



*ugr* | Universidad  
de Granada

FACULTAD DE CIENCIAS

DEPARTAMENTO DE ÓPTICA

**NUEVO TEST PARA LA DETECCIÓN Y  
EVALUACIÓN DE ANOMALÍAS EN LA  
VISIÓN DEL COLOR**

**Tesis Doctoral**

*Memoria de Doctorado*

Carlos Salas Hita

Granada, 11 de Noviembre de 2015

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales  
Autor: Carlos María Salas Hita  
ISBN: 978-84-9125-825-4  
URI: <http://hdl.handle.net/10481/43552>





## ***Agradecimientos***

*Encontrar las palabras adecuadas que expresen mi gratitud hacia mis directores, los Doctores D. Enrique Hita y D. Manuel Rubiño, se me hace más difícil que escribir la presente Memoria. Por supuesto, sacar adelante esta Tesis no habría sido posible sin ellos. No los puedo considerar sólo mis tutores, han sido mucho más.*

*Mi admiración por D. Enrique me llevó a elegir unos estudios que más tarde me permitieron dedicarme a esta profesión, con la suerte de poder tenerle siempre cerca para no dejar nunca de aprender de él, aumentando mi admiración hacia su persona así como mi gratitud por todo lo que ha hecho por mí. Ha sido y será siempre un referente en todos los aspectos de mi vida profesional.*

*Mi relación con D. Manuel a lo largo de todos estos años ha derivado en una amistad sincera de la que me enriquezco a diario, tanto en lo personal como en lo académico. Su comprensión y su integridad sin límites nunca dejan de sorprenderme. En mi humilde opinión formamos un gran equipo y espero que siga siendo así por muchos años.*

*No sería justo no incluir en estos agradecimientos a todas aquellas personas del Departamento de Óptica que de muy diversas maneras me han ayudado a llevar a cabo este proyecto. En especial, a los Doctores D. José Ramón Jiménez y Dña. Rosario González que siempre han estado a mi lado, más allá del ámbito del trabajo.*

*Desde el corazón, muchas gracias.*



*A mis enanos  
y a mis padres*





# Índice

<b>1. Introducción y Antecedentes .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Introducción.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Clasificación de las deficiencias cromáticas .....</b>	<b>6</b>
<b>1.2.1 Deficiencias Congénitas.....</b>	<b>6</b>
<b>1.2.2 Deficiencias Adquiridas .....</b>	<b>11</b>
<b>1.3 Frecuencia de las anomalías cromáticas .....</b>	<b>14</b>
<b>1.4 Sistemas de evaluación de la visión defectiva del         Color .....</b>	<b>16</b>
<b>1.4.1 Clasificación de las Pruebas.....</b>	<b>18</b>
<b>1.4.1.1 Pseudoisocromáticas .....</b>	<b>19</b>
<b>1.4.1.2 Pruebas de ordenación.....</b>	<b>24</b>
<b>1.4.1.3 Anomaloscopios.....</b>	<b>28</b>
<b>1.4.1.4 Pruebas profesionales: Test de                 denominación o de linterna .....</b>	<b>30</b>
<b>1.4.1.5 Test de Ordenador.....</b>	<b>31</b>
<b>2. Estudio sobre contrastes de luminancia y cromáticos .....</b>	<b>35</b>
<b>2.1 Introducción y Objetivo.....</b>	<b>37</b>

2.2	Método Experimental .....	38
2.3	Resultados obtenidos y discusión.....	39
3.	Planteamiento y objetivos .....	45
3.1	Introducción.....	47
3.2	Planteamiento .....	47
3.3	Objetivos .....	49
3.3.1	Análisis espectrorradiométrico del Test de Ishihara .....	50
3.3.2	Calibrado de una impresora.....	50
3.3.3	Realización de un nuevo test.....	51
4.	Método y dispositivo Experimental .....	53
4.1	Introducción.....	55
4.1.1	Espacios de Color CIE 1931 y CIELAB.....	55
4.1.2	Fórmulas de Diferencia de Color .....	62
4.1.3	Líneas de Confusión .....	64
4.2	Caracterización espectrorradiométrica y colorimétrica del test de Ishihara.....	67
4.2.1	Método Experimental.....	67
4.2.2	Dispositivo Experimental .....	72
5.	Resultados Experimentales y Discusión .....	79
5.1	Análisis Espectrorradiométrico.....	81
5.1.1	Introducción .....	81

5.1.2 Comparación colorimétrica de las ediciones del test .....	96
5.1.3 Comparación del funcionamiento de las distintas láminas del test de Ishihara.....	101
5.2 Calibrado de la Impresora.....	134
5.2.1 Proceso de secado de la impresión .....	136
5.2.2 Proceso de envejecimiento de la impresión.....	139
5.2.3 Homogeneidad de la impresión .....	143
5.2.4 Calibrado de la impresora .....	144
5.3 Nuevo test de Visión. SRH Color Test .....	150
5.3.1 Consideraciones previas.....	150
5.3.2 Diseño del test.....	153
5.3.3 SRH Color Test (1ª Edición) .....	160
6. Conclusiones.....	167
Bibliografía.....	173
Apéndice .....	187



CAPÍTULO 1.

## **Introducción y Antecedentes**



## 1.1 Introducción

La percepción visual constituye un ente psicológico muy complejo que depende de múltiples factores. Es lógico pensar que sean muchos y de muy distinta naturaleza, los parámetros que puedan influir sobre la complicada cadena de procesos que se inicia con la estimulación de la retina por la energía radiante y que constituye el estímulo, dando lugar así a la generación de impulsos nerviosos a raíz de la respuesta de las células sensibles a la luz en ella presentes y que se transmiten al lóbulo occipital del cerebro, donde se produce la sensación, para pasar finalmente a los centros superiores de la corteza cerebral donde se genera la respuesta final o percepción consciente, y que el proceso global no sea algo sencillo de establecer ni controlar.

En la respuesta que un observador da de un estímulo que, proveniente de un objeto luminoso, excita su mecanismo visual, se pueden distinguir diversos aspectos tales como tamaño, forma, localización, textura, etc., referentes todos ellos a variaciones espacio-temporales, y que, al poder ser percibidos por sentidos distintos al de la vista los relacionamos fundamentalmente con el objeto del que procede el estímulo. En cambio, existen otros tales como el Color, al que consideramos intrínsecamente visual y que constituye la denominada Percepción Visual Simple, cuyos atributos psicológicos son la Claridad, el Tono y la Saturación, si bien éste depende tanto de la composición espectral de la luz con que se iluminan los objetos como de la naturaleza de los mismos.

La Claridad es un atributo relacionado directamente con la cantidad de luz (Artigas et al., 1995; Hita, 2001; Romero et al., 1996). Un folio de papel blanco expuesto al sol o la sombra se dice que presenta distinta claridad, o bien que es más gris cuando está a la sombra. Ello nos permite la posibilidad de establecer una escala de claridades que lógicamente irá desde el blanco al negro pasando por todos los matices del gris, constituyendo el gris el color de los cuerpos que no presentan otro atributo que la Claridad.

El Tono es el atributo que nos permite clasificar a los colores en rojos, verdes, azules, etc., estableciendo así una escala de tonalidades.

Finalmente, la saturación es el atributo relacionado con la proporción de blanco que posee un color. Así, si mezclamos en diferentes proporciones un color espectral con un gris obtendremos diferentes saturaciones dentro de una misma tonalidad y, en determinadas proporciones de ambos, de la misma claridad. También es posible en este caso establecer una escala de saturación que iría desde los grises hasta los colores espectrales puros. Al Tono y la Saturación se les denomina atributos de cromaticidad.

Un hecho de interés especial es la falta de capacidad de análisis del sentido de la vista. Por ello cuando al ojo humano le llegan simultáneamente diferentes estímulos de color la respuesta que éste da es lo que se conoce como “Color Suma”, en este caso aditiva, y que puede ser obtenido por múltiples combinaciones de diferentes luces, hecho que se conoce como Metamerismo. Este hecho nos lleva a establecer que, dentro de ciertos límites, un gran número de colores determinados puedan ser obtenidos por la mezcla aditiva de tres colores primarios elegidos convenientemente, por lo general de tonalidades roja, verde y azul, dando lugar a lo que se conoce como ecuación tricromática y que se expresa como:

$$C(C) = R(R) \pm V(V) \pm A(A)$$

donde C, R, V y A simbolizan cantidades de los colores representados por (C), (R), (V) y (A).

El hecho de que un color pueda ser especificado, según lo dicho, basándose en escalas convencionales, por su Claridad, Tono y Saturación, o bien dando las cantidades de unos primarios determinados para obtenerlo por mezcla aditiva de los mismos, da lugar a que se considere al color como un ente tridimensional, o según Le Grand, como trivariante.

La Figura 1.1, es una muestra de mezcla aditiva de colores. Como se puede observar en la misma un blanco puede ser obtenido por suma de rojo, verde y azul, aunque también de muchas otras formas. En la misma figura pueden considerarse también las mezclas parciales de los primarios.



Figura 1.1 Mezcla aditiva de colores.

De lo expuesto, también puede desprenderse que, variando las cantidades de cada uno de los primarios escogidos, sea posible obtener muchos colores distintos. Se considera que, dentro de ciertos límites de comparación, un observador humano normal puede llegar a distinguir más de diez millones de colores distintos.



La gran capacidad de discriminación cromática del sistema visual se aprovecha cada día más en todos los aspectos de la vida empleando el color como elemento de codificación de información, adquiriendo especial importancia en el campo profesional donde puede resultar excluyente el hecho de tener una capacidad de discriminación cromática disminuida. Podemos encontrar muchos ejemplos en nuestra vida cotidiana de lo que estamos planteando, así los códigos de colores son muy frecuentes en Electrónica, en señalizaciones de tráfico, en docencia, camuflaje (simulando aspectos cromáticos del entorno), quirófanos, observación al microscopio, etc.

Sin embargo, la percepción cromática y la discriminación del color no son privilegio de todo el mundo, ya que existen personas con deficiencias en su visión del color llegando incluso a encontrar sujetos ciegos cromáticos. Aunque no es posible comparar las sensaciones de color entre diferentes personas y nos encontramos con que no todos tenemos exactamente la misma capacidad de percibirlos, todas las medidas objetivas que se pueden realizar en este campo, así como los datos científicos de los que hasta ahora se dispone, muestran, dentro de ciertos límites, una gran similitud en el comportamiento de la mayoría de las personas, permitiéndonos establecer el concepto de “visión normal del color”. Como ya hemos dicho existe un amplio porcentaje de personas que presentan desviaciones significativas en su visión del color con relación a la mayoría, diciéndose entonces que presentan una “visión defectiva” o “anómala” del mismo. Es evidente que aquellos cuya visión cromática sea defectiva se encuentran en inferioridad de condiciones para desenvolverse eficazmente en determinadas actividades al no poder captar la información completa de los fenómenos implicados. Por ello, resulta de gran importancia, detectar, clasificar y cuantificar dichas anomalías.

## 1.2 Clasificación de las deficiencias cromáticas

Bajo un punto de vista formal, varios han sido los intentos de clasificación de las anomalías en la visión del color. De todas ellas la más primaria es la que se basa en su origen y que las divide en congénitas y adquiridas, las primeras de carácter permanente y las segundas reversibles o no. Aunque con frecuencia se describen en las revistas oftalmológicas diferentes tipos de deficiencias adquiridas y su causa, lo cierto es que su importancia es fundamentalmente clínica y el interés científico se centra más bien en las formas hereditarias, pues éstas son determinadas genéticamente y se transmiten de padres a hijos de una forma que nos permite la aplicación rigurosa de métodos de estudio científicos.

Otro intento de clasificación está basado, independientemente del origen, en el comportamiento del individuo que padece la deficiencia frente al establecimiento de igualaciones cromáticas regidas por expresiones del tipo de la ecuación tricromática, así como también basándose en su capacidad de discriminación de colores o confusión de los mismos.

Finalmente hay otra clasificación de anomalías cromáticas basada en el mecanismo que se supone existe en el sistema visual y que requiere, por lo tanto, el establecimiento de un modelo y una cadena de procesos, a él inherente, susceptibles de ser afectados parcial o totalmente.

Debe señalarse aquí que estas clasificaciones son puramente convencionales y en modo alguno son independientes, estando íntimamente relacionadas entre sí como se verá seguidamente.

Una cuestión de interés radica en el hecho de que una visión normal convencionalmente establecida se supone referente a unas condiciones de observación determinadas o normales. No obstante, en condiciones límite de las mismas, como bajas claridades, objetos muy pequeños, etc., un observador normal puede llegar a comportarse como defectivo.

### 1.2.1 Deficiencias Congénitas

Como ya se ha indicado, este tipo de deficiencias son las más interesantes bajo un punto de vista científico-teórico. Por otro lado, se les pueden considerar, en algunos casos, formas permanentes reducidas de una visión normal del color, por lo que su análisis nos

puede servir de base para el estudio de los modelos visuales, campo éste en el que se trabaja activamente en la actualidad.

## **CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DEL COMPORTAMIENTO COLORIMÉTRICO**

Un individuo con visión cromática normal hemos visto que puede definir los colores por él percibidos, en función de su equivalencia con una mezcla tricromática (ecuación tricromática), tal como la mezcla aditiva de tres cantidades de primarios verde, rojo y azul. Esta es la razón por la que se dice que un observador normal posee visión tricromática y se le denomina tricrómatas. Estos observadores pueden diferir unos de otros en su capacidad para hacer distinciones de color, lo que indica diferentes habilidades, pero no diferencias sensibles entre las posibles discriminaciones.

Existen otros observadores que no son capaces de establecer diferencias entre colores fácilmente distinguibles por un observador normal y se les denomina genéricamente 'daltónicos', palabra que proviene de Dalton, científico que padecía una de las diferentes deficiencias existentes y al que se le deben los primeros estudios en este campo. También es frecuente denominar a estas personas como ciegos cromáticos, lo que no es del todo cierto pues, por lo general, estos individuos sí poseen percepción cromática aunque ésta sea disminuida.

Así, y volviendo a la ecuación tricromática, cuando una persona puede igualar todos los colores que es capaz de percibir con una mezcla de solamente dos luces primarias, lo que implica reducir a dos términos el segundo miembro de la ecuación tricromática, se dice que es un observador dicrómatas. Un hecho de importancia es que un dicrómatas acepta las igualaciones colorimétricas realizadas por un observador normal, de lo que se deduce, que este tipo de visión se puede considerar una forma reducida de la visión normal. No obstante, estos individuos establecen igualaciones entre colores que son inaceptables para un tricrómatas normal.

Existen aún personas que, siendo tricrómatas, utilizan en la ecuación cromática cantidades de los primarios muy diferentes a los que emplean los tricrómatas normales y, además, no les satisfacen las igualaciones colorimétricas realizadas por observadores normales. A estos observadores se les denomina tricrómatas anormales.

Finalmente se encuentran casos en los que el observador puede igualar cualquier color con una cantidad adecuada de un solo primario, es decir, no distinguen más atributo que la claridad, por lo que se les denomina monocrómatas.

Bajo un punto de vista experimental, conviene destacar aquí que, aunque la información que se posee de la forma de visión de observadores anómalos proviene de sus discrepancias con los observadores considerados como normales, se tiene una idea bastante exacta de la forma de visión de estas personas debido a la existencia de individuos que poseen un ojo normal y el otro defectivo o con distinto grado de deficiencia. Este hecho se debe a que, aunque se trata de deficiencias congénitas hereditarias, los genes responsables pueden originar caracteres de penetrancia y expresividad variables.

## CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE LA CAPACIDAD DE DISCRIMINACIÓN CROMÁTICA

Esta forma de clasificar las anomalías cromáticas en función de las posibles confusiones entre colores diferentes por parte de los observadores defectivos, engloba tres grandes grupos de anomalías: las deficiencias o confusiones Rojo-Verde, las deficiencias o confusiones Amarillo-Azul y las denominadas Acromatopsias.

Una cuestión de interés, que nos servirá de base para futuras clasificaciones dentro de los tres grupos descritos, es el aspecto que presenta el espectro equienergético para los distintos observadores, así como la curva de sensibilidad espectral de los mismos. Un espectro equienergético es el constituido por una distribución de igual energía a lo largo de la zona visible de las radiaciones electromagnéticas. Para un observador normal este espectro aparece como una serie de colores que varían desde el rojo oscuro hasta el violeta oscuro, pasando por el naranja, amarillo, verde, azul, etc. La zona de mayor sensibilidad se presenta, con una media aproximada a los 555 nm correspondiente al verde amarillento, y disminuye hacia los extremos, Figura 1.2.

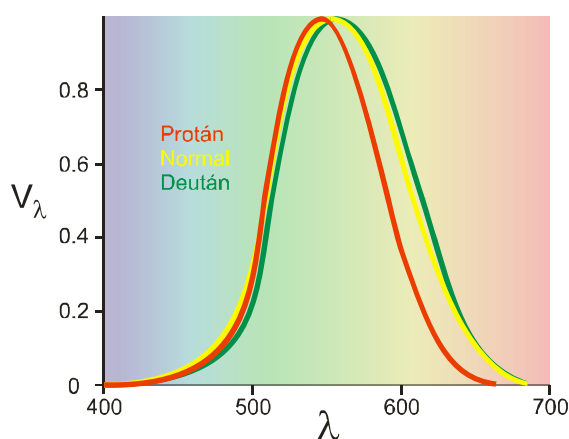


Figura 1.2 Curvas de sensibilidad espectral ( $V_{\lambda}$ ).

### Deficiencias rojo-verde

Los defectivos rojo-verde se subdividen a su vez en dos grandes grupos que presentan diferencias cualitativas, son las llamadas deficiencias protán y deután, las que a su vez presentan dos variantes. Una de ellas caracterizada por una disminución en la

capacidad de discriminación rojo-verde menos acusada y denominadas respectivamente protanomalia y deuteranomalia. Los observadores que poseen estas deficiencias pertenecen a los tricromatas anormales. Además, existen otras dos formas límite de la deficiencia denominadas protanopia y deuteranopia, que corresponden a observadores dicromatas, constituyendo la forma más aguda de esta confusión.

Los observadores protanómalos y deuteranómalos presentan algunas diferencias en su curva de sensibilidad espectral (Figura 1.2), además de algunas diferencias en sus igualaciones colorimétricas con relación a las de observadores normales.

Para las formas de dicromatismo dentro de las confusiones rojo-verde, el espectro equienergético solamente aparece con dos tonalidades, azul en las longitudes de onda cortas y amarillo en las longitudes de onda largas. Separando ambas zonas se encuentra una región situada hacia los 480 nm, dependiendo del caso, que no presenta tonalidad alguna (acromática) y a la que se le denomina punto neutro. Bajo el punto de vista de su capacidad de discriminación un protanope confunde, entre otros, el rojo y el verde azulado con el gris y uno con otro, presentando su curva de sensibilidad espectral el valor máximo muy desplazado hacia las cortas longitudes de onda. Un deuteranope, entre otros, confunde el rojo púrpura y el verde con el gris y uno con otro, presentando su curva de sensibilidad espectral el valor máximo algo desplazado hacia las largas longitudes de onda, Tabla 1.1.

### **Deficiencias amarillo-azul**

Estas deficiencias, mucho menos frecuentes que las anteriores, se engloban dentro del grupo general denominado tritán y presentan a su vez dos grados distintos. Uno dentro del tricromatismo anormal denominado tritanomalia y otro dentro del dicromatismo denominada tritanopia.

En la Tabla 1.1 aparecen las características de estas deficiencias, añadamos, no obstante, que un tritanope confunde, entre otros, el púrpura azulado y el amarillo verdoso con el gris y uno con otro.

Se ha descrito también, aunque de forma dudosa, otro tipo de deficiencia amarillo-azul denominada tetranopia, cuyas características aparecen en la Tabla 1.1 y a la que no dedicaremos aquí más atención, dada su discutible existencia.

## Acromatopsias

Ésta es la forma más extrema en la disminución de la capacidad de discriminación cromática. Se trata de observadores monocromatas y a los que sólo les es posible una discriminación acromática, la de claro-oscuro. Para ellos es evidente que todo el espectro es una zona neutra, estando el máximo de sensibilidad espectral muy desviado hacia las cortas longitudes de onda en el caso de acromatopsia congénita. A estos observadores se les suele también denominar acromatopes, y se han definido, además de otros, dos casos según su agudeza visual sea normal o disminuida.

Denominación	Comportamiento	Tipo	Deficiencia	Grado	Mecanismo	$\lambda_{\max}$	Puntos neutros
<i>Protanomalía</i>	Tricromata anormal	Protán	Rojo-verde	Medio	Alteración	540	Ninguno
<i>Deuteranomalía</i>	Tricromata anormal	Deután	Rojo-verde	Medio	Alteración	560	Ninguno
<i>Tritanomalía</i>	Tricromata anormal	Tritán	Amarillo-azul	Medio	Alteración	500	Ninguno
<i>Protanopia</i>	Dicromata	Protán	Rojo-verde	Alto	Reducción	540	493
<i>Deuteranopia</i>	Dicromata	Deután	Rojo-verde	Alto	Reducción	560	479
<i>Tritanopia</i>	Dicromata	Tritán	Amarillo-azul	Alto	Reducción	555	570
<i>Tetranopia</i>	Dicromata	Tritán	Amarillo-azul	Alto	Reducción	560	470, 580
<i>Acromatopsia</i>	Monocromata	--	Rojo-verde Amarillo-azul	Muy Alto	Alteración Reducción	510 540	Todos Todos

## CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DEL MECANISMO VISUAL

Esta clasificación se basa en los procesos que han de seguirse en el mecanismo visual hasta la respuesta final del mismo. Bajo este punto de vista un proceso de absorción de la luz en alguna de las etapas previas a la excitación de los fotorreceptores existentes en la retina podría originar, en quien lo presentase, diferencias en su percepción del color con relación a observadores normales, tal es el caso de las posibles pigmentaciones del cristalino y la mácula. Se dice en estos casos que aparece un mecanismo de absorción o sistema absorbente, si bien el funcionamiento posterior es normal. En cualquier caso, difícilmente se pueden encuadrar estas deficiencias dentro de las anomalías congénitas, ya que son más bien adquiridas.

Aunque en este campo no existen aún modelos definitivos, todo hace suponer que los procesos de visión tricromática normal están basados en la existencia de tres fotopigmentos en la retina, sensibles a distintas zonas del espectro y denominados Rojo (R), Verde (V), y Azul (A), sensibles a las longitudes de onda largas, medias y cortas, respectivamente.

Si uno de estos fotopigmentos no existe, o su función está inhibida por alguna razón, aparece lo que se denomina un 'mecanismo reducido' dándose los casos

de dicromatismo, anteriormente referidos. En la Tabla 1.2, se presenta el esquema de mecanismos ausentes y funcionales en cada caso de dicromatismo. Cabe aún la posibilidad de que las curvas de respuesta de estos fotopigmentos se presenten desviadas con relación a las de observadores normales, o bien que los mecanismos de interacción de señales estén desequilibrados, originándose lo que se denomina sistema alterado y explicándose algunos de los casos de tricromatismo anormal. En la tabla se indica hacia dónde se desplaza la respuesta de cada fotopigmento (Artigas et al., 1995; Hita, 2001; Romero et al., 1996). La existencia de estos fotopigmentos ha sido ampliamente comprobada y en la bibliografía se describen otras posibles combinaciones.

Es interesante destacar que se han encontrado algunos casos de ceguera total cromática aun existiendo los tres fotopigmentos mencionados y con funcionamiento correcto, lo que sugiere que estas deficiencias deban atribuirse a procesos cerebrales de integración de las señales por ellos emitidas. No obstante, de nuevo hemos de indicar que estas anomalías no se incluyen dentro de las clasificadas como congénitas.

### 1.2.2 Deficiencias Adquiridas

Bajo este epígrafe se pueden incluir dos grandes grupos de anomalías. Las que provienen de una alteración del mecanismo visual como consecuencia de pigmentaciones anormales o de enfermedades que afecten a la retina, nervio óptico, lóbulo occipital del cerebro, etc., y las que son consecuencia de unas condiciones de observación límite en el caso de observadores normales. Las primeras pueden ser, o no, reversibles, mientras que las segundas desaparecen en el momento en que las variables físicas que definen el proceso de observación toman valores normales. De hecho, las clasificaciones dadas en el apartado anterior pueden ser válidas para especificar también las anomalías cromáticas

Tabla 1.2 Clasificación.			
Dicromatismo	Mecanismo		
	R	V	A
Protanopia	✗	✓	✓
Deuteranopia	✓	✗	✓
Tritanopia	✓	✓	✗

✓ ≡ funcional    ✗ ≡ ausente

Tricromatismo anormal	Mecanismo		
	R	V	A
Protanomalia	➡	✓	✓
Deuteranomalia	✓	⬅	✓

adquiridas y en este sentido se han definido diferentes formas de confusión rojo-verde y amarillo-azul, así como acromatopsias. Existen, no obstante, algunas diferencias entre ambos tipos de anomalías. Así, mientras que en el caso de las adquiridas existe una marcada dependencia de su gravedad con las condiciones físicas de observación, tales como claridad de los objetos y tamaño de los mismos, en el caso de las congénitas este hecho es menos acusado. Por otro lado las anomalías adquiridas suelen ser difíciles de clasificar al utilizar las técnicas que posteriormente describiremos, apareciendo con frecuencia diagnósticos contradictorios, mientras que en el caso de las congénitas su detección y clasificación suele ser más fácil y definitiva. En el caso de anomalías congénitas ambos ojos suelen presentar la misma deficiencia y grado, mientras que en las adquiridas con frecuencia es variable, evolucionando también con el tiempo. En las adquiridas la frecuencia con que se presentan es la misma en hombres que en mujeres.

Finalmente indiquemos que las anomalías congénitas no suelen ir acompañadas de otras complicaciones visuales, mientras que las adquiridas sí, generalmente una disminución de la agudeza visual, y en algunos casos de otra anomalía cromática parcial, tal circunstancia se presenta en algunas formas de ceguera rojo-verde que suele venir acompañada de una disminución en la discriminación amarillo-azul.

Algunas veces se da también el caso de que sólo parte de la retina está afectada de una deficiencia adquirida. Entre las múltiples causas que pueden originar deficiencias cromáticas cabe citar diferentes tipos de enfermedades, infecciosas o no, tales como esclerosis múltiple, neuritis ópticas ocasionadas por anemias, golpes, sífilis, etc. Además pueden ser ocasionadas por el uso de agentes tóxicos que afecten los elementos conductores del mecanismo visual.

Digamos para finalizar que, al ser la ceguera cromática adquirida más bien un síntoma de algún tipo de padecimiento, no existe una terapia específica para las mismas, siendo necesario dirigir el tratamiento hacia la causa de la enfermedad, lo que permite en algunos casos recuperar una visión normal del color.

En lo que se refiere a las condiciones físicas de observación señalemos que a medida que los objetos son observados en zonas retinianas progresivamente alejadas de la fovea, los diferentes tipos de ceguera cromática aparecen de forma también progresiva, empezando por la deuteranomalía y llegándose hasta la acromatopsia total. Esta circunstancia se puede justificar teniendo en cuenta la disminución de conos a medida que nos alejamos del centro de la fovea.



Las dimensiones del test, cuando disminuyen también de forma progresiva, originan deficiencias, que en este caso son al principio tritanópicas para terminar de nuevo en la acromatopsia. Ésta es la razón por la que resulta difícil hacer señales coloreadas a grandes distancias.

Algo similar sucede con los parámetros tiempo de exposición e iluminación de los objetos. De todos es conocido el hecho de que los flashes luminosos suelen ser acromáticos y asimismo que en condiciones de baja iluminación no se perciben bien los colores.

En cualquier caso, estas condiciones límite, si bien son susceptibles de producir ceguera cromática en observadores normales, lo cierto es que sus efectos se hacen más patentes sobre las anomalías ya existentes agudizándolas.

### 1.3 Frecuencia de las anomalías cromáticas

Una vez que hemos visto los tipos de anomalías que se han descrito, parece lógico preguntarnos por la frecuencia con que éstas se presentan, con la idea de visualizar la magnitud del problema, esto es, a cuántas personas puede afectar cada uno de los tipos conocidos de anomalías en la visión del color.

Desde los años 30 se empezaron a hacer estudios de la prevalencia de deficiencias cromáticas. La mayor parte de los mismos hacen referencia a la detección de anomalías rojo-verde. Los resultados que se obtienen varían bastante entre ellos. Esto puede ser debido a muy diversos factores de los que podemos destacar tres: tamaño de la muestra, clase de la muestra y método.

Es obvio que cuanto mayor sea la muestra, entendiendo por tal el número de personas a las que se realizan las pruebas, más significativos serán los resultados. Birch (2012), indica que debe examinarse a más de 5000 personas para obtener una estimación significativa de la frecuencia de una deficiencia determinada.

La clase de muestra puede llevar a resultados incorrectos, por exceso o por defecto, si se realiza una elección inadecuada de personas. Por ejemplo, si se realizan las pruebas solicitando voluntarios que quieran saber si son anómalos, o no, saldrá una frecuencia baja pues los que ya lo saben no estarán interesados. Existen poblaciones para las que padecer estas deficiencias es una lacra, por lo que no acudirían a hacerse las pruebas si tienen dudas de ser deficientes. Por otro lado, la ley de Hardy-Vienberg establece que la prevalencia de anomalías congénitas permanece constante en poblaciones que se agrupan aleatoriamente. Por esta razón, se pueden encontrar frecuencias más o menos altas de lo normal en poblaciones donde la endogamia sea una característica. Se han encontrado resultados distintos para distintas razas, por lo que es otra variable a tener en cuenta. Es más, debido a los movimientos migratorios y a la mezcla de etnias, se están apreciando cambios en los estudios más recientes.

Otro de los factores que influyen en la variabilidad de resultados es el sistema de detección de anomalías empleado. Más adelante veremos que existe una gran variedad de sistemas de detección. Los estudios más extensos sobre prevalencia de anomalías rojo-verde utilizan el test de Ishihara como prueba de detección. Para estudiar anomalías amarillo-azul es usual emplear el HRR, o bien los anomaloscopios Nagel o Pickford-Nicolson.

Se han encontrado diferentes resultados según la raza de la población en estudio. En la Tabla 1.3 comparamos los resultados de dos estudios realizados con personas de raza caucásica y otros dos con asiáticos.

Tabla 1.3 Frecuencia de las deficiencias rojo-verde en algunos países de Europa y Asia.				
		Muestra (Hombres/Mujeres)	Defectivos Rojo-Verde (%) (Hombres/Mujeres)	Referencia Bibliográfica
Caucásica	Noruega	9049 / 9072	8.01 / 0.44	Waalder, 1927
	Grecia	21231 / 8754	7.95 / 0.42	Koliopoulos et al., 1976
Asiática	China	7542 / 3519	5.0 / 0.7	Chan et al., 1950
	Corea	4678 / 4760	5.9 / 0.4	Kim et al., 1989

En su trabajo, Chan (1950), hace referencia a otros estudios en los que los resultados varían bastante según la zona de China donde se llevara a cabo, encontrando resultados que van desde el 4% al 6.5%, en hombres y desde el 0.2% al 1.7% en mujeres.

Para la raza africana, incluyendo afroamericanos, los estudios concluyen que la frecuencia de deficiencias rojo-verde es menor que para la raza asiática. Uno de los estudios más completos en África, Williams et al. (1998), encontró que de un total de 5580 niños el 3.6% eran defectivos rojo-verde, y de 5405 niñas el 0.81% eran defectivas.

También hemos encontrado referencias de trabajos realizados con amerindios. En general el porcentaje es menor aún, del orden del 2% en hombres (Garth, 1933; Post, 1962).

En alguno de los estudios que hemos citado, además de detectar la presencia de anomalías también se clasificaron las mismas según los individuos fueran deuteranopes, protanopes, deuteranómalos o protonómalos. Por ejemplo, en el estudio realizado en Grecia (Koliopoulos et al., 1976), se utilizó el anomaloscopio Nagel para analizar la visión cromática de los 1687 hombres defectivos detectados, encontrando que el 1% eran protanopes, 1.2% protanómalos, 1.14% deuteranopes y 4.61% deuteranómalos. Tanto en éste como en otros estudios se observa que la deficiencia más usual es deuteranomalia seguida de la protanomalia, mientras que la deficiencia menos frecuente es la protanopia seguida de la deuteranopia.

## 1.4 Sistemas de evaluación de la visión defectiva del Color

Murray (1943) consideraba que el origen de los test de visión del color respondía a un triple aspecto histórico: el descubrimiento de casos aislados de ceguera al color, la introducción de nuevas teorías e hipotéticos tipos de defectos y la presión causada por emergencias tales como accidentes de ferrocarril, guerras, utilización masiva del color por la industria, la necesidad de diagnosticar enfermedades oculares o para el estudio genético.

Fue Seebeck en 1837 quien publicó el primer informe exhaustivo sobre las deficiencias cromáticas, elaborando asimismo el primer test clínico consistente en la presentación de material coloreado (Taylor, 1980; Serra, 1981). Sin embargo, se necesitaron algunas décadas para que se comercializase una prueba, conocida con el sobrenombre de "Test de las Lanás de Holmgren" (1877) merced al hecho de contar con porciones de lana de diversos colores, entre los que había que escoger los más parecidos a los establecidos como muestra de igualación. Esta prueba ha perdurado hasta nuestros días aunque su valor como detector es poco estimable. Su elaboración respondió a la necesidad expresada por el autor (Holmgren 1877, 1878) de poseer un instrumento de control para el acceso de conductores al ferrocarril y a la navegación. Sólo unos años después aparecieron las primeras láminas del tipo denominado "pseudo-isocromático" confeccionadas por Stilling (1887) cuyo uso también se mantiene en la actualidad con diversas modificaciones introducidas a lo largo de su dilatada historia; dichas láminas fueron construidas a partir de los colores de confusión de un observador defectivo rojo-verde y otro defectivo amarillo-azul.

Siguiendo un orden cronológico, la siguiente prueba de visión del color que se presentó fue el denominado "Card Test for Colour Blindness" de Edridge-Green (1891). Se trataba de unas láminas coloreadas a mano, Figura 1.3.

Los fundamentos teóricos de la construcción de los test pseudoisocromáticos no fueron conocidos hasta que Pitt (1935) consiguió representar las líneas isocromáticas o de confusión para los observadores dicrómatas en el espacio de color CIE, permitiendo de esta forma una especificación de los colores confundidos por tales observadores y, por consiguiente, diseñar de



Figura 1.3 Test de Edridge-Green (1891).

una forma objetiva los colores para la elaboración de pruebas de examen de la percepción cromática defectiva. Hasta entonces, los métodos de validación de dichas pruebas habían sido simplemente del tipo "ensayo-error" en la observación de superficies coloreadas (Taylor, 1980).

Las raíces de los test espectrales del tipo "anomaloscopio" hay que buscarlas en las experiencias de Lord Rayleigh (1881), cuya formulación de mezcla cromática en el ámbito de la observación normal ha quedado como prototipo con la denominación de "ecuación Rayleigh". Estas experiencias fraguaron en la construcción, por parte del deuteranope Nagel (1907), del primer anomaloscopio que, en sus dos versiones (modelos I y II), es el más difundido en la actualidad. Fue Goethlin (1916) quien, haciendo uso de una versión particular del anomaloscopio de Nagel, efectuó experiencias sobre grandes muestras de individuos con el objeto de definir el límite de "normalidad" para las experiencias colorimétricas referidas (Serra, 1981).

En cuanto a los test "profesionales", la primera prueba de "linterna" fue construida por Donders (1887) empleando para ello una vela y un disco con orificios acristalados mediante vidrios de colores rojo, verde, azul y blanco. Asimismo Edridge-Green (1891) elaboró su propio modelo de linterna que aún persiste (Fletcher, 1981). El primer test para medir la capacidad de desempeñar tareas en las que intervenía el color, se debió a Pierce (1934) o test "NIPP" (National Institute of Industrial Psychology) (Lakowski, 1968).

Posiblemente se debe a Collins (1925) la primera evaluación comparativa de test, utilizando en ella las siguientes pruebas: Stilling, Holmgren, linterna de Edridge-Green, determinación de la ecuación de Rayleigh mediante discos rotatorios, visión espectral, denominación del color sobre los dos primeros test, pruebas de contraste y de preferencia al color (Pickford, 1968).

Una referencia histórica sobre los test diseñados y contruidos en Japón fue desarrollada por Murakami (1961).

En resumen, exceptuando los test que se clasifican como "de ordenación", el resto de las pruebas se remontan, en sus orígenes, a finales del siglo XIX e inicios del siglo XX, permaneciendo su uso generalizado en la mayoría de los casos, aunque con el paso del tiempo han incorporado mejoras para dotarlas de una presentación más atractiva y útil.

### 1.4.1 Clasificación de las Pruebas

Se han propuesto diversos modos de clasificación para la gran variedad de pruebas existentes atendiendo, en cada caso, a distintos criterios.

Murray (1943) planteó como criterios de clasificación los siguientes: de acuerdo con el medio de estímulo empleado (luz reflejada o transmitida); fotópicos o escotópicos, según si utilizan el ojo adaptado a la luz diurna o a la oscuridad; individuales o de grupo; por el método de puntuación, en cualitativos o cuantitativos; por la respuesta, de acuerdo a si se requieren operaciones mentales o complejas, o si precisan respuestas motoras o verbales. Los test de uso común fueron subdivididos por Murray con arreglo a la tarea que precisan en: de clasificación, de igualación, de denominación, de discriminación y sensibilidad (o de reconocimiento), de ordenación, y de reproducción.

Hardy et al. (1954) clasificaron los test de visión de color atendiendo a su base funcional en cuatro categorías: test de detección simple, diseñados para separar sujetos con visión del color normal de aquellos con visión del color defectiva; de diagnóstico cualitativo, diseñados para clasificar el tipo de deficiencia cromática; de diagnóstico cuantitativo, diseñados para indicar la extensión del defecto de la visión del color; y test de aptitud o especiales (test de señales luminosas, de linterna, luces de niebla, luces rotatorias, aviación, marina y ferrocarril, test de aptitud para vocaciones especiales, etc.), diseñados para determinar una adecuación relativa del sujeto a una vocación particular y que pueden ser aplicados indistintamente tanto a individuos con visión normal del color como a aquellos que presentan anomalías en la percepción cromática.

Babel (1965) en su revisión de las pruebas entonces vigentes, las agrupó en láminas pseudoisocromáticas, test de clasificación, test de ecuación tricromática o anomaloscopios, perimetría coloreada, estudios subjetivos, determinación de la curva de eficiencia luminosa relativa y electrorretinograma.

Verriest (1968) sostuvo que, de una forma práctica y por orden decreciente de rigor científico, se pueden distinguir cuatro grandes grupos de test: anomaloscopios; pruebas de correspondencia y de clasificación de muestras coloreadas; láminas pseudoisocromáticas; y pruebas prácticas de denominación.

Nosotros, por razones de operatividad en lo que se refiere a tiempo de examen y dificultad en la aplicabilidad, clasificaremos las pruebas en 5 grupos: pseudoisocromáticas (PIC); de ordenación; anomaloscopios; profesionales y de ordenador. A continuación

explicaremos las características de cada tipo y pondremos algunos ejemplos de los test que se han ido desarrollando con el transcurso de los años.

#### **1.4.1.1 Pseudoisocromáticas**

Bajo esta denominación se reúnen una serie de pruebas de la visión cromática cuyo denominador común es el de utilizar láminas compuestas de pequeñas superficies coloreadas (fondo) de las que destacan unas zonas también coloreadas conformando una figura que es, en unas ocasiones, sólo visible para observadores normales, en otras para defectivos y en otras ocasiones, para ambos a la vez y cuya finalidad principal es la de separar entre observadores normales y defectivos. El tipo de figura presente en estos test puede ser un número, una letra, un símbolo, un optotipo, un determinado trayecto para ser seguido por el observador, etc.

Su fundamento teórico, dependiendo del tipo de lámina utilizado, debe encontrarse en la existencia de colores no diferenciables del fondo para los individuos defectivos y que sí lo son, en cambio, para los observadores normales; en la existencia de puntos neutros en la visión del espectro de los primeros (Adams y Spivey, 1979) y en los acentuados fenómenos de contraste aparentes para los observadores cromáticos anómalos frente a los normales (Francois y Verriest, 1961). Incluso, la misma separación en la localización espectral de los puntos neutros para cada una de las formas de dicromatismo es suficiente para conseguir una distinción entre ellas (Adams, 1979). Por otra parte, las funciones de umbrales diferenciales para la saturación del color de las diferentes clases de anomalías, han sido utilizadas para graduar cada tipo de defecto, como ha ocurrido en la elaboración del test "American Optical Company de Hardy-Rand-Rittler" (Taylor, 1980).

Lakowski (1966) afirmaba, basándose en sus propias medidas colorimétricas de las láminas PIC, que éstas, además de constituir pruebas de confusión de color, pueden ser también de discriminación de color, tanto en los test en los que se han introducido deliberadamente los grados de dificultad para cuantificar el defecto, como en aquellos en los que se ha producido accidentalmente una débil diferencia cromática entre la figura y el fondo en algunas de sus láminas.

Atendiendo a la estructura de las láminas PIC del test Ishihara y, en general, de otros test de la misma naturaleza, aquéllas han sido agrupadas por Hardy et al. (1954) y por Lakowski (1965) en: tipo de transformación, en las que los observadores normales ven un símbolo distinto al que ven los deficientes cromáticos; tipo de confusión, en las que los observadores normales ven una figura y los defectivos no; tipo de dígito oculto, en las que

ocurre al contrario que en el caso anterior; y láminas de clasificación, en las que el observador normal ve dos símbolos y los defectivos de cada clase (protán o deután) sólo uno, en diferentes zonas de las láminas (Hansen, 1963; Passigli, 1980).

Babel (1965) clasificó igualmente las láminas PIC en: de prueba, ilegibles para los defectivos pero que pueden ser leídas por los normales y que sirven, por tanto, para separar ambas clases de observadores; de contraprueba, en las que ocurre lo contrario; y de confusión, en las que los sujetos normales y defectivos tienen lecturas diferentes, permitiendo diagnosticar el tipo de deficiencia.

Por otra parte, casi todas las pruebas PIC cuentan con una o varias láminas de demostración que pueden ser reconocidas por cualquier observador, ya sea normal o anómalo, y tienen una doble finalidad: ayudar a explicar el funcionamiento de la prueba y detectar a posibles sujetos que intenten 'engañar' al examinador sobre su visión cromática.

A continuación haremos una breve descripción de algunos de los test pseudoisocrómaticos más significativos que son utilizados en el análisis de la visión del color.

### **Test Ishihara**

Este test es el más ampliamente difundido en todos los campos relacionados con el estudio de los observadores defectivos cromáticos. Ha conocido numerosas ediciones y reimpressiones de una periodicidad casi anual. Fue el primer test PIC comercializado, la primera edición salió a la luz en el año 1906 (Dain, 2004) y en su configuración actual consta de treinta y ocho láminas, veinticinco con números destinados a personas que saben leer y trece con trazos sinuosos para analfabetos, estando todas ellas ideadas para detectar deficiencias del tipo rojo-verde.

Sus láminas han sido agrupadas de modo diverso de acuerdo a los colores del fondo y del símbolo y a su función de detección y diagnóstico (Maione, 1965; citado en Passigli, 1980) o a su función exclusivamente (Verriest, 1964); pero la clasificación más aceptada ha sido la seguida por Lakowski (1965) ya mencionada.

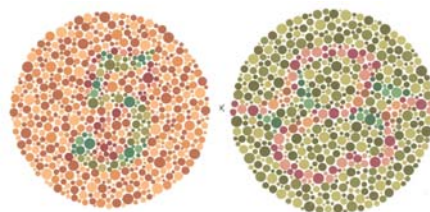


Figura 1.4 Test de Ishihara.



En el capítulo del dispositivo experimental analizaremos el test de Ishihara con mayor profundidad puesto que es uno de los objetivos de este estudio, lo que nos ayudará a comprender mejor el funcionamiento de las láminas pseudoisocromáticas.

### Test HRR

Esta prueba también está muy ampliamente difundida. Sus autores fueron LeGrand Hardy, Gertrude Rand y M. Catherine Rittler (Hardy et al., 1954). La primera edición data de 1955 y fue fabricada por la empresa American Optical, por lo que se denominó AO-HRR. Hubo una segunda edición en 1957, igual que la anterior pero variando solamente el orden de las láminas. Aunque se consideró como un buen test (Hogan, 1957; Belcher et al., 1958; Walls, 1959; Cole, 1964; Vos et al., 1972), dejó de imprimirse en 1970. Posteriormente, en 1991, la empresa Richmond Internacional presentó una tercera edición (Bailey, 2004), basándose en la segunda edición, y en 2002 publicó una cuarta edición, rediseñada por Bailey et al. (2004) y en la actualidad ya existe una quinta edición.

El test está compuesto por un total de 24 láminas que cubren tres tipos de pruebas: de detección simple, de diagnóstico cualitativo y de diagnóstico cuantitativo (hasta tres grados diferentes).

El HRR, además de deficiencias rojo-verde, también permite detectar deficiencias amarillo-azul. Todas las láminas representan símbolos geométricos.



Figura 1.5 Test HRR.

### Test SPP (Standard Pseudoisochromatic Plates)

Consta de dos volúmenes. El primero dedicado a la detección de deficiencias congénitas de visión del color rojo-verde. Las láminas presentan una matriz regular de puntos con números del estilo de las calculadoras de bolsillo. Los resultados, en cuanto a validez del test, son similares a los del test de Ishihara (Mäntyjärvi et al., 1986; Honson et al., 1988; Hovis et al., 1996), pero al ser menos habitual que el Ishihara se puede utilizar para detectar sujetos que hayan memorizado las respuestas de aquél. El segundo volumen está dedicado a la detección de deficiencias adquiridas tanto rojo-verde como amarillo-azul.

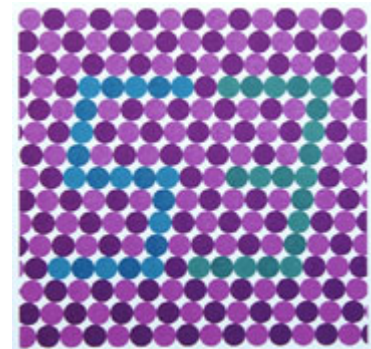


Figura 1.6 Test SPP.

## Test CVTME (Colour Vision Testing Made Easy)

Se trata de un test diseñado para niños. En las láminas de este test sólo se utilizan formas sencillas como estrellas, círculos y cuadrados, y dibujos de objetos simples fácilmente identificables por los niños (Cotter et al., 1999).

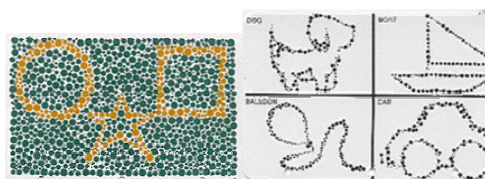


Figura 1.7 Test CVTME.

## Test TMC (Tokyo Medical College)

El test data del año 1957, fecha de su primera y única edición. Como característica más original posee la de haber sido pintado a mano a fin de lograr una reproducción más fiel de los colores localizados en las líneas de confusión de los defectivos en el espacio de color

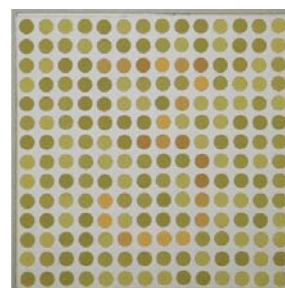


Figura 1.8 Test TMC.

(Umazume y Matsuo, 1962). Pero, presenta el inconveniente de su fácil deterioro con el tiempo por acción de la luz, humedad, etc. Las láminas, al contrario que el resto de los test PIC, están cubiertas por una capa con orificios circulares que dejan ver los colores. Este test permite detectar anomalías rojo-verde y amarillo-azul, clasificar anómalos del tipo deután y protán, y cuantificar la severidad del defecto en tres niveles o grados.

## Test Ulloa

Este test fabricado en 1972 es usado en España para detectar, preferentemente, posibles anómalos en la selección de trabajadores. Este test permite detectar anomalías rojo-verde y separarlos en protán o deután, y detectar anomalías amarillo-azul (en dos grados). Las láminas utilizan letras, números y símbolos geométricos (Ulloa, 1972).



Figura 1.9 Test Ulloa.

## Test Stilling

Como ya hemos indicado se trata del primer test de visión del color PIC diseñado en 1877 (Stilling, 1877). Ha conocido numerosas ediciones y ha servido como modelo para la construcción de nuevos test, como el Ishihara. Desde la muerte de Stilling en 1918, se han introducido diversas modificaciones por Hertel (Hertel, 1936) quien, en su 20ª edición, añadió cuatro láminas para la detección de defectos tritán y por Velhagen (Velhagen y Broschmann, 1995), a su 21ª edición, que supuso la adición de test de contraste mediante la superposición, en algunas de sus láminas, de papel de seda (Murray, 1943; Hansen, 1963).

Según su autor el test constaba de láminas para detectar y distinguir sujetos con deficiencias rojo-verde y curvas de eficiencia luminosa y discriminación espectral normales de aquellos con una curva de eficiencia luminosa disminuida para la luz roja y discriminación espectral reducida. Las láminas que constituyen el test exhiben tanto números como letras y algunas de ellas están destinadas a detectar deficiencias amarillo-azul.

## Test Dvorine ("Dvorine pseudo-isochromatic plates")

Tanto en la primera edición que data de 1944 y en una segunda edición (1953) las láminas presentan números y trazos (Dvorine, 1953).

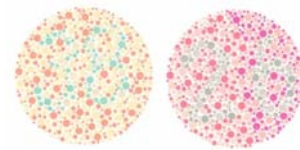


Figura 1.10 Test Dvorine.

## Test de Bostrom y de Bostrom-Kugelberg

Bostrom publicó en el año 1935 su test (Bostrom, 1935) que fue revisado en 1950 (test de Bostrom II) (Belcher et al., 1958). El test de Bostrom-Kugelberg fue publicado en 1944 para sustituir a las láminas Ishihara en el control oficial de la visión del color en Suecia durante la Segunda Guerra Mundial (Bostrom y Kugelberg, 1947). Permite el diagnóstico de deficiencias rojo-verde. Sus láminas están construidas utilizando círculos coloreados de igual tamaño y que representan números, figuras y trazos sinuosos elegidos con tres grados de luminancia, tanto para los símbolos como para el fondo.

## Otros test PIC

En la Tabla 1.4 listamos otros test de láminas PIC cuyo nivel de utilización y eficiencia sólo es mencionado puntualmente por la literatura especializada. En dicha tabla se

presentan el nombre vulgar, el nombre original, el año de edición y los autores que los han descrito.

Tabla 1.4 Otros test de láminas pseudoisocromáticas.			
Denominación	Nombre original	Año edición	Referencia
Rabkin	Polychromatic plates for testing colour vision	1936 (1ª ed.) 1939 (2ª ed.)	Murray (1943) Hardy et al. (1945) Sloan (1945) Taylor (1980)
Polack	Pseudo-isochromatic plates for testing colour perception	1940	Kherumian et al (1956) Taylor (1980)
Meyrowitz	Pseudo-isochromatic plates for testing colour perception	1940 (ed. Americana)	Chapanis (1949)
Freeman	Illuminant stable color vision test	1949	Freeman (1949)
Farnsworth (nº 1 y 2)	Farnsworth tritan plates	1955 (no comercializado)	Babel (1965) Taylor (1980)
Ohkuma	Ishihara-Ohkuma's new plates for colour defectives	1973	Ohkuma et al. (1973) Birch (1976) Mollon (1982)
City University	City University colour vision test	1975	Fletcher (1975)
Keely-Bristol	Keely-Bristol colour vision test	1978	Keely (1978) Passigli (1980)
Umazume-Ohta	Umazume-Ohta Test	1975	Pinkers (1975)
Sociedad Española de Optometría	Prueba de detección de anomalías de sensibilidad al color	1995	Roure (1995)

### 1.4.1.2 Pruebas de ordenación

Bajo esta denominación hemos incluido aquellas pruebas que en su ejecución precisan de una clasificación secuencial de sus elementos constituyentes, en función de su tono o saturación, y cuyo primer objetivo es detectar deficiencias en la percepción visual cromática. Estos test tienen como principal representante al test "Farnsworth Munsell 100-Hue", FM-100, y sus versiones reducidas D-15, B-20 y H-16 (Farnsworth 1943,1949) que han conocido numerosas versiones y constituyen hoy día uno de los principales instrumentos de diagnóstico de anomalías congénitas y adquiridas.

#### Test 100 Hue de Farnsworth Munsell

Se basa en el sistema de notación desarrollado por D. Munsell (Farnsworth 1943, 1949), según el cual cada color puede ser especificado mediante tres atributos: tono, claridad y saturación (hue, value y chroma) estableciendo un sistema de representación del

color tridimensional. En este sistema, la notación es tal que la diferencia de color percibida entre dos colores contiguos es constante. Se establecen diez tonos principales (G, YG, Y, RY, R, RP, P, PB, B, BG), cada uno de los cuales se divide en otros diez niveles de tono diferentes, presentando un total de 100 tonos diferentes (Figura 1.11).

El test 100-Hue de Farnsworth-Munsell está constituido por ocho cápsulas de referencia y ochenta y cinco cápsulas para ser manipuladas; coloreadas de forma que entre los colores vecinos existe una variación aproximadamente constante en su tono pero manteniendo iguales sus claridades y saturaciones (Figura 1.12). Por tanto, los colores que forman el test se distribuyen en una circunferencia en el sistema Munsell.

Las cápsulas están distribuidas en cuatro series que abarcan distintas zonas del espectro y ordenadas al azar en cuatro cajas para que el sujeto las clasifique consecutivamente atendiendo a su 'semejanza'. Al poseer cada cápsula, en su reverso, el número de orden correspondiente, es posible reproducir la distribución asignada por el sujeto en una hoja de respuesta donde se representan gráficamente los 'errores' en los que ha incurrido a lo largo de la circunferencia sobre la que se sitúan las ochenta y cinco cápsulas. El perfil obtenido permite detectar el tipo de deficiencia cromática por la acumulación de errores en las zonas de color típicamente confusas para dichos observadores; el grado de anomalía se precisa en función de la puntuación total de error obtenida. La separación entre normales y defectivos debe hacerse a partir de una tipificación realizada sobre muestras de ambas clases de individuos que permita asignarles unos intervalos de puntuación característicos (Farnsworth, 1943).

La interpretación de los resultados del test puede ser difícil y complicada según el tipo de anomalía, sobre todo en el caso de las adquiridas, por lo que se han elaborado diferentes métodos, y desarrollado software, para facilitar el análisis de los resultados (Donaldson, 1977; Lugo et al. 1986; Dain et al., 1988; Vingrys et al, 1988).

La interpretación de los resultados del test puede ser difícil y complicada según el tipo de anomalía, sobre todo en el caso de las adquiridas, por lo que se han elaborado diferentes métodos, y desarrollado software, para facilitar el análisis de los resultados (Donaldson, 1977; Lugo et al. 1986; Dain et al., 1988; Vingrys et al, 1988).

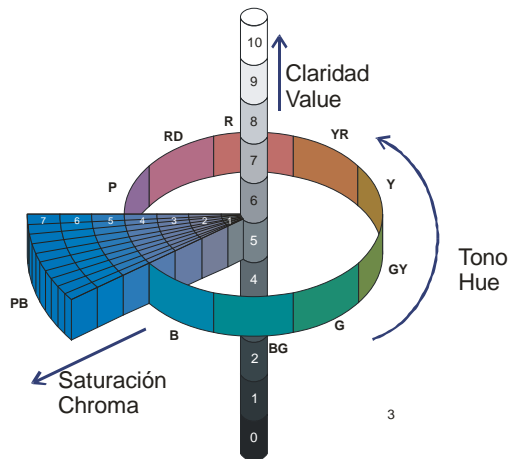


Figura 1.11 Sistema de representación Munsell.

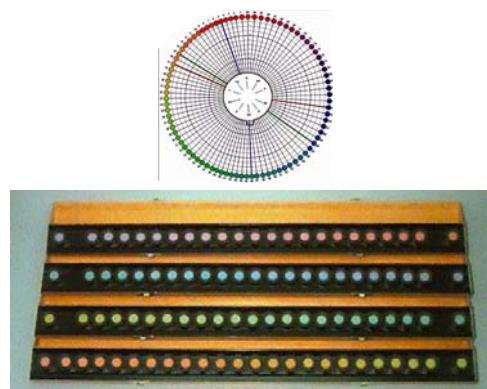


Figura 1.12 Farnsworth-Munsell 100-Hue.

El Test 100 Hue no sólo permite clasificar las anomalías congénitas, e incluso cuantificarlas, sino que resulta útil en el estudio de anomalías adquiridas que sigan, o no, los patrones de discriminación clásicos. Además, al resultar que incluso sujetos con visión normal del color no ordenan todas las cápsulas correctamente, es útil para distinguir sujetos con muy buena discriminación cromática (Birch, 1985, 2001).

Aunque presenta algunas limitaciones, como no distinguir entre sujetos con visión del color normal de los anómalos tricrómatas leves, o no diferenciar, a veces, entre protanopes y deuteranopes (Birch, 1989; Lagerlof, 1991), este test suele ser utilizado para la validación de otros test, junto con los anomaloscopios.

### Test dicotómico D-15 de Farnsworth-Munsell

Junto al test 100-Hue, en 1943, se editó otra prueba conocida como Test dicotómico B-20 de Farnsworth-Munsell. Su elaboración persiguió separar claramente la respuesta de los observadores (de ahí su denominación "dicotómico") en un "acierto" o un "error". Del mismo modo que en el test 100-Hue, los colores componentes de sus veinte cápsulas se distribuyen en una circunferencia en el sistema Munsell, aunque evidentemente, las diferencias de tono entre cápsulas adyacentes son bastante más apreciables que en el caso anterior. Sus valores triestímulo para el iluminante C fueron obtenidos por Judd (1945). Al haberse reducido en esta ocasión el número de colores presentes, el test B-20 es una prueba de confusión, no de discriminación como el test 100-Hue, lo que no permite una cuantificación de la deficiencia sino que tan sólo se limita a definir su clase, a través de la representación en la hoja de respuestas de las confusiones establecidas sobre la ordenación estándar y la identificación de determinados ejes de confusión (protán, deután, tritán y tetartán).

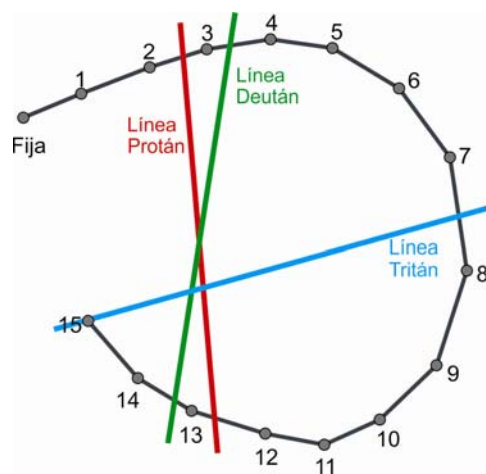


Figura 1.13 Sistema de representación Munsell.

La concepción dicotómica original de este test se ha mantenido en el test actualmente utilizado, "Panel D-15", cuyo número de cápsulas ha sido reducido a quince y una de referencia y que, según evidenció Pinckers (1971), puede extraerse del test 100-Hue.

Según Linksz (1966), en una batería de pruebas para el estudio de la visión del color, la primera prueba a realizar sería el test de Ishihara, seguido del Panel D-15. Si bien, éste test es muy empleado en el estudio de las deficiencias adquiridas (Collin, 1966; Smith, 1972; Bassi et al., 1993).

Posteriormente se desarrolló una nueva versión de este último test, el 15-Hue "desaturado" (Lanthony, 1975) que corresponde a la misma estructura de aquél pero utilizando colores de mínima saturación y mayor luminancia y que se recomienda para ser utilizado como "retest" del Panel D-15 estándar (Pinckers et al., 1978).

### **Test 28-Hue de Roth**

Este autor (1966) desarrolló una versión del test 100-Hue tomando, para ello, una cápsula de cada tres consecutivas de que consta dicho test (cápsulas nº 1, 4, 7,...), obteniendo de esta forma una prueba constituida por veintiocho cápsulas y que, según su autor, pretende ser una solución de compromiso entre el 'tedioso' 100-Hue y el 'impreciso' D-15. Los intervalos de color entre cápsulas son, por tanto, mayores que en el 100-Hue pero menores que en el Panel D-15 (Amos y Piantanida, 1977).

### **Test 40-Hue de Ohta**

Este test elaborado por Ohta (1966) posee idéntico fundamento que los anteriores y está compuesto de cuarenta cápsulas con un grado "4" de luminancia y saturación en la escala de Munsell.

### **Nuevo test de color de Lanthony**

Lanthony (1975) construyó esta prueba que consta de un total de sesenta cápsulas coloreadas con igual luminancia ("6" en la escala de Munsell), repartidas en cuatro series de distinto tono y saturación (2, 4, 6 y 8 en dicha escala), con el objetivo de poder graduar la deficiencia detectada en los observadores (Pinckers, 1979).

Basándose en el fundamento del Test de Farnsworth-Munsell se han desarrollado distintos test a lo largo de los años. La diferencia entre unos y otros es el número de muestras coloreadas a ordenar y la saturación y luminancia de las mismas.

### 1.4.1.3 Anomaloscopios

El anomaloscopio es esencialmente un colorímetro que produce un par metámero a partir de la mezcla de dos colores espectrales de proporciones variables para igualar otro color de referencia sobre un campo bipartito. Como se concibió originalmente (Lord Rayleigh, 1881), los dos primeros colores eran rojo (670 nm, del litio) y verde (545 nm, del torio) y el color a igualar, amarillo (589 nm, del sodio). Nagel (1907) elaboró y comercializó el primer anomaloscopio haciendo uso de la "ecuación Rayleigh" referida (anomaloscopio Nagel, modelo I); en su segunda versión (modelo II) se incluyó la denominada "ecuación Trendelenburg" (1941), con objeto de poder detectar los defectos tritán, y la mezcla se produce entre un color violeta (470 nm) y otro azul-verde (517 nm) para igualar el azul estándar (490 nm) (Schmidt, 1970).

Otra versión posterior del anomaloscopio, de Pickford-Nicolson (1960) hace uso de las ecuaciones de mezcla de colores amarillo (585 nm) y azul (470 nm) para dar lugar a blanco (iluminante A) y de verde (555 nm) y azul (470 nm) para igualar un azul-verde (496 nm) además de la ya conocida de Rayleigh (Lakowski, 1969).

Según un método de trabajo sobre tales instrumentos, el observador puede ser quien manipule el aparato (las cantidades relativas de ambos colores de mezcla varían de forma inversamente proporcional) hasta lograr la igualación deseada o, por el contrario, esto es realizado por el examinador, limitándose el observador a asentir cuando en su campo de visión se haya producido la igualación deseada (Pickford, 1951). Algunos observadores sólo admiten un ajuste entre los colores de la ecuación, en cambio, otros, aceptan varios, en cuyo caso suele determinarse el punto de igualación medio. A partir la representación gráfica de los resultados se determina el "cociente de anomalía" (entre las cantidades relativas de luces mezcladas para lograr la igualación) y los parámetros estadísticos: punto de igualación medio y desviación típica, para los observadores examinados. El cociente de anomalía sirve para la determinación del tipo de deficiencia y los parámetros estadísticos para su graduación en tres niveles: dicrómata, anómalo extremo y anómalo, a partir de la tipificación previa del test (Lakowski, 1969). Más concretamente, el sujeto que requiere más verde que el normal para igualar el color amarillo dado es deuteranómalo y el que requiere más rojo, protanómalo. Cuando cualquier mezcla de rojo y verde es igualada al amarillo, se



dice que el observador es dicrómata; para distinguir si se trata de protanopia o deuteranopia es preciso ajustar la luminancia del color amarillo, de forma que el protanope es quien precisa mayor cantidad de rojo para igualar al amarillo cuya luminancia ha sido reducida (Cobb, 1981).

Los anomaloscopios más utilizados son los citados de Nagel (modelos I y II) y de Pickford-Nicolson. Su diferencia fundamental, aparte de detalles de construcción y uso (Taylor, 1966), estriba en las ecuaciones de que se sirven para su diagnóstico (ya señaladas) y en el medio de obtención de los colores requeridos, el primero cuenta con prismas y el segundo con filtros de transmisión.

Otros anomaloscopios, como el "Neitz", cuentan con filtros interferenciales, mientras que el "anomalómetro" de Besançon permite medir el cociente de anomalía en la igualación de los pares metámeros además de los umbrales de tono y saturación y la curva de sensibilidad espectral (Roth et al. 1980).

Una ventaja adicional del uso del anomaloscopio en la investigación de la percepción cromática de los defectivos, es la posibilidad de convertir la escala instrumental de unidades arbitrarias para la especificación de los colores utilizados, en coordenadas cromáticas del sistema de especificaciones C.I.E. (Lakowski y Aspinall, 1972).

Otro tipo de anomaloscopio que merece ser mencionado es el anomaloscopio Medmont C-100, cuyo predecesor (Cole, 2007) es el anomaloscopio OSCAR (Objective Screening of Colour Anomalies and Reductions) (Estevez et al., 1983). Básicamente utilizan fotometría de parpadeo para medir la sensibilidad relativa espectral para luces rojas y verdes para diferenciar entre sujetos deután y protán. El fundamento es presentar una única luz generada por dos diodos LED, uno rojo y otro verde, que parpadean alternativamente a 16 Hz. Esta frecuencia permite que aunque uno esté apagado y el otro encendido, el sujeto observa una luz amarilla que parpadea. Un único control permite cambiar las luminancias relativas de ambos LED, uno aumenta y el otro disminuye. Cuando el parpadeo se hace mínimo significa que para esa persona la luminancia de ambas fuentes es igual. De esta manera, un sujeto protán dispondrá el control de manera que se haya aumentado la cantidad de luz roja (y disminuido la de verde) más de allá de la elección que hubiera realizado un sujeto con visión normal del



Figura 1.14 Oculus Anomaloscope.

color, debido a que el protán tiene una sensibilidad reducida para luces rojas. Por el contrario, un deután hubiera aumentado la cantidad de verde con respecto a lo normal.

En general, los anomaloscopios, sobre todo los que tienen en cuenta la ecuación de Rayleigh y la de Trendelenburg, se consideran los instrumentos de referencia en el análisis de anomalías en la visión del color y normalmente son utilizados para validar otros tipos de test. En la Figura 1.14 se muestra un anomaloscopio moderno, Oculus Anomaloscope, que incluye un software para interpretar los resultados.

#### 1.4.1.4 Pruebas profesionales: Test de denominación o de linterna

En este apartado recogemos los test diseñados específicamente para probar aptitudes en el desempeño de tareas que requieren un sentido cromático determinado. Como ya hemos comentado, no se trata de pruebas que persigan, como en los casos anteriores, detectar y clasificar deficientes al color sino más bien separar a los observadores en aquellos capaces de cumplir satisfactoriamente su cometido profesional y aquellos que son incapaces de ello.

En la bibliografía puede encontrarse una gran variedad de test profesionales. Sin embargo, la mayoría son los llamados 'Test de Denominación' o 'Test de Linterna'. La idea de estos test es reproducir situaciones reales de los profesionales y estudiar su capacidad de discriminar colores. Generalmente son utilizados para seleccionar personal para marina, aviación o ferrocarril. En estos instrumentos se presentan al observador luces coloreadas, generalmente de pequeño tamaño y situadas a gran distancia, que debe nombrar.

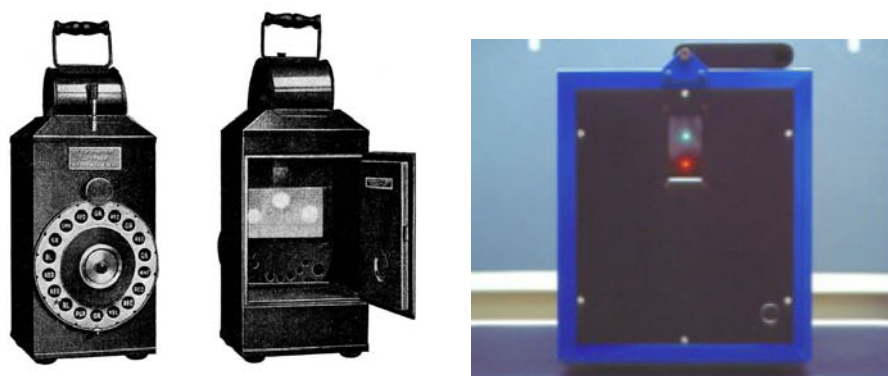


Figura 1.15 Test de Linterna.

En la Tabla 1.5, hemos recopilado algunos de los Test de Linterna que han ido apareciendo a lo largo de los años, junto con el año de edición y la referencia bibliográfica de los mismos. En 1982, Cole y Vingrys publicaron una revisión sobre este tipo de test que merece la pena ser resaltada (Cole et al., 1982).

<b>Tabla 1.5 Test de Linterna para uso profesional.</b>			
	<b>Denominación</b>	<b>Año de Edición</b>	<b>Referencia Bibliográfica</b>
<b>Tipo de test de Linterna</b>	Edridge-Green	1891	Edridge-Green (1981)
	Williams Lantern	1892 Modificada 1903	Williams (1903)
	Thomson's Lantern	1905	Jennings (1905)
	Chromoscope de Le Mehaute-Guerin	1908	Le Mehaute (1908)
	Board of Trade Lantern (BOT)	1913	Edridge-Green(1914)
	The KBB-Martin Colour Vision Testing Lantern. Martin Lantern	1939	Martin (1939, 1943)
	Giles-Archer Colour Perception Unit	1940	Giles (1940)
	The School of Aviation Medicine Color Threshold Tester (SAM-CTT)	1942	Sloan (1946)
	The Royal Canadian Navy Colour Vision Test Lantern	1943	Solandt et al. (1943)
	New London Navy Lantern. Farnsworth lantern	1946	Farnsworth et al. (1946)
	Kugelberg-Karpe	1947	Bostrom et al. (1947)
	Chromoptomètre de Beyne	1954	Beyne (1956)
	F.A.A. Colour Signal Light Gun	1971	Taylor (1974)
	New Canadian Lantern test	1973	Moreland (1981)
	Holmes-Wright	1974	Holmes (1982)
	JFC lantern	1995	Tanabe et al. (1995)
CNLAN	2000	Hovis(2000)	
CAM lantern test	2003	Fletcher (2005)	

#### **1.4.1.5 Test de Ordenador**

En este apartado queremos destacar el considerable auge que han experimentado las pruebas de visión del color generadas por ordenador. Es por ello que las hemos separado en otro grupo dentro de la clasificación de las pruebas de visión del color, cuando en realidad, no se trata de otro tipo de pruebas, sino de las mismas pruebas rediseñadas y elaboradas para ser realizadas en la pantalla de un ordenador, o algún dispositivo similar.

Uno de los primeros trabajos en los que se presentan test de visión de color en la pantalla de un ordenador (Hoffmann et al., 1998) está basado en la presentación en la pantalla de un monitor CRT de láminas del test de Ishihara previamente escaneadas. Los autores concluyen que con el adecuado calibrado previo del monitor no hay diferencias significativas en la clasificación de sujetos anómalos cuando se presentan las láminas del test de Ishihara en la pantalla del monitor o se presentan del modo habitual. Los autores indican que el método de presentación en el monitor tiene las ventajas de poder controlar mejor el tiempo de exposición de la lámina y descartar la influencia de la iluminación ambiente.

Una de las pruebas de visión del color generadas por ordenador más referenciadas es el denominado 'Cambridge Colour Test' (CCT) (Mollon et al., 2000) que fue desarrollado a partir de los trabajos previos de Mollon et al. (1989) y Regan et al. (1994). En este test se utilizan láminas pseudoisocromáticas generadas por ordenador basadas en la C de Landolt que presentan variaciones cromáticas según diferentes direcciones del espacio de color, de modo que el observador sólo puede identificar una de las 4 posibles orientaciones de la 'C' basándose en las diferencias de tono entre el detalle y el fondo de la imagen. En un reciente trabajo (Hasrod et al., 2015) los autores muestran las ventajas de este test frente a las pruebas tradicionales, destacando la posibilidad de ajustar la dificultad a las características del observador y de presentar las imágenes de forma aleatoria evitando el efecto aprendizaje por parte del sujeto examinado. El CCT ha sido utilizado en estudios muy diversos con objetivos tan variados como el de determinar los umbrales de discriminación cromática de pacientes con la enfermedad de Parkinson (Regan et al., 1998), evaluar la visión del color de monos ardilla (Mancuso et al., 2006), determinar la disminución en la capacidad de discriminación cromática en pacientes con esclerosis múltiple (Moura et al., 2008), aplicarlo al análisis de la visión del color de niños (Goulart et al., 2008) o analizar la capacidad de discriminación cromática de un grupo de sujetos a lo largo de la vida (Paramei, 2012; Paramei et al., 2014).

En la misma línea se encuentran en la bibliografía otras pruebas por ordenador desarrolladas para diagnosticar anomalías cromáticas (Touffeeq, 2004), (Miyahara et al., 2004). Los propios autores indican que el test propuesto funciona bien como método rápido de detección de dicrómatas y tricrómatas anómalos, pero necesita mejorarse para conseguir una correcta clasificación y evaluación del tipo de anomalía (protán o deután).

Más reciente es el desarrollo de un test de visión del color por ordenador basado en la sensibilidad al contraste para los distintos tipos de conos (Rabin et al., 2011). En este caso se presentan al observador letras sólo visibles para cada uno de los sistemas de conos (L, M, S) y se determinan los umbrales de sensibilidad al contraste para cada uno de ellos.

El test se evalúa comparativamente con otros test tradicionales y los autores concluyen que su eficiencia es similar a la del anomaloscopio y superior a la de los test de láminas pseudoisocromáticas. Como ventaja sobre el anomaloscopio los autores destacan el poco tiempo necesario para realizar la prueba (6 minutos).

Otro test de visión del color por ordenador presentado recientemente es el denominado 'Waggoner Computerized Color Vision Test', desarrollado para ser utilizado en ordenadores personales de uso general. En una reciente evaluación comparativa (Jason et al., 2015) se ha comprobado una buena concordancia de los resultados obtenidos mediante este test y los obtenidos mediante anomaloscopios (89%), aunque los autores del estudio concluyen que en general el test tiende a sobrevalorar las deficiencias protán y deután detectadas.

Otras pruebas de visión del color están basadas en la simulación por ordenador de un anomaloscopio de Pickford-Nicolson utilizando un monitor CRT (Pardo et al., 2000 y 2001). Además de la correcta evaluación de anomalías rojo-verde, los autores proponen que con la adecuada calibración del sistema de generación de estímulos el test se podría aplicar también al análisis de la capacidad de discriminación cromática de observadores normales y anómalos, incluyendo anomalías tipo tritán. En un trabajo posterior (Pardo et al., 2004) los autores muestran que el test sigue siendo válido con monitores TFT, aunque sugieren limitar el ángulo de visión del observador para evitar las variaciones cromáticas características de este tipo de pantallas.

En la bibliografía también se encuentran referencias a simulaciones mediante ordenador de test profesionales como el denominado 'Martin Lantern Test', tradicionalmente utilizado en el ejército norteamericano para evaluar anomalías cromáticas y que hace años dejó de fabricarse. En un trabajo reciente (Kapoor et al., 2013) se concluye que hay una buena correlación entre los resultados obtenidos con el dispositivo original y los obtenidos con la simulación por ordenador.



CAPÍTULO 2.

**Estudio sobre Contrastes de Luminancia  
y Cromáticos**





## 2.1 Introducción y objetivo

En la primera etapa del trabajo de investigación que ha dado lugar a esta tesis hemos realizado medidas de los valores de contraste umbral para los canales de luminancia, cromático rojo-verde y cromático amarillo-azul. El objetivo es continuar evaluando la efectividad del canal de luminancia en relación a los canales cromáticos en diferentes aspectos relacionados con la visión, como ya habíamos realizado en estudios previos en nuestro laboratorio sobre influencia de la luminancia y canales cromáticos en estereopsis (Jiménez et al., 1997) y relación entre sumación binocular, cambios cromáticos y tiempo de reacción visual (Jiménez et al., 2002).

El estudio de la relación entre el color y estereopsis es fundamental para conocer las limitaciones que puede llegar a tener un observador que presente anomalías en la visión del color. Si el color no tuviese ninguna influencia en la estereopsis (Lu y Fender, 1972), no habría diferencias significativas entre la visión binocular de los sujetos normales o con deficiencias cromáticas. Sin embargo, si el color juega un papel importante en la estereopsis y en la visión binocular, un observador anómalo tendría una limitación adicional en su percepción 3D, además de la inherente a su anomalía cromática. Profundizar en el conocimiento de la relación existente entre visión cromática y otros aspectos espaciales y temporales de la visión nos puede aportar una valiosa información para el desarrollo de nuevas pruebas de visión del color, mejorando las utilizadas tradicionalmente, y también puede ayudarnos a entender la influencia que tienen las condiciones experimentales en que se presentan las pruebas sobre los resultados obtenidos con las mismas.

En la bibliografía existen resultados contradictorios en cuanto a la influencia del color en la estereopsis (De Weert y Sazda, 1983), (Scharff y Geisler, 1992), (Kingdom y Simmons, 1996), (Simmons y Kingdom, 1994), (Jiménez et al., 1997), (Livingstone y Hubel, 1988) y (Domini et al., 2000). En algunos de ellos se demuestra la influencia del color en la estereopsis en condiciones de equiluminancia, pero son pocos los que tratan con otros aspectos de la función binocular, como es el caso de la sumación binocular. Hay que tener en cuenta que en el estudio de las anomalías cromáticas es habitual aislar el canal de luminancia de los canales cromáticos, para que la información que adquiere el sujeto por el primero no enmascare las posibles anomalías que tenga en los otros dos. Éste es un

aspecto fundamental en el diseño de láminas pseudoisocromáticas, como se verá en una etapa posterior de este trabajo.

Dada la necesidad de profundizar en el estudio del funcionamiento del sistema visual en condiciones de equiluminancia antes de abordar objetivos posteriores, nos planteamos en esta etapa desarrollar experiencias que nos permitan contrastar nuestros resultados sobre relación entre sumación binocular y tiempo de reacción visual (Jiménez et al., 2002) con los obtenidos por Simmons y Kingdom (1998) para la sumación binocular y contraste umbral, ampliando su estudio con el análisis del canal amarillo-azul y nuevas frecuencias espaciales. Los resultados obtenidos pueden proporcionarnos una valiosa información sobre el tamaño de las muestras a emplear en el diseño de nuevas láminas pseudoisocromáticas que nos permitan evaluar tanto anomalías rojo-verde como amarillo-azul.

## 2.2 Método experimental

Se realizaron medidas de contraste umbral tanto en condiciones de visión monocular (para cada uno de los ojos) como en condiciones de visión binocular. Para los estímulos generados se emplearon patrones con dos frecuencias espaciales distintas: 0.5 y 2.0 cpd. En el caso de los patrones de luminancia utilizamos la definición estándar del contraste de Michelson:

$$C_l = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max} + L_{\min}}$$

donde  $L_{\max}$  y  $L_{\min}$  son, respectivamente, la luminancia máxima y mínima del patrón. En total utilizamos un conjunto de 50 valores distintos de contraste de luminancia en el intervalo de 1.0 a 0.001. Para el contraste cromático  $C_i$  utilizamos la siguiente definición:

$$C_i = \frac{Ex_1 - Ex_2}{P_i}$$

donde  $Ex_1$  y  $Ex_2$  son las salidas de los canales cromáticos rojo-verde o amarillo-azul (Boynton, 1986) y  $P_i$  es una constante de normalización que limita el contraste máximo a la unidad cuando el rango dinámico del monitor es máximo. Las respuestas rojo-verde se calculan como  $[L-2M]$  y las amarillo-azul como  $[S-(L+M)]$ , donde L, M y S son los valores de excitación de conos (Smith y Pokorny, 1975). En total y para cada frecuencia espacial se generaron 50 valores de contraste cromático en el intervalo de 1.0 a 0.001. La luminancia

media de los estímulos en el caso de los patrones de luminancia era  $21.50 \text{ cd/m}^2$  y variaba ligeramente de este valor en el caso de los patrones cromáticos, debido a la variabilidad de los observadores al realizar el ajuste necesario para obtener la condición de isoluminancia.

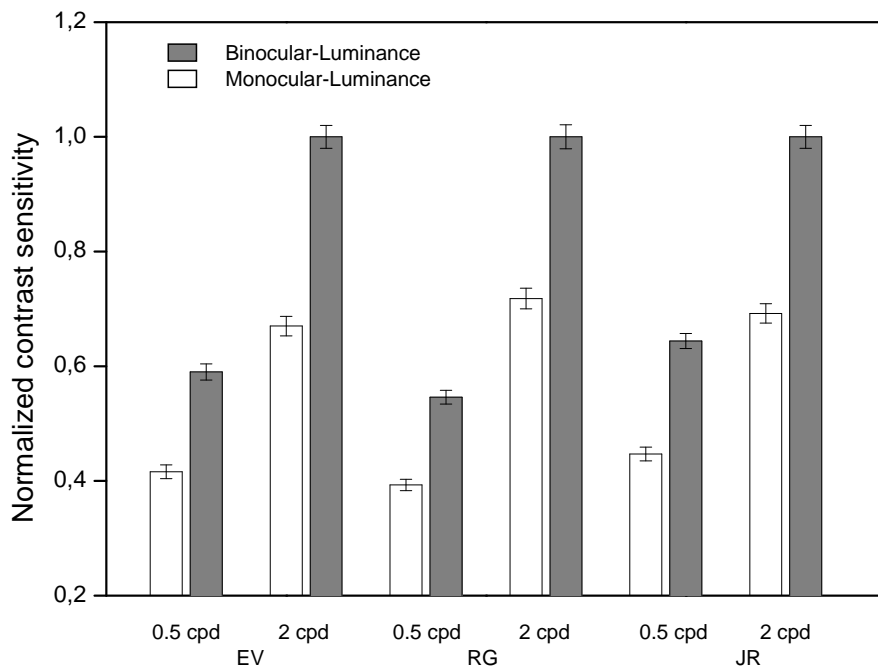
Los estímulos se presentaron en un monitor color SONY CPD17SF2, controlado por una tarjeta gráfica VSG2/3 (Cambridge Research Systems, Kent, GB) con convertidores digitales a analógicos de 14 bits. La calibración del sistema de presentación de estímulos se realizó con un espectrorradiómetro Topcon SR-1, obteniendo un conjunto de 64 valores de luminancia para cada uno de los primarios del monitor y asumiendo en el procedimiento de calibrado las hipótesis de independencia de los fósforos y de estabilidad temporal (Jiménez del Barco et al., 1995).

Para determinar los valores de contraste umbral se siguió un método ya utilizado previamente en nuestro laboratorio (García et al., 2000) que consiste en un procedimiento de elección forzada con dos alternativas. Los observadores se situaban a una distancia del test de 1.68 m ( $8^\circ$  de campo visual) y se fijaba su posición con la ayuda de una mentonera. Participaron en el estudio tres observadores con experiencia previa en la realización de pruebas psicofísicas, un hombre (JR, 35 años) y dos mujeres (RG, 28 años y EV, 30 años), todos ellos con visión normal del color (test de Ishihara y anomaloscopio de Pickford-Nicolson) y estereopsis normal (Test Stereo-Fly).

## 2.3 Resultados obtenidos y Discusión

En la Figura 2.1 se presentan los resultados de sensibilidad al contraste de luminancia para los tres observadores. En todas las figuras los valores de sensibilidad al contraste están normalizados al valor máximo, con el fin de facilitar la comparación de resultados. Los valores monoculares de sensibilidad al contraste corresponden a la media de ambos ojos (derecho e izquierdo). En 15 de las 18 condiciones probadas (2 frecuencias espaciales, 3 observadores, contraste de luminancia y contraste cromático en equiluminancia), la sensibilidad al contraste entre ojo derecho y ojo izquierdo no difiere significativamente ( $p > 0.05$ , según test de comparación de medias).

Los resultados muestran que para todos los observadores y ambas frecuencias espaciales, la sensibilidad al contraste es significativamente mayor en condiciones de visión binocular que en visión monocular y también es mayor para la frecuencia espacial de 2 cpd respecto a la frecuencia de 0.5 cpd. Estos resultados son acordes a los obtenidos previamente por otros autores (Campbell y Green, 1965), (Home, 1978) y (Mullen, 1985).



**Figura 2.1** Valores normalizados de sensibilidad al contraste de luminancia en visión binocular y monocular para las frecuencias espaciales de 0.5 y 2 cpd. Los valores monoculares corresponden a la media de los valores de ambos ojos. Observadores EV, RG y JR.

En las Figuras 2.2 y 2.3 se muestran los resultados de sensibilidad al contraste cromático en condiciones de equiluminancia para los patrones rojo-verde y amarillo-azul, respectivamente.

Para todos los observadores los umbrales binoculares obtenidos eran significativamente inferiores a los monoculares ( $p < 0.05$ ) para las 2 frecuencias espaciales analizadas. Las figuras muestran para la frecuencia de 0.5 cpd una sensibilidad al contraste superior que para la frecuencia de 2 cpd, acorde a lo obtenido por otros autores (Mullen, 1985).

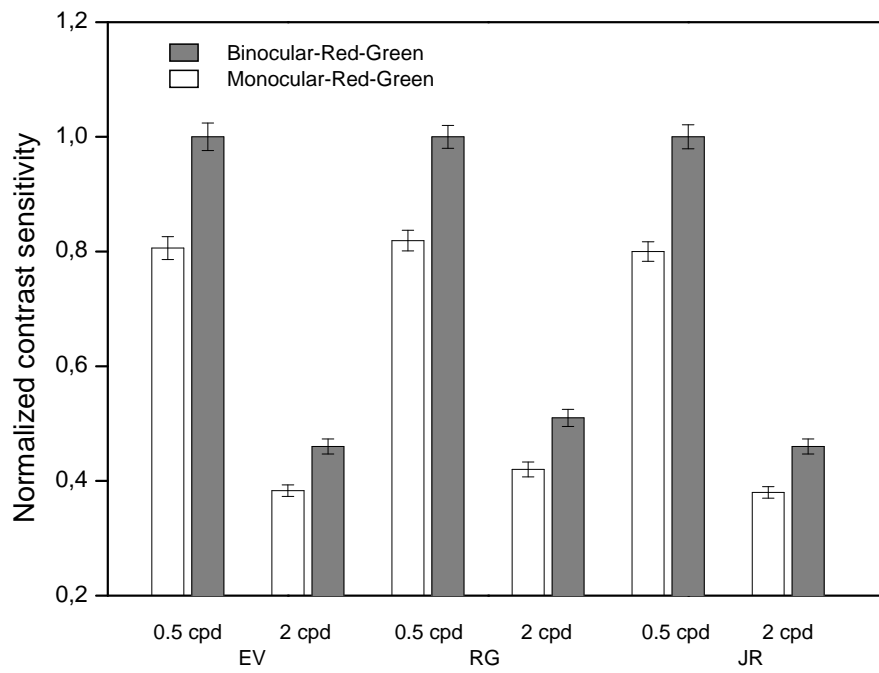


Figura 2.2 Resultados para el canal rojo-verde.

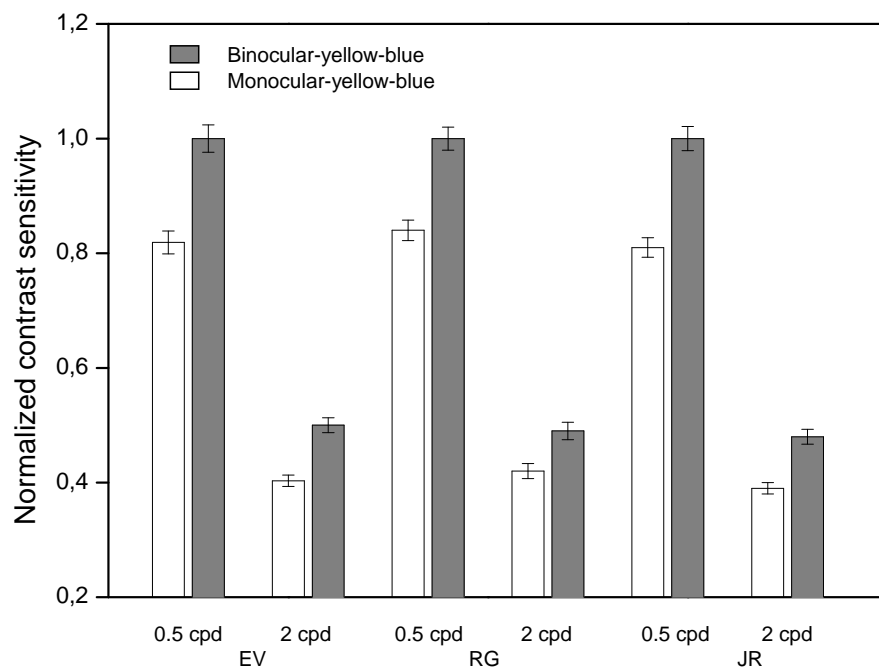
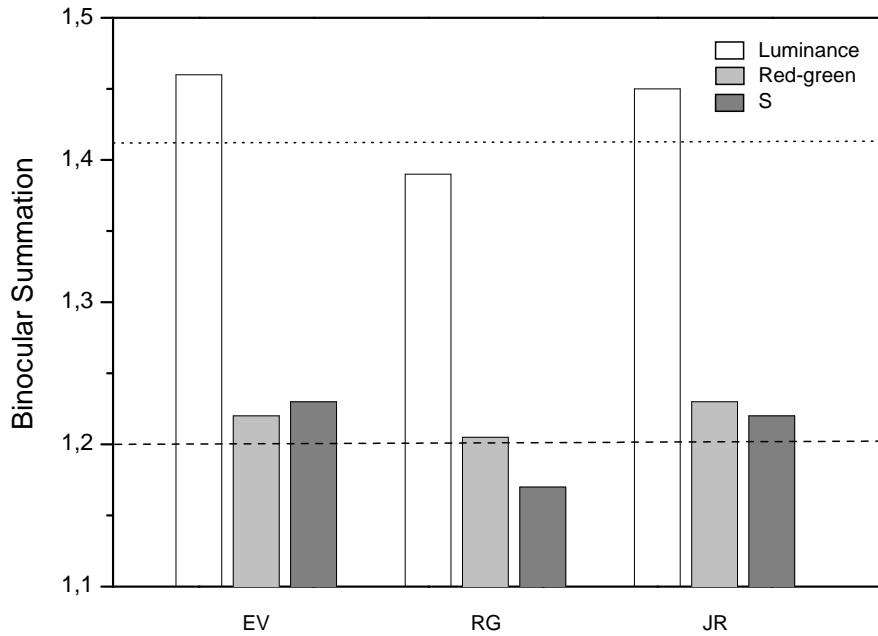


Figura 2.3 Resultados para el canal amarillo-azul.

En la Figura 2.4 se presentan los valores medios de sumación binocular (Reading, 1983) obtenidos para cada observador con los tres tipos de contraste analizados, promediando los valores correspondientes a las dos frecuencias espaciales estudiadas.



**Figura 2.4** Sumación binocular media para las tres condiciones de contraste analizadas. La línea de trazos representa la sumación por probabilidad y la línea de puntos representa la sumación neuronal.

En la Tabla 2.1 se muestran los valores de sumación binocular para todas las condiciones, obteniéndose que la sumación binocular para el canal de luminancia es mayor que para los canales cromáticos. Para el contraste de luminancias la sumación binocular se sitúa en el intervalo del 39% para RG al 48% para EV con un valor medio del 43.3%, mientras que para el contraste cromático el intervalo va del 16% para RG al 25% para JR, con una media del 21.25%. En los resultados de sumación binocular no se encontraron diferencias significativas entre los canales rojo-verde y amarillo-azul.

Tabla 2.1 Sumación binocular para las diferentes condiciones experimentales y los tres observadores. Los resultados corresponden a las dos frecuencias espaciales (0.5 cdp y 2 cdp) y el tipo de patrón espacial generado: luminancia, cromático rojo-verde y cromático amarillo-azul.

	LUMINANCIA		ROJO-VERDE		AMARILLO-AZUL	
Frecuencia espacial	0.5 cdp	2 cdp	0.5 cdp	2 cdp	0.5 cdp	2 cdp
EV	1.43	1.48	1.24	1.20	1.22	1.24
RG	1.39	1.39	1.22	1.19	1.18	1.16
JR	1.44	1.45	1.25	1.21	1.23	1.21

Es interesante analizar estos resultados en términos de los dos tipos principales de sumación binocular, denominadas ‘sumación neuronal’ y ‘sumación por probabilidad’. La sumación neuronal implica algún tipo de interacción interocular (Simmons y Kingdom, 1998), (Reading, 1983), (Rose et al., 1988) y su valor típico es aproximadamente de 1.41. En la sumación por probabilidad se asume que la mejora en la percepción binocular es debida a que con dos ojos el sujeto tiene mayor probabilidad de detectar el estímulo que con uno sólo. El valor típico de sumación por probabilidad es de 1.2.

En nuestro caso encontramos que para el contraste de luminancia el valor medio de sumación binocular era de 1.43, próximo al valor típico de 1.41 de la sumación neuronal. Por otro lado, para el contraste cromático el valor medio obtenido era de 1.21, similar al valor típico de sumación por probabilidad. Según estos resultados existe una interacción excitatoria interocular para la detección del contraste de luminancia, lo que no ocurre para la detección del contraste cromático.

Estos resultados son consistentes con los obtenidos en un estudio previo de nuestro laboratorio (Jiménez et al., 2002) relativo al tiempo de reacción visual, en el que se encontraron valores medios de sumación binocular de 1.44 para el contraste de luminancias y de 1.10 para el contraste cromático. Todo ello parece confirmar la existencia de dos mecanismos independientes para la estereopsis, uno cromático y otro acromático (Simmons y Kingdom, 1997).

En resumen, los resultados de este estudio y de los realizados previamente en nuestro laboratorio nos llevan a concluir que la sumación binocular está relacionada con la estereopsis y que la aportación del canal de luminancia a la sumación binocular es mayor que la de los canales cromáticos. En cualquier caso consideramos necesario profundizar en esta línea de trabajo para establecer con mayor precisión la relación entre sumación binocular, cromaticidad y visión espacial.

El interés que tienen estos resultados en el análisis de test de visión del color basados en láminas pseudoisocromáticas radica en que nos permite asegurar que en condiciones de equiluminancia, tal y como se opera con este tipo de láminas, los observadores con visión normal del color detectarán mejor el contraste cromático 'binocularmente' que 'monocularmente', aunque esa mejora se producirá 'por probabilidad' y no por interacción interocular. Además, para observadores normales y en condiciones de equiluminancia no habrá diferencias significativas en la detección de contrastes rojo-verde y amarillo-azul. Sería interesante extender el estudio analizando un grupo de sujetos con distintas anomalías en la visión del color para comprobar si algún tipo de anomalía cromática va asociado a otro tipo de deficiencias en la percepción espacio-temporal de los sujetos.

Los aspectos más relevantes del trabajo de investigación realizado en esta primera etapa de la tesis doctoral están incluidos en el artículo "Chromatic Changes in Relation to Binocular Summation Determined With Contrast Thresholds", publicado en la revista *Color Research and Application*, 28 (5): 366-370 (2003).



CAPÍTULO 3.

## **Planteamiento y Objetivos**



### **3.1 Introducción**

En los capítulos anteriores se han descrito los conceptos básicos sobre anomalías en la visión del color, presentando los sistemas de detección y evaluación de este tipo de anomalías que podemos encontrar en la bibliografía y que constituyen los antecedentes de nuestro trabajo. Después de presentar los resultados de un estudio inicial sobre contrastes de luminancia y cromáticos, nos proponemos en el presente capítulo exponer el planteamiento de nuestro trabajo y describir los principales objetivos del mismo.

### **3.2 Planteamiento**

La gran capacidad de discriminación cromática del sistema visual se aprovecha cada día más en todos los aspectos de la vida empleando el color como elemento de codificación de información, adquiriendo especial importancia en el campo profesional donde puede resultar excluyente el hecho de tener una discriminación cromática disminuida. Sin embargo, la percepción cromática y la discriminación del color no son privilegio de todo el mundo, ya que existen personas con deficiencias en su visión del color e incluso sujetos ciegos al color.

En la actualidad existen muchas pruebas y test que permiten determinar las anomalías en la capacidad de discriminación cromática que puede presentar un individuo. En una primera clasificación podríamos establecer cinco tipos de test: pruebas pseudoisocromáticas, pruebas de ordenación, anomaloscopios, pruebas profesionales y de ordenador.

Las pruebas pseudoisocromáticas se caracterizan por ser fáciles de presentar, rápidas de realizar y relativamente económicas. Por ello son las más frecuentemente utilizadas. Consisten en un conjunto de láminas formadas por superficies coloreadas, constituidas por un fondo sobre el que se destacan zonas, también coloreadas, que originan figuras (números, letras, etc.), sólo detectables, en algunos casos, por observadores normales, y, en otros, por defectivos. Existen también láminas cuya lectura difiere de unos a otros.

Se han desarrollado muchas de estas pruebas, basadas en láminas pseudoisocromáticas, entre las que podemos citar el test de Ishihara (Dain 2004), el American Optical Co. (HRR) (Hardy et al. 1954), el Ohkuma (Ohkuma et al., 1973), el Tokio Medical College (Umazume y Matsuo, 1962), el SPP1 y el SPP2 (Mäntyjärvi, 1986), el Dvorine (Dvorine, 1953), las Láminas Farnsworth F2 (Cole, 1964), el Velhagen (Velhagen y Broschmann, 1995), el Bostrom-Kugelberg (Bostrom, 1935; Belcher et al., 1958), el New City University Tritan Test (Fletcher, 1975), el Ulloa (Perales, 1984), el Stilling (Stilling, 1877), etc.

De entre todos ellos, posiblemente el más extendido es el test de Ishihara. Esta prueba sólo permite detectar deficiencias cromáticas rojo-verde y clasificar a los sujetos entre protán y deután, sin poder establecer el nivel de la anomalía detectada. El test de Ishihara no permite el estudio de las deficiencias amarillo-azul, mientras que otros test más recientes sí que las contemplan e incluyen láminas dedicadas a su detección. Asimismo, existen pruebas, entre las que podemos destacar las últimas ediciones del test HRR, que establecen una gradación en la anomalía detectada considerando tres niveles (leve, moderado y severo).

Todos los test mencionados se han desarrollado sobre papel. Si bien, a partir de la década de los 90, han ido apareciendo en el mercado distintas pruebas similares a láminas pseudoisocromáticas, rediseñadas y elaboradas para ser presentadas en monitores de ordenador (Hoffmann, 1998) o algún dispositivo similar. Una de las pruebas de visión del color generadas por ordenador más referenciadas es el denominado 'Cambridge Colour Test' (CCT) (Mollon et al., 2000). Como en el caso de las láminas pseudoisocromáticas, existen otros muchos test para ordenador (Toufeeq, 2004; Miyahara et al., 2004; Rabin et al., 2011; Jason et al., 2015; Pardo et al., 2000 y 2001; Kapoor et al., 2013).

En principio, cabe pensar que las pruebas de visión del color generadas por ordenador podrían generalizarse con facilidad debido al amplio uso de estos dispositivos y a la enorme posibilidad de difusión que ofrece Internet. Sin embargo, para que este tipo de pruebas por ordenador funcionen correctamente es imprescindible realizar un calibrado previo del monitor para asegurar que se muestren en pantalla los colores deseados. Algunos autores intentan simplificar el proceso y ofrecen calibrados 'sencillos', consistentes en ajustar los controles de brillo y contraste de los monitores, lo que suele resultar completamente insuficiente. En alguno de los test por ordenador más recientes, como el 'Waggoner Computerized Color Vision Test', parecen obtenerse mejores resultados, como se muestra en un reciente estudio (Jason et al., 2015) en el que se verifica una buena concordancia de los resultados obtenidos con este test y los obtenidos mediante anomaloscopios (89%).

A pesar del auge de los dispositivos electrónicos, los test de detección de anomalías en la visión del color con soporte en papel siguen utilizándose ampliamente, tanto en la versión de láminas pseudoisocromáticas como de test de ordenación. Hay que tener en cuenta que una vez calibrado el sistema de impresión se pueden generar muchas copias del test a un coste reducido. Además, con unas condiciones de conservación adecuadas pueden mantenerse los colores originales de impresión durante largo tiempo, gracias a la elevada estabilidad temporal que tienen actualmente tanto el papel como las tintas de impresión.

Una de las limitaciones de los test de visión del color en soporte papel es la necesidad de tener en cuenta en su diseño y elaboración el iluminante bajo el que se presentará el test. A pesar de la capacidad de adaptación cromática de nuestro sistema visual, si el test se presenta bajo un iluminante distinto no puede asegurarse que funcione correctamente. En principio sería posible realizar una versión del test para cada una de las distintas condiciones de iluminación que puedan plantearse, pero resulta obvio que con un proceso de impresión clásico sería casi irrealizable.

Esta última consideración nos lleva a plantearnos la posibilidad de emplear un medio de reproducción que sea fácil de controlar y muy versátil a la hora de elaborar copias de un test. Las impresoras en color que nos encontramos en el mercado ofrecen algunas de estas ventajas y además presentan una alta estabilidad y calidad de impresión, resultando además económicas en todos los aspectos del proceso.

### **3.3 Objetivos**

Además de los objetivos cubiertos en el estudio inicial sobre contrastes de luminancia y cromáticos, nos planteamos en el presente trabajo tres objetivos principales:

- Realizar un completo análisis espectrorradiométrico del test de Ishihara.
- Llevar a cabo el calibrado colorimétrico de una impresora de inyección de tinta.
- Desarrollar un nuevo test para la detección y evaluación de anomalías en la visión del color.

Los dos primeros objetivos son independientes entre sí pero la consecución de ambos es imprescindible para cumplir el tercero que es el objetivo final del trabajo de investigación desarrollado en esta tesis doctoral y que da nombre a la misma.

### 3.3.1 Análisis espectrorradiométrico del test de Ishihara

El test de Ishihara, pese a sus limitaciones, es el test de visión del color más comúnmente utilizado para la detección de anomalías en la percepción cromática. Un exhaustivo estudio espectrorradiométrico y colorimétrico de cada una de las láminas del test nos permitirá conocer en profundidad tanto las fortalezas como las debilidades de esta prueba, pudiendo así encontrar las bases para realizar un test que complete y mejore los ya existentes.

Para cumplir este objetivo se analizarán tres versiones distintas del test de Ishihara con el fin de estudiar las variaciones en el color de las láminas debidas a la propia edición del test y al posible deterioro de las láminas con el paso del tiempo. Se estudiarán las diferencias de color existentes entre láminas de similares características de una misma edición y entre láminas iguales de ediciones diferentes.

En numerosos estudios se ha comprobado que el test de Ishihara, en sus distintas ediciones, desempeña correctamente la tarea para la que ha sido diseñado (Birch, 1997; Birch y McKeever, 1993; Littlewood y Hyde, 1993; Cole et al., 2006; Birch, 2010). Cabe pensar por tanto que su análisis nos permitirá cuantificar las tolerancias en la reproducción del color que debemos exigir, al menos, a un test de láminas pseudoisocromáticas para que éste funcione correctamente.

### 3.3.2 Calibrado de una impresora

El segundo objetivo de nuestro trabajo será desarrollar un procedimiento de calibrado colorimétrico de una impresora de inyección de tinta en color convencional, sobre un tipo de papel estándar, con el fin de poder reproducir el mayor número posible de colores con ella.

Las impresoras de inyección de tinta son probablemente las más difundidas en el mercado. Después de barajar otras opciones nos decantamos por ellas por ser económicas, de fácil adquisición y mantenimiento, permiten un sencillo control de impresión y proporcionan una alta calidad y resolución.

Antes de abordar el calibrado de la impresora será imprescindible conocer la gama de colores que se puede conseguir con este dispositivo. Para ello se imprimirá un número de muestras de color lo suficientemente extenso para, una vez medidas, poder obtener el color que deseemos mediante interpolación. La única limitación será que el color a

conseguir ha de quedar dentro de la gama de color que puede proporcionar la impresora, teniendo en cuenta que esta gama de color no es única y depende del iluminante con el que vayan a iluminarse las muestras.

Teniendo en cuenta que el objetivo final del trabajo será desarrollar un test de visión del color versátil y que pueda realizarse bajo distintas condiciones de iluminación, no nos bastará para el calibrado con medir el color de las muestras impresas sino que necesitaremos obtener las reflectancias espectrales de las mismas. De esta forma, podremos plantearnos obtener para distintos iluminantes muestras del ‘color deseado’, tal y como necesitamos para el desarrollo de nuestro test.

Una vez realizado el calibrado de la impresora habrá que establecer su periodo de validez, por lo que será necesario estudiar la estabilidad temporal de las reproducciones que elaboremos. El color de las muestras impresas puede variar con el tiempo, tanto por el proceso de secado de las mismas como por el envejecimiento sufrido debido a la exposición a distintas fuentes luminosas.

En nuestro laboratorio tenemos experiencia previa en la calibración de monitores en color pero nunca hemos abordado el calibrado de una impresora en color. A priori el calibrado de la impresora es más complicado que el del monitor porque en este último caso suele admitirse la ‘aditividad’ del dispositivo como hipótesis de calibrado. No es el caso del calibrado de la impresora en el que las mezclas de color no son aditivas.

A pesar de las dificultades que conlleva, la posibilidad de implementar un procedimiento de calibrado para dispositivos de impresión gráfica puede abrir un gran número de líneas de investigación en nuestro laboratorio. Entre otras podríamos considerar el diseño de nuevos test de ordenación para visión del color, elaboración de atlas de color que incluyan o no simulación de texturas, elaboración de escalas de color para distintas aplicaciones (Odontología, Tecnología de Alimentos, etc.), comparación de gamas de color de distintos tipos de impresoras, etc.

### **3.3.3 Realización de un nuevo test**

Si contamos con la posibilidad de utilizar una impresora en color calibrada y disponemos de la información proporcionada por el análisis espectrorradiométrico del test de Ishihara, junto con la información sobre contrastes de luminancia y cromáticos de nuestro estudio inicial, estaremos en condiciones de plantearnos el diseño y desarrollo de un nuevo

test de visión del color basado en láminas pseudoisocromáticas que recibirá el nombre del SRH Color Test.

En principio, este test debería constar de distintos tipos de láminas en las que se representen figuras, reconocibles incluso por niños, como: animales, caminos con principio y fin, objetos familiares, números, letras, optotipos (anillos de Landolt, E de Snellen), etc. En estas láminas se buscará distinguir entre sujetos con visión normal del color y sujetos con visión defectiva.

En su diseño se reproducirán de un lado colores lo más parecidos posible a los de las láminas del test de Ishihara y de otro colores escogidos por nosotros mismos, pudiendo así comparar el desarrollo de unos y otros.

Para mejorar las prestaciones de los test existentes se pretende realizar un tipo de láminas de carácter más general que, además de detectar anomalías, permitan clasificarlas y cuantificarlas, independientemente de que se trate de un sujeto defectivo rojo-verde o amarillo-azul.

Además, se pretende que todas las láminas puedan ser elaboradas para ser utilizadas bajo distintas condiciones de iluminación, pudiendo establecer así las bases para el desarrollo de lo que podría denominarse 'test personalizado' para la visión del color. La idea es conseguir una prueba flexible en su diseño y elaboración de modo que sea posible adaptarla a las condiciones de iluminación de un laboratorio concreto sin más que conocer, o medir en su caso, el iluminante bajo el cuál se llevará a cabo el análisis de visión del color.



CAPÍTULO 4.

## **Método y Dispositivo Experimental**



## 4.1 Introducción

En este apartado analizaremos el método y el dispositivo experimental utilizado. Dedicaremos este capítulo básicamente a la caracterización espectrorradiométrica y colorimétrica del test de Ishihara. Para los demás objetivos de nuestro estudio, en el capítulo de resultados y discusión quedará suficientemente explicado el método seguido. En cuanto al dispositivo para medidas colorimétricas es el mismo que describiremos en este capítulo.

En el estudio de los resultados emplearemos los espacios de especificación y representación del color CIE 1931 y CIELAB, así como el cálculo de diferencias de color en este último sistema. Por ello, antes de adentrarnos en el análisis del método seguido y el dispositivo experimental empleado, presentaremos un resumen de estos espacios y del cálculo de diferencias de color. Para terminar el capítulo daremos una breve descripción de las líneas de confusión, útiles, entre otras cosas, para el diseño de pruebas de visión del color.

### 4.1.1 Espacios de Color CIE 1931 y CIELAB

Todos los sistemas de especificación del color que tienen vigencia hoy día, entre los que se encuentran los que nosotros emplearemos para el análisis de nuestros resultados (CIE 1931 y CIELAB 1976), se basan en la teoría tricromática del color. Esta teoría parte de un principio enunciado por Newton en 1672, reafirmado por Young en 1802 y verificado en la práctica (Lozano, 1978). Este principio afirma que cualquier color puede ser igualado por la suma de tres colores primarios convenientemente elegidos. Todo lo anterior queda reflejado en la ecuación tricromática, que suele establecerse, dentro de ciertos límites experimentales, en la forma:

$$Q = R(\mathbf{R}) \pm V(\mathbf{V}) \pm A(\mathbf{A})$$

donde Q es un color cualquiera de radiancia espectral dada y R, V y A son cantidades de los primarios (R), (V) y (A) que generalmente suelen ser espectrales por razones de

conveniencia práctica (Wyszecki, 1982) pero que, insistimos, dentro de ciertos límites podrían ser otros cualesquiera.

Hay que decir que estas igualdades, en las que el signo  $\pm$  debe considerarse sólo en el sentido algebraico, son la base de la Colorimetría, y por tanto el soporte de todos los sistemas de especificación del color realizados con rigor científico.

Es interesante destacar de nuevo que Q puede estar producido por estímulos cuya distribución espectral sea cualquiera y por ello podría pensarse en la existencia de infinitas sensaciones de color distintas. No obstante la capacidad limitada de discriminación del ojo humano, junto con otros factores como el metamerismo, restringen mucho esta posibilidad.

Pues bien, a las cantidades R, V y A les denomina valores triestímulo del color Q y al estar directamente relacionadas con los atributos perceptivos del color (claridad, tono y saturación) por medio de otros parámetros colorimétricos, tales como longitud de onda dominante, pureza colorimétrica y luminancia (Wyszecki, 1982), su cálculo permitirá estructurar cuantitativamente el fenómeno de la percepción cromática.

Por razones de tipo práctico, en las que no entraremos, suelen referirse todos los resultados a un sistema de primarios ideal, sistema CIE-1931, denominados (X), (Y) y (Z). Estos primarios no tienen realidad física pero el sistema basado en ellos tiene la ventaja de que las coordenadas de cromaticidad de todos los colores reales son positivas, el blanco equienergético ( $L_{e\lambda} = \text{cte}$ ) ocupa el centro del triángulo de representación de Maxwell, obtenido como consecuencia de la ecuación  $x + y + z = 1$ , y además una de las funciones de mezcla coincide con la curva de eficiencia luminosa:  $\bar{y}_\lambda = V_\lambda$ , (Wyszecki, 1982).

En este caso, el cálculo de los valores triestímulo se realiza, salvo constantes, por medio de las expresiones:

$$X = \int_{vis} L_{e\lambda} \bar{x}_\lambda d\lambda$$

$$Y = \int_{vis} L_{e\lambda} \bar{y}_\lambda d\lambda$$

$$Z = \int_{vis} L_{e\lambda} \bar{z}_\lambda d\lambda$$

A partir de estos valores triestímulo se definen las coordenadas de cromaticidad en la forma:

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}; \quad y = \frac{Y}{X + Y + Z}; \quad z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

siendo

$$x + y + z = 1$$

A las funciones  $\bar{x}_\lambda$ ,  $\bar{y}_\lambda$  y  $\bar{z}_\lambda$ , se les denomina funciones de mezcla y, como se ve, caracterizan el comportamiento colorimétrico del observador, correspondiendo a los valores triestímulo de los estímulos monocromáticos de valor energético unidad.

Obsérvese que si se determinan  $\bar{x}_\lambda$ ,  $\bar{y}_\lambda$  y  $\bar{z}_\lambda$ , para un observador dado y se conoce, como es usual,  $L_{e\lambda}$  (radiancia espectral asociada al estímulo), quedan determinadas las coordenadas de cromaticidad del estímulo, para tal observador.

Además, este sistema tiene la ventaja de que si la distribución del estímulo viene representada por la radiancia espectral, entonces el valor triestímulo  $Y$  representa la luminancia del estímulo, con lo que la trivarianza visual viene especificada por  $(x, y, Y)$ .

Ahora bien, todo lo dicho hasta ahora es válido para un observador dado, el que realiza la igualación tricromática, pero el objetivo de la Colorimetría debe ser la especificación del color de forma generalizada, si no, no sería útil. Para resolver este problema se tiene en cuenta la similitud de comportamiento colorimétrico de la mayor parte de los observadores humanos estableciéndose lo que se conoce como Observador Patrón, ente ficticio caracterizado por unas funciones de mezcla obtenidas promediando las de un número amplio de observadores reales. Naturalmente este observador no tiene por qué coincidir con ningún otro, pero su comportamiento, dentro de un determinado rango de dispersión, debe ser representativo de la mayor parte de aquéllos.

Este conjunto de funciones de mezcla es el que suele utilizarse en los cálculos colorimétricos y, de hecho, se encuentra estandarizado por la CIE (Commission Internationale d'Eclairage). El Observador Patrón está sometido a un continuo proceso de revisión debido a que la verificación de la ecuación tricromática depende de muchos factores experimentales y para cada caso se hace necesario definir funciones de mezcla que se adapten a las condiciones en las que se realizan las experiencias, tales como el tamaño de campo de observación, luminancia del mismo, grado de metamerismo de las igualaciones, etc. (Romero, 1992; Jiménez del Barco, 1994; Martínez, 1995).

En las Figuras 4.1 y 4.2 están representados el diagrama cromático CIE 1931 y las funciones de mezcla correspondientes a dicho Observador Patrón.

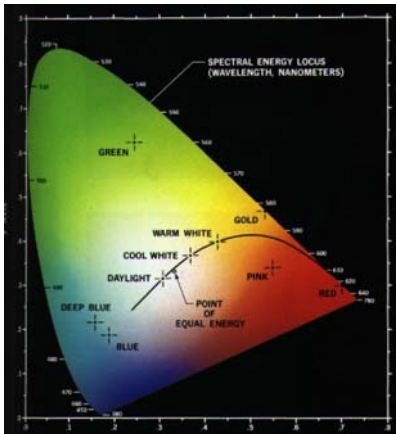


Figura 4.1

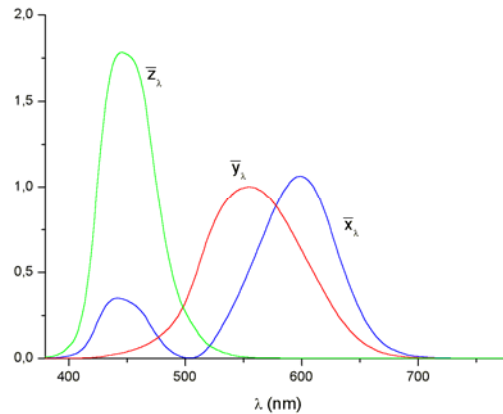


Figura 4.2

Si se analiza con un poco de detalle la Figura 4.1, representativa del sistema CIE-1931, llama la atención enseguida que no exista una distribución proporcional entre áreas y tonalidades. Es fácil darse cuenta de que la zona correspondiente a los verdes es mucho más extensa que la correspondiente a los azules o los rojos, por ejemplo.

Este hecho no pasó, en su día, desapercibido para los especialistas del tema. No obstante, no fue esta circunstancia el detonante fundamental que motivara la necesidad de revisar el sistema “oficial” de representación del color, pues en realidad, tal circunstancia no sería muy importante si no llevara aparejada otra relacionada con la discriminación cromática.

Desde luego, y por las razones que hemos apuntado, una gran parte de los estudios sobre el color se refieren al problema de la evaluación de diferencias cromáticas, cuestión que se ha estudiado principalmente según dos líneas de actuación.

Por una parte, se trabaja con diferencias que podríamos llamar supraumbrales, intentando establecer escalas de percepción en el espacio trivariante de color.

Por otro lado, se trabaja con lo que se ha dado en llamar diferencias “justamente perceptibles”, pues si fuese posible definir, a partir de estas medidas, un elemento de línea apropiado quedaría definida la métrica del espacio de color, pudiéndose obtener cualquier otra diferencia por un procedimiento puramente numérico. Este método es, desde luego, mucho más riguroso, por lo que generalmente es el que suele seguirse.

Como hemos dicho, la mejor forma de enfocar el problema de la medida de distancias en el espacio de color de manera que correspondan a las diferencias percibidas, es haciendo uso de la noción matemática de elemento de línea del espacio. Según sea el

tipo de espacio que se postule, el elemento de línea,  $ds$ , podrá expresarse en función de las diferencias de coordenadas de los estímulos implicados,  $dx_i$ , con diversas relaciones. Así, para un espacio de Riemann se tendrá:

$$ds^2 = \sum_{ij} g_{ij} dx_i dx_j$$

y como caso particular para un espacio euclídeo será:

$$ds^2 = \sum_i dx_i^2$$

Naturalmente, el elemento  $ds$  escogido indica la forma y tamaño del umbral diferencial.

Se hace, pues, necesario conocer la forma geométrica que tales umbrales posean y para ello se han planificado gran cantidad de experiencias que se reflejan en la literatura específica del tema.

Tal vez el trabajo pionero en este sentido sea el de MacAdam y el posterior de MacAdam y Brown (MacAdam, 1943). Estos autores, en trabajos que no han estado exentos de crítica, demostraron que los umbrales diferenciales de color venían representados en el espacio CIE-1931 por elipsoides y por elipses en el plano de cromaticidad. En la Figura 4.3, se representan los resultados mencionados. Como puede observarse, las elipses representativas del umbral diferencial de cromaticidad no son, ni mucho menos, iguales en tamaño, ni en orientación. De hecho se detecta que en la zona de los verdes son mucho mayores que en la zona de los rojos y en éstas mayores que en la de los azules, lo que está asociado a nuestro comentario anterior sobre distribuciones de áreas y tonalidades en tal diagrama.

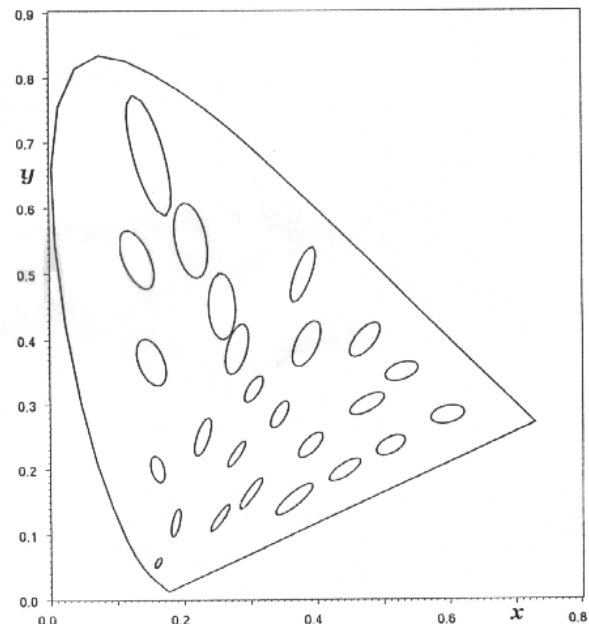


Figura 4.3

Aunque los trabajos de MacAdam han sido muy criticados y experiencias posteriores han puesto en tela de juicio sus conclusiones, lo cierto es que, dentro de ciertos

márgenes experimentales, se suele aceptar que tal representación es válida y, de hecho, nuestros propios resultados así lo indican, aunque debemos apuntar aquí que existen aún reparos para aceptar, teórica y experimentalmente tal afirmación.

La forma de estos umbrales lleva inmediatamente a la conclusión de que el espacio de color es un espacio de Riemann y el establecimiento de las tolerancias, relacionadas con los umbrales perceptivos, implica la necesidad de conocer los coeficientes  $g_{ij}$  antes indicados, tema que ha sido objeto de diferentes trabajos de investigación partiendo de condiciones experimentales muy diversas.

Esta posibilidad de que los umbrales de discriminación fuesen elípticos, motivó la realización de gran cantidad de trabajos tendentes a encontrar un sistema de representación del color que, derivado del CIE 1931, transformase tales contornos en esféricos y que éstos fuesen de radio constante, es decir un sistema homogéneo e isótropo. Tal sistema tendría grandes ventajas de tipo técnico.

Consecuencia de esta idea han sido los espacios propuestos por la CIE en diferentes ocasiones, tales como el CIE-1964 o UCS de MacAdam, o bien los conocidos CIELUV o CIELAB, todos ellos derivados mediante transformaciones, lineales o no, y propuestos con el objetivo de homogeneizar el espacio de color.

En las Figuras 4.4 y 4.5 pueden observarse los resultados de MacAdam en algunos de estos sistemas, CIELUV y CIELAB respectivamente, donde se constata que difícilmente puede asumirse que se hayan conseguido los objetivos pretendidos.

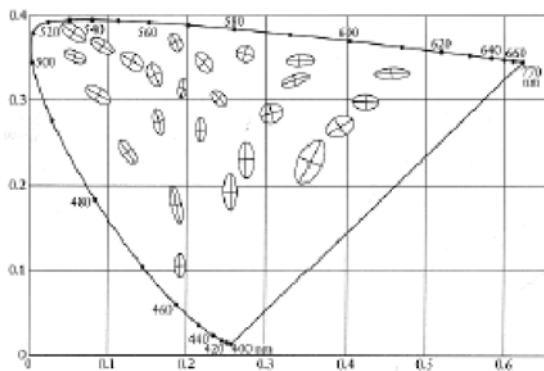


Figura 4.4 Diagrama CIELUV.

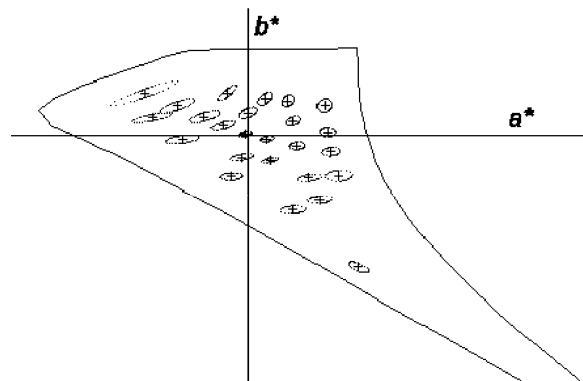


Figura 4.5 Diagrama CIELAB.

En cualquier caso, y, sorprendentemente, la uniformidad de estos sistemas se considera hoy en día suficiente como para ser utilizados con propósitos industriales al menos, y su uso está muy generalizado, aunque en nuestra opinión es necesario continuar



tratando de encontrar un sistema uniforme, si es que ello es posible, pues los actuales dejan bastante que desear en este sentido.

No obstante, y tengan la forma que tengan, el estudio de los umbrales diferenciales de color sigue siendo de mucha utilidad para establecer dependencias funcionales entre la capacidad de discriminación cromática de los observadores reales y los parámetros experimentales que puedan presentar influencia sobre la misma. Ésta es la base de gran número de trabajos que pretenden objetivos muy diversos, desde estudios puramente técnicos, hasta los teóricos encaminados a la estructuración matemática del espacio de color, pasando por los tendentes a descubrir los mecanismos internos de la percepción cromática a la que nos venimos refiriendo.

Como hemos dicho, uno de los sistemas psicofísicos de representación del color que se considera más uniforme y de gran uso en la industria, por lo que será el que empleemos en este trabajo, es el CIELAB. Las coordenadas cromáticas del sistema CIELAB son  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ; correspondiendo  $L^*$  con la claridad y  $a^*$ ,  $b^*$  con las abscisas y ordenadas de un sistema de ejes perpendiculares, con valores positivos y negativos. El eje  $a^*$ , positivo, corresponde al tono rojo de longitudes de onda más largas del espectro, y el valor negativo ( $-a^*$ ) con el tono verde, correspondiendo a las longitudes de onda medias del espectro. El eje  $b^*$ , en su valor positivo, corresponde al tono amarillo y el negativo ( $-b^*$ ) al tono azul-violáceo, longitudes de onda más cortas del espectro. De forma que, en el cuarto cuadrante ( $+a^*$ ,  $-b^*$ ), se representan los colores púrpuras.

Lo más importante o significativo de este sistema con relación a los CIE 1931, y CIELUV, es:

- Se han situado los tonos de forma que aparecen opuestos en el diagrama conforme a las teorías de los colores oponentes de forma par amarillo-azul violáceo, y verde-rojo (Wyszecki et al., 1982).
- El plano  $a^*$ ,  $b^*$  es un círculo cromático, donde los tonos se van sucediendo de una forma continua. Esto supone un punto común con los sistemas actuales de representación del color empleados en las artes plásticas y otras aplicaciones, siendo clara su analogía con el sólido de color Munsell.
- Se utiliza para objetos o muestras coloreadas.
- Los lugares donde queda situado un color son algo más independientes del iluminante utilizado. Esto no sucede con el sistema CIE 1931 (XYZ), en el cual, el

iluminante desplaza la situación de los colores observados de forma muy evidente, dependiendo de su composición espectral.

En la figura 4.6 vemos la distribución de los colores en CIELAB. Los colores del centro son desaturados o acromáticos. Trazando diámetros podemos observar los colores complementarios de cada uno de ellos. Existe un diagrama para cada nivel de luminancia  $L^*$ , aunque se puede proyectar todo sobre un plano, como se indica en la figura, en donde se pueden apreciar las características antes señaladas.

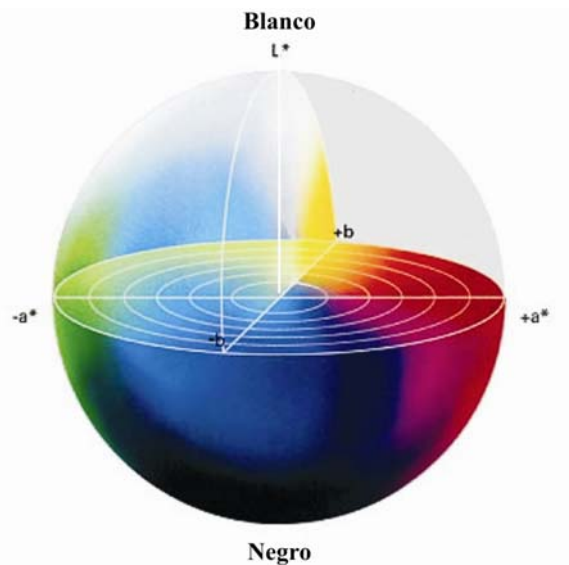


Figura 4.6

Posteriormente veremos la relación existente entre las coordenadas CIELAB  $L^*, a^*, b^*$ , y los valores triestímulo  $X, Y, Z$ .

#### 4.1.2 Fórmulas de Diferencia de Color

Si bien la representación de un color en un sistema apropiado es algo que, dentro de ciertos límites puede considerarse resuelto, no es menos cierto que el problema inmediato de medir diferencias de color no lo es tanto, al menos desde un punto de vista práctico.

Si se considera que el espacio de color es un espacio de Riemann podemos representar la diferencia entre colores por la distancia entre ellos que según hemos visto viene dada por:

$$\Delta E^2 = \sum_{ij} g_{ij} \Delta x_i \Delta x_j$$

y si además se considera la simplificación a espacio euclídeo:

$$\Delta E^2 = \sum_i \Delta x_i^2$$

No obstante, si tal idea ha de ser útil, la distancia encontrada debe ser, cuando menos, proporcional a la "diferencia percibida" entre ambos colores cuando éstos se observan juntos, lo que no es usual partiendo de las expresiones anteriores.

Todo ello ha conducido a multitud de trabajos sobre discriminación cromática, con el propósito de conseguir una fórmula apropiada que permita calcular diferencias de color entre estímulos, o muestras, y que dé resultados acordes con las experiencias visuales sobre percepción.

Formalmente hablando, una fórmula de diferencia de color es una expresión matemática que partiendo de los parámetros de especificación de dos colores (i.e. los valores triestímulo), nos conduce a un número que represente la "diferencia entre ellos".

Esta diferencia, o distancia si se quiere, para que sea realmente útil debería estar correlacionada con la diferencia de color percibida por un observador normal.

Para los cálculos de diferencias de color que necesitaremos hacer en nuestro estudio emplearemos la fórmula CIELAB, CIE 1976 ( $L^*, a^*, b^*$ ), por ser una de las más ampliamente utilizadas.

$$L^* = 116 \left( \frac{Y}{Y_0} \right)^{1/3} - 16 \quad \left[ \text{Para } \left( \frac{Y}{Y_0} \right) > 0.008856 \right]$$

$$L^* = 903.3 \left( \frac{Y}{Y_0} \right) \quad \left[ \text{Para } \left( \frac{Y}{Y_0} \right) \leq 0.008856 \right]$$

$$a^* = 500 \left[ f \left( \frac{X}{X_0} \right) - f \left( \frac{Y}{Y_0} \right) \right]$$

$$b^* = 200 \left[ f \left( \frac{Y}{Y_0} \right) - f \left( \frac{Z}{Z_0} \right) \right]$$

Donde la función  $f$  es de la forma:

$$f(\&) = (\&)^{1/3} \quad \left[ \text{Cuando } (\&) > 0.008856 \right]$$

$$f(\&) = 7.787(\&) + (16 / 116) \quad \left[ \text{Cuando } (\&) \leq 0.008856 \right]$$

Y la diferencia de color vendrá dada por:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

siendo  $X_0$ ,  $Y_0$ ,  $Z_0$ , los valores triestímulo correspondientes al estímulo acromático de referencia.

En 1975 el Comité Técnico de la CIE TCI-3 propuso una serie de atributos cromáticos definidos a partir del sistema CIE 1976 ( $L$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ). Nos van a ser muy útiles:

Croma  $C^*$ :  $C_{ab}^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$

Ángulo de Tonalidad  $h^*$ :  $h_{ab}^* = \arctg(b^* / a^*)$

A partir de estas definiciones, la ecuación anterior de diferencia de color CIELAB se puede expresar en la forma:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta C^*)^2 + (\Delta H^*)^2}$$

Expresiones que resultan de gran utilidad, al ser muy intuitivo que a la diferencia de color existente contribuyan separadamente diferencias de los tres atributos básicos de la percepción cromática: claridad, saturación y tono.

### 4.1.3 Líneas de Confusión

Como ya vimos en la introducción de este trabajo, los observadores con visión normal del color pueden igualar cualquier color con una mezcla aditiva de otros tres elegidos adecuadamente.

También vimos que existe un amplio porcentaje de personas que presentan visión defectiva o anómala del color. Este conjunto de personas se caracterizan por poseer una discriminación cromática disminuida con respecto de aquellos con visión normal del color y por realizar igualaciones de color distintas a las de los observadores normales.

Como vimos, las deficiencias en la visión del color se pueden clasificar según el número de colores necesarios para realizar igualaciones cromáticas: tres en el caso de los tricrómatas y dos en el caso de los dicrómatas.

Por tanto, los dicrómatas son capaces de igualar todos los colores que son capaces de percibir con una mezcla de sólo dos colores. Se verifica que el lugar geométrico definido por los diferentes estímulos que, mediante ajustes en su luminancia, pueden ser igualados a uno dado por un observador dicrómata resulta ser una línea recta en el diagrama de cromaticidad CIE-1931, dando lugar a lo que se conoce como línea de confusión. Para cada región del diagrama cromático habrá una línea de confusión, y además, se da también la circunstancia de que las líneas de confusión de un dicrómata van a confluir a un determinado punto del diagrama, llamado punto de confusión.

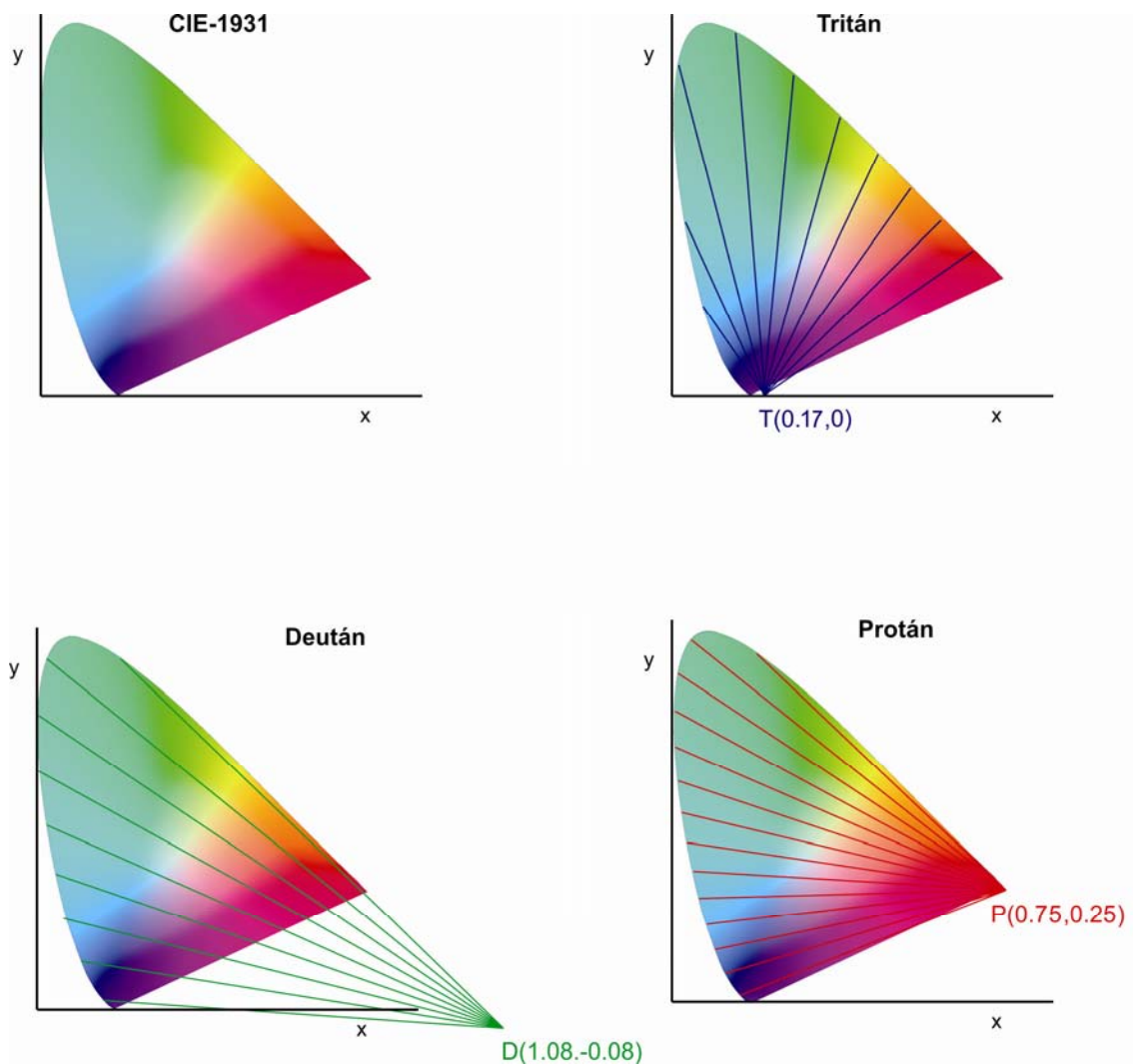


Figura 4.7 Líneas de confusión o isocromáticas en el diagrama de color CIE-1931.

Las primeras líneas de confusión fueron determinadas experimentalmente por Pitt en 1935 y posteriormente corregidas por Judd (1945), situando los puntos de confusión en las siguientes coordenadas cromáticas:  $D(1.08,-0.08)$ ,  $P(0.75,0.25)$  y  $T(0.17,0)$ , como se muestra en la Figura 4.7. En la literatura hay muchos autores que proponen otras líneas de

confusión deután, dependiendo de la zona del espectro que consideremos y del tipo de igualaciones colorimétricas (luces o superficies), (Nimeroff, 1979; Halsey et al., 1952; Fry, 1992), encontrando para los puntos de confusión deután valores para la coordenada x en el intervalo [1.08,2.30] y para la coordenada y en el intervalo [-0.08,-1.3].

Las líneas de confusión también han sido objeto de estudio para observadores tricrómatas. Se encontró que las líneas isocromáticas de los anómalos tricrómatas presentan las mismas orientaciones que las de los dicrómatas (Birch, 1974). La diferencia estriba en la extensión de esas líneas, pues en los dicrómatas atravesarían todo el espacio de color mientras que en los anómalos severos se va reduciendo la extensión de las líneas a medida que el nivel de anomalía disminuye.

## 4.2 Caracterización espectrorradiométrica y colorimétrica del test de Ishihara

### 4.2.1 Método Experimental

El test de Ishihara es el más utilizado para la detección de anomalías cromáticas rojo-verde. En uno de los trabajos de referencia en los que se evaluó su eficiencia (Birch, 1997) participaron un total de 401 sujetos con anomalías rojo-verde y los resultados mostraron una mayor sensibilidad (>95%) de las láminas de 'transformación' y 'confusión' ('vanishing') frente a las de 'dígito oculto' ('hidden digit') que sólo permitían identificar a uno de cada dos sujetos anómalos. La especificidad del test de Ishihara había sido determinada en un estudio anterior (Birch y McKeever, 1993) en el que participaron un total de 500 sujetos (29 sujetos anómalos) y se evaluaron comparativamente dos versiones del test de Ishihara (1989 y novena edición) y el test de Ohkuma (1986). Los autores concluyen que de los 3 test analizados el más eficiente para la detección de anomalías rojo-verde es el test de Ishihara (38 láminas, edición 1989). En el mismo año se publicó otro trabajo en la misma línea (Littlewood y Hyde, 1993) en el que se compara la sensibilidad de los test de Ohkuma e Ishihara, evaluándose la especificidad de ambos tomando como referencia un anomaloscopio. En este estudio participaron 400 sujetos (24 anómalos) y los autores no encontraron diferencias significativas entre la sensibilidad de uno u otro test. Sin embargo concluyen recomendando el uso del test de Ohkuma frente al de Ishihara por considerarlo más rápido y menos ambiguo en la clasificación de sujetos anómalos.

Posteriormente se han realizado otros trabajos comparativos (Cole et al., 2006) entre el test de Ishihara y otros test de láminas pseudoisocromáticas como el test HRR (Hardy-Rand-Rittler) de Richmond Products, en su edición de 2002. En este estudio participaron un total de 150 sujetos, 100 de ellos con anomalías en la visión del color diagnosticadas previamente con el test de Ishihara, el test D15 de Farnsworth, el test C-100 de Medmont y el anomaloscopio de Nagel. Los autores concluyen que la versión analizada del test HRR es similar en eficacia al test de Ishihara en cuanto a detección de anomalías rojo-verde, aunque destacan la carencia del test de Ishihara para detectar defectos tritán.

En un trabajo más reciente (Birch, 2010), en el que participaron 486 tricrómatas anómalos identificados y clasificados con el anomaloscopio de Nagel, se compara la sensibilidad en la detección de anomalías rojo-verde del test de Ishihara y el test HRR (Hardy, Rand and Rittler. American Optical Company). En los resultados se pone de manifiesto que los sujetos deuteranómalos con deficiencia moderada (según el anomaloscopio) no eran detectados con el test HRR y sí con el test de Ishihara, por lo que cabe concluir que la sensibilidad del test de Ishihara es superior.

Como hemos comprobado, en la bibliografía hay múltiples trabajos en los que se compara el test de Ishihara con otros test de láminas pseudoisocromáticas, pero hay pocos trabajos en los que se lleva a cabo un análisis colorimétrico del propio test (Hyon et al., 2005). En uno de los estudios de referencia (Lee y Honson, 2003) se analiza la variabilidad cromática de un total de 10 libros de láminas del test de Ishihara (5 ediciones distintas, 2 libros de cada edición). En el estudio se tiene en cuenta la respuesta a los test de 17 sujetos con anomalías rojo-verde y se realiza un análisis espectrofotométrico de 5 de los libros, representando en el diagrama CIE 1931 el color de los puntos que componen cada lámina, tomando como referencia las líneas de confusión protán y deután. Los autores concluyen que hay diferencias significativas en el color de las láminas del test de Ishihara entre distintas ediciones del test, estando éstas relacionadas con las variaciones en la detección y clasificación de anomalías realizadas con las distintas ediciones. Los autores mencionan dos factores críticos que pueden reducir significativamente la calidad del test de Ishihara: el desajuste de las coordenadas cromáticas de los círculos del test respecto a las líneas de confusión, así como valores inapropiados de luminancias relativas de los círculos del test. Los autores proponen la necesidad de realizar un análisis colorimétrico periódico del test de Ishihara controlando la calidad de las láminas mediante la monitorización de los dos factores críticos mencionados.

En otros trabajos se evalúa el test de Ishihara tanto desde un punto de vista 'visual' como 'instrumental', incidiendo sobre las causas de los errores cometidos por observadores tricrómatas normales cuando se les presentan las láminas del test (Miyahara, 2008) y (Miyahara, 2009). En el primer estudio participaron un total de 249 sujetos (161 mujeres) con visión normal del color y se contabilizaron los 'errores típicos' similares a los que suelen realizar los observadores con anomalías. El 45% del total (111 sujetos) cometieron al menos un error en el reconocimiento de las láminas, sin que hubiese diferencias significativas entre géneros. En promedio los observadores normales cometen un máximo de 2 'errores típicos' al ser evaluados, por lo que el autor sugiere que se tenga en cuenta esta tolerancia a la hora de considerar la especificidad y sensibilidad del test de Ishihara. En el segundo estudio el autor profundiza en el mecanismo por el que algunos observadores con visión normal del



color son capaces de reconocer las láminas de 'dígito oculto' que sólo deberían distinguir los observadores con anomalía rojo-verde. Para ello realiza una evaluación espectrofotométrica de una edición de 24 láminas del test de Ishihara y obtiene las coordenadas de cromaticidad de los puntos que componen las láminas. Se comprueba que los tricrómatas normales reconocen los caracteres del test basándose en diferencias cromáticas a lo largo del eje  $L/(L+M)$ , mientras que los defectivos utilizan las diferencias a lo largo del eje  $S/(L+M)$ . Sin embargo, algunos observadores normales tienen la habilidad de reconocer diferencias de color asociadas al canal S, lo que les permite reconocer las láminas de 'dígito oculto' como lo haría un observador defectivo.

Un aspecto importante sobre las referencias relativas al test de Ishihara es que no suelen especificarse con suficiente detalle las condiciones de iluminación del test y en algunos casos (Brazis et al., 1998), (Cosstick et al., 2005), (Heidary y Gharebaghi, 2013) ni siquiera el tipo de fuente luminosa utilizada. En la mayoría de trabajos de referencia se utilizan lámparas de incandescencia con filtro para simular el iluminante C (Birch, 1997), (Lee y Honson, 2003), (Cole et al., 2006), (Birch, 2010); o para simular el iluminante D65 (Miyahara, 2008). En algunos trabajos se utilizan lámparas fluorescentes (Thyagarajan et al., 2007), (Choi y Hwang, 2009), (Huna-Baron et al., 2013) y en otros se usan versiones digitalizadas de las láminas originales presentadas en un monitor CRT (Hoffmann y Menozzi, 1998) o LCD (Awad et al., 2006).

Hay trabajos en los que se plantean establecer criterios objetivos que permitan seleccionar el tipo de fuentes luminosas más adecuadas para la realización de pruebas de visión del color como el test de Farnsworth-Munsell 100-hue (Dain y Honson, 1989) y el test de Ishihara (Dain et al., 1993). En ambos casos se midieron las reflectancias espectrales de las muestras de color así como las curvas de emisión espectral de un conjunto de lámparas fluorescentes. Los autores comprobaron que el test de Ishihara es mucho más tolerante que el test FM 100-hue frente a cambios en el iluminante, proporcionando buenos resultados tanto con lámparas fluorescentes comerciales como con el iluminante C. Sin embargo los autores notaron que en algunos casos la sensibilidad de las láminas puede depender de la fuente luminosa utilizada, mostrando que en general las láminas para la clasificación de sujetos protán presentan menor dependencia con el iluminante que las láminas para la clasificación de sujetos deután.

En el capítulo de planteamiento y objetivo ya indicamos que el test elegido para nuestro estudio es el test de Ishihara en sus ediciones de 1954, 1973 y 1995. A continuación vamos a describir someramente las láminas del test de Ishihara y su modo de empleo, indicado en el manual de referencia de la prueba.

El test de Ishihara está diseñado para detectar de forma rápida deficiencias congénitas en la visión del color del tipo rojo-verde, que son las más comunes. Como ya hemos comentado dichas anomalías pueden ser de dos tipos: protán y deután. Si los sujetos que las presentan son dicrómatas se les denomina protanopes y deuteranopes, respectivamente, mientras que si los sujetos anómalos son tricrómatas se les denomina protanómalos y deuteranómalos. Según el propio manual, este conjunto de láminas proporcionan un sencillo método para detectar anomalías rojo-verde y clasificar a los sujetos anómalos. Sin embargo, como ya hemos adelantado en la revisión bibliográfica, la clasificación de anomalías no es uno de los puntos fuertes de este test, por las razones que explicaremos en el capítulo de resultados.

En cuanto a las condiciones experimentales en las que debe realizarse el test y según las propias instrucciones del mismo, para obtener buenos resultados es conveniente realizar esta prueba con iluminación luz día, evitando la luz solar directa o de fuentes luminosas artificiales, que podrían introducir sombras o reflejos al observar las láminas y provocar errores en los resultados de la persona que está siendo evaluada. En caso de emplearse fuentes artificiales, éstas deben situarse lo más lejos posible de las láminas de modo que las condiciones de iluminación se aproximen en la medida de lo posible a las

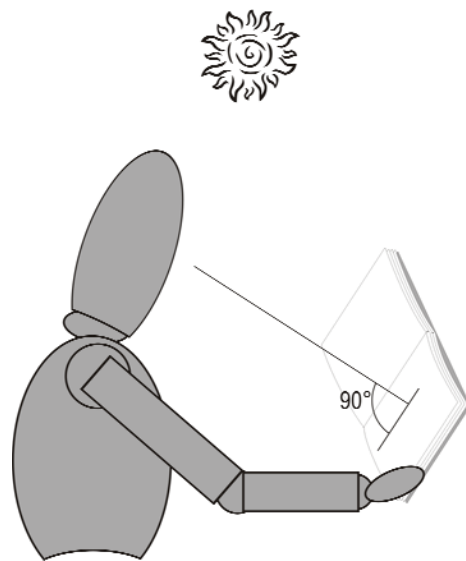


Figura 4.8

obtenidas con luz día. El test debe situarse a 75 cm del observador e inclinado de forma que el ángulo de la línea de visión con el plano de la lámina sea de  $90^\circ$ , como se indica en la Figura 4.8. Cada lámina está numerada al reverso, garantizando así la posición correcta de la misma cuando el número esté derecho. El sujeto debe responder a lo que ve en cada lámina en unos tres segundos.

De las 38 láminas que componen el test, la 1 y la 38 son vistas correctamente tanto por observadores anómalos como normales. La 1 representa un 12 y la 38 un camino sinuoso entre dos puntos, de inicio y fin, marcados con una cruz. Se las suele denominar de demostración y pueden tener dos finalidades: ayudar a explicar el funcionamiento del test, y por otro lado, detectar simuladores de anomalías.

Las láminas 2 a 21 representan números y sirven para distinguir entre personas con visión normal o anómala del color. De la 2 a la 9 hay una serie de números que los

observadores anómalos confundirán con otros distintos, láminas de transformación. De la 10 a la 17 sólo los observadores no anómalos distinguirán números; son las láminas de confusión. Al contrario sucede con las láminas 18 a 21 en las que los observadores normales no distinguirán nada concreto mientras que los anómalos verán números; son láminas de dígito oculto.

Las láminas 22 a 25 se emplean para separar los observadores protanómalos de los deuteranómalos, permitiendo además indicar si la deficiencia es fuerte o moderada; láminas de clasificación.

Las láminas 26-37 están destinadas a personas que no conocen los números y en ellas, el sujeto debe seguir trazos sinuosos entre un punto origen y otro destino marcados con una cruz. Entre estas 12 láminas también hay de clasificación, dígito oculto, confusión y transformación. La 26 y 27 están diseñadas para detectar anomalías fuertes. En las 28 y 29 sólo los observadores anómalos son capaces de seguir un camino. Y en el resto, los observadores anómalos son incapaces de seguir el trazo o bien recorren un camino diferente al que seguiría un observador con visión del color normal.

En la Tabla 4.1 están indicadas las respuestas esperadas a las láminas anteriores tanto por observadores normales, anómalos y acrómatas. El signo (×) refleja el hecho de no poder leer nada concreto, mientras con el signo (--) indicamos que no se espera una lectura determinada. Cuando un número aparece entre paréntesis significa que puede llegar a ser leído pero con poca claridad en relación al otro número que aparece en esa lámina.

**Tabla 4.1 Repuestas al Test de Ishihara. Láminas 1-25.**

Lámina	Normal	Anómalo rojo-verde	Acrómata	Lámina	Normal	Anómalo rojo-verde	Acrómata			
1	12	12	12	15	7	×	×			
2	8	3	×	16	16	×	×			
3	6	5	×	17	73	×	×			
4	29	70	×	18	×	5	×			
5	57	35	×	19	×	2	×			
6	5	2	×	20	×	45	×			
7	3	5	×	21	×	73	×			
8	15	17	×			<b>Protán</b>	<b>Deután</b>			
9	74	21	×			Fuerte	Medio			
10	2	×	×	22	26	6	(2)6	2	2(6)	--
11	6	×	×	23	42	2	(4)2	4	4(2)	--
12	97	×	×	24	35	5	(3)5	3	3(5)	--
13	45	×	×	25	96	6	(9)6	9	9(6)	--
14	5	×	×							

### 4.2.2 Dispositivo Experimental

Con el fin de poder estudiar y caracterizar el test, medimos la reflectancia espectral de los colores presentes en cada una de las láminas que componen la prueba. A continuación calculamos los valores triestímulo a partir de las medidas de reflectancia, considerando un determinado observador patrón e iluminante. En nuestro caso seleccionamos el observador CIE 1931 por ser el más adecuado al tamaño de las muestras y el iluminante D65 por tratarse de un test desarrollado para emplearse bajo iluminante luz día.

El dispositivo de iluminación/observación, así como el de medidas colorimétricas, empleado para el desarrollo de este estudio básicamente está formado por dos elementos: cabina de observación y espectrorradiómetro, que describimos a continuación.

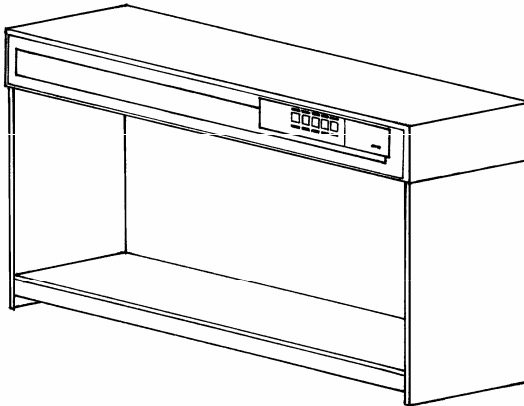


Tabla 4.2 Dimensiones de la Cabina (mm). Modelo CAC 120			
	Anchura	Altura	Profundidad
Exteriores	1300	780	620
Interiores	1260	570	590

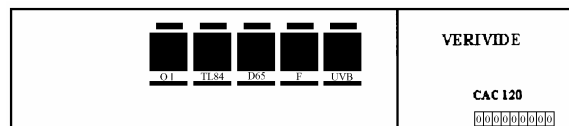
Figura 4.9 Cabina de medida del color Verivide modelo CAC 120.

Para que las medidas realizadas con el espectrorradiómetro fueran lo más variadas y reproducibles se empleó una cabina de medida del color dotada con varios simuladores de iluminantes patrón. Este dispositivo está dotado de un sistema de iluminación difusa y uniforme. Concretamente, la cabina de la que dispusimos es el modelo CAC 120 de Verivide. Su forma y dimensiones corresponden a la Figura 4.9 y la Tabla 4.2.

El dispositivo de iluminación incorpora un panel de control con interruptores de membrana que nos permiten seleccionar el tipo de iluminante que se desea simular.

En la Tabla 4.3 tenemos representado dicho panel de control con sus distintos interruptores, cuyas funciones se analizan con más detalle en dicha tabla. Se dispone de cuatro simuladores de iluminantes diferentes: TL83, D65, F, UVB, aunque en nuestras experiencias, y por las razones indicadas, únicamente empleamos el simulador del iluminante estándar D65.

Tabla 4.3 Identificación de los interruptores.



Código del interruptor	Función
I/O	Interruptor principal de encendido/apagado que debe estar en la posición de apagado cuando no se use la cabina.
TL83	Algunos comercios especifican para sus establecimientos iluminación TL83 ó TL84.
D65	Interruptor de la lámpara fluorescente simuladora del iluminante estándar D65 dentro de las tolerancias marcadas en B.S. 950 pt.1.
F	Iluminación con lámparas de filamento requerida por B.S. 950 como test para el metamerismo y su valoración bajo iluminación doméstica.
UVB	Dos lámparas ultravioleta.
Contador de horas	Un contador de tiempo transcurrido que indica las horas que la cabina ha sido empleada. El contador vuelve a cero después de 100000 horas.

Como hemos dicho, el fabricante de la cabina denomina a uno de los iluminantes que incluye la misma como D65, justamente el que nosotros empleamos en nuestras medidas. En la Figura 4.10 hemos representado la radiancia espectral relativa de dicho iluminante D65 frente a la longitud de onda. Como se ve, este simulador tiene dos picos pronunciados a 436 nm y a 546 nm, lo que denota el fuerte carácter fluorescente que

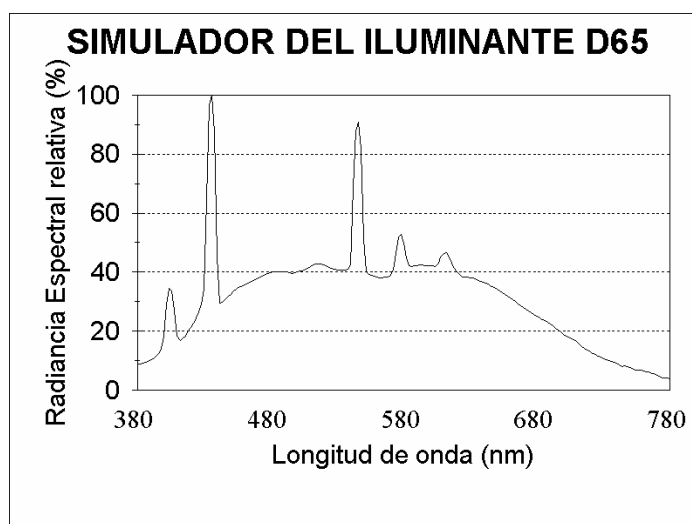


Figura 4.10 Radiancia espectral relativa del simulador del iluminante D65.

presenta. Las coordenadas cromáticas de tal iluminante son  $x=0.3315$ ,  $y=0.3491$ , para el Observador Patrón CIE-31.

La cabina, siguiendo las recomendaciones indicadas por el distribuidor, se alimenta con una tensión de 220-240 V a 50-60 Hz, con conexión a tierra. Las medidas se realizaron en una habitación sin ventanas y se evitaron todo tipo de luces parásitas, directas o indirectas, que pudieran interferir en las medidas de color. Además, las paredes internas de la cabina están recubiertas con una emulsión gris mate con referencia BS00A01.

Se tomaron las precauciones habituales necesarias para asegurar que las medidas realizadas proporcionasen valores correctos de reflectancia y color. Para asegurar que la emisión de las lámparas fuera lo más estable posible a lo largo de las experiencias, el iluminante seleccionado era encendido una hora antes de cada sesión de medidas.

Las medidas del color se llevaron a cabo empleando, como ya hemos indicado, un espectrorradiómetro, concretamente el modelo PR-704/pc SpectraScan de Photo Research®, cuyo esquema general damos en la Figura 4.11 y que consta del software apropiado para facilitar la obtención de resultados. El instrumento utiliza como elemento detector una matriz lineal de fotodiodos y, entre otras muchas posibilidades, permite medir

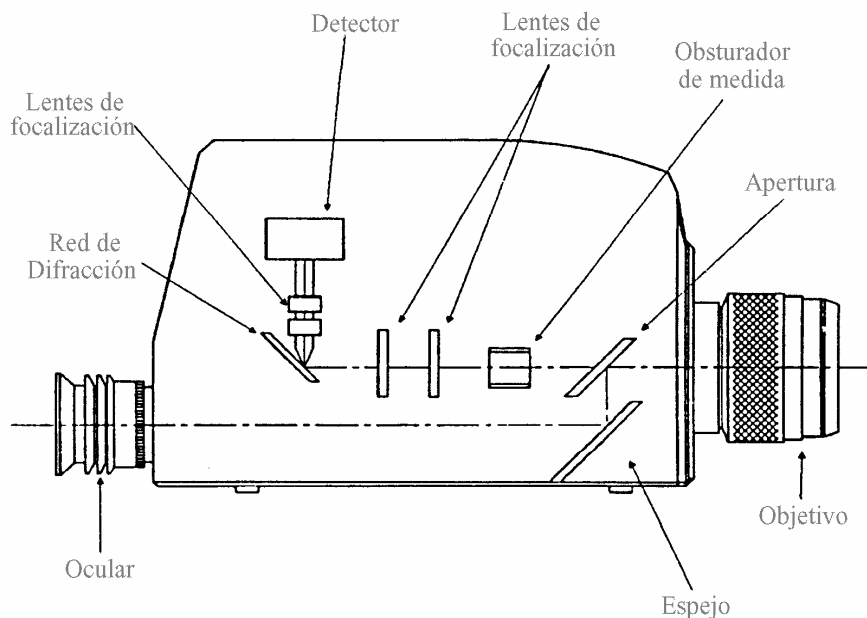


Figura 4.11 Esquema del espectrorradiómetro PR-704/pc.

de forma rápida la reflectancia espectral de una muestra y obtener los valores de luminancia y cromaticidad para un determinado iluminante y observador patrón.

Este instrumento consta de un cabezal óptico con espejo tipo Pritchard<sup>1</sup> que por un lado dirige la radiación óptica incidente hacia una red de difracción y por otro lado hacia el ocular. A continuación de la red de difracción se encuentra la matriz lineal de fotodiodos detectores dispuestos en una cámara apropiada y sellada para eliminar virtualmente la contaminación por el polvo y las fluctuaciones de temperatura. Además, dicha cámara está presurizada con nitrógeno para prevenir la condensación. La matriz de diodos posee 256 elementos, o píxeles, enfriados a 0°C; de ellos, aproximadamente 245 de los píxeles son los responsables de obtener las medidas, mientras que los restantes no se usan. Teniendo en cuenta el rango espectral de medida (380-780 nm), a cada píxel le correspondería un intervalo de 1.6 nm, aunque los resultados se expresan por conveniencia en incrementos de 2 nm. Antes de realizar la medición, cada elemento detector se carga eléctricamente, dicha carga disminuye al incidir la radiación sobre el elemento y se traduce en una señal analógica que se transmite a la tarjeta controladora instalada en el ordenador, a través del cable que lo conecta con el espectrorradiómetro. Un convertidor analógico-digital de 12 bits presente en la tarjeta controladora se encarga de transformar la señal analógica en su equivalente digital para ser utilizada en el procesado posterior.

En lo que se refiere al software que controla al espectrorradiómetro se dispone del programa Spectra-View 2.10 desarrollado por Photo-Research y que incluye, entre otras opciones, las siguientes:

- Cálculo de Luminancia, Iluminancia, Radiancia, Irradiancia, Temperatura de color.
- Valores triestímulo X,Y,Z, coordenadas de cromaticidad en los sistemas CIE1931, CIE1960, CIE1976 ( $L^*, a^*, b^*$ ) y CIE1976 ( $L^*, u^*, v^*$ ), longitud de onda dominante y pureza colorimétrica.
- Diferencias de color en los sistemas CIELUV y CIELAB.
- Cálculo de reflectancias y transmitancias fotométricas o radiométricas.

Las medidas se realizaron seleccionando en el instrumento un tamaño de campo de 1°, midiendo la reflectancia espectral de cada una de las muestras y calculando sus valores

---

<sup>1</sup> Este espejo es el que proporciona la abertura del espectrorradiómetro, pues en el centro del área de visión hay un orificio circular o rectangular que da la medida de la misma, y la radiación óptica que se mide es la que pasa a través de ella. El espectrorradiómetro dispone de dos configuraciones de apertura, la simple (una sola apertura en el cabezal), y la dual (dos aperturas). En la configuración dual, el observador aprecia un círculo o rectángulo oscuro, correspondiente a la porción de campo que pasa por la apertura del espejo Pritchard, así como los alrededores del área que se va a medir, de manera que puede enfocarla.



triestímulo considerando el Observador Patrón CIE 1931 y el iluminante CIE D65 teórico, como hemos indicado anteriormente.

Según el fabricante del instrumento, en el caso de medidas fotométricas absolutas el error asociado es menor del 4.1%, siendo inferior al 2% para medidas relativas. Para las coordenadas de cromaticidad (x,y) el error máximo es de  $\pm 0.003$  unidades. Teniendo en cuenta que las medidas que realizaremos con este instrumento harán referencia a láminas

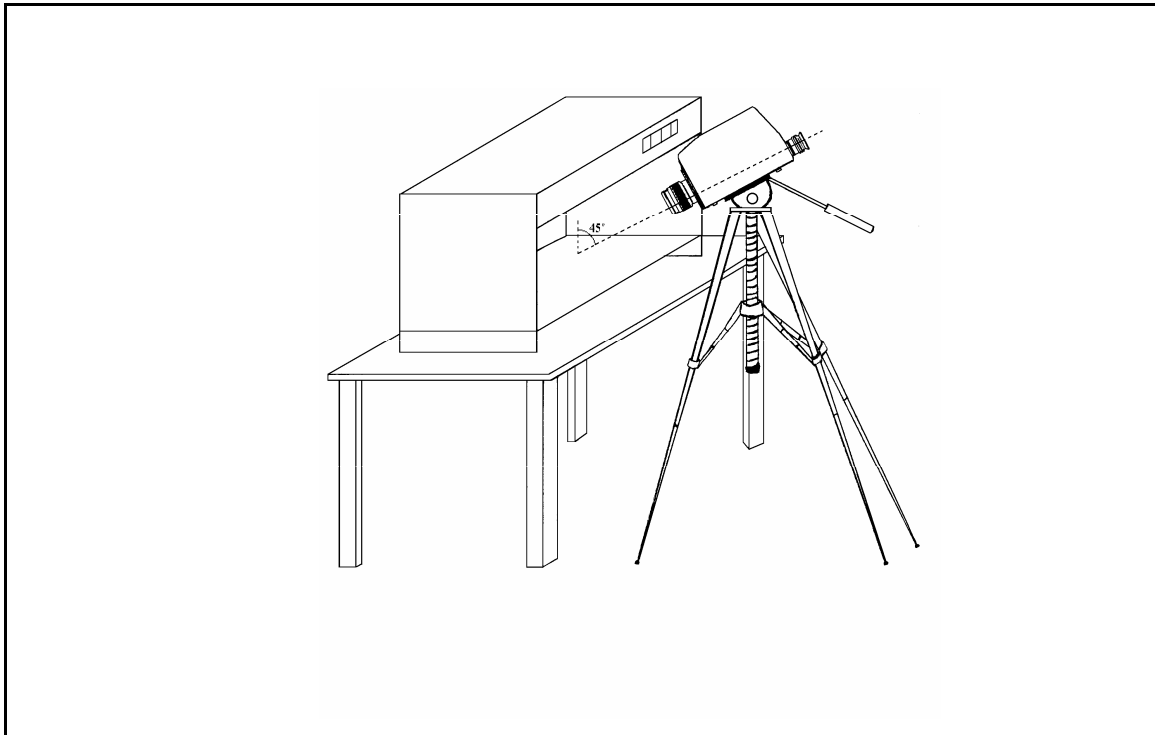


Figura 4.12 Dispositivo de iluminación/observación de las muestras (difusa/0°).

pseudoisocromáticas en las que diversos estudios sugieren que se toleran diferencias relativas de luminancia del 5% (Birch, 1975; Lee, 2003), consideraremos a efectos prácticos ese valor como límite tolerable.

La colocación de los componentes del dispositivo se realiza teniendo en cuenta las condiciones de observación e iluminación elegidas. La CIE (CIE, 1986) recomienda, entre otras, la adopción de la geometría de iluminación/observación, difusa/0°, Figura 4.12. La cabina de medida del color se encarga de proporcionar iluminación difusa sobre la muestra. Para medir las muestras a 0° se situaron éstas en un soporte plano inclinado 45° respecto al plano horizontal de la cabina, inclinando también el eje del instrumento de medida 45° respecto a la horizontal.

Es necesario resaltar la importancia de usar una geometría bien definida para las medidas, puesto que la misma influye significativamente en los resultados, aún cuando las

muestras, como en nuestro caso, no sean goniocromáticas (Lozano, 1978). Como puede verse, el espectrorradiómetro descansaba sobre un trípode, garantizando de esta manera una posición y nivel estables a lo largo de las sesiones de medida.

CAPÍTULO 5.  
**Resultados Experimentales y Discusión**

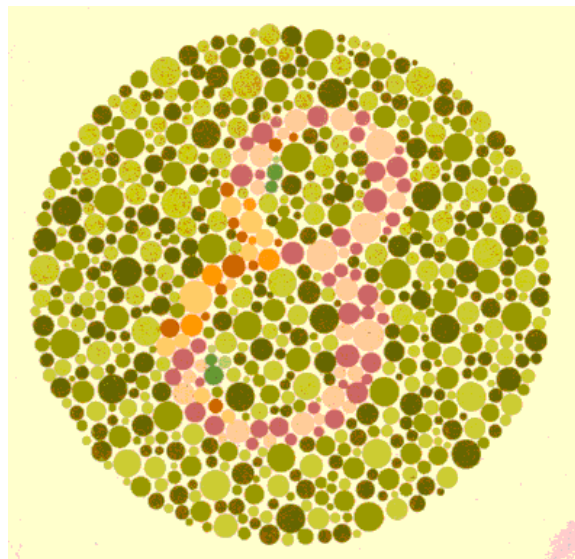


## 5.1 Análisis Espectrorradiométrico

### 5.1.1 Introducción

Como ya se ha mencionado anteriormente, en este trabajo se han evaluado tres ediciones distintas del test de Ishihara, correspondientes a los años 1954, 1973 y 1995. Todas han sido utilizadas regularmente para evaluar la visión del color. Se han elegido estas ediciones por haber entre ellas suficientes años de diferencia, alrededor de 20 años, como para que se pudiesen apreciar no sólo la diferencia de colores entre ediciones, sino para poder ver si el deterioro debido a su uso en cada una de ellas era significativo. Dado el volumen de resultados obtenidos y para facilitar su presentación mostraremos primero los resultados correspondientes a cada edición por separado, dejando para un apartado posterior la comparación de resultados entre las distintas ediciones del test.

Para comprobar cómo está elaborado este test se presenta en la Figura 5.1, a modo de ejemplo, una imagen de la lámina 2 correspondiente a la edición de 1973. Como puede apreciarse la lámina está constituida por un conjunto de círculos de distintos colores y tamaños distribuidos aleatoriamente, un grupo de estos círculos constituyen el fondo de la lámina (círculos verdes en el ejemplo), otro grupo corresponde al objeto (círculos rosas y azules-verdosos) y un tercer grupo menos numeroso corresponde a la zona de confusión (círculos naranjas). En este ejemplo se distinguen a simple vista un total de 10 colores diferentes: 3 verdes para el fondo, dos rosas y dos azules para el objeto y 3 naranjas para la zona de confusión. Los colores están escogidos para que cualquier observador, independientemente de si presenta alguna anomalía rojo-verde, o si tiene una visión normal del color, sea capaz de discernir el objeto del fondo. Sin embargo, los sujetos que presenten



**Figura 5.1** Lámina 2 del test de Ishihara.

un determinado tipo de anomalía no distinguirán la zona de confusión del fondo y reconocerán en la lámina un número 3, en lugar del número 8 que percibirán los sujetos normales.

Si nos fijamos con más detalle en cada una de las tres zonas (fondo, objeto y zona de confusión), podemos observar que en cada zona hay grupos de círculos que presentan una cromaticidad similar, diferenciándose principalmente en su luminancia. Para cada cromaticidad pueden discernirse círculos con tres niveles diferentes de luminancia, distribuidos también de modo aleatorio en cada una de las zonas. Estas dos particularidades tienen como objeto que los contornos de los círculos, o sus niveles de luminancia, no sirvan de ayuda al observador para que éste perciba una continuidad en el trazo del objeto que le proporcione información sobre su forma.

En el apartado de discusión de resultados se tratará con más detalle la información relacionada con el número de colores distintos presentes en cada lámina y la finalidad de cada uno de ellos.

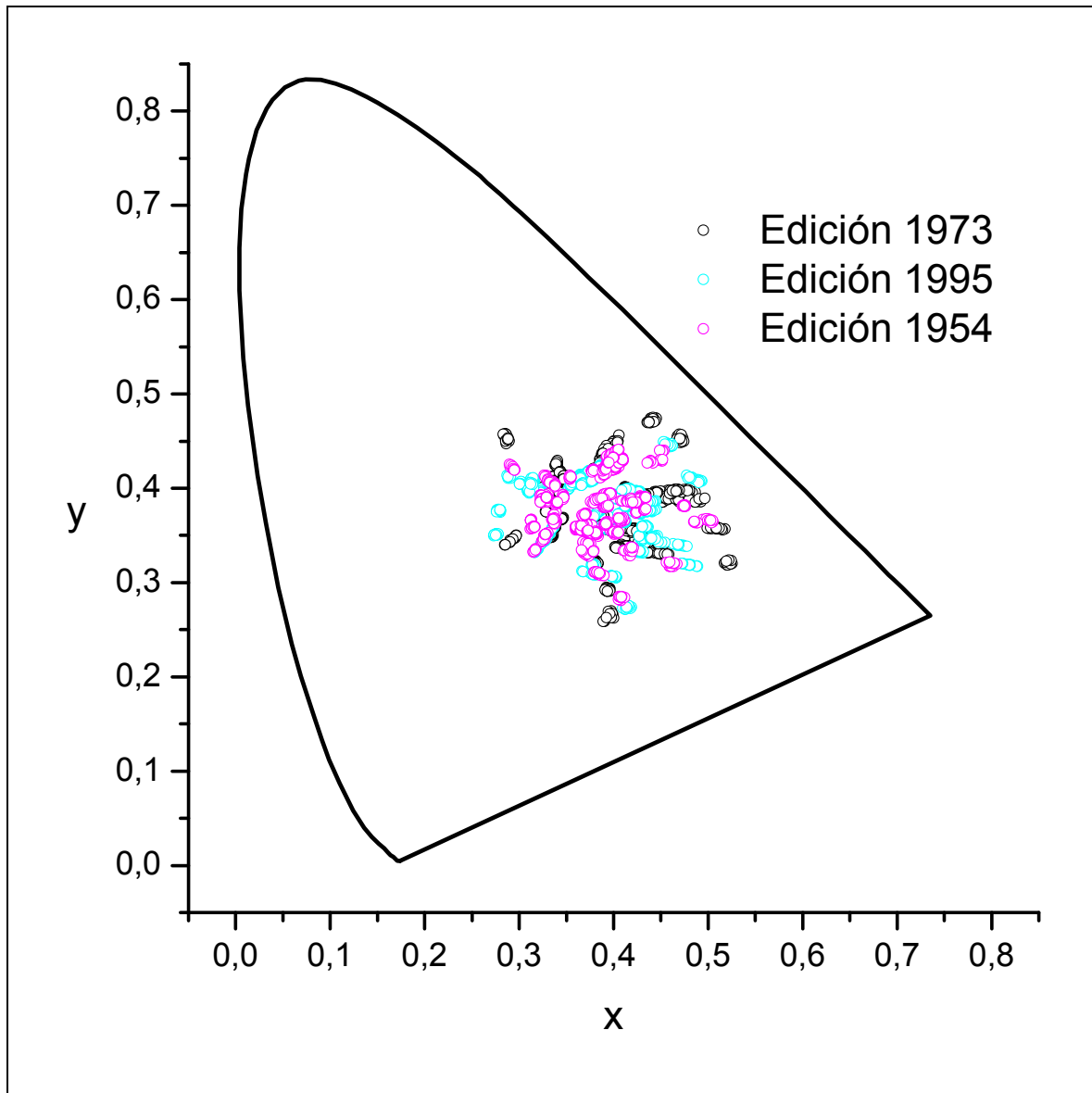
Para llevar a cabo la evaluación colorimétrica del test se seleccionaron en cada una de las tres zonas de cada lámina círculos de tres tamaños diferentes, con un diámetro del círculo suficiente para que su tamaño superase al del campo de medida del espectrorradiómetro utilizado para realizar las medidas. A continuación se midieron las reflectancias espectrales de todos los colores presentes en las distintas láminas de los test, realizándose para cada color tres medidas correspondientes a los distintos tamaños de muestra.

En la Tabla 5.1 se presentan el número de colores diferentes de cada una de las 38 láminas que componen el test de Ishihara. En todas las ediciones estudiadas la distribución del número de colores por lámina es la misma aunque los colores correspondientes a la misma lámina de distintas ediciones difieran notablemente.

<b>Lámina</b>	<b>colores</b>	<b>Lámina</b>	<b>colores</b>	<b>Lámina</b>	<b>colores</b>
1	2	14	8	27	9
2	10	15	8	28	9
3	10	16	8	29	9
4	10	17	8	30	8
5	10	18	9	31	8
6	10	19	9	32	8
7	10	20	9	33	8
8	10	21	9	34	10
9	10	22	9	35	10
10	8	23	9	36	10
11	8	24	9	37	10
12	8	25	9	38	2
13	8	26	9	<b>Total: 328</b>	

En total se han realizado 2952 medidas con el espectrorradiómetro, 984 por cada edición del test, realizándose tres medidas, correspondientes a los tres tamaños diferentes de círculo para cada color, para cada uno de los 328 colores evaluados en cada edición. Las medidas consistieron en obtener con el espectrorradiómetro las reflectancias espectrales de cada muestra, realizándose posteriormente el cálculo para obtener la luminancia (L) o valor triestímulo Y, y las coordenadas cromáticas (x, y) con el Observador Patrón CIE 1931 (2°) bajo el Iluminante D65. En el Apéndice de esta memoria se presentan las tablas con los resultados de todas las medidas realizadas para las tres ediciones del test.

En la Figura 5.2 se representan en el diagrama de color XYZ CIE 1931 las cromaticidades correspondientes a todas las medidas realizadas. Cualitativamente puede apreciarse que los colores seleccionados para la elaboración del test no presentan una alta saturación, siendo el número de colores con tonos rojos y verdes superior al número de colores con tono azul.



**Figura 5.2** Cromaticidades medidas en las tres ediciones del test de Ishihara analizadas.

Antes de analizar las tablas con los resultados obtenidos veamos la notación que le asignamos a la reflectancia medida para identificar cada muestra de color. El nombre de cada color medido tiene una longitud de 8 caracteres, asignándole a cada carácter o pareja de caracteres un significado distinto. El primero da información sobre el tono que presentan las muestras: v, verde; n, naranja; r, rosa; a, azul-verdoso; y, amarillo; g, verde; z, gris; m, marrón; c, rojo; x, morado. El segundo carácter da información sobre la luminancia del color indicado por el primer carácter: o, oscuro; n, normal; c, claro. Hay que hacer hincapié en el hecho de que aunque el primer carácter sea el mismo para muestras de distinta luminancia esto no quiere decir que tengan la misma cromaticidad. Los caracteres tercero, cuarto y quinto hacen referencia al tamaño de la muestra: g01, grande; m02, mediano; p03, pequeño.



El sexto y el séptimo carácter indican el número de lámina a la que pertenece la muestra a la que se le ha medido la reflectancia. Y por último, el octavo carácter nos informa de la edición del test en que se encuentra la muestra: a, 1973; b, 1995; c, 1954. Así por ejemplo, la muestra com0220c, es un rojo oscuro (co), de tamaño mediano (m02), de la lámina 20 de la edición del año 1954 (20c) del test de Ishihara.

En la tabla 5.2 se indican los valores máximos, mínimos y medios de las coordenadas cromáticas y del valor triestímulo Y para cada una de las tres ediciones del test. En la primera fila de resultados aparecen los valores medios de las coordenadas de cromaticidad (x,y) y luminancia (Y), la segunda y tercera fila corresponden a las láminas con valores extremos de la coordenada x, la cuarta y quinta fila corresponden a las láminas con valores extremos de la coordenada y, mientras que las dos últimas filas corresponden a las láminas con valores extremos del valor triestímulo Y.

<b>Tabla 5.2 Valores extremos y medios de los colores presentes en los Test.</b>											
<b>Valores extremos y medios del test de Ishihara Edición 1973</b>				<b>Valores extremos y medios del test de Ishihara Edición 1995</b>				<b>Valores extremos y medios del test de Ishihara Edición 1954</b>			
x	y	Y		x	y	Y		x	y	Y	
0,396	0,386	35,30	medias	0,382	0,378	31,09	medias	0,383	0,381	46,90	medias
0,525	0,320	15,48	cog0122a	0,493	0,408	42,30	yog0114b	0,505	0,365	27,32	com0220c
0,283	0,457	13,93	gop0321a	0,273	0,350	23,57	aom0232b	0,290	0,426	32,35	gop0320c
0,442	0,475	63,50	yop0315a	0,453	0,449	57,98	ycm0231b	0,406	0,441	24,14	vog0137c
0,389	0,259	13,35	xop0325a	0,412	0,272	17,19	xog0126b	0,407	0,281	19,24	xog0123c
0,438	0,470	67,77	ycg0117a	0,453	0,449	57,98	ycm0231b	0,400	0,421	69,71	ycm0217c
0,335	0,349	6,06	zop0325	0,317	0,333	9,60	zom0222b	0,315	0,333	12,28	zop0323c

En nuestro estudio hemos desestimado tanto la lámina 1 como la 38 de las tres versiones analizadas del test de Ishihara por tratarse de láminas que no sirven para detectar anomalías en la visión del color puesto que son interpretadas correctamente tanto por observadores anómalos como aquellos con visión normal del color.

Con objeto de poner de manifiesto que efectivamente cada color apreciado era el mismo independientemente del tamaño del círculo considerado y de la posición del mismo en la lámina, se determinaron las diferencias de color entre las muestras circulares de distinto tamaño que correspondían visualmente a un mismo color. Si estas diferencias fueran suficientemente pequeñas podríamos asumir que se trata de muestras que presentan el mismo color para un observador medio.

Las diferencias de color se calcularon a partir de los valores Y, x, y, transformando los mismos al sistema de representación del color CIELAB 1976 usando como acromático

de referencia el iluminante D65 teórico, y finalmente calculando las diferencias de color,  $\Delta E^*$ , de luminancia,  $\Delta L^*$ , de croma,  $\Delta C^*$ , y de tono,  $\Delta H^*$ , en dicho espacio de color.

Para poner de manifiesto el hecho de que, para una misma lámina, cada color es el mismo, o no, para los distintos tamaños medidos, en la Tabla 5.3 hemos expuesto los valores promedio de la diferencia de color, de luminancia, de croma y de tono, entre las distintas muestras con el mismo nombre de color y distinto tamaño en cada una de las láminas de cada edición del test. Atendiendo a los bajos valores promedio tanto de la diferencia de color, de luminancia, de croma y de tono, entre igual color de los tres círculos de diferente tamaño para todos y cada uno de los colores que establecimos en un principio, queda patente la independencia que preveíamos y por lo tanto las tres medidas según el tamaño se pueden considerar como un único color percibido.

Edición	$\Delta E^*$	$\Delta L^*$	$\Delta C^*$	$\Delta H^*$	Muestras
1973 (a)	9,03	8,79	2,07	0,04	rom0205a-rog0105a
	9,03	8,79	2,07	0,04	rom0205a-rog0105a
	3,88	0,87	3,77	0,32	vog0106a-vom0206a
	3,35	-2,33	0,11	2,40	yom0217a-yog0117a
	1,05	0,81	0,45	0,19	Valores Promedio
1995 (b)	3,08	-2,55	-0,67	1,60	ncm0212b-ncg0112b
	2,80	2,79	0,14	0,02	nog0102b-nom0202b
	2,21	-1,41	1,67	0,31	com0229b-cog0129b
	3,08	2,55	0,67	1,60	ncm0212b-ncg0112b
	0,03	-2,26	-1,61	0,00	Valores Promedio
1954 (c)	3,37	2,12	-2,13	1,52	xcp0322c-xcm0222c
	2,79	2,77	-0,33	0,14	vnm0215c-vnp0315c
	3,37	-2,12	2,13	1,52	xcm0222c-xcp0322c
	1,74	0,11	0,33	1,70	yop0330c-yom0230c
	0,76	0,51	0,37	0,25	Valores Promedio

No obstante encontramos algunas excepciones que sería importante matizar para poder continuar con nuestro planteamiento. Si establecemos el límite discernible de diferencias de color en 3 unidades CIELAB (Schwarz et al., 1987; Mahy et al., 1991; Stokes et al., 1992; Catrysse et al., 1999; Martínez et al., 2001), las diferencias de color entre muestras que lo superan son en total 41 para la edición a, 1 para la b, y 1 para la c, que representan un 1,5% del total de diferencias de color calculadas. En la misma tabla aparecen las diferencias máximas de color, de luminancia, de croma y de tono, que se muestran en las celdas sombreadas de la Tabla 5.3.

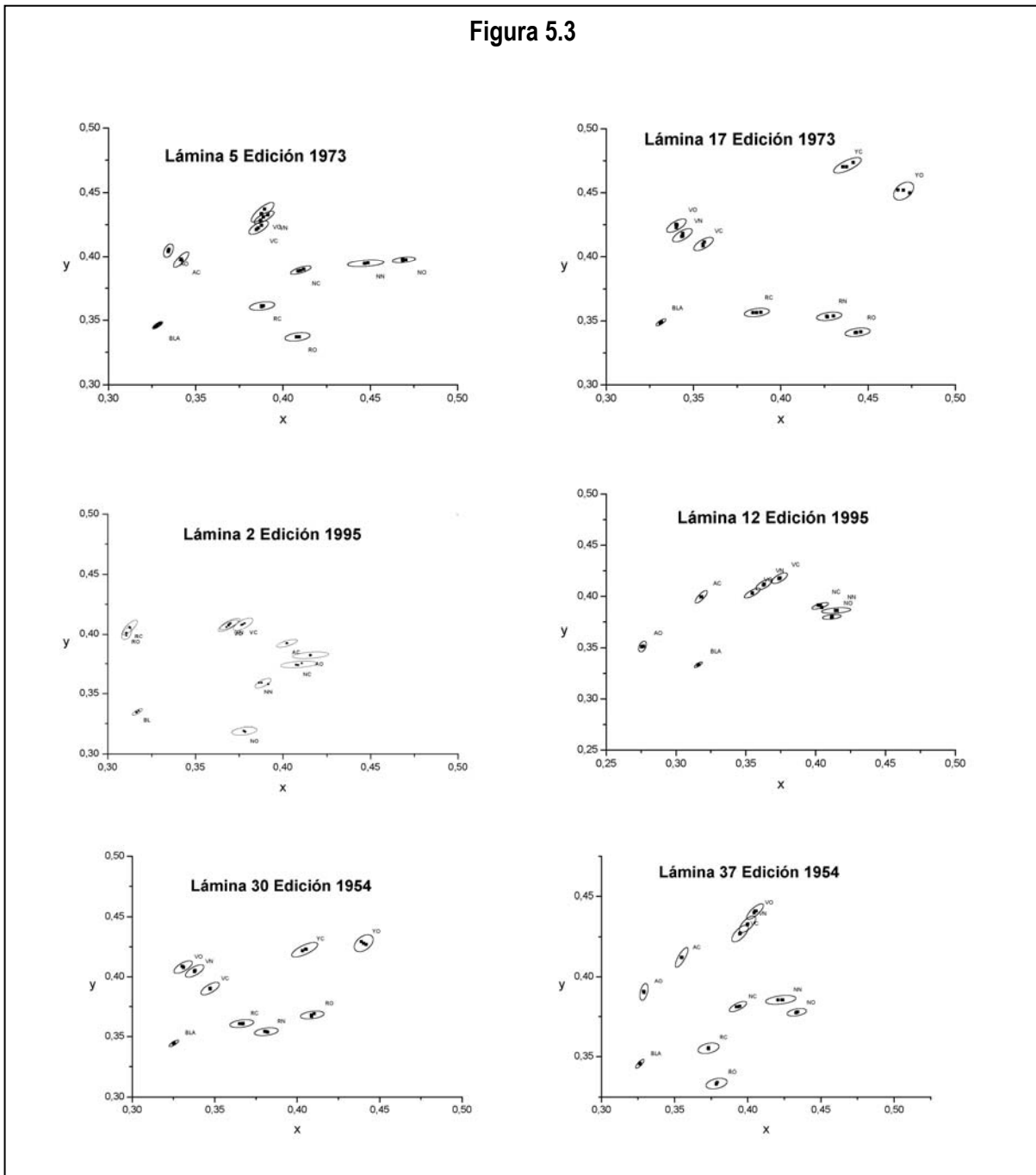
En la edición del año 1973 encontramos la diferencia de color más grande entre las muestras rom0205a y rog0105a entre el tamaño grande y el mediano del color rosa oscuro de la lámina 5 del test. La diferencia es de 9,03 unidades CIELAB, lo que nos indica que son colores diferentes. Para las ediciones de 1995 y de 1954 la diferencia de color máxima alcanza 3,08 y 3,37 unidades CIELAB respectivamente, valores que aunque superan ligeramente el límite discernible no llegan a ser tan altos como los de la edición a.

Revisando el estado de cada uno de los test, era evidente que el que más uso había tenido era precisamente el correspondiente a la edición del año 1973, aunque no se apreciaban como evidentes estas diferencias de color. Por otro lado hay que decir que los resultados obtenidos con el uso habitual del test eran correctos en cuanto a la detección de sujetos con visión anómala del color y la clasificación de los mismos como protanómalos o deuteranómalos distinguiendo entre anomalías fuertes o débiles. Por lo tanto, debía existir una explicación para que estos resultados fuera de lo esperado no tengan demasiada incidencia en la funcionalidad del test.

Como ya hemos visto, la diferencia de color en el sistema CIELAB se puede expresar en función de las diferencias de tres atributos básicos de la percepción cromática, diferencia de luminancia  $\Delta L^*$ , de croma  $\Delta C^*$  y de tono  $\Delta H^*$ . Pues bien, en la Tabla 5.3 se exponen también los valores máximos de las diferencias de cada uno de estos atributos entre los datos que estamos manejando desde un principio. En la mayoría de los casos, y no sólo de los datos presentados en la tabla sino de todos los considerados, el atributo que más varía entre las muestras de igual nombre de color es la luminancia, seguida del croma y por último del tono. Esto queda patente al revisar los valores promedio de las diferencias de color, de luminancia, de croma y de tono, para todas y cada una de las ediciones.

El hecho de que sea la luminancia el atributo predominante en la diferencia de color, nos permite llegar a la conclusión de que incluso en los casos extremos de diferencias de color elevadas la funcionalidad de los test no se vería alterada. Esto es así porque si nos fijamos en el diseño del test, éste se hace con muestras de distinta luminancia, recordemos que las notábamos como oscuro, normal y claro. Además, estas luminancias se distribuyen de modo aleatorio en cada parte de la figura de las láminas, con objeto de que este atributo no se pueda emplear por los observadores para la discriminación de formas. Lo que se pretende es que sea la cromaticidad de los colores percibida por los observadores la que nos indique si tienen una visión normal o anómala del color. Por todo lo dicho, el hecho de que existan algunas muestras con diferencias de luminancia más elevadas de lo esperado no debe impedir el buen funcionamiento del test y por tanto podremos seguir considerando que efectivamente los colores, dentro de una lámina, denominados con el mismo nombre no presentan diferencias que afecten significativamente al correcto funcionamiento del test.

Por último, para poner de manifiesto que la cromaticidad de esos colores se puede considerar la misma, se presentan en la Figura 5.3 una serie de gráficas en las que aparecen las coordenadas cromáticas (x,y) en el espacio de color CIE 1931 de todas las muestras medidas en dos láminas de cada edición del test de las que aparecen en la Tabla 5.2. Además se representan también las elipses de discriminación cromática de Luo-Rigg (Luo y Rigg, 1986) más próximas a los datos considerados y centradas en el valor medio de las coordenadas cromáticas de las tres medidas del mismo color para distintos tamaños.



Tanto en las gráficas de la Figura 5.3 como en el resto de las que elaboramos para cada una de las láminas de las distintas ediciones del test, se observa que la cromaticidad de las tres muestras que tenían la misma denominación siempre quedaba dentro de la elipse de discriminación correspondiente, incluso en los casos de diferencias máximas de color, luminancia, croma o tono. Este resultado nos permite suponer que dichos estímulos serían indistinguibles para un observador con visión normal del color y por tanto podemos concluir que los colores percibidos visualmente como iguales en una misma lámina efectivamente lo son, al menos en cuanto a cromaticidad se refiere, siendo este aspecto el que realmente nos importa para nuestro estudio y el correcto funcionamiento de los test.

Basándonos en este resultado y para simplificar la discusión posterior agruparemos a partir de ahora las muestras de tres en tres. Por ejemplo las muestras rog0105a, rom0205a, rop0305a, quedarán agrupadas en una muestra con la notación ro05a, que indica el tono y nivel de luminancia (ro), el número de lámina en que se utiliza (05) y la edición del test (a = 1973). Los valores triestímulo en el sistema CIE-1931 de esta muestra serán los valores medios de los valores triestímulo de las muestras agrupadas para obtenerla.

Por otro lado y para continuar con la exposición de los resultados obtenidos en la caracterización espectrorradiométrica del test de Ishihara, nos fijamos en que existen muestras a las que hemos dado el mismo nombre variando solamente la lámina en que aparecen. Dicho de otro modo, cuando a un color lo llamamos 'vo', nos cuestionamos si resulta ser el mismo que el que hay en las demás láminas en que aparece. Esto nos daría información del número total de colores empleados en la elaboración de cada edición del test y de si esos colores son los mismos entre una edición y otra del test.

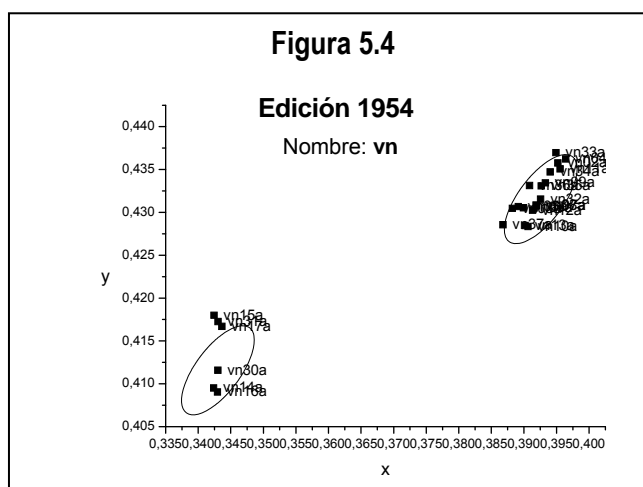
En la Tabla 5.4 se muestran los nombres de referencia utilizados para denominar los distintos colores y las láminas en que aparecen, así como una somera descripción del color. En todas las ediciones estudiadas podemos hacer estas mismas distinciones. Asignamos, por simple inspección visual, un total de 28 nombres distintos. Por lo tanto y en principio, los test se elaborarían a partir de un total de 28 colores.

No obstante, comparando una determinada muestra en una lámina con su correspondiente nombre, con las muestras de idéntico nombre pero en las distintas láminas, se aprecia la posibilidad de que en algunos casos sean colores diferentes.

Tabla 5.4 Colores apreciados en las láminas del test de Ishihara.

Nombre	Descripción	Láminas
vo	verde	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37
vn	verde	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37
vc	verde	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37
no	naranja	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 32, 33, 34, 35, 36, 37
nn	naranja	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 32, 33, 34, 35, 36, 37
nc	naranja	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 32, 33, 34, 35, 36, 37
ao	azul-verdoso	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 32, 33, 34, 35, 36, 37
ac	azul-verdoso	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 32, 33, 34, 35, 36, 37
ro	rosa	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 17, 30, 31, 34, 35, 36, 37
rn	rosa	14, 15, 16, 17, 30, 31
rc	rosa	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 17, 30, 31, 34, 35, 36, 37
yo	amarillo/naranja	14, 15, 16, 17, 30, 31
yc	amarillo	14, 15, 16, 17, 30, 31
go	verde	18, 19, 20, 21, 28, 29
gn	verde	18, 19, 20, 21, 28, 29
gc	verde	18, 19, 20, 21, 28, 29
mo	marrón	18, 19, 20, 21, 28, 29
mn	marrón	18, 19, 20, 21, 28, 29
mc	marrón	18, 19, 20, 21, 28, 29
co	rojo	18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29
cn	rojo	22, 23, 24, 25, 26, 27
cc	rojo	18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29
zo	gris	22, 23, 24, 25, 26, 27
zn	gris	22, 23, 24, 25, 26, 27
zc	gris	18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29
xo	morado	22, 23, 24, 25, 26, 27
xn	morado	22, 23, 24, 25, 26, 27
xc	morado	22, 23, 24, 25, 26, 27

A continuación tratamos de poner de manifiesto el número de colores con que se elaboró cada edición del test, o mejor, el número de colores que presenta cada edición del mismo. Para ayudar a la distinción de colores realizamos un amplio conjunto de gráficas, una por cada nombre de color, en las que se representaban los valores medios de las coordenadas cromáticas para cada color de cada lámina, tal y como discutimos anteriormente, junto con las elipses de discriminación cromática de Luo-Rigg más próximas a la posición de cada grupo de



colores. En la Figura 5.4 exponemos un ejemplo para que nos ayude a comprender la sistemática con que procedimos. En dicha figura representamos todos los colores cuyo nombre era 'vn' para la edición de 1954. En la Tabla 5.4 queda reflejado que ese nombre aparecía en un total de 24 láminas. En la Figura 5.3 se representan esos 24 colores junto con las elipses de Luo Rigg más próximas. Gráficamente comprobamos que se reparten en tres grupos diferentes, lo que nos permite afirmar que existen, en principio, 3 colores diferentes con ese mismo nombre.

Y	x	y	Muestra	Y	x	y	Muestra
43,25	0,3991	0,4318	vn02c	65,01	0,3364	0,4063	vn14c
44,64	0,3990	0,4317	vn03c	65,52	0,3375	0,4033	vn15c
41,54	0,3983	0,4304	vn04c	58,93	0,3353	0,4069	vn16c
40,84	0,3985	0,4306	vn05c	65,12	0,3374	0,4042	vn17c
60,04	0,4016	0,4299	vn06c	62,60	0,3379	0,4048	vn30c
62,49	0,3985	0,4279	vn07c	64,36	0,3380	0,4035	vn31c
51,94	0,4079	0,4320	vn08c	59,52	0,4026	0,4239	vn32c
45,39	0,3942	0,4332	vn09c	54,97	0,4058	0,4268	vn33c
55,50	0,4092	0,4290	vn10c	54,32	0,4091	0,4315	vn34c
55,74	0,4087	0,4285	vn11c	55,01	0,4095	0,4305	vn35c
55,14	0,4052	0,4260	vn12c	45,67	0,4003	0,4332	vn36c
55,12	0,4053	0,4260	vn13c	45,84	0,3999	0,4329	vn37c

Con el fin de asegurar que esta identificación era correcta analizamos las coordenadas cromáticas de todas ellas, junto con la luminancia y calculamos la diferencia de color entre todas las medias indicadas anteriormente. En la Tabla 5.5 se muestran las coordenadas cromáticas y la luminancia de los 24 colores.

Como ya se ha indicado se calcularon las diferencias de color entre todos los colores. A modo ejemplo, nos centramos en el color vn que aparece en las láminas 14, 15, 16, 17, 30 y 31. Las diferencias de color son pequeñas (Tabla 5.6) y las coordenadas cromáticas así como la luminancia son similares entre todos ellos, por lo que puede considerarse que representan un mismo color. Concretamente a ese color lo llamaremos vn01c, es decir, verde normal 01 empleado en la versión del año 1954 del test.

$\Delta E^*$	Muestras	$\Delta E^*$	Muestras	$\Delta E^*$	Muestras	$\Delta E^*$	Muestras
1,59	vn15c-vn14c	1,83	vn31c-vn14c	0,65	vn31c-vn15c	1,34	vn30c-vn17c
3,37	vn16c-vn14c	3,79	vn16c-vn15c	3,50	vn17c-vn16c	0,74	vn31c-vn17c
1,17	vn17c-vn14c	0,45	vn17c-vn15c	2,41	vn30c-vn16c	0,99	vn31c-vn30c
1,90	vn30c-vn14c	1,53	vn30c-vn15c	3,35	vn31c-vn16c		

En algunos casos, como las diferencias con el vn16c, las diferencias de color son algo más elevadas. En la Tabla 5.7 desglosamos la diferencia de color CIELAB en sus componentes para comprobar nuevamente que es la luminancia la componente que más varía, por lo que podemos suponer que es el mismo color, concretamente la luminancia del color vn en la lámina 16 es menor que en las otras consideradas.

$\Delta E^*$	$\Delta L^*$	$\Delta C^*$	$\Delta H^*$	Muestras
3,37	-3,24	-0,77	0,52	vn16c-vn14c
3,79	-3,50	0,54	1,35	vn16c-vn15c
3,50	3,29	-0,19	1,18	vn17c-vn16c
2,41	1,98	-0,39	1,32	vn30c-vn16c
3,35	2,90	-0,69	1,53	vn31c-vn16c

Haciendo todas las consideraciones anteriores podemos establecer el número de colores diferentes que se usó en cada edición del test y en qué láminas eran utilizados. En las Tablas 5.8, 5.9 y 5.10 tenemos dichos colores así como las coordenadas cromáticas y la luminancia de cada uno de ellos, indicando también las láminas en que son usados y la notación que les hemos asignado.



Concretamente en la Tabla 5.8 aparecen los colores presentes para la elaboración de la edición del año 1973 del test de Ishihara que hemos analizado. Encontramos un total de 62 colores diferentes.

<b>Tabla 5.8 Colores del test de Ishihara Edición del año 1973.</b>										
<b>x</b>	<b>y</b>	<b>Y</b>	<b>Nombre</b>	<b>Láminas</b>	<b>x</b>	<b>y</b>	<b>Y</b>	<b>Nombre</b>	<b>Láminas</b>	
0,340	0,426	59,27	vo1a	14, 15, 16, 17, 30, 31	0,426	0,344	35,50	ro2a	7, 8, 9	
0,389	0,438	37,45	vo2a	3, 5, 11, 32, 33, 36, 37	0,432	0,343	33,07	ro3a	34, 35	
0,400	0,445	46,05	vo3a	2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 34, 35	0,430	0,352	33,73	ro4a	6	
0,343	0,410	65,84	vn1a	14, 16, 30	0,447	0,341	38,19	ro5a	14, 15, 16, 17, 30, 31	
0,343	0,417	60,54	vn2a	15, 17, 31	0,422	0,354	51,39	rn1a	14, 15, 16, 17, 30, 31	
0,392	0,432	53,27	vn3a	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 32, 33, 34, 35, 36, 37	0,378	0,367	60,28	rc1a	2, 4	
0,353	0,403	73,11	vc1a	14, 16, 30	0,389	0,364	63,30	rc2a	6, 7, 8, 9, 34, 35	
0,356	0,410	69,75	vc2a	15, 17, 31	0,386	0,361	52,35	rc3a	3, 5, 14, 15, 16, 17, 30, 31, 36, 37	
0,380	0,415	68,05	vc3a	6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 32, 33, 35	0,470	0,453	62,61	yo1a	14, 15, 16, 17, 30, 31	
0,386	0,423	59,44	vc4a	2, 3, 4, 5, 7, 34, 36, 37	0,440	0,472	74,64	yc1a	14, 15, 16, 17, 30, 31	
0,480	0,387	36,86	no1a	6, 7, 8	0,286	0,454	57,54	go1a	18, 19, 20, 21, 28, 29	
0,491	0,387	35,26	no2a	9, 34, 35	0,378	0,417	51,14	gn1a	18, 19, 20, 21, 28, 29	
0,478	0,397	35,54	no3a	2, 4, 33, 36	0,337	0,410	59,31	gc1a	18, 19, 20, 21, 28, 29	
0,465	0,397	39,78	no4a	3, 5, 10, 11, 12, 13, 32, 37	0,415	0,389	48,74	mo1a	18, 19, 20, 21, 28, 29	
0,452	0,385	46,41	nn1a	6	0,412	0,399	57,57	mn1a	18, 19, 20, 21	
0,461	0,395	48,82	nn2a	7, 8, 9, 34, 35	0,412	0,399	57,68	mn2a	28, 29	
0,447	0,396	51,24	nn3a	2, 4, 5, 11, 12, 32, 33	0,460	0,389	43,36	mc1a	18, 19, 20, 21, 28, 29	
0,432	0,393	54,35	nn4a	3, 10, 13, 36, 37	0,508	0,358	29,76	co1a	18, 19, 20, 21, 28, 29	
0,397	0,387	68,33	nc1a	2, 12	0,521	0,321	19,29	co2a	22, 23, 24, 25, 26, 27	
0,407	0,388	64,25	nc2a	3, 4, 5, 7, 8, 10, 13, 35, 36, 37	0,453	0,330	37,79	cn1a	22, 24, 27	
0,415	0,389	62,39	nc3a	6, 9, 34	0,443	0,331	39,71	cn2a	23, 25, 26	
0,414	0,392	63,79	nc4a	11, 32, 33	0,415	0,338	49,08	cc1a	22, 23, 24, 25, 26, 27	
0,335	0,406	50,72	ao1a	3, 5, 36, 37	0,419	0,357	52,52	cc2a	18, 19, 20, 21, 28, 29	
0,326	0,394	54,76	ao2a	6, 7, 8	0,334	0,349	59,51	zo1a	22, 23, 24, 25, 26, 27	
0,294	0,347	46,11	ao3a	10, 11, 13	0,334	0,351	61,88	zn1a	22, 23, 24, 25, 26, 27	
0,289	0,343	44,10	ao4a	12, 32, 33	0,346	0,368	68,81	zc1a	18, 19, 20, 21, 28, 29	
0,319	0,389	50,39	ao5a	2, 4, 9, 34, 35	0,338	0,359	64,78	zc2a	22, 23, 24, 25, 26, 27	
0,331	0,377	58,15	ac1a	10, 11, 12, 13, 32, 33	0,398	0,266	13,34	xo1a	22, 25, 27	
0,342	0,395	65,53	ac2a	3, 5, 6, 36, 37	0,394	0,262	15,44	xo2a	23, 24, 26	
0,347	0,410	66,29	ac3a	2, 4, 7, 8, 9, 34, 35	0,394	0,293	28,49	xn1a	22, 23, 24, 25, 26, 27	
0,407	0,338	35,63	ro1a	2, 3, 4, 5, 36, 37	0,381	0,322	46,90	xc1a	22, 23, 24, 25, 26, 27	

En la Tabla 5.9 aparecen los colores presentes para la elaboración de la edición del año 1995 del test de Ishihara que hemos analizado. Encontramos un total de 56 colores diferentes.

x	y	Y	Nombre	Láminas	x	y	Y	Nombre	Láminas
0,358	0,404	33,57	vo1b	10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 30, 31, 32, 33	0,406	0,378	50,17	rc3b	14, 15, 16, 17, 30, 31
0,367	0,407	30,36	vo2b	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 34, 35, 36, 37	0,481	0,411	50,45	yo1b	16, 30, 31
0,323	0,397	41,06	vn1b	14, 15, 16, 17, 30, 31	0,490	0,408	48,34	yo2b	14, 15, 17
0,368	0,407	36,61	vn2b	2, 3, 4, 5, 36, 37	0,454	0,447	62,76	yc1b	14, 17, 31
0,364	0,412	36,67	vn3b	6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 32, 33, 34, 35	0,460	0,446	61,54	yc2b	15, 16, 30
0,377	0,408	54,42	vc1b	2, 3, 4, 5, 36, 37	0,289	0,413	41,37	go1b	18, 19, 20, 21, 28, 29
0,372	0,416	51,78	vc2b	10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 30, 31, 32, 33	0,319	0,408	48,62	gn1b	18, 19, 20, 21
0,386	0,423	47,07	vc3b	6, 7, 8, 9, 34, 35	0,385	0,416	46,78	gn2b	28, 29
0,408	0,374	31,11	no1b	2, 3, 4, 5, 36, 37	0,301	0,405	47,89	gc1b	28, 29
0,414	0,380	32,85	no2b	10, 11, 12, 13, 32, 33	0,385	0,416	47,08	gc2b	18, 19, 20, 21
0,440	0,376	29,11	no3b	6, 7, 8, 9, 34, 35	0,382	0,373	26,36	mo1b	18, 19, 20, 21, 28, 29
0,414	0,382	40,84	nn1b	2, 3, 4, 5, 36, 37	0,404	0,388	41,93	mn1b	18, 19, 20, 21, 28, 29
0,414	0,388	40,53	nn2b	10, 11, 12, 13, 32, 33	0,425	0,396	47,67	mc1b	18, 19, 20, 21, 28, 29
0,439	0,385	40,59	nn3b	6, 7, 8, 9, 34, 35	0,483	0,318	24,86	co1b	22, 23, 25
0,489	0,407	47,46	nn4b	1, 38	0,477	0,319	26,16	co2b	24, 26, 27
0,402	0,391	50,64	nc1b	2, 3, 4, 5, 10, 11, 12, 13, 32, 33, 36, 37	0,471	0,340	31,38	co3b	18, 19, 20, 21, 28
0,415	0,399	53,09	nc2b	6, 7, 8, 9, 34, 35	0,451	0,343	35,65	co4b	29
0,276	0,351	42,50	ao1b	10, 11, 12, 13, 32, 33	0,430	0,347	35,48	cn1b	22, 23, 24, 25, 26, 27
0,279	0,376	34,88	ao2b	6, 7, 8, 9, 34, 35	0,410	0,365	43,63	cc1b	18, 19, 20, 21, 28, 29
0,310	0,398	29,59	ao3b	2, 3, 4, 5, 36, 37	0,427	0,374	46,57	cc2b	22, 23, 24, 25, 26, 27
0,315	0,400	45,43	ac1b	10, 11, 12, 13, 32, 33	0,318	0,334	72,70	zo1b	22, 23, 24, 25, 26, 27
0,313	0,408	43,69	ac2b	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 34, 35, 36, 37	0,326	0,344	71,60	zn1b	22, 23, 24, 25, 26, 27
0,378	0,319	25,40	ro1b	2, 3, 4, 5, 36, 37	0,331	0,351	73,11	zc1b	18, 19, 20, 21, 28, 29
0,428	0,333	22,63	ro2b	6, 7, 8, 9, 34, 35	0,336	0,358	75,37	zc2b	22, 23, 24, 25, 26, 27
0,442	0,348	22,65	ro3b	14, 15, 16, 17, 30, 31	0,415	0,274	19,64	xo1b	22, 23, 24, 25, 26, 27
0,433	0,359	33,22	rn1b	14, 15, 16, 17, 30, 31	0,401	0,306	34,20	xn1b	22, 23, 24, 25, 26, 27
0,390	0,358	46,27	rc1b	2, 3, 4, 5, 36, 37	0,379	0,309	42,85	xc1b	22, 23, 24, 25, 27
0,398	0,355	41,55	rc2b	6, 7, 8, 9, 34, 35	0,367	0,312	48,97	xc2b	26

En la Tabla 5.10 aparecen los colores presentes para la elaboración de la edición del año 1954 del test de Ishihara que hemos analizado. Encontramos un total de 61 colores diferentes.

Tabla 5.10 Colores del test de Ishihara Edición del año 1954.									
x	y	Y	Nombre	Láminas	x	y	Y	Nombre	Láminas
0,330	0,409	55,40	vo1c	14, 15, 16, 17, 30, 31	0,377	0,334	49,78	ro3c	2, 3, 4, 5, 36, 37
0,399	0,437	38,70	vo2c	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 34, 35, 36, 37	0,382	0,352	62,91	rn1c	14, 15, 16, 17, 30, 31
0,403	0,431	42,75	vo3c	10, 11, 12, 13, 32, 33	0,363	0,359	73,09	rc1c	14, 15, 16, 17, 30, 31
0,337	0,405	63,59	vn1c	14, 15, 16, 17, 30, 31	0,370	0,355	62,80	rc2c	2, 3, 4, 5, 36, 37
0,407	0,428	55,25	vn2c	10, 11, 12, 13, 32, 33, 34, 35	0,369	0,372	69,63	rc3c	6, 7, 8, 9, 34, 35
0,399	0,431	47,74	vn3c	2, 3, 4, 5, 6, 7, 36, 37	0,439	0,428	65,83	yo1c	30, 31
0,347	0,391	75,83	vc1c	14, 15, 16, 17, 30, 31	0,451	0,430	62,19	yo2c	16, 17
0,389	0,414	73,57	vc2c	10, 11, 12, 13, 32, 33	0,452	0,440	64,79	yo3c	14, 15
0,389	0,420	68,61	vc3c	6, 7, 8, 9, 34, 35	0,402	0,421	76,25	yc1c	14, 15, 16, 17, 30, 31
0,394	0,426	62,33	vc4c	2, 3, 4, 5, 36, 37	0,293	0,422	45,89	go1c	18, 19, 20, 21, 28, 29
0,424	0,374	48,38	no1c	4, 5	0,378	0,419	54,94	gn1c	18, 19, 20, 21, 28, 29
0,431	0,378	48,73	no2c	2, 3, 36, 37	0,329	0,388	63,22	gc1c	18, 19, 20, 21, 28, 29
0,474	0,382	38,88	no3c	6, 7, 8, 9, 34, 35	0,392	0,363	28,75	mo1c	18, 19, 20, 21, 28, 29
0,430	0,389	55,85	no4c	10, 11, 12, 13, 32, 33	0,396	0,394	50,49	mn1c	18, 19, 20, 21, 28, 29
0,421	0,385	57,51	nn1c	2, 3, 4, 5, 12, 13, 36, 37	0,422	0,386	54,55	mc1c	18, 19, 20, 21, 28, 29
0,416	0,387	63,05	nn2c	10, 11, 32, 33	0,461	0,320	31,92	co1c	22, 23, 24, 25, 26, 27
0,431	0,391	55,99	nn3c	6, 7, 8, 9, 34, 35	0,487	0,364	35,54	co2c	28, 29
0,474	0,398	42,69	nn4c	1, 38	0,501	0,366	33,76	co3c	18, 19, 20, 21
0,389	0,392	69,81	nc1c	6, 7, 35	0,417	0,329	49,28	cn1c	22, 23
0,381	0,388	72,69	nc2c	8, 9, 34	0,417	0,336	50,86	cn2c	24, 25, 26, 27
0,384	0,386	75,29	nc3c	10, 11, 12, 13, 32, 33	0,371	0,342	66,85	cc1c	22, 23, 24, 25, 26, 27
0,392	0,380	65,97	nc4c	2, 3, 4, 5, 36, 37	0,366	0,356	64,37	cc2c	28, 29
0,312	0,366	54,39	ao1c	10, 11	0,374	0,362	63,98	cc3c	18, 19, 20, 21
0,314	0,358	62,49	ao2c	12, 13, 32, 33	0,316	0,334	67,14	zo1c	22, 23, 24, 25, 26, 27
0,324	0,389	49,07	ao3c	2, 3, 6, 7, 8, 9, 34, 35	0,325	0,345	70,17	zn1c	22, 23, 24, 25, 26, 27
0,329	0,392	45,04	ao4c	4, 5, 36, 37	0,328	0,351	75,03	zc1c	22, 23, 24, 25, 26, 27
0,354	0,412	64,10	ac1c	2, 3, 4, 5, 36, 37	0,338	0,364	70,05	zc2c	18, 19, 20, 21, 28, 29
0,339	0,384	69,62	ac2c	6, 7, 8, 9, 34, 35	0,407	0,284	25,03	xo1c	22, 23, 24, 25, 26, 27
0,336	0,369	76,27	ac3c	10, 11, 12, 13, 32, 33	0,384	0,310	45,62	xn1c	22, 23, 24, 25, 26, 27
0,408	0,367	56,38	ro1c	14, 15, 16, 17, 30, 31	0,370	0,332	59,31	xc1c	22, 23, 24, 25, 26, 27
0,401	0,354	50,25	ro2c	6, 7, 8, 9, 34, 35					

El hecho de que cada edición del test presente actualmente un número de colores diferente no quiere decir que se elaboraran originalmente con distinto número de colores. Recordemos que estamos analizando ediciones fabricadas hace 20, 42 y 61 años respectivamente y además han sido muy utilizadas todas ellas, por lo que el propio envejecimiento de las ediciones puede ser el responsable de que alguno de los colores originales se perciban ahora como distintos, o bien al contrario, que colores originariamente diferentes sean ahora percibidos como iguales. En el análisis de los resultados estudiaremos en detalle el funcionamiento de cada lámina del test y el papel que juega cada color en la realización del mismo. También compararemos las distintas ediciones del test desde diversos puntos de vista.

### 5.1.2 Comparación colorimétrica de las ediciones del test

Recordemos que hemos analizado tres ediciones del test de Ishihara, la del año 1973, la del 1995 y la del 1954. En el análisis anterior ya hemos establecido que el número de colores que presenta actualmente cada edición del test es distinto. A continuación vamos a poner de manifiesto que los colores presentes en cada edición también son distintos. Para ello hemos calculado las diferencias de color entre colores equivalentes de láminas de las tres ediciones, promediando previamente el color correspondiente a los tres tamaños de muestra en cada lámina. Por ejemplo, calculamos las diferencias de color entre las muestras que presentaban el color que llamamos 'vo' en la lámina 2 de las tres ediciones del test, y así se procedió para todas las láminas que presentaban ese color en su composición. A modo de ejemplo en la Tabla 5.11 hemos incluido los valores máximos y mínimos de las diferencias de color en el sistema CIELAB y las diferencias en las componentes de luminancia, croma y tono. Así, por ejemplo, la máxima diferencia de color, al igual que la máxima diferencia en croma, se obtiene para el color 'yc' de la lámina 14 entre las ediciones de 1954 (c) y 1973 (a); mientras la diferencia mínima se da entre los colores 'zn' de la lámina 23 entre las ediciones de 1954 (c) y 1995 (b). En cuanto a la diferencia de luminancia, es máxima para el color 'ro' de la lámina 30 entre las ediciones de 1954 y 1995; y mínima para el color 'co' de la lámina 29 entre las ediciones de 1954 y 1995. La diferencia en croma es mínima para el color 'ro' de la lámina 30 entre las ediciones 1954 y 1995. Finalmente, la máxima diferencia de tono la encontramos para el color 'gn' de la lámina 20 entre las ediciones de 1995 y 1973, mientras que la mínima se produce para el color 'no' de la lámina 34 entre las ediciones de 1995 y 1973.

$\Delta E^*$	(max)	33,23	yc14c-yc14a
	(min)	0,71	zn23c-zn23b
$\Delta L^*$	(max)	27,33	ro30c-ro30b
	(min)	0,00	co29c-co29b
$\Delta C^*$	(max)	-33,05	yc14c-yc14a
	(min)	0,01	ro30c-ro30b
$\Delta H^*$	(max)	29,78	gn20b-gn20a
	(min)	0,00	no34b-no34a

Recordemos que hemos analizado tres ediciones del test de Ishihara, la del año 1973, la del 1995 y la del 1954. En el análisis anterior ya hemos establecido que el número de colores que presenta actualmente cada edición del test es distinto. A continuación vamos a poner de manifiesto que los colores presentes en cada edición también son distintos. Para ello hemos calculado las diferencias de color entre colores equivalentes de láminas de las tres ediciones, promediando previamente el color correspondiente a los tres tamaños de muestra en cada lámina. Por ejemplo, calculamos las diferencias de color entre las muestras que presentaban el color que llamamos 'vo' en la lámina 2 de las tres ediciones del test, y así se procedió para todas las láminas que presentaban ese color en su composición. A modo de ejemplo en la Tabla 5.11 hemos incluido los valores máximos y mínimos de las diferencias de color en el sistema CIELAB y las diferencias en las componentes de luminancia, croma y tono. Así, por ejemplo, la máxima diferencia de color, al igual que la máxima diferencia en croma, se obtiene para el color 'yc' de la lámina 14 entre las ediciones de 1954 (c) y 1973 (a); mientras la diferencia mínima se da entre los colores 'zn' de la lámina 23 entre las ediciones de 1954 (c) y 1995 (b). En cuanto a la diferencia de luminancia, es máxima para el color 'ro' de la lámina 30 entre las ediciones de 1954 y 1995; y mínima para el color 'co' de la lámina 29 entre las ediciones de 1954 y 1995. La diferencia en croma es mínima para el color 'ro' de la lámina 30 entre las ediciones 1954 y 1995. Finalmente, la máxima diferencia de tono la encontramos para el color 'gn' de la lámina 20 entre las ediciones de 1995 y 1973, mientras que la mínima se produce para el color 'no' de la lámina 34 entre las ediciones de 1995 y 1973.

Para continuar con este análisis en la Tabla 5.12 se han calculado los valores promedio de las diferencias de color de un color dado y una lámina de una edición del test con el correspondiente color en la lámina equivalente de las otras ediciones. Expliquemos esto con un ejemplo. El color 'mo' (marrón oscuro, ver Tabla 5.4), aparece en las láminas 18, 19, 20, 21, 28 y 29. Se calcula la diferencia de color entre el color 'mo' de la misma lámina entre cada dos ediciones del test y se calcula el valor promedio entre todas esas

diferencias de color y de sus componentes, dando unos valores ( $\Delta E^*$ ,  $\Delta L^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta H^*$ ) de [24,23; (-)16,94; (-)17, 27; 0,80] entre las ediciones de 1995 y 1973, de [22,02; (-)14,75; (-)14,67; (-)7,1] entre las ediciones de 1954-1973 y de [7,43; 2,63; 2,59; (-)5,91] entre las ediciones de 1954 y 1995. El signo menos entre paréntesis indica que aunque los valores promedio se han calculado con los valores absolutos de las diferencias, en promedio el atributo de la edición primera es menor que el de la segunda. Los valores máximo y mínimo nos permiten analizar entre qué valores fluctúa la diferencia de color, o del atributo considerado. Por ejemplo, para el color 'vo' la diferencia de color entre las ediciones de 1995 y 1973 en media es de 22,36 unidades CIELAB, variando desde 26,82 a 10,98. El atributo que más varía es el croma y además, en promedio, la luminancia, el croma y el tono, de este color es menor en la edición de 1995 que en la de 1973. Este mismo análisis se puede repetir para cada color y entre las distintas ediciones del test.

		1995-1973				1954-1973				1954-1995			
		$\Delta E^*$	$\Delta L^*$	$\Delta C^*$	$\Delta H^*$	$\Delta E^*$	$\Delta L^*$	$\Delta C^*$	$\Delta H^*$	$\Delta E^*$	$\Delta L^*$	$\Delta C^*$	$\Delta H^*$
vo	<b>MED</b>	<b>22,36</b>	<b>(-) 10,43</b>	<b>(-) 17,93</b>	<b>(-) 5,39</b>	<b>7,23</b>	<b>(-) 2,64</b>	<b>(-) 4,84</b>	<b>(-) 3,14</b>	<b>19,53</b>	<b>8,46</b>	<b>14,14</b>	<b>(-) 7,48</b>
	MAX	26,82	-18,97	-23,61	-11,85	14,20	-12,40	-8,13	-7,49	23,36	16,19	19,52	14,03
	MIN	10,98	0,18	-10,73	6,60	3,53	3,00	4,06	4,38	15,10	1,67	5,22	-10,50
vn	<b>MED</b>	<b>19,18</b>	<b>(-) 11,51</b>	<b>(-) 14,02</b>	<b>4,88</b>	<b>5,94</b>	<b>(-) 2,58</b>	<b>(-) 2,52</b>	<b>(-) 3,79</b>	<b>19,66</b>	<b>10,74</b>	<b>13,77</b>	<b>(-) 7,27</b>
	MAX	26,25	-18,74	-18,44	7,23	9,91	-7,92	-5,55	-6,79	26,37	16,78	19,19	-11,60
	MIN	12,07	-3,47	-7,94	1,12	2,72	4,08	4,90	3,10	13,16	2,83	5,91	-3,99
vc	<b>MED</b>	<b>10,39</b>	<b>(-) 8,25</b>	<b>(-) 3,57</b>	<b>(-) 2,36</b>	<b>5,49</b>	<b>2,46</b>	<b>3,69</b>	<b>(-) 2,17</b>	<b>13,72</b>	<b>10,18</b>	<b>6,94</b>	<b>(-) 3,59</b>
	MAX	14,74	-14,11	-9,07	-5,34	9,34	6,48	-8,55	-4,82	17,25	15,66	11,61	-7,66
	MIN	6,00	0,97	2,64	3,70	2,31	-2,61	5,58	0,51	10,89	2,01	-8,22	5,06
no	<b>MED</b>	<b>22,45</b>	<b>(-) 5,14</b>	<b>(-) 21,67</b>	<b>(-) 0,75</b>	<b>11,15</b>	<b>6,86</b>	<b>(-) 8,11</b>	<b>(-) 2,28</b>	<b>18,69</b>	<b>11,96</b>	<b>13,81</b>	<b>(-) 1,25</b>
	MAX	27,50	-9,35	-27,10	-1,90	19,17	11,86	-17,22	-4,67	21,36	16,66	17,45	-2,11
	MIN	15,26	-1,22	-13,67	0,93	4,16	-0,35	2,33	2,84	16,12	5,86	9,83	1,95
nn	<b>MED</b>	<b>14,72</b>	<b>(-) 6,82</b>	<b>(-) 12,77</b>	<b>1,49</b>	<b>8,86</b>	<b>4,08</b>	<b>(-) 7,33</b>	<b>1,93</b>	<b>12,61</b>	<b>10,90</b>	<b>5,43</b>	<b>1,73</b>
	MAX	19,21	-10,73	-18,26	3,07	11,91	6,18	-10,57	5,83	16,59	14,79	8,21	4,57
	MIN	7,47	-4,52	-5,52	-2,22	3,54	0,67	-2,64	-1,59	9,54	8,40	1,44	-1,43
nc	<b>MED</b>	<b>8,59</b>	<b>(-) 7,17</b>	<b>(-) 3,05</b>	<b>2,52</b>	<b>9,25</b>	<b>3,45</b>	<b>(-) 6,29</b>	<b>4,97</b>	<b>12,00</b>	<b>10,43</b>	<b>(-) 3,79</b>	<b>3,48</b>
	MAX	11,00	-9,79	-8,22	4,59	14,15	6,16	-11,03	10,02	15,79	13,34	-8,81	6,11
	MIN	5,98	-4,72	1,47	0,04	3,83	-1,54	-2,76	-1,96	8,65	6,57	-0,42	-3,11
ao	<b>MED</b>	<b>15,86</b>	<b>(-) 9,9</b>	<b>4,55</b>	<b>8,76</b>	<b>8,19</b>	<b>4,89</b>	<b>(-) 3,75</b>	<b>(-) 3,63</b>	<b>16,77</b>	<b>10,91</b>	<b>(-) 4,06</b>	<b>(-) 11,38</b>
	MAX	22,69	-16,80	9,25	17,75	17,29	12,44	-7,67	-11,99	22,31	14,49	-8,64	-16,72
	MIN	7,79	0,21	-5,64	-1,70	1,78	-5,31	4,15	1,82	11,64	7,53	-0,67	-4,62
ac	<b>MED</b>	<b>17,55</b>	<b>(-) 11,2</b>	<b>5,11</b>	<b>11,52</b>	<b>8,91</b>	<b>3,89</b>	<b>(-) 5,68</b>	<b>(-) 2,56</b>	<b>22,16</b>	<b>14,54</b>	<b>(-) 8,22</b>	<b>(-) 13,86</b>
	MAX	20,70	-14,56	10,63	14,60	12,55	10,82	-12,37	-5,31	26,97	20,29	-12,75	-17,22
	MIN	14,10	-6,04	-2,77	6,63	2,54	-2,75	8,37	-0,39	19,70	11,33	3,74	-11,35
ro	<b>MED</b>	<b>14,76</b>	<b>(-) 10,92</b>	<b>(-) 7,38</b>	<b>(-) 5,41</b>	<b>16,35</b>	<b>10,78</b>	<b>(-) 8,53</b>	<b>7,48</b>	<b>23,63</b>	<b>21,71</b>	<b>(-) 1,96</b>	<b>8,95</b>

Tabla 5.12 Comparación por Colores Distintas Ediciones.

	1995-1973				1954-1973				1954-1995				
	$\Delta E^*$	$\Delta L^*$	$\Delta C^*$	$\Delta H^*$	$\Delta E^*$	$\Delta L^*$	$\Delta C^*$	$\Delta H^*$	$\Delta E^*$	$\Delta L^*$	$\Delta C^*$	$\Delta H^*$	
MAX	18,06	-14,73	-11,84	-9,03	24,16	13,85	-13,25	16,18	29,86	27,33	-4,14	12,13	
	MIN	10,03	-7,21	-2,07	3,78	11,15	6,45	-5,39	-2,21	17,93	16,98	2,14	5,34
rn	<b>MED</b>	<b>12,93</b>	<b>(-) 12,57</b>	<b>(-) 2,16</b>	<b>1,65</b>	<b>15,24</b>	<b>6,49</b>	<b>(-) 13,42</b>	<b>3,07</b>	<b>22,29</b>	<b>19,06</b>	<b>(-) 11,38</b>	<b>1,64</b>
	MAX	13,81	-13,60	-3,57	2,20	17,49	7,95	-15,17	3,78	23,71	20,49	-12,32	3,09
MIN	12,12	-11,37	0,37	0,59	13,30	5,21	-11,95	1,92	21,38	17,43	-10,91	0,31	
	<b>MED</b>	<b>11,47</b>	<b>(-) 8,58</b>	<b>1,67</b>	<b>(-) 7,11</b>	<b>9,35</b>	<b>4,15</b>	<b>(-) 6,09</b>	<b>4,95</b>	<b>17,24</b>	<b>12,74</b>	<b>(-) 7,53</b>	<b>6,10</b>
rc	MAX	19,64	-15,48	5,68	-12,00	14,93	7,21	-11,84	7,77	25,20	18,99	-14,77	15,81
	MIN	3,03	-2,47	-0,89	9,07	5,26	0,91	-2,68	-4,01	8,97	8,28	-3,23	0,31
yo	<b>MED</b>	<b>26,28</b>	<b>(-) 7,54</b>	<b>(-) 12,24</b>	<b>(-) 21,92</b>	<b>15,99</b>	<b>0,96</b>	<b>(-) 15,74</b>	<b>(-) 2,09</b>	<b>20,15</b>	<b>8,41</b>	<b>(-) 3,49</b>	<b>17,77</b>
	MAX	29,26	-8,58	-13,78	-24,73	20,04	1,89	-19,93	-4,31	23,99	9,80	-6,15	21,89
MIN	22,54	-6,38	-10,85	-17,99	12,02	-0,30	-11,91	-0,83	16,45	6,15	-0,25	14,72	
	<b>MED</b>	<b>17,69</b>	<b>(-) 6,23</b>	<b>(-) 8,84</b>	<b>(-) 13,92</b>	<b>31,38</b>	<b>0,75</b>	<b>(-) 31,21</b>	<b>(-) 2,96</b>	<b>24,82</b>	<b>6,98</b>	<b>(-) 22,36</b>	<b>8,12</b>
yc	MAX	20,80	-7,32	-10,90	-16,80	33,23	1,76	-33,05	-4,12	27,35	7,57	-24,74	9,60
	MIN	16,33	-5,29	-7,42	-12,47	29,29	0,18	-29,11	-1,85	23,26	6,61	-20,95	6,89
go	<b>MED</b>	<b>23,61</b>	<b>(-) 10,04</b>	<b>(-) 21,11</b>	<b>2,93</b>	<b>19,03</b>	<b>(-) 7</b>	<b>(-) 17,64</b>	<b>0,59</b>	<b>5,19</b>	<b>3,04</b>	<b>3,46</b>	<b>(-) 2,14</b>
	MAX	24,67	-11,38	-22,94	3,51	19,88	-7,99	-18,56	1,36	6,29	4,25	4,88	-2,51
MIN	22,19	-8,88	-19,15	1,87	18,37	-5,34	-16,81	-0,33	3,83	1,93	2,07	-1,77	
	<b>MED</b>	<b>21,18</b>	<b>(-) 1,77</b>	<b>(-) 0,81</b>	<b>20,69</b>	<b>2,95</b>	<b>2,24</b>	<b>1,67</b>	<b>0,54</b>	<b>22,05</b>	<b>4,02</b>	<b>2,35</b>	<b>(-) 20,76</b>
gn	MAX	29,80	-3,56	-1,77	29,78	4,61	3,92	2,32	0,86	30,57	5,70	4,09	-29,76
	MIN	3,88	-0,02	0,37	-3,01	2,15	0,69	1,22	0,09	6,17	1,69	1,56	3,30
gc	<b>MED</b>	<b>18,23</b>	<b>(-) 7,05</b>	<b>2,00</b>	<b>(-) 16,6</b>	<b>8,96</b>	<b>2,09</b>	<b>(-) 8,56</b>	<b>1,27</b>	<b>21,15</b>	<b>9,15</b>	<b>(-) 10,55</b>	<b>15,73</b>
	MAX	20,10	-9,75	2,87	-19,12	9,78	3,02	-9,30	2,25	22,88	11,01	-11,49	18,70
MIN	15,01	-5,49	0,32	13,76	7,81	1,27	-7,37	-0,25	18,03	7,14	-9,44	-12,13	
	<b>MED</b>	<b>24,23</b>	<b>(-) 16,94</b>	<b>(-) 17,27</b>	<b>0,80</b>	<b>22,02</b>	<b>(-) 14,75</b>	<b>(-) 14,67</b>	<b>(-) 7,1</b>	<b>7,43</b>	<b>2,63</b>	<b>2,59</b>	<b>(-) 5,91</b>
mo	MAX	27,31	-19,64	-19,08	1,31	24,51	-16,62	-16,50	-7,51	9,61	6,54	4,59	-6,50
	MIN	22,49	-14,25	-15,37	0,28	20,52	-13,10	-13,41	-6,49	5,97	-0,77	0,24	-5,23
mn	<b>MED</b>	<b>13,29</b>	<b>(-) 9,71</b>	<b>(-) 8,61</b>	<b>(-) 2,7</b>	<b>8,86</b>	<b>(-) 4,16</b>	<b>(-) 7,35</b>	<b>2,23</b>	<b>7,23</b>	<b>5,55</b>	<b>1,26</b>	<b>4,43</b>
	MAX	15,81	-11,71	-10,05	-3,44	10,38	-6,54	-8,49	3,25	8,77	7,34	1,73	5,21
MIN	11,79	-7,96	-7,52	-1,74	8,00	-2,36	-6,17	1,08	5,98	4,06	0,87	3,79	
	<b>MED</b>	<b>13,53</b>	<b>2,82</b>	<b>(-) 9,66</b>	<b>8,98</b>	<b>13,29</b>	<b>6,99</b>	<b>(-) 10,28</b>	<b>4,61</b>	<b>5,98</b>	<b>4,17</b>	<b>(-) 0,76</b>	<b>(-) 3,9</b>
mc	MAX	16,55	4,91	-11,96	11,09	16,86	9,01	-13,07	7,00	6,67	5,54	-1,56	-5,36
	MIN	10,02	1,90	-6,75	7,16	10,72	5,23	-8,31	3,30	5,54	1,81	0,41	-2,09
co	<b>MED</b>	<b>11,78</b>	<b>4,26</b>	<b>(-) 8,16</b>	<b>(-) 6,21</b>	<b>10,67</b>	<b>8,02</b>	<b>(-) 4,89</b>	<b>(-) 4,19</b>	<b>10,55</b>	<b>3,78</b>	<b>5,15</b>	<b>6,50</b>
	MAX	17,37	8,09	-14,79	-10,05	16,53	12,96	-9,66	-5,53	16,65	7,75	11,13	13,45
MIN	6,87	-0,07	-4,75	-3,02	3,18	1,62	-0,17	4,92	4,22	0,00	-2,93	-2,03	
	<b>MED</b>	<b>13,52</b>	<b>(-) 2,64</b>	<b>(-) 10,9</b>	<b>7,31</b>	<b>11,50</b>	<b>7,71</b>	<b>(-) 8,26</b>	<b>1,70</b>	<b>12,33</b>	<b>10,16</b>	<b>2,64</b>	<b>(-) 6,36</b>
cn	MAX	16,06	-4,72	-13,41	8,82	14,58	9,43	-11,28	2,57	13,80	11,26	3,79	-7,89
	MIN	10,80	0,60	-7,51	6,45	7,57	5,95	-4,66	-2,13	10,88	8,83	0,77	-4,96
cc	<b>MED</b>	<b>13,31</b>	<b>(-) 3,63</b>	<b>(-) 3,72</b>	<b>10,72</b>	<b>19,21</b>	<b>8,19</b>	<b>(-) 15,9</b>	<b>6,16</b>	<b>19,53</b>	<b>11,78</b>	<b>(-) 13,45</b>	<b>(-) 7,15</b>
	MAX	18,27	-7,75	-7,57	18,15	23,40	11,81	-20,16	10,47	23,35	14,30	-17,43	-11,45
MIN	8,29	0,25	3,58	3,18	15,94	4,34	-13,05	3,08	15,19	8,72	-9,36	6,38	
	<b>MED</b>	<b>10,01</b>	<b>6,73</b>	<b>(-) 7,3</b>	<b>(-) 0,13</b>	<b>8,82</b>	<b>4,01</b>	<b>(-) 7,64</b>	<b>1,43</b>	<b>2,89</b>	<b>(-) 2,72</b>	<b>(-) 0,48</b>	<b>0,74</b>
zo	MAX	10,91	8,31	-8,16	-0,33	9,89	5,44	-8,53	1,83	3,72	-3,52	-0,94	0,96
	MIN	9,25	5,61	-6,22	0,21	8,03	2,77	-6,58	1,20	2,23	-1,99	0,45	0,53

<b>Tabla 5.12 Comparación por Colores Distintas Ediciones.</b>													
		<b>1995-1973</b>				<b>1954-1973</b>				<b>1954-1995</b>			
		$\Delta E^*$	$\Delta L^*$	$\Delta C^*$	$\Delta H^*$	$\Delta E^*$	$\Delta L^*$	$\Delta C^*$	$\Delta H^*$	$\Delta E^*$	$\Delta L^*$	$\Delta C^*$	$\Delta H^*$
<b>zn</b>	<b>MED</b>	<b>5,97</b>	<b>4,93</b>	<b>(-) 3,24</b>	<b>0,45</b>	<b>5,53</b>	<b>4,24</b>	<b>(-) 3,23</b>	<b>1,41</b>	<b>1,45</b>	<b>(-) 0,85</b>	<b>0,63</b>	<b>0,80</b>
	MAX	7,43	6,90	-4,56	0,64	6,85	5,78	-3,70	1,67	2,31	-1,50	1,65	1,25
	MIN	4,98	4,03	-2,46	0,22	4,70	3,36	-2,75	1,16	0,71	0,39	-1,08	0,53
<b>zc</b>	<b>MED</b>	<b>6,79</b>	<b>3,64</b>	<b>(-) 4,21</b>	<b>0,34</b>	<b>4,83</b>	<b>3,08</b>	<b>(-) 2,88</b>	<b>1,89</b>	<b>5,10</b>	<b>(-) 1,02</b>	<b>4,74</b>	<b>1,41</b>
	MAX	8,80	6,16	-8,67	0,88	7,52	6,61	-4,36	2,18	6,57	-2,69	6,36	1,67
	MIN	4,43	1,09	0,69	-0,14	2,81	-1,53	-1,90	1,46	3,56	0,60	-4,24	1,15
<b>xo</b>	<b>MED</b>	<b>10,49</b>	<b>6,70</b>	<b>5,79</b>	<b>4,82</b>	<b>14,42</b>	<b>12,37</b>	<b>3,32</b>	<b>(-) 6,21</b>	<b>6,61</b>	<b>5,68</b>	<b>(-) 2,54</b>	<b>(-) 1,62</b>
	MAX	13,72	10,78	8,29	7,35	16,24	14,35	5,52	-8,63	7,79	7,38	-3,40	-3,00
	MIN	7,98	2,54	1,80	3,52	13,15	9,92	-0,23	5,75	5,56	3,21	-1,65	0,83
<b>xn</b>	<b>MED</b>	<b>7,27</b>	<b>4,80</b>	<b>(-) 0,73</b>	<b>5,25</b>	<b>14,47</b>	<b>12,97</b>	<b>(-) 4,4</b>	<b>4,49</b>	<b>9,08</b>	<b>8,17</b>	<b>(-) 3,84</b>	<b>(-) 0,5</b>
	MAX	9,93	8,24	-1,60	5,89	15,82	14,54	-5,69	5,24	11,44	10,06	-5,42	-0,72
	MIN	5,51	2,62	0,46	4,69	13,17	11,34	-2,76	3,80	5,76	5,55	-1,42	-0,07
<b>xc</b>	<b>MED</b>	<b>6,74</b>	<b>(-) 2,95</b>	<b>2,86</b>	<b>(-) 5,2</b>	<b>10,08</b>	<b>7,34</b>	<b>(-) 5,41</b>	<b>4,24</b>	<b>15,20</b>	<b>9,35</b>	<b>(-) 7,61</b>	<b>9,08</b>
	MAX	8,18	-4,95	4,26	-5,57	12,38	8,70	-6,90	5,47	18,12	11,28	-9,85	10,20
	MIN	5,69	2,85	-2,02	-4,92	7,23	5,16	-3,81	3,03	10,91	5,50	-3,44	8,14
<hr/>													
		<b>1995-1973</b>				<b>1954-1973</b>				<b>1954-1995</b>			
		$\Delta E^*$	$\Delta L^*$	$\Delta C^*$	$\Delta H^*$	$\Delta E^*$	$\Delta L^*$	$\Delta C^*$	$\Delta H^*$	$\Delta E^*$	$\Delta L^*$	$\Delta C^*$	$\Delta H^*$
<b>Medias</b>		<b>15,05</b>	<b>(-) 7,90</b>	<b>(-) 8,45</b>	<b>5,76</b>	<b>10,42</b>	<b>5,14</b>	<b>(-) 7,07</b>	<b>3,49</b>	<b>15,46</b>	<b>9,82</b>	<b>7,34</b>	<b>(-) 6,36</b>

A modo de resumen, los últimos datos de la tabla anterior nos indican en promedio las diferencias de color, luminancia, croma y tono entre las distintas ediciones del test, obtenidas a partir de las diferencias de cada color en una lámina con su correspondiente en otra edición del test. Viendo estos resultados se observa que en general los colores presentes en las distintas ediciones son diferentes, pues las ediciones menos distintas que serían la de 1954 y 1973 presentan una diferencia de color en media superior a las 10 unidades CIELAB. Las ediciones más diferentes serían la del año 1995 y 1954, si bien entre la de 1995 y 1973 las diferencias no son mucho menores. Por componentes vemos que la edición de 1954 presenta mayor luminancia que las otras ediciones seguida de la del año 1973. De mayor a menor, el orden en cuanto al croma sería 1973 seguido de 1954 y por último 1995. Mientras que para el tono sería (de mayor a menor) 1995, 1954 y 1973. Entre las ediciones de 1995 y 1973, y entre las ediciones de 1954 y 1973, el atributo que más varía es el croma seguido de la luminancia y por último el tono. Entre las ediciones de 1954 y 1995, es la luminancia la que más varía, seguido del croma y del tono.

Con el fin de analizar los colores que más varían, o menos, tanto en diferencia de color CIELAB como de luminancia, croma o tono, la Tabla 5.13 es un resumen de la Tabla

anterior. Observamos que entre las ediciones de 1995 y 1973 el color que más se diferencia es el 'yo', y el que menos el 'zn'. En luminancia la máxima diferencia se produce para el 'mo' y la mínima para el 'gn'. En croma, encontramos la máxima diferencia para el 'no' y mínima para el 'xn'. En tono, la máxima diferencia para el 'yo' y mínima para el 'zo'. Vemos que el color que más varía en cuanto a diferencia de color entre las distintas ediciones es el "y" que corresponde al amarillo. Los que más se parecen son los 'z' (gris) entre la edición de 1973 y las otras dos, y el 'g' (verde) entre las ediciones de 1954 y 1995.

Ediciones		$\Delta E^*$	Color	$\Delta L^*$	Color	$\Delta C^*$	Color	$\Delta H^*$	Color
1995-1973	Max	26,28	yo	(-) 16,94	mo	(-) 21,67	no	(-) 21,92	yo
	Min	5,97	zn	(-) 1,77	gn	(-) 0,73	xn	(-) 0,13	zo
1954-1973	Max	31,38	yc	(-) 14,75	mo	(-) 31,21	yc	7,48	ro
	Min	2,95	gn	0,75	yc	1,67	gn	0,54	gn
1954-1995	Max	24,82	yc	21,71	ro	(-) 22,36	yc	(-) 20,76	gn
	Min	1,45	zn	(-) 0,85	zn	(-) 0,48	zo	(-) 0,5	xn

A la vista de los resultados y del análisis realizado podemos concluir que existen notables diferencias entre los colores presentes en las ediciones incluidas en nuestro estudio. Encontramos que el número de colores presentes en cada una es diferente. Pero además, hemos encontrado que los colores son bien diferentes, pudiendo variar entre las distintas ediciones y los distintos colores, tanto la luminancia, el croma o el tono, sin poder encontrar tendencias marcadas, esto es, para cada color analizado varía más un atributo que otro y variando también para las distintas ediciones estudiadas.



### **5.1.3 Comparación del funcionamiento de las distintas láminas del test de Ishihara**

A continuación y para finalizar con el análisis espectrorradiométrico del test de Ishihara y las ediciones analizadas, llevaremos a cabo una serie de consideraciones para explicar el funcionamiento de los test y compararemos el mismo entre las tres ediciones.

Para cada cuatro láminas seguidas del test, los colores presentes en las mismas coinciden, recordando que analizamos un total de 36 láminas por excluir las láminas 1 y 38. Por lo que para no alargar innecesariamente este análisis, escogeremos una lámina de cada grupo de cuatro para explicar el funcionamiento del test y compararemos el comportamiento de cada edición para esa lámina seleccionada, lo que se puede extender sin problema a cada una de las cuatro láminas del grupo considerado.

Comenzaremos por el análisis de las láminas de la 2 a la 5 que corresponden al grupo de láminas denominadas de transformación porque el sujeto defectivo, con visión anómala del color, observa un número distinto al que detectaría un observador con visión normal del color. En la Figura 5.5 podemos observar una reproducción de la lámina 3, representativa de este grupo. Junto a ella, se han representado las coordenadas cromáticas de los distintos colores utilizados en la misma para cada una de las ediciones del test junto con la elipse de Luo Rigg (Luo Rigg, 1986) más próxima a esa zona del espectro y con la luminancia más parecida a la muestra y una serie de líneas de confusión deután, protán y tritán. Lo mismo haremos para las distintas láminas que estudiaremos más adelante. Centrándonos en la lámina 3, según las instrucciones del test un observador con visión normal detectaría un número 6 mientras que un defectivo aprecia un 5.

Figura 5.5

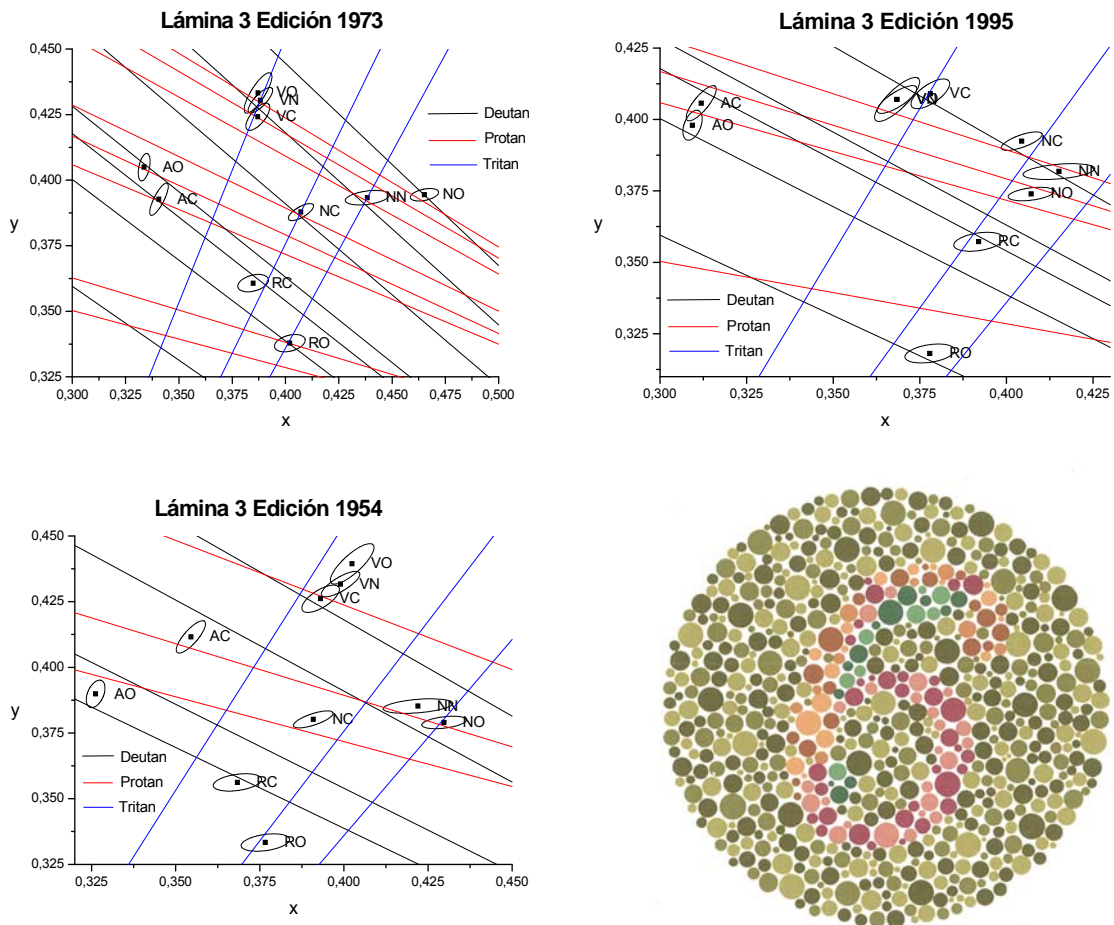


Tabla 5.14 Separación angular de las líneas de confusión por colores de confusión de la lámina 3.

		Edición 1973				Edición 1995				Edición 1954			
Lámina	Colores	$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$	$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$	$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$
03	vo- no	143,5	153,4	-1,1	0,0	145,6	157,9	0,4	2,6	142,5	151,6	2,3	6,7
		142,3	153,3			146,0	160,4			144,8	158,3		
	vn- nn	143,6	153,7	0,0	1,9	145,6	157,9	-0,4	0,9	143,1	152,8	1,7	5,0
		143,6	155,5			145,2	158,8			144,7	157,9		
	vc- nc	144,0	154,6	1,2	3,8	145,1	157,1	-0,1	0,8	143,6	153,9	2,6	6,4
		145,2	158,4			145,0	157,9			146,3	160,3		
	ao- ro	147,0	159,8	1,4	6,4	148,2	161,7	2,3	8,3	148,1	162,0	1,5	5,8
		148,4	166,2			150,4	170,0			149,6	167,8		
	ac- rc	147,4	161,0	0,2	2,4	147,7	160,7	-0,1	3,0	145,9	158,0	2,6	6,8
		147,6	163,4			147,6	163,6			148,5	164,8		

En este tipo de láminas podemos establecer tres zonas distintas formadas por diferentes colores. Tenemos un fondo formado por círculos de color verde con distintas características cromáticas. Otra zona será el objeto que en este caso estará integrado por los colores de tonalidades rosas y azules cuya finalidad es que tanto los observadores anómalos como los normales la vean distinta del fondo. Y por último la zona de confusión formada por los círculos de tonalidad anaranjada, cuya finalidad es que el observador defectivo la confunda con el fondo de la lámina dando como resultado la apreciación de un número 5, mientras que el observador normal no presenta esta confusión y leería un número 6.

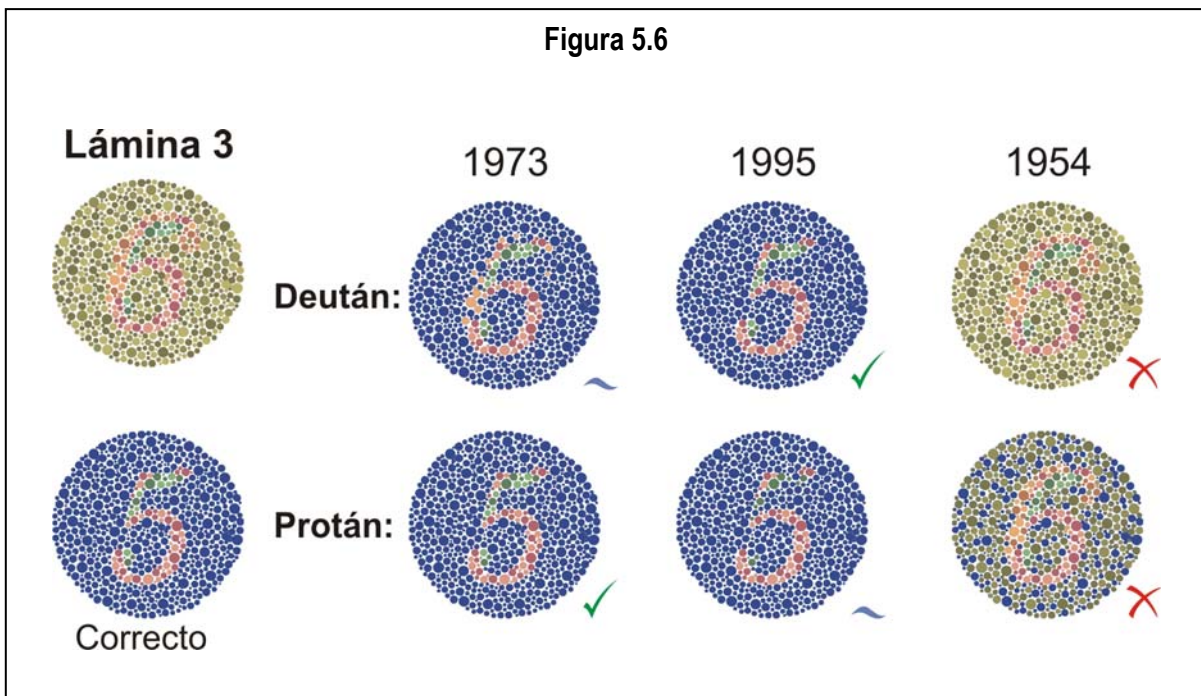
Recordemos que los círculos de cada zona presentan cromaticidades similares variando bastante la luminancia y además los tamaños de los círculos son diversos y están distribuidos aleatoriamente con la idea de no favorecer la detección de bordes en el objeto. Por lo tanto, para un funcionamiento adecuado de esta lámina los sujetos defectivos deben de confundir los verdes con los naranjas. Tenemos tres verdes, vo, vn, vc, que deben ser confundidos con los tres naranjas. Si nos fijamos en las gráficas de cada edición en las que tenemos las líneas de confusión, los colores extendiéndolos a las elipses deben ser atravesados por las líneas de confusión tanto deután como protán. Vemos que la edición de 1995 es la que mejor debe funcionar, seguida de la del año 1973, mientras que para la edición de 1954 funcionará bastante mal por no darse la circunstancia de caer los verdes ni los naranjas sobre las líneas de confusión. Concretamente, se observa que en la edición de 1973 los verdes se confundirían con los naranjas mejor para observadores protanómalos que deuteranómalos, mientras que la lámina 3 de la edición de 1995 funcionará bien para ambos. No obstante, hay que decir que las elipses que estamos empleando se obtienen para observadores con visión del color normal y que los umbrales de discriminación cromática para observadores anómalos presentan mayores áreas.

Para verificar este extremo, en la Tabla 5.14 hemos calculado el ángulo de la línea de confusión, desde el color considerado al punto de confusión deután y protán. Lakowski (1982), transformó al espacio CIE 1931 los datos para dicrómatas de Pitt. Calculó a partir de la coordenada polar  $\theta$  la separación entre zonas distinguibles para anómalos protán y deután. Para los protanopes encontró 16 zonas limitadas por líneas de confusión con una variación de  $5.5^\circ$ , aunque podría ser menor, hasta  $1.8^\circ$ , en la zona de los púrpuras. Mientras que para los deuteranopes encontró 26 zonas lo que supone una variación angular de  $1.1^\circ$  que podría disminuir a  $0.25^\circ$  en la zona de los violetas. Utilizaremos este parámetro para ayudar a analizar cada lámina. Diremos que si la separación angular entre dos colores a confundir es mayor al límite indicado,  $5.5^\circ$  protán y  $1.1^\circ$  deután, el sujeto anómalo no confundirá esos colores. Estrictamente, esto sería así para observadores dicrómatas, los

anómalos es posible que sí los confundan. Pero será un parámetro que nos permitirá distinguir un mejor funcionamiento para las distintas ediciones de cada lámina del test.

Volviendo a la discusión del funcionamiento de la lámina 3, si nos fijamos en la Tabla 5.14 y en las gráficas correspondientes, vemos que en la edición de 1973 surge el problema de que el color 'nc' queda fuera de las líneas de confusión, no se confunde, para los observadores deután.

Otro posible problema es el que se aprecia en la edición del año 1995, en la que el 'ac' se confunde con los naranjas para los observadores protán, está sobre la línea de confusión protán, lo que podría despistar al observador anómalo a la hora de distinguir el número 5, pudiendo dar respuestas poco concretas como a menudo sucede al pasar el test.



Para ver más claro lo que estamos discutiendo hemos elaborado unos esquemas en los que dada la lámina, representamos los colores que confunde de un color azul, Figura 5.6. Se puede ver, a la izquierda, la lámina y su comportamiento ideal para observadores anómalos; claramente podemos apreciar que los anómalos observarán un número 5 en lugar del número 6 que observan los sujetos con visión del color normal. Se presentan además los esquemas para las distintas ediciones y según el tipo de deficiencia. Si en la lámina, para el tipo de observador considerado, se confunden adecuadamente los colores, el esquema será el denominado 'correcto', como sucede en este caso para deficiencia deután en la edición de 1995 y para deficiencia protán en la de 1973. Para que resulte más fácil identificar el funcionamiento correcto les hemos añadido el signo afirmativo, en verde. A

continuación se quita el color azul a los colores que deja de confundir en cada lámina, si es el caso. Por ejemplo, en el dibujo correspondiente a observadores deután de la edición de 1973 hemos dejado los 'nn' como colores que ya no confunde, como hemos comentado antes. En este caso vemos que la posible respuesta del observador anómalo sea 6, con lo que tendríamos un sujeto anómalo que responde como un observador normal (falso negativo), o bien, puede que la respuesta sea 5, con lo que la detección de la anomalía sería la correcta. Para verlo fácilmente en la Figura hemos añadido un signo de aproximación, en azul. Tenemos otro caso de incertidumbre en la respuesta esperada en la edición de 1995 para observadores protán. El problema que surge al incluir los 'ac' entre los colores que confunde. Se ve un 5 pero no tan definido como en el caso ideal pues presenta algunas discontinuidades. Por último, cuando en una lámina no se confunden los suficientes colores como para que la respuesta sea la correcta en ninguno de los casos, estamos ante una lámina que no funciona como se le presuponía, por lo que las marcaremos con una cruz roja. Es el caso de la lámina 3 de la edición de 1954, tanto para la detección de deficiencias deután como protán.

Teniendo en cuenta lo discutido anteriormente podemos concluir que el grupo de láminas 2-5 debe funcionar muy bien para los observadores defectivos protán en la edición 1973 y para los deután en la de 1995. Mientras que para sujetos deután pueden presentar problemas de detección las láminas 2-5 de 1973; y la de 1995 para los protán. En cuanto a la edición de 1954, estas láminas no parecen funcionar correctamente para detectar deficiencias rojo-verde.

Figura 5.7

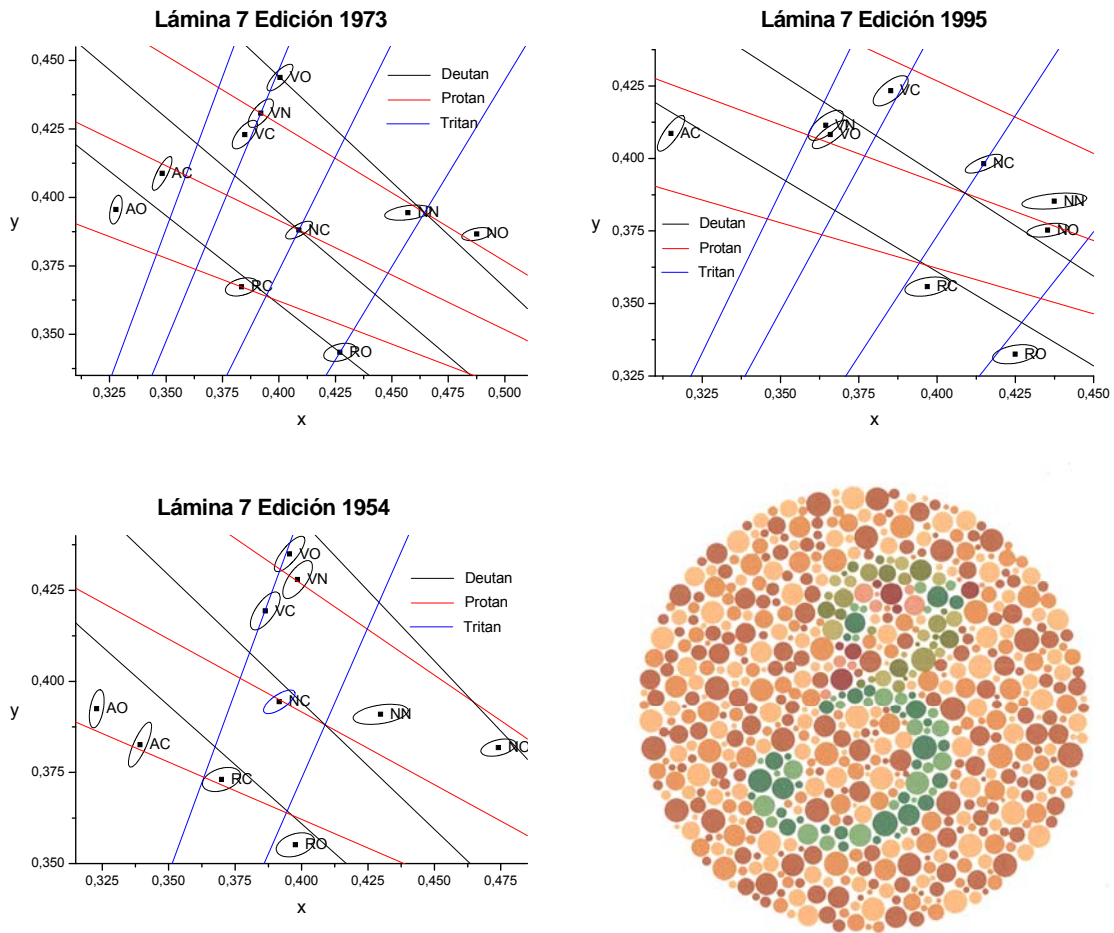


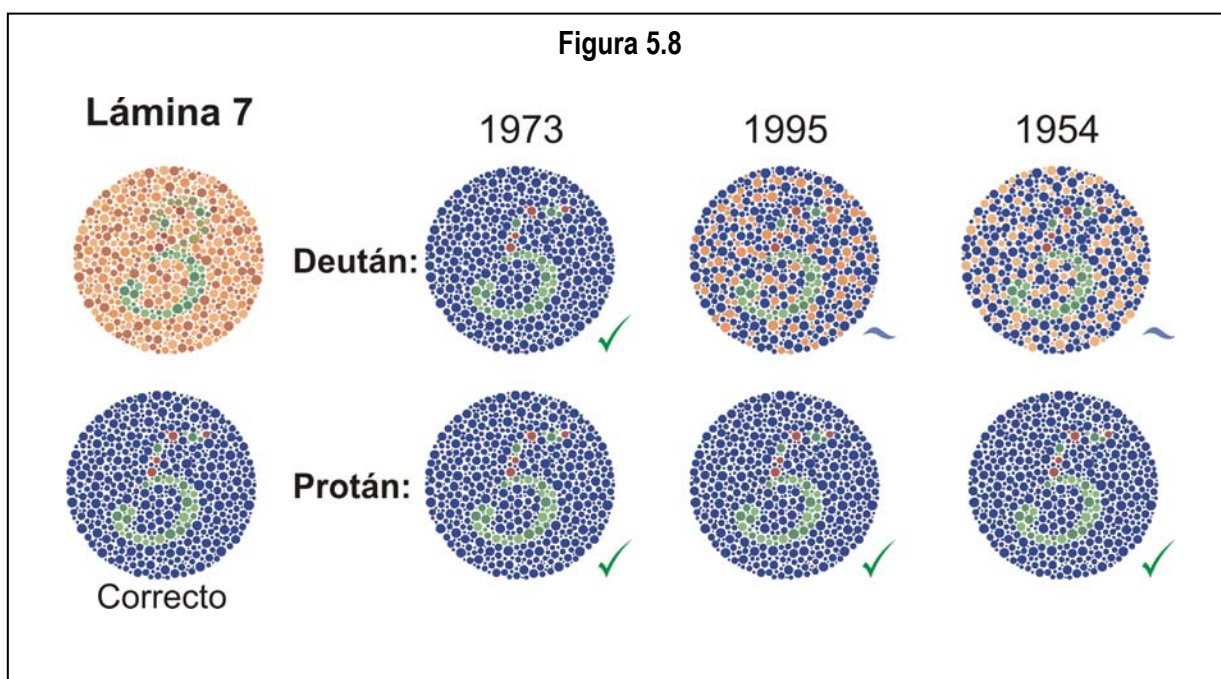
Tabla 5.15 Separación angular de las líneas de confusión por colores de confusión de la lámina 7.

Lámina	Colores	Edición 1973				Edición 1995				Edición 1954			
		$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$	$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$	$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$
07	vo- no	142,4	151,2	-0,6	1,6	145,6	157,8	-0,9	0,7	143,0	152,6	-0,4	2,1
		141,8	152,8			144,8	158,6			142,7	154,7		
	vn- nn	143,4	153,4	-0,7	0,6	145,5	157,5	<b>-1,4</b>	-0,6	143,3	153,3	0,8	3,2
		142,7	154,0			144,1	156,9			144,1	156,5		
	vc- nc	144,1	154,9	1,0	3,4	144,1	154,8	0,2	1,6	144,3	155,2	<b>1,2</b>	3,1
		145,1	158,2			144,3	156,4			145,4	158,3		
	ao- ro	147,7	161,2	-0,7	3,0	150,3	165,1	<b>-2,5</b>	1,0	148,0	161,8	-0,6	1,9
		147,0	164,2			147,8	166,1			147,5	163,7		
	ac- rc	146,3	158,7	1,0	3,9	147,4	160,2	0,0	3,5	148,0	162,4	-0,6	0,0
		147,3	162,5			147,5	163,6			147,5	162,3		

La lámina 7, representante del grupo 6 al 9, también es de transformación, Figura 5.7. Un observador con visión normal del color leerá un número 3, mientras que un

observador defectivo verá un número 5. La explicación de su funcionamiento es análoga a la de la lámina 3 que hemos estudiado con anterioridad, salvo que en esta ocasión el fondo está formado por círculos de tonalidades naranjas, la zona de confusión por tonos verdes y el objeto por rosas y azules. En este caso, todas las ediciones parecen funcionar más adecuadamente que la lámina 3. Para personas con deficiencia protán funcionará correctamente la lámina 7, mientras que encontramos alguna posibilidad de error en las ediciones de 1995 y 1954 para observadores deután.

Analizando las líneas de confusión de la Figura 5.7 y los valores de la Tabla 5.15 se desprende que, para un observador deután, puede suceder que no confunda el 'vn' con el 'nn' en la edición de 1995 y que no confunda los colores 'vc' y 'nc', en la edición de 1954. Si estas consideraciones las trasladamos al esquema de funcionamiento que hicimos con la lámina anterior nos encontraremos con que las respuestas que pueden arrojar los deután pueden ser equívocas con las ediciones de 1995 y 1954, sobre todo en la edición de 1995. Si bien, si se les pregunta por un número parece posible que se inclinen por el 5, Figura 5.8.



Teniendo en cuenta lo discutido anteriormente podemos concluir que el grupo de láminas 6-9 debe funcionar bien para los observadores defectivos protán en todas las ediciones, mientras que para los sujetos deután estas láminas pueden presentar problemas de detección en las ediciones 1954 y 1995. En cuanto a la edición de 1973, deben funcionar correctamente para detectar deficiencias rojo-verde.

Figura 5.9

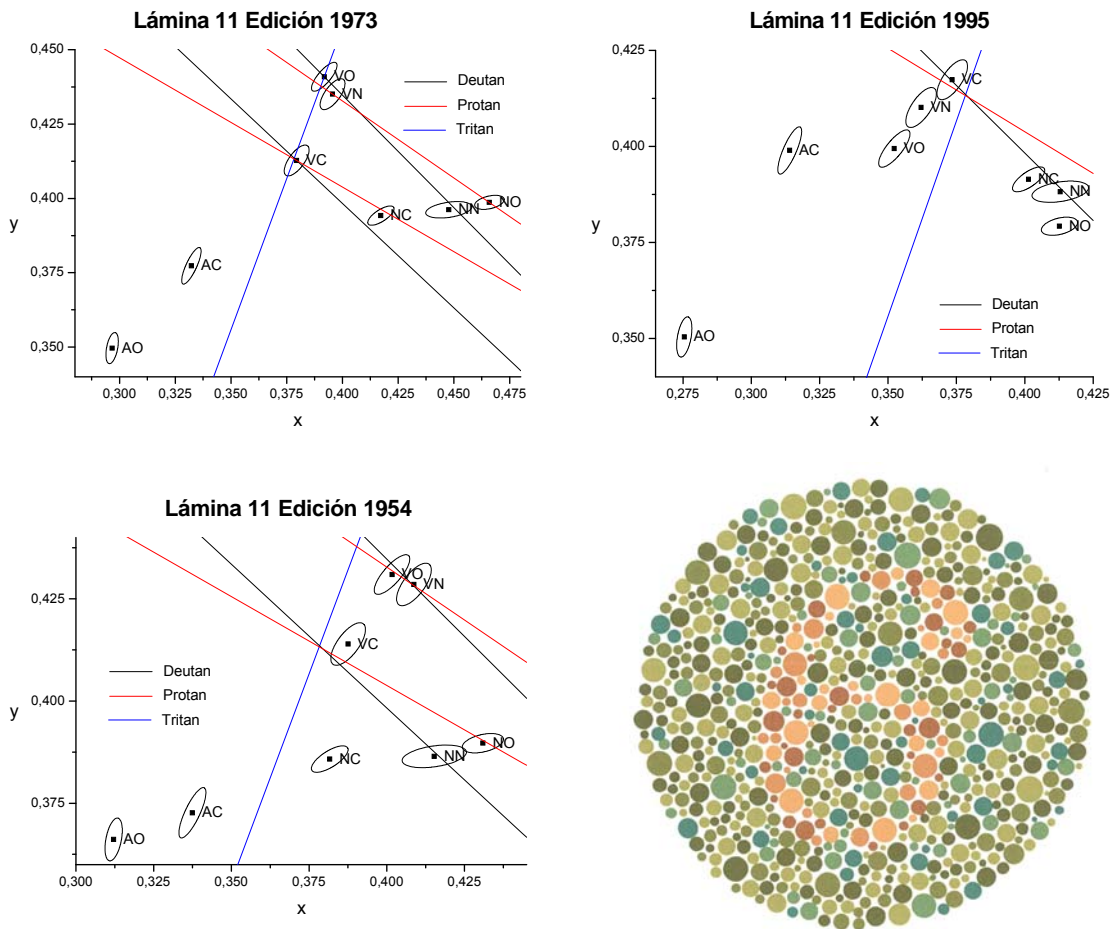


Tabla 5.16 Separación angular de las líneas de confusión por colores de confusión de la lámina 11.

		Edición 1973				Edición 1995				Edición 1954			
Lámina	Colores	$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$	$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$	$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$
11	vo- no	142,9	152,1	-0,8	0,5	146,6	159,6	<b>-1,2</b>	-0,3	143,0	152,7	1,1	3,9
		142,1	152,6			145,5	159,3			144,1	156,6		
	vn- nn	143,0	152,6	0,0	1,8	145,7	157,8	-0,7	0,2	142,9	152,6	<b>2,1</b>	5,5
		143,0	154,4			144,9	158,0			144,9	158,1		
	vc- nc	144,9	156,5	-0,5	0,3	144,9	156,2	0,4	1,9	144,5	155,9	<b>1,8</b>	4,1
		144,4	156,8			145,2	158,2			146,3	160,0		

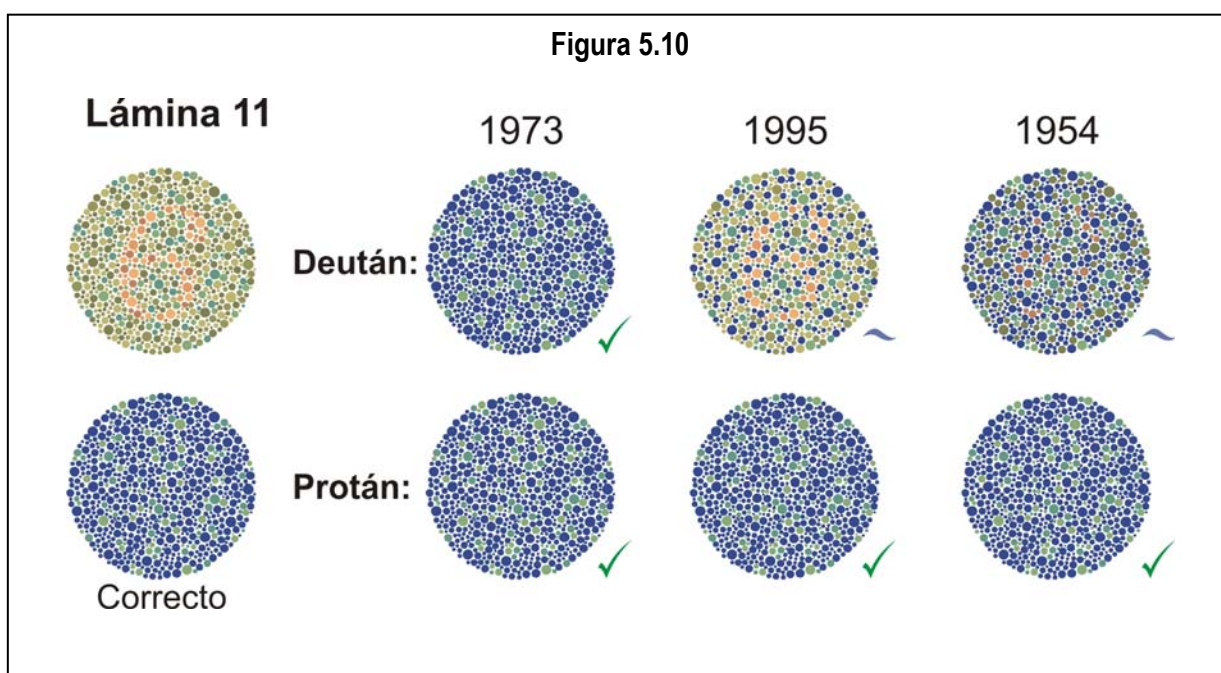
La Figura 5.9 muestra el esquema y funcionamiento de la lámina 11 del test (del grupo 10-13). Esta lámina es del grupo denominado de confusión. Las instrucciones del test establecen que un observador normal apreciará un número 6 mientras que un defectivo rojo-verde no detectará ningún número. Observando los colores presentes en dicha lámina debe suceder que se confundan los círculos que tienen tono verde con los que tienen tono anaranjado. El fondo estará formado por verdes y azules mientras la zona de confusión son los naranjas. Viendo las gráficas queda claro que la edición de 1954 es la que peor



funcionará, en especial con anomalías deután, pues sólo el 'vo' y 'no' son atravesados por la misma línea de confusión.

En la Figura 5.10 podemos ver cómo funcionaría esta lámina idealmente: los observadores normales verán un 6, mientras los sujetos con deficiencias rojo-verde no distinguirán número alguno.

Con los valores de la Tabla 5.16 vemos que es posible que en la edición de 1995 un deután no confunda los colores 'vo' y 'no'. Y para la de 1954, no confundirá 'vn' con 'nn' ni 'vc' con 'nc', lo que llevaría a que sujetos defectivos vislumbraran un 6, en lugar de no ver ningún número. En la Figura 5.10 tenemos los esquemas de estas situaciones.



Podemos concluir por tanto que las láminas 10-13 funcionan correctamente para deficiencias protán presentando algún problema en las ediciones de 1995 y 1954 para sujetos deután.

Figura 5.11

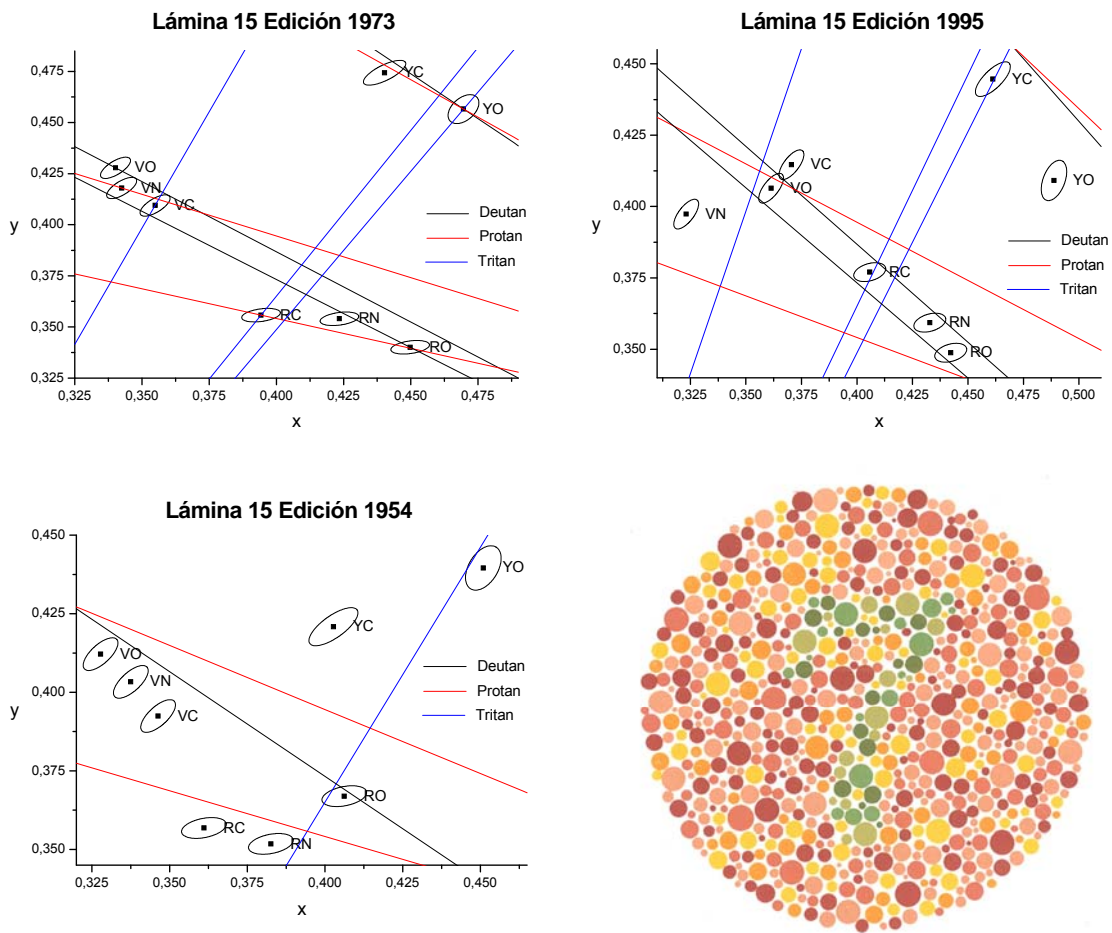


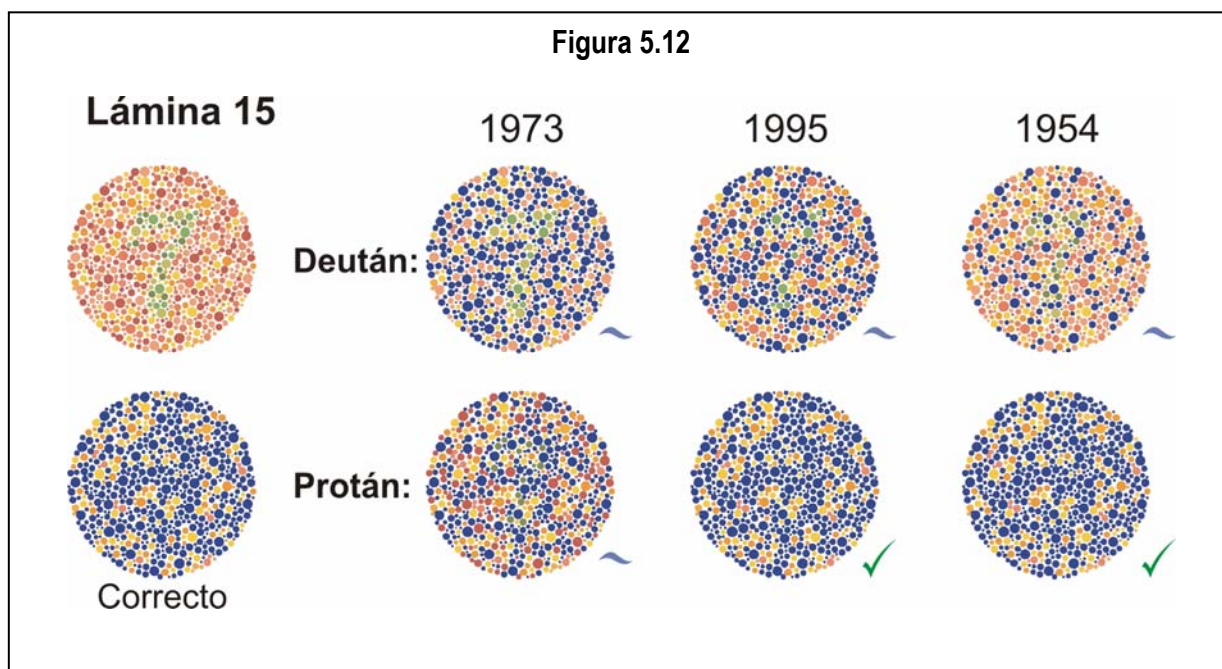
Tabla 5.17 Separación angular de las líneas de confusión por colores de confusión de la lámina 15.

		Edición 1973				Edición 1995				Edición 1954			
Lámina	Colores	$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$	$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$	$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$
15	vo- ro	145,5	156,7	0,8	6,9	145,9	158,3	0,2	4,2	146,8	159,2	-0,4	2,3
		146,3	163,7			146,1	162,6			146,4	161,5		
	vn- rn	146,0	157,8	0,6	4,8	147,8	161,2	-1,9	0,1	146,9	159,8	1,3	5,0
		146,5	162,7			145,8	161,3			148,2	164,8		
	vc- rc	146,0	158,3	1,6	5,5	145,1	156,8	0,8	3,3	147,2	160,8	1,5	4,1
		147,6	163,8			145,9	160,0			148,7	164,9		

La Figura 5.11 corresponde al estudio de la lámina 15 (grupo 14-17). También se trata de láminas de confusión en la que el observador con visión normal del color indicará un número 7, mientras que el defectivo no verá número alguno. El fondo estará formado por colores de tono rosado y de tono amarillo y naranja, y la zona de confusión por verdes. Para que funcione correctamente los verdes deben ser confundidos por el anómalo con los rosas.

Las gráficas de dicha figura junto con la Tabla 5.17 muestran que en las ediciones de 1995 y 1954 esta lámina funcionará correctamente para las deficiencias protán, presentando algún problema al no confundir los 'vo' con los 'ro' en la de 1973. En cambio para los deután todas las ediciones presentarán algún problema.

En la Figura 5.12 hemos tenido en cuenta esas no confusiones, en rojo en la Tabla 5.17, para poder extraer las consecuencias de las mismas a la hora de que funcione o no la lámina 15 de un modo correcto.



Analizando la Figura 5.12, se observa que es posible que el hecho de no confundir los colores que hemos indicado anteriormente pueda llevar a los sujetos deután a indicar que ven un número que podría ser el 7 ó el 1 en las tres ediciones. En cuanto al funcionamiento de la edición de 1973, en los protán, parece verse menos afectado por la no confusión de los 'vo' con los 'ro', pero no obstante es posible que dude en la respuesta e indique un número. Además, para deficiencias protán las ediciones de 1995 y 1954 funcionan correctamente.

Por tanto, para deficiencias protán funcionan correctamente el grupo de láminas 14-17 en las ediciones de 1954 y 1995. Para los deután los resultados pueden arrojar falsos negativos, esto es, sujetos defectivos que pasen por sujetos con visión normal del color, en las tres ediciones del test.

Figura 5.13

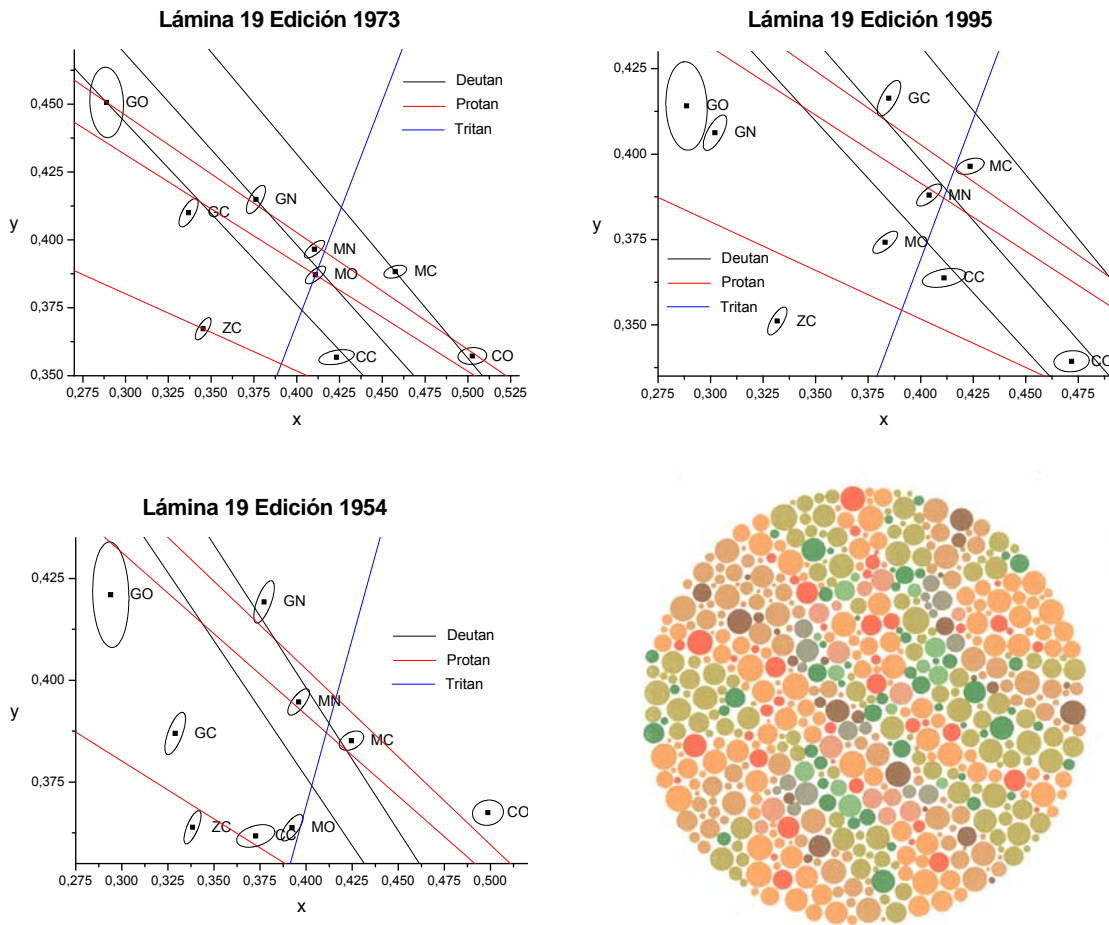


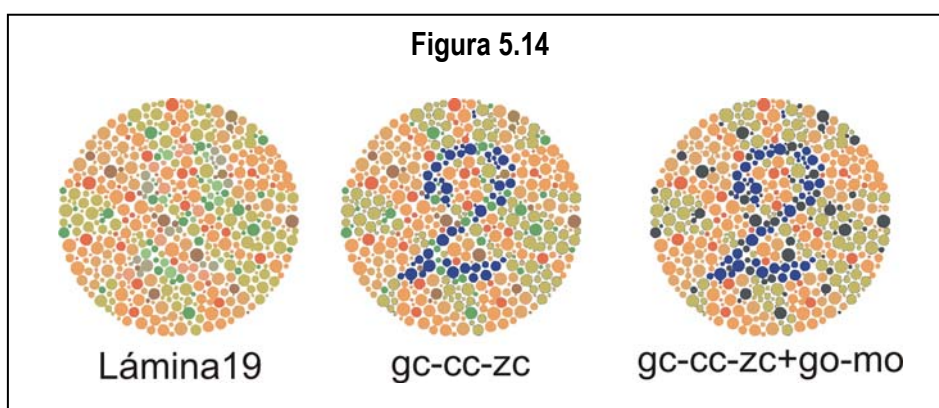
Tabla 5.18 Separación angular de las líneas de confusión por colores de confusión de la lámina 19.

		Edición 1973				Edición 1995				Edición 1954			
Lámina	Colores	$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$	$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$	$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$
19	go- mo	146,1	156,7	-1,1	1,6	148,0	160,6	-1,1	0,9	147,5	159,6	-0,3	3,0
		145,1	158,2			146,9	161,6			147,2	162,6		
	gc- cc	146,6	159,1	-0,2	3,2	144,5	155,7	2,0	6,0	148,1	162,2	-0,1	1,6
		146,4	162,2			146,4	161,8			148,0	163,8		
	gc-zc	146,6	159,1	2,1	5,0	144,5	155,7	5,5	11	148,1	162,2	1,0	2,6
		148,7	164,1			150,0	166,7			149,1	164,8		
	zc- cc	148,7	164,1	-2,3	-1,9	150,0	166,7	-3,6	-5,0	149,1	164,8	-1,1	-1,0
		146,4	162,2			146,4	161,8			148,0	163,8		

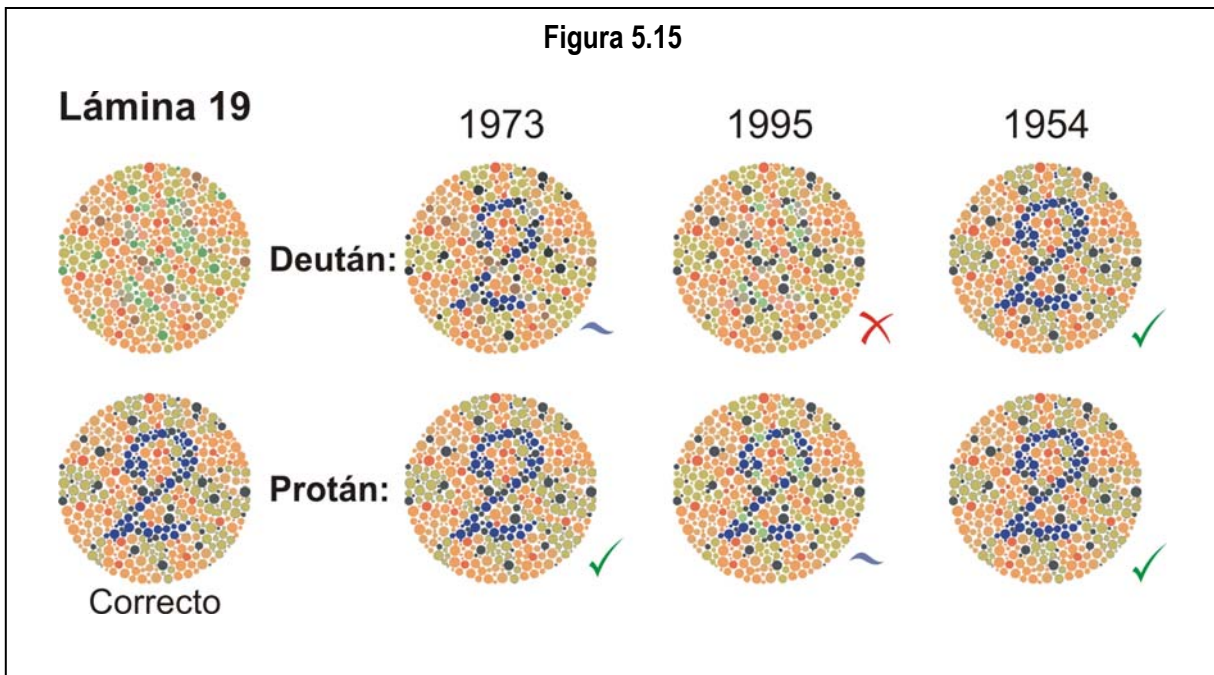
En la Figura 5.13 analizamos otro tipo de láminas, las denominadas de dígito oculto (grupo 18-22). Nos centramos en la lámina 19. La idea es que un observador defectivo vea un número, un 2 en este caso, mientras el observador con visión normal del color no distingue ningún número en dicha lámina. Los colores que debe confundir el sujeto son 'cc'

(rosa claro), fácilmente confundible con el 'mc' (naranja claro), el 'zc' (gris) y el 'gc' (verde claro, poco numeroso). Estos colores constituyen el objeto que es el número 2 pero en esta ocasión sólo es discernible para sujetos defectivos. El resto de colores no deben ser confundidos con los que forman el objeto. El éxito de este diseño radica en que los colores 'cc' y 'mc' se parecen mucho por lo que al observador normal el 'cc' no le aporta información al no confundirlo con el 'zc' y 'gc'; y lo mismo sucede con el 'gc' que cuesta distinguirlo del 'gn' para un observador normal, por lo que el 'gc' no le aporta información sobre el dígito oculto, mientras que el anómalo suma la información del 'cc' y del 'gc' al confundirlos con el 'zc' con lo que percibe el dígito oculto. Además, si se confunden los colores 'go' (verde oscuro) y 'mo' (marrón oscuro) se consigue definir aún más el número oculto.

Para ver más claro cómo funciona esta lámina hemos realizado el dibujo de la Figura 5.14. Al ir cambiando los colores a confundir vemos cómo surge el número oculto. Si le sumamos la información de la confusión 'go' y 'mo' obtenemos el último dibujo de la figura, con el número 2 muy definido.



De la observación de las gráficas de la Figura 5.13 y de los datos de la Tabla 5.18, se desprende que la única lámina que funciona correctamente es la de la edición de 1954 para sujetos protán y deután, siendo la peor la de 1995. La lámina 19 de 1973 funciona adecuadamente para sujetos protán pero no para los deután.



En la Figura 5.15 hemos representado el esquema sobre la información que se consigue destacando los colores confundidos en cada una de las ediciones. Como hemos dicho, la lámina 19 de la edición de 1954 funcionará convenientemente tanto para observadores protán como deután mientras que la de 1973 sólo lo hará para los protán. Para los deután se presentan dificultades de interpretación tanto en la edición de 1973 como en la de 1995, si bien con la de 1973 es posible que un observador deután identifique el dígito oculto mientras que con la de 1995 no tendrá suficiente información para identificarlo.

Por lo que podemos concluir que el grupo de láminas 18-21, funcionan correctamente para la edición de 1954 para ambas deficiencias, mientras que en la de 1973 sólo para observadores protán. En la edición de 1995 no sirven para detectar anomalías rojo-verde para los deután. En los demás casos sí es posible que el sujeto anómalo detecte el número oculto aunque no lo verá con el mismo detalle que cuando se confunden todos los colores a confundir.

Figura 5.16

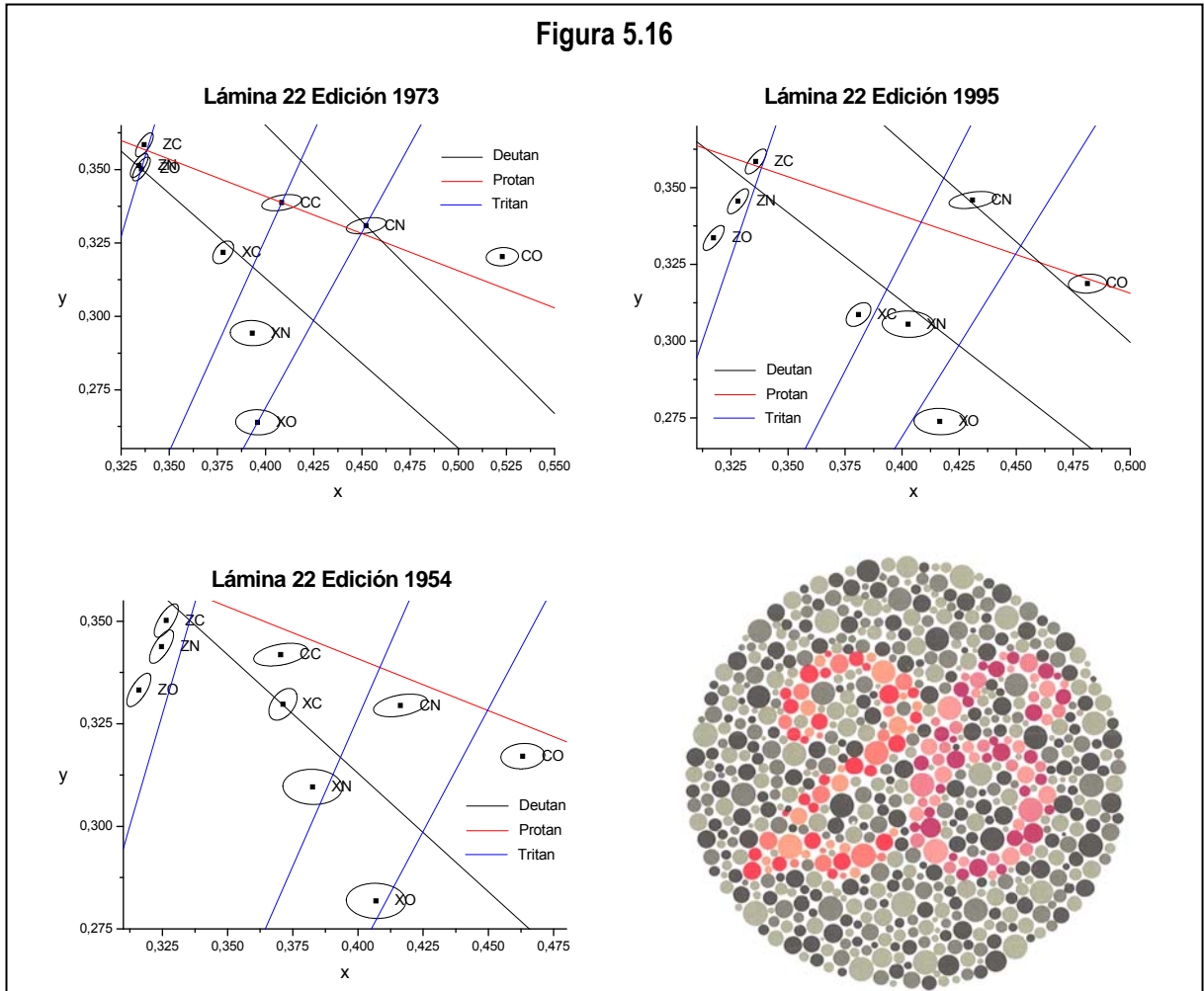


Tabla 5.19 Separación angular de las líneas de confusión por colores de confusión de la lámina 22.

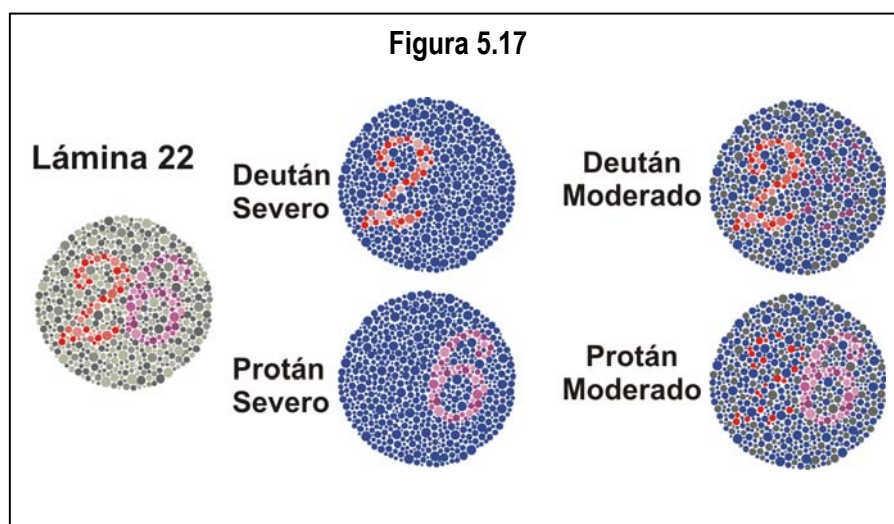
Lámina	Colores	Edición 1973				Edición 1995				Edición 1954			
		$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$	$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$	$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$
22	zo- co	150,0	166,7	<b>-5,7</b>	<b>-3,4</b>	151,5	169,4	<b>-5,2</b>	<b>-3,3</b>	151,6	169,5	<b>-4,4</b>	<b>-2,2</b>
		144,3	163,3			146,3	166,1			147,2	167,3		
	zn- cn	149,9	166,6	<b>-3,2</b>	<b>-1,4</b>	150,5	167,5	<b>-3,8</b>	<b>-3,9</b>	150,7	167,9	<b>-2,4</b>	<b>-0,9</b>
		146,8	165,2			146,7	163,6			148,3	167,0		
	zc- cc	149,5	165,6	<b>-1,4</b>	<b>0,2</b>	149,5	165,6	<b>-4,3</b>	<b>-6,3</b>	150,3	167,0	<b>-1,0</b>	<b>-0,3</b>
		148,1	165,8			145,2	159,3			149,3	166,7		
	zo- xo	150,0	166,7	<b>3,3</b>	<b>11,5</b>	151,5	169,4	<b>0,4</b>	<b>7,0</b>	151,6	169,5	<b>0,1</b>	<b>5,7</b>
		153,3	178,2			151,9	176,4			151,7	175,2		
	zn- xn	149,9	166,6	<b>1,5</b>	<b>6,8</b>	150,5	167,5	<b>-0,1</b>	<b>3,8</b>	150,7	167,9	<b>0,1</b>	<b>3,3</b>
		151,4	173,3			150,4	171,3			150,8	171,2		
	zc- xc	149,5	165,6	<b>0,8</b>	<b>3,9</b>	149,5	165,6	<b>1,4</b>	<b>5,7</b>	150,3	167,0	<b>-0,3</b>	<b>1,5</b>
		150,2	169,4			150,9	171,4			150,0	168,5		

El siguiente grupo de láminas que vamos a analizar es el compuesto por las láminas 22 a 25. Según las instrucciones del test, estas láminas permiten en cierta manera clasificar entre protanómalos y deuteranómalos, pudiendo indicar si se trata de una anomalía leve o severa. No permite distinguir entre protanopes y protanómalos severos ni entre deuteranopes y deuteranómalos severos, esto es, no pueden distinguirse las formas de anomalías dicromáticas de las tricromáticas. La Figura 5.16 hace referencia a la lámina 22.

Según las instrucciones del test, los anómalos severos protán deben ver un 6 y los deután un 2. Los moderados distinguen dos cifras en lugar de una. Los protán moderados verán bien el 6 y además un 2 con dificultad, mientras que los deután verán bien el 2 y un 6 con dificultad.

Para que el test funcione correctamente para un protán severo los colores rojizos 'co' 'cn' y 'cc' deben confundirse con los colores que forman el fondo, los grises 'zo', 'zn' y 'zc'. Al quedar confundido el 2 (rojizo) con el fondo el resultado es que sólo se aprecia el 6. En el caso de los deután son los colores más púrpuras, 'xo', 'xn' y 'xc', los que se confunden con el fondo haciendo que desaparezca el número 6 y resulte sólo visible el 2. Y esta es la idea con la que se diseña esta lámina.

Sin embargo, es posible en la práctica, que en el caso de las anomalías moderadas, suceda que los colores más alejados entre sí, sobre la misma línea de confusión, se perciban como diferentes. Así podríamos establecer que se confundirán los colores claros y de claridad intermedia. Por ejemplo, para el protán, deben de confundirse los 'zc' con 'cc' y también 'zn' con 'cn'. En la Figura 5.17 hemos representado el esquema de cómo quedaría la información de la lámina tras el aporte de la confusión tanto para casos severos como moderados.





A la vista de los resultados de la Figura 5.16, en todas las láminas aparece algún problema en su diseño con respecto a lo ideal que hemos expuesto con anterioridad. A continuación vamos a tratar de poner de manifiesto en qué casos conduce a un mal funcionamiento de la lámina o, por el contrario, funcionará adecuadamente.

Empecemos analizando la edición de 1973 para observadores deután. Solamente 'zc' y 'xc' caen sobre la misma línea de confusión, o al menos su separación angular no es mayor de  $1,1^\circ$ . Esto se traduce en que los observadores deuteranopes verán nítido el número 2 y con poca dificultad el número 6, por lo que serán clasificados incorrectamente como normales o defectivos moderados y por tanto esta lámina no funcionará adecuadamente.

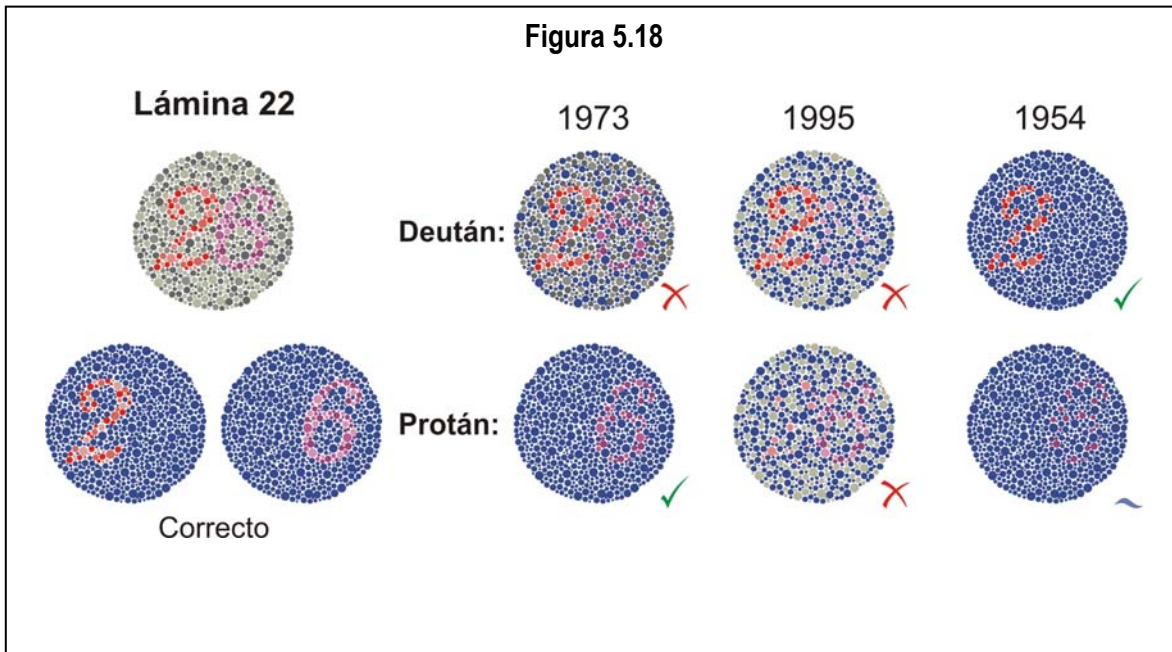
Sin embargo, para observadores protanopes se confunden todos los colores menos los 'zo' y 'zn' que se confundirán con los 'xo' y 'xn', respectivamente. Es decir, del número 6 sólo perderán la información que aporta el 'xc', por lo que podrán ver con facilidad el número 6. Por lo tanto, esta lámina funcionará correctamente y los protanómalos fuertes verán también el 6 y posiblemente el 2 con dificultad.

En la edición de 1995, encontramos que debido a los colores que se confunden y los que no, tanto para anomalías protán como deután, los dicrómatas podrán ver ambos números con más o menos dificultad, por lo que también dará lugar a errores de diagnóstico. Podemos concluir, por lo tanto que esta lámina en la edición de 1995 no está correctamente diseñada.

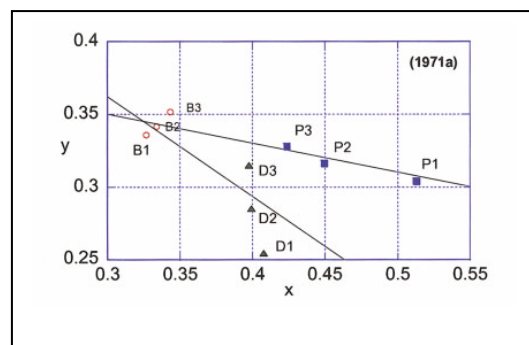
En cuanto a la edición de 1954, para los deuteranopes funcionará correctamente porque sólo pierde la información de los 'cc' por confundirse con los 'zc' y el 2 resultará bastante discernible, mientras el 6 se confundirá con el fondo. En el caso de los protanopes se confunden todos los colores menos los 'zo' que no se confunden con los 'xo' y esto será lo que nos dará algo de información del número 6 que con dificultad se podrá adivinar por un protanope. Por tanto podemos concluir que no funcionará bien del todo porque podría no dar resultados correctos.

A modo de resumen y para clarificar lo que acabamos de exponer acerca de la lámina 22, en la Figura 5.18 hemos representado el esquema de funcionamiento de esta lámina en las distintas ediciones estudiadas y para deficiencias protán y deután.

Podemos concluir que el grupo de láminas 22-25 no funciona correctamente en la edición de 1995. En la edición de 1973 sólo funciona con observadores protán. Y en la de 1954 funcionará bien para observadores deután y regular con los protán.



En un estudio anterior (Lee et al., 2003) encontraron resultados similares a los aquí expuestos. Estudiaron la lámina 16 del test de 24 láminas de las ediciones de 1971, 1993 y 1997. Esta lámina se corresponde precisamente a la lámina 22 del test de 38 láminas que acabamos de analizar. En la figura adjunta mostramos alguno de sus resultados que, como vemos, se parecen bastante a los nuestros. En su estudio concluyen que estos tipos de láminas conllevan errores de diagnóstico de las deficiencias rojo-verde.



El resto de las láminas que hay en el test son destinadas a observadores analfabetos o niños que todavía no conocen los números. En ellas se le pide a un sujeto que siga un camino dentro de la lámina entre dos señales impresas. Como los colores empleados son, dentro de ciertos límites, iguales a los empleados en las láminas que ya hemos estudiado los resultados que obtendremos deben ser similares, sino iguales.

Las posibles diferencias que obtenemos en los resultados entre las láminas con números y las láminas con caminos se pueden deber básicamente a dos factores. Por un lado el estado de conservación de las láminas debido al uso. Se observa en todas las ediciones que las láminas con caminos han sido menos utilizadas que las que exhiben números por lo que los colores pueden ser diferentes como vimos en los resultados de comparación de las ediciones. Y, por otro lado, el hecho de que los números sean algo más conocidos para los observadores con lo que un trazo más o menos claro nos puede dar la pista suficiente para identificar el número, mientras que los caminos no los reconoceremos hasta que los veamos claramente.

Figura 5.19

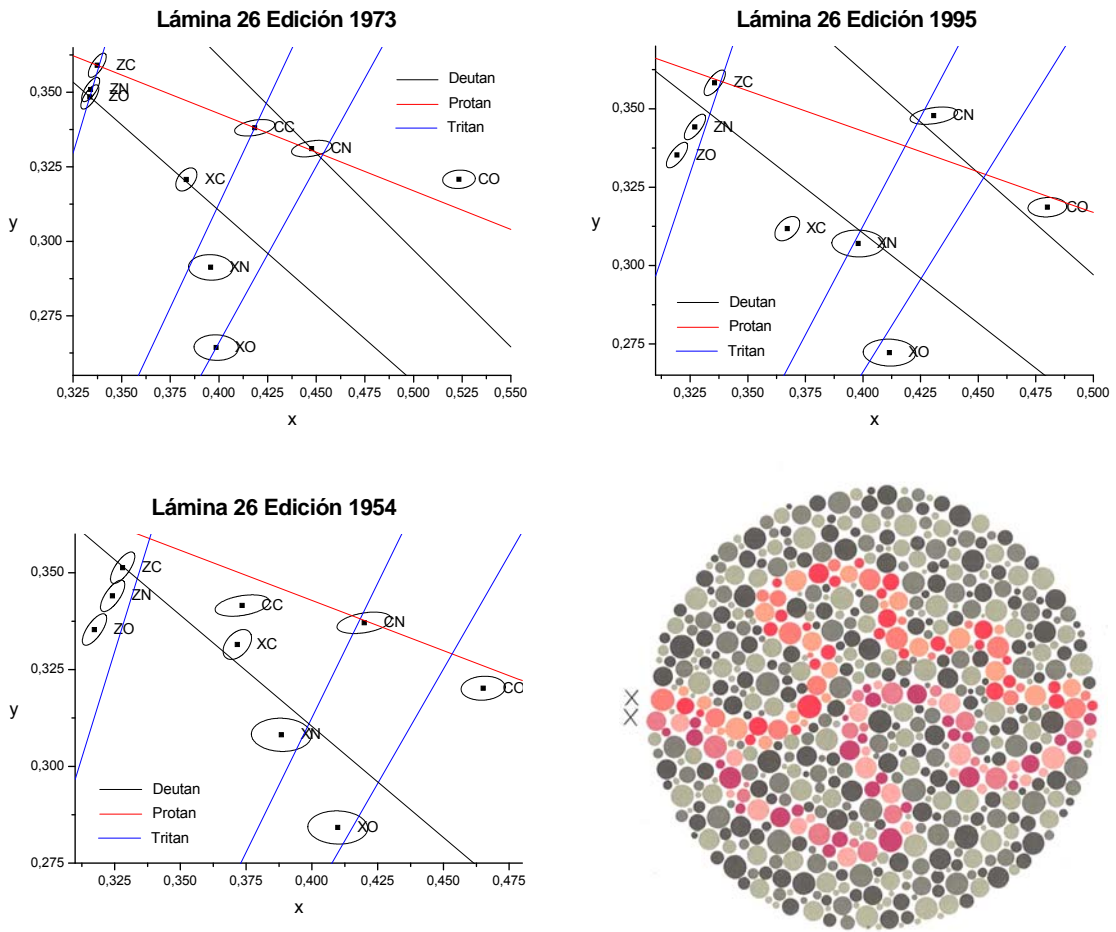
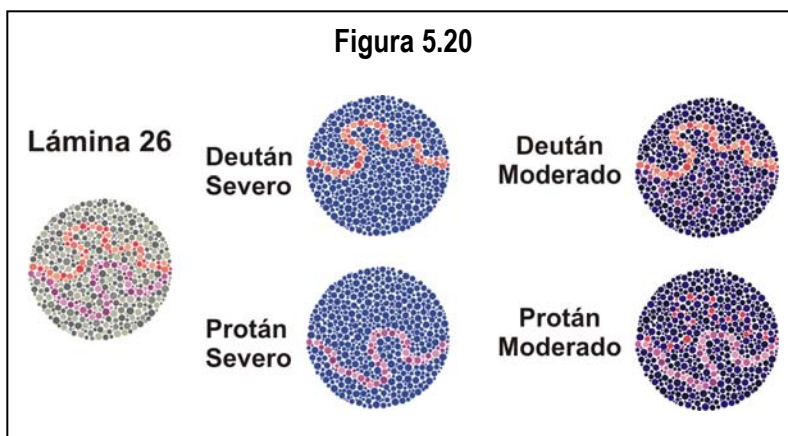


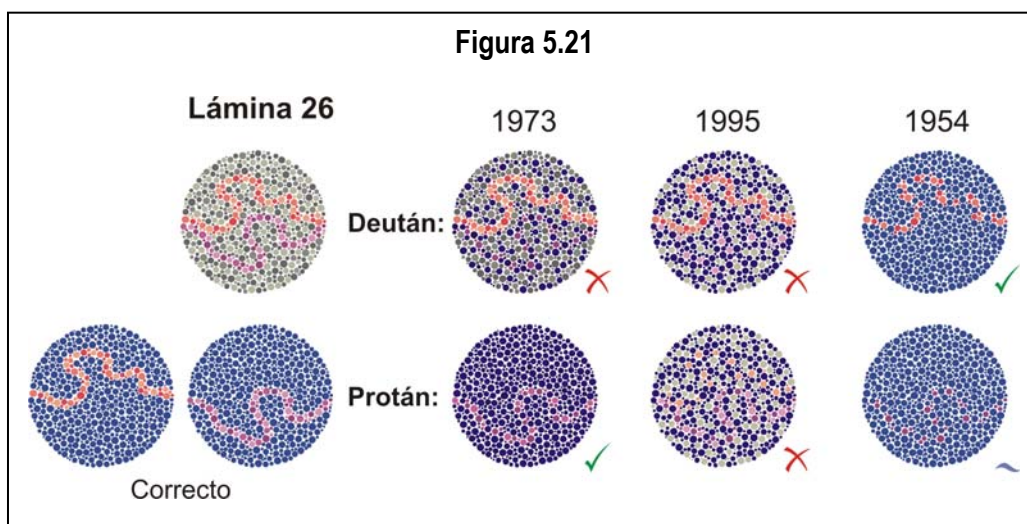
Tabla 5.20 Separación angular de las líneas de confusión por colores de confusión de la lámina 26.

		Edición 1973				Edición 1995				Edición 1954			
Lámina	Colores	$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$	$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$	$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$
26	zo- co	150,1	167,0	<b>-5,9</b>	-3,9	151,4	169,1	<b>-5,0</b>	-2,9	151,4	169,2	<b>-4,5</b>	-2,6
		144,2	163,1			146,4	166,2			146,9	166,6		
	zn- cn	150,0	166,7	<b>-3,0</b>	-1,3	150,6	167,7	<b>-4,0</b>	-4,4	150,7	167,8	<b>-3,0</b>	-2,3
		147,0	165,4			146,6	163,3			147,7	165,6		
	zc- cc	149,4	165,5	<b>-1,7</b>	0,0	149,5	165,6	<b>-4,4</b>	<b>-6,4</b>	150,2	166,8	-1,0	-0,1
		147,7	165,5			145,1	159,2			149,2	166,7		
	zo- xo	150,1	167,0	<b>3,0</b>	<b>11,1</b>	151,4	169,1	0,8	<b>7,6</b>	151,4	169,2	0,1	<b>5,6</b>
		153,2	178,1			152,2	176,7			151,5	174,7		
	zn- xn	150,0	166,7	<b>1,5</b>	<b>7,1</b>	150,6	167,7	-0,2	3,5	150,7	167,8	0,0	3,4
		151,5	173,8			150,4	171,2			150,7	171,3		
	zc- xc	149,4	165,5	0,7	4,0	149,5	165,6	<b>1,7</b>	<b>5,6</b>	150,2	166,8	-0,3	1,4
		150,1	169,4			151,2	171,2			149,8	168,2		

Las láminas 26 y 27 son de clasificación igual que las láminas 22-25. Todas las consideraciones que hicimos para las láminas 22-25 en cuanto al diseño de las mismas son válidas para las que estamos analizando en estos momentos. En la Figura 5.20 tenemos el esquema que explica la idea de diseño de la lámina 26, distinguiendo entre diseño para dicrómatas, o tricrómatas anómalos severos (no se pueden distinguir con el test de Ishihara) y los tricrómatas anómalos moderados.



Observando las gráficas de la Figura 5.19 junto con los datos de la Tabla 5.20, llegamos a resultados análogos a los de la lámina 22 (ver Figura 5.21).



Concluimos, entonces, que las láminas 26 y 27 sólo pueden funcionar correctamente para observadores deután en la edición de 1954, y para los protán en la de 1973. Las láminas de clasificación, basadas en la detección de caminos, para observadores protán, podrían dar resultados correctos en la edición de 1954. Los resultados que arrojen estas láminas del test en la edición de 1995 que hemos analizado no se pueden considerar fiables. Lo mismo sucede para observadores deután a los que se les pase la edición de 1973.

Figura 5.22

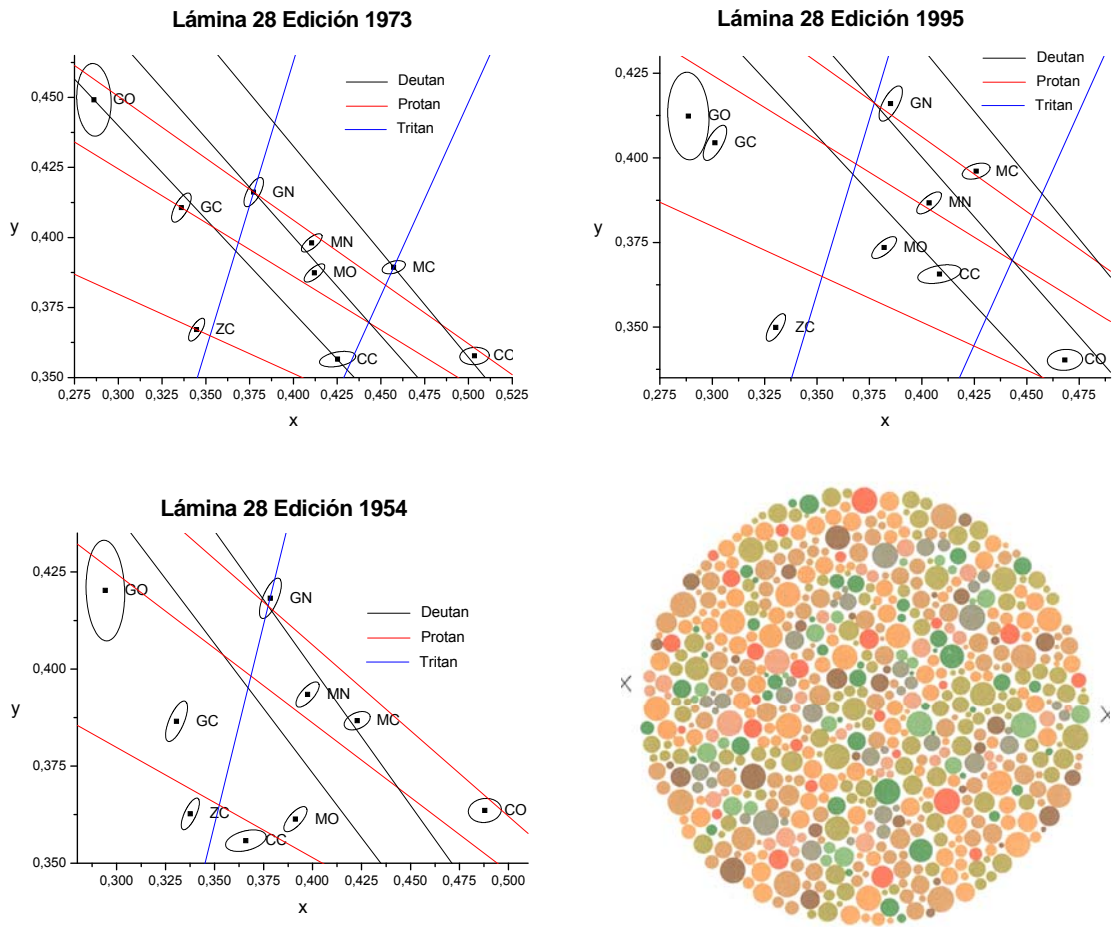
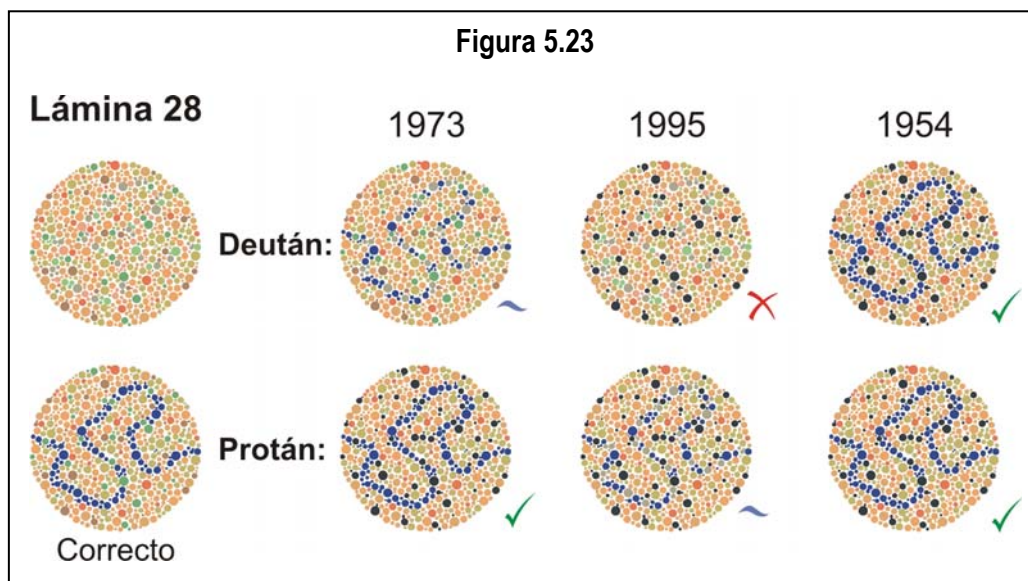


Tabla 5.21 Separación angular de las líneas de confusión por colores de confusión de la lámina 28.

Lámina	Colores	Edición 1973				Edición 1995				Edición 1954			
		$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$	$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$	$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$
28	go- mo	146,3	156,9	<b>-1,3</b>	1,2	148,1	160,8	-1,1	0,9	147,5	159,7	-0,2	3,3
		145,0	158,1			147,0	161,7			147,3	163,1		
	gc- cc	146,6	159,0	-0,3	3,1	148,1	161,2	<b>-1,7</b>	0,4	148,1	162,2	0,5	2,7
		146,3	162,2			146,4	161,6			148,6	164,9		
	zc- cc	148,7	164,2	<b>-2,4</b>	-2,0	150,2	166,9	<b>-3,7</b>	-5,3	149,2	165,0	-0,6	-0,1
		146,3	162,2			146,4	161,6			148,6	164,9		

Las láminas 28 y 29 son del tipo de dígito oculto. En este caso un sujeto defectivo debe ver un camino y un observador normal no identificará nada. Las consideraciones realizadas para la lámina 19, grupo 18-21, son aplicables al caso que nos ocupa que es la lámina 28.

Observando los resultados indicados en la Figura 5.22 podemos construir el esquema de funcionamiento de la Figura 5.23.



Nuevamente los resultados obtenidos para las láminas de dígito oculto utilizando caminos, láminas 28 y 29, son análogos a los que vimos cuando se trataba de números, láminas 18-21. Las láminas 28 y 29 funcionan correctamente para la edición de 1954 para ambas deficiencias, mientras que la de 1973 sólo para observadores protán. Las de la edición de 1995 no sirven para detectar anomalías rojo-verde para los deután. En los demás casos sí es posible que el sujeto anómalo detecte el camino oculto aunque no lo verá con el mismo detalle que cuando intervienen todos los colores de confusión.

Figura 5.24

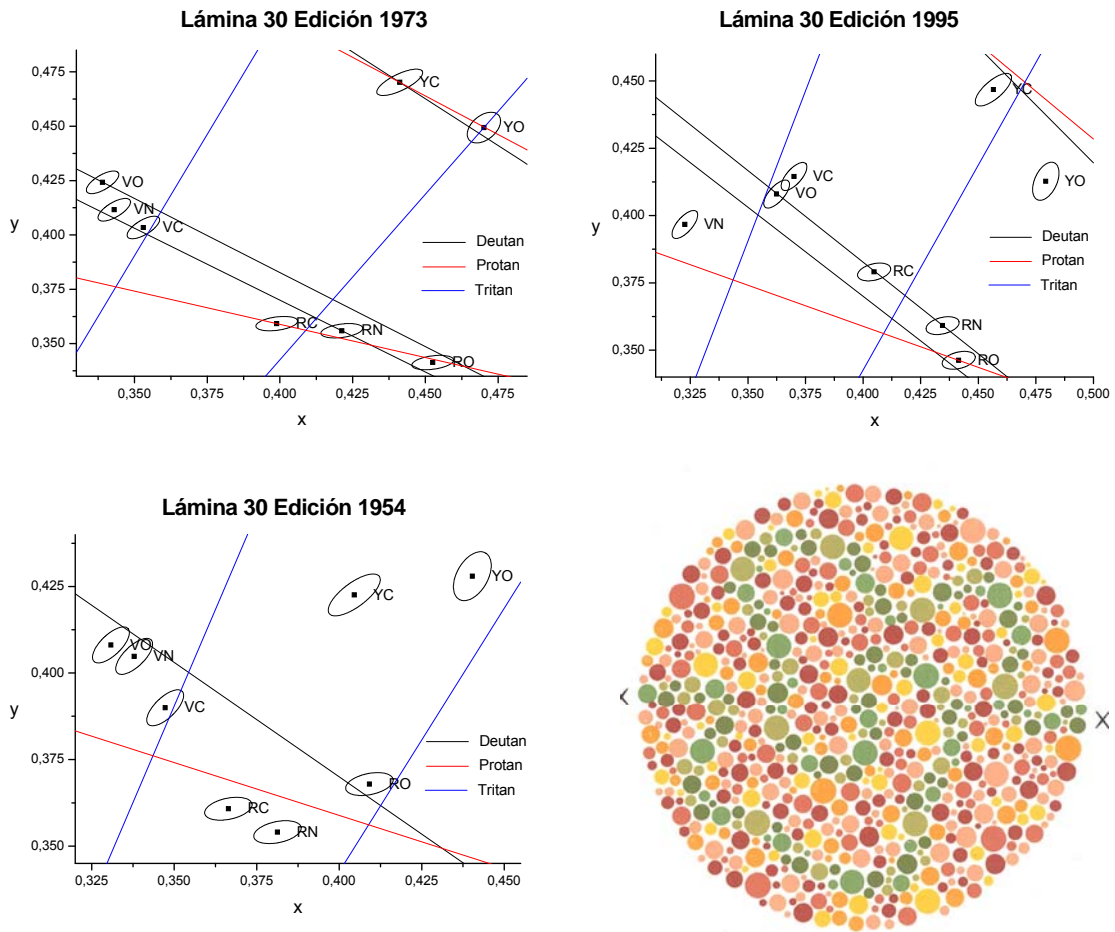


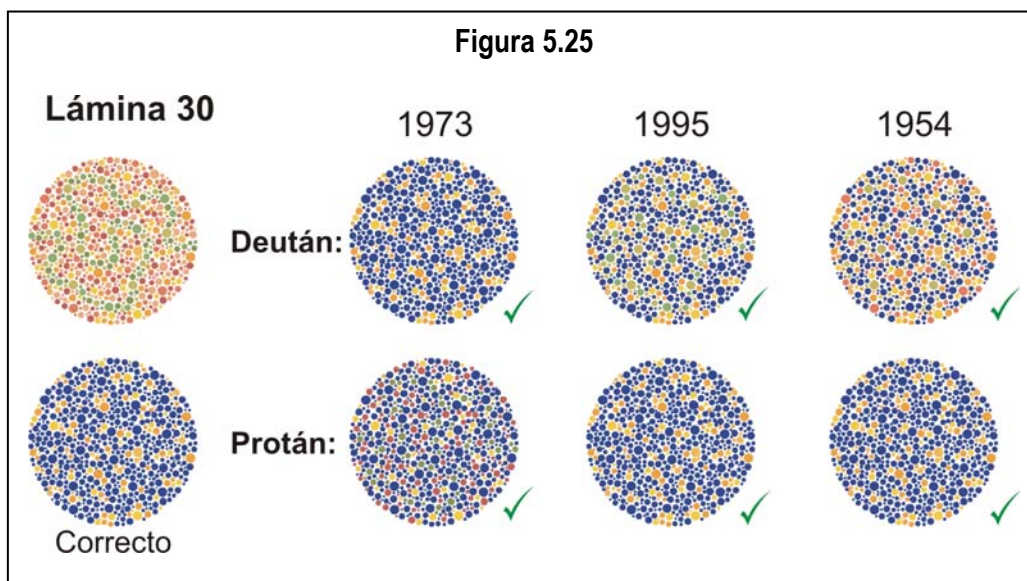
Tabla 5.22 Separación angular de las líneas de confusión por colores de confusión de la lámina 30.

		Edición 1973				Edición 1995				Edición 1954			
Lámina	Colores	$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$	$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$	$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$
30	vo- ro	145,8	157,2	0,4	6,1	145,8	158,0	0,5	5,0	146,9	159,6	-0,6	1,7
		146,1	163,3			146,3	163,0			146,3	161,2		
	vn- rn	146,3	158,6	0,2	3,9	147,8	161,3	-2,0	-0,1	146,8	159,6	1,3	4,9
		146,5	162,5			145,8	161,2			148,2	164,6		
	vc- rc	146,4	159,1	0,8	3,9	145,1	156,8	0,6	3,0	147,3	161,1	1,0	3,1
		147,2	163,0			145,8	159,8			148,3	164,2		

La Figura 5.24 representa los resultados de la lámina 30. Las láminas 30 y 31 se corresponden con el grupo de láminas 15-17. Se trata de láminas de confusión en las que el observador con visión normal del color podrá seguir un camino, mientras que el defectivo no verá camino alguno.



Teniendo en cuenta la Figura 5.24 y la Tabla 5.22 elaboramos el esquema de la Figura 5.25.



Como podemos ver, aunque no se confunden todos los colores, las confusiones son suficientes para desorientar al observador anómalo que no reconocerá ningún camino.

Podemos concluir que las láminas 30 y 31 de todas las ediciones del test que hemos estudiado funcionarán correctamente.

Figura 5.26

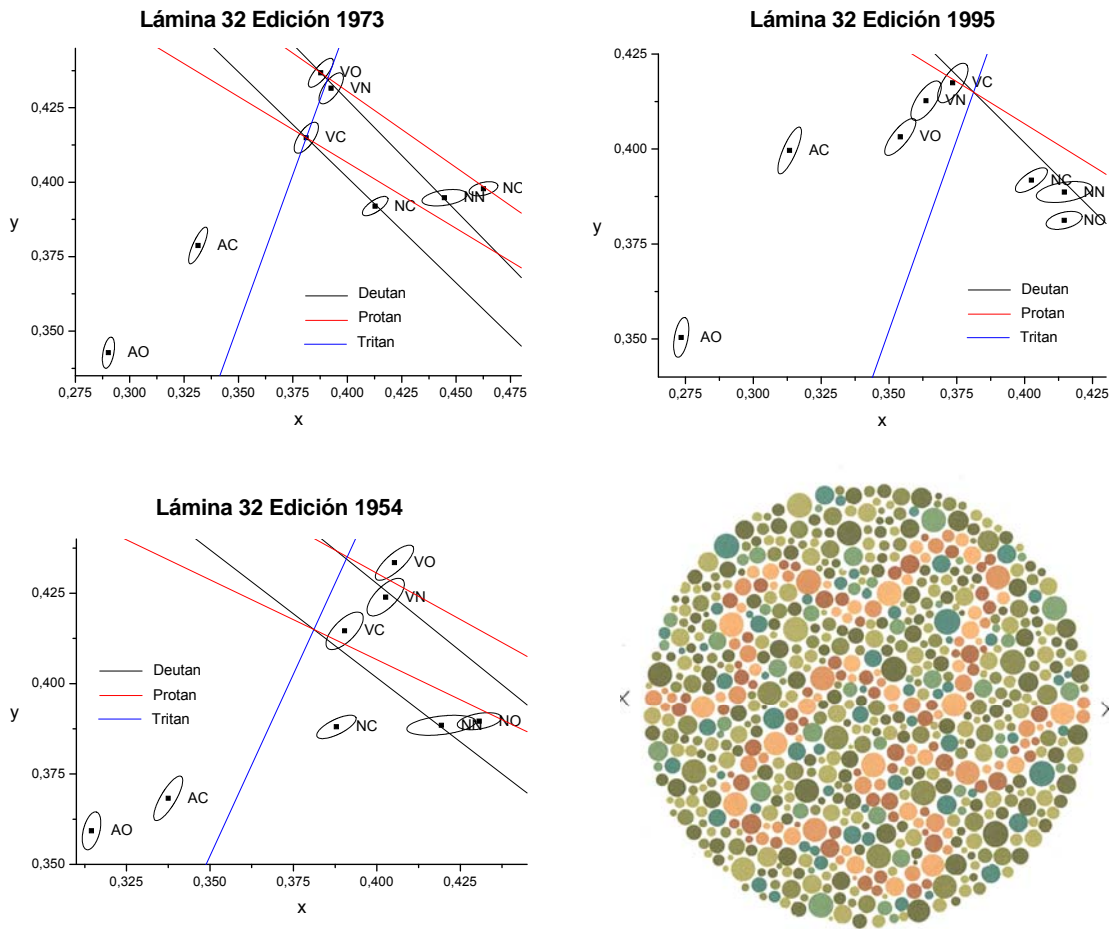
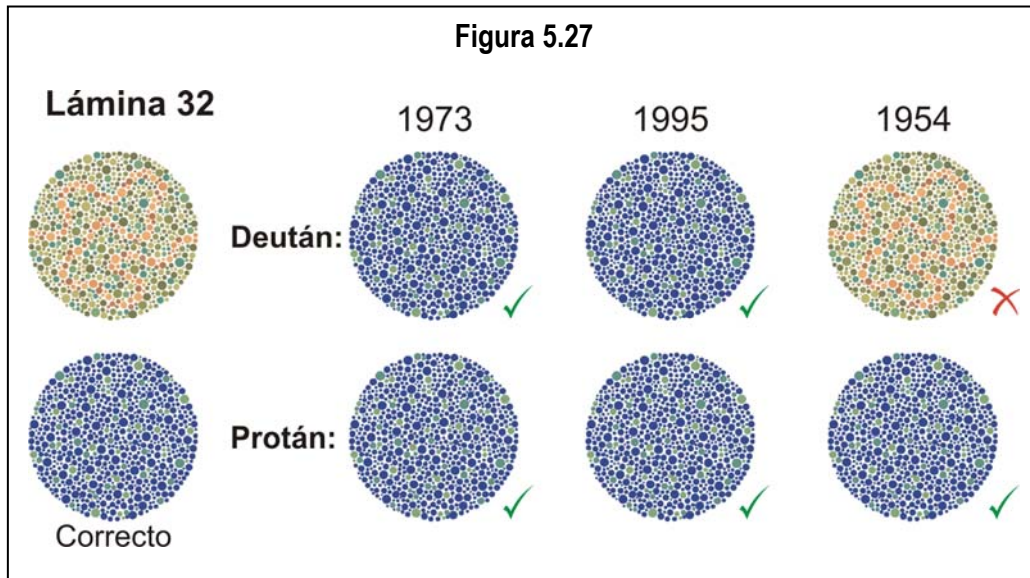


Tabla 5.23 Separación angular de las líneas de confusión por colores de confusión de la lámina 32.

		Edición 1973				Edición 1995				Edición 1954			
Lámina	Colores	$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$	$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$	$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$
32	vo- no	143,3	152,9	-1,0	0,1	146,3	159,1	-1,1	-0,2	142,7	152,2	1,4	4,5
		142,3	153,0			145,3	158,9			144,1	156,6		
	vn- nn	143,3	153,3	-0,1	1,6	145,5	157,4	-0,6	0,4	143,4	153,6	1,3	3,9
		143,2	154,9			144,8	157,8			144,7	157,5		
	vc- nc	144,7	156,1	0,0	1,3	144,9	156,2	0,3	1,8	144,4	155,6	1,6	3,8
		144,7	157,4			145,1	158,1			145,9	159,4		

En la Figura 5.26 y en la Tabla 5.23 hemos indicado los resultados de la lámina 32. Tanto la lámina 32 como 33 son de tipo denominado de confusión, un sujeto defectivo no verá el camino que pueden seguir aquellos con visión normal del color. Se corresponden con el grupo de láminas 10-13. A tenor de los resultados obtenidos para esta lámina podemos construir el esquema de funcionamiento de la Figura 5.27.



Podemos concluir que este grupo de láminas funciona correctamente para todos los casos de anomalía y edición, salvo para observadores deután en la edición de 1954. Menos en este caso particular, todos los colores a confundir están próximos a la línea de confusión correspondiente.

Figura 5.28

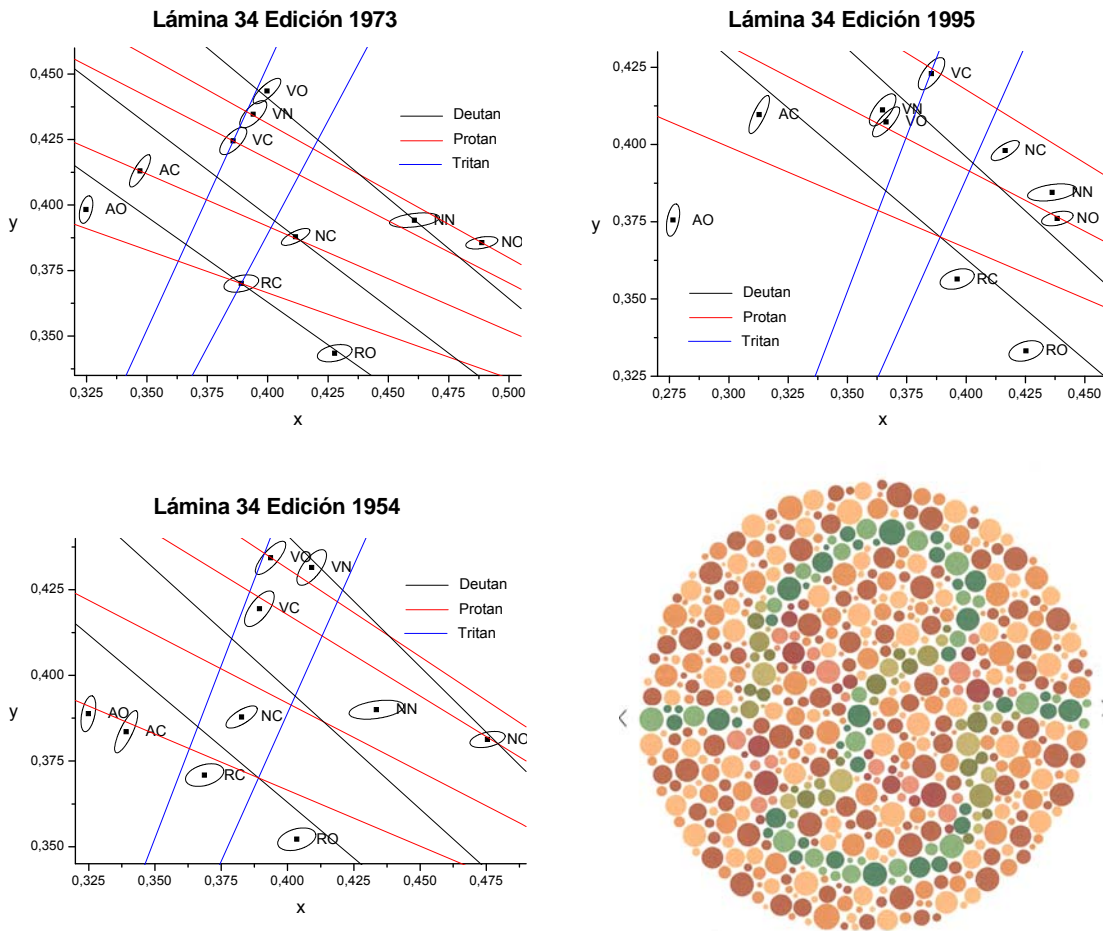
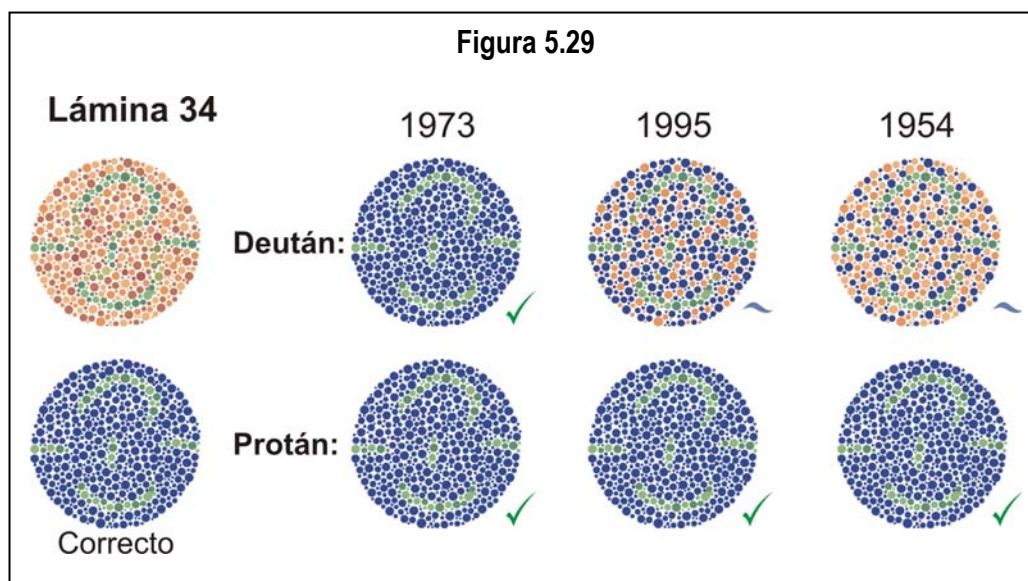


Tabla 5.24 Separación angular de las líneas de confusión por colores de confusión de la lámina 34.

Lámina	Colores	Edición 1973				Edición 1995				Edición 1954			
		$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$	$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$	$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$
34	vo- no	142,4	151,2	-0,6	1,6	145,7	157,9	-1,1	0,3	143,2	152,8	-0,5	1,9
		141,8	152,8			144,6	158,3			142,7	154,7		
	vn- nn	143,1	152,8	-0,6	1,0	145,5	157,5	<b>-1,3</b>	-0,4	142,7	152,1	<b>1,3</b>	4,2
		142,5	153,7			144,2	157,1			144,0	156,4		
	vc- nc	144,0	154,6	1,0	3,5	144,1	154,8	0,1	1,5	144,1	155,0	<b>2,0</b>	4,7
		145,0	158,1			144,2	156,3			146,1	159,7		
	ao- ro	147,7	161,0	-0,6	3,2	150,5	165,4	<b>-2,7</b>	0,6	148,2	162,2	-0,7	1,7
		147,0	164,2			147,7	166,0			147,4	163,9		
	ac- rc	146,1	158,2	0,9	3,7	147,4	160,2	0,0	3,4	148,0	162,2	-0,3	0,4
		146,9	161,9			147,4	163,6			147,6	162,7		

Las láminas 34 y 35 son de transformación y se corresponden con las láminas 6-9. Un sujeto con visión normal del color percibirá un camino mientras que un defectivo verá el camino truncado, podrá comenzar a seguir el camino pero se interrumpirá enseguida no siendo capaz de seguirlo con claridad. La Figura 5.28 y la Tabla 5.24 presentan los datos

correspondientes a la lámina 34. En base a los mismos hemos realizado el esquema de funcionamiento de la Figura 5.29.



Como sucedía con el grupo de láminas 6-9, las láminas 34 y 35 deben funcionar bien para los observadores defectivos protán en todas las ediciones, mientras que para los sujetos deután pueden presentar problemas de detección en las ediciones de 1954 y 1995. En cuanto a la edición de 1973, estas láminas deben funcionar correctamente para detectar los dos tipos de deficiencia rojo-verde.

Figura 5.30

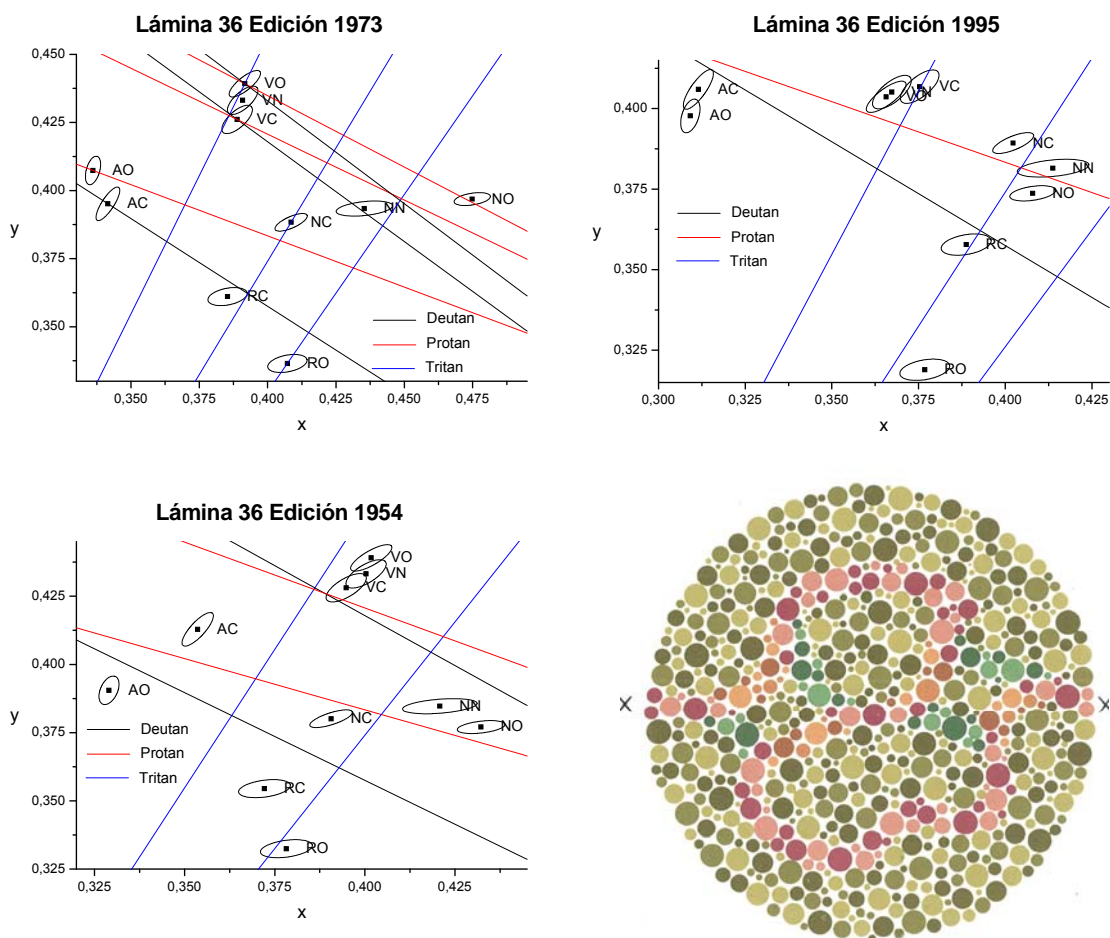
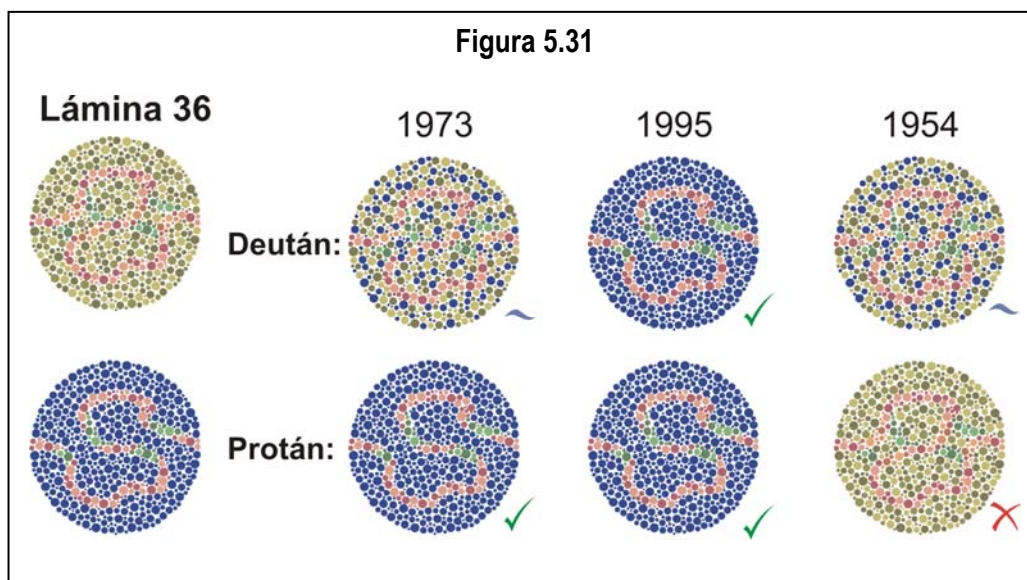


Tabla 5.25 Separación angular de las líneas de confusión por colores de confusión de la lámina 36.

Lámina	Colores	Edición 1973				Edición 1995				Edición 1954			
		$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$	$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$	$\theta_d$	$\theta_p$	$\Delta\theta_d$	$\Delta\theta_p$
36	vo- no	143,0	152,3	-1,2	-0,2	145,9	158,4	0,1	2,0	142,6	151,7	2,2	6,8
		141,8	152,1			146,0	160,4			144,8	158,5		
	vn- nn	143,3	153,2	0,4	2,6	145,8	158,2	-0,5	0,7	142,9	152,5	1,9	5,5
		143,7	155,7			145,3	158,9			144,8	158,0		
	vc- nc	143,8	154,2	1,3	4,0	145,4	157,5	-0,1	0,9	143,4	153,6	2,8	6,8
		145,1	158,2			145,3	158,4			146,3	160,4		
ao- ro	146,8	159,4	1,5	6,8	148,2	161,7	2,2	8,2	147,9	161,8	1,6	6,1	
	148,2	166,2			150,4	169,9			149,6	167,8			
ac- rc	147,2	160,7	0,3	2,7	147,7	160,6	0,0	3,0	145,8	157,9	2,6	7,0	
	147,6	163,4			147,7	163,7			148,5	164,9			

Los resultados de la lámina 36 se presentan en la Figura 5.30 y la Tabla 5.25. Las láminas 36 y 37 se corresponden con el grupo de láminas 2-5. Se trata por tanto de láminas

de transformación. En este caso, el sujeto defectivo sí aprecia un camino pero es distinto al que observaría un sujeto con visión del color normal. Analizando cómo debe funcionar la lámina junto con la información aportada arriba hemos elaborado el esquema de funcionamiento de la lámina 36, Figura 5.31.



Podemos concluir que láminas 36 y 37 funcionan adecuadamente en las ediciones de 1973 y 1995 para observadores protán. En la edición de 1995 esta lámina también funciona para los deután. Las láminas de las ediciones de 1973 y 1954 podrían dar errores de diagnóstico para observadores deután porque éstos podrían distinguir la zona de confusión respecto al fondo. En la edición de 1954 no funcionarían adecuadamente para observadores protán.

Para concluir con los resultados del análisis espectrorradiométrico del test de Ishihara en su versión de 38 láminas y las ediciones de 1973, 1995 y 1954, se presenta en la Tabla 5.26 un resumen del funcionamiento del test para los distintos grupos de láminas y ediciones. Para cada uno de los grupos se especifica el tipo de lámina y se indica mediante símbolos si el diseño es apropiado para observadores protán o deután. En la tabla, las letras a, b y c hacen referencia a las ediciones del test de Ishihara de 1973, 1995 y 1954, respectivamente.

Grupo de láminas		Tipo	1973 (a)		1995 (b)		1954 (c)		Opciones	
			Deut.	Prot.	Deut.	Prot.	Deut.	Prot.	Deut.	Prot.
Números	2-5	Transformación	~	✓	✓	~	✗	✗	b	a
	6-9	Transformación	✓	✓	~	✓	~	✓	a	✓
	10-13	Confusión	✓	✓	~	✓	~	✓	a	✓
	14-17	Confusión	~	~	~	✓	~	✓	∅	b,c
	18-21	Dígito Oculto	~	✓	✗	~	✓	✓	c	a,c
	22-25	Diagnóstico	✗	✓	✗	~	✓	~	c	a
Caminos	26-27	Diagnóstico	✗	✓	✗	✗	✓	~	c	a
	28-29	Dígito Oculto	~	✓	✗	~	✓	✓	c	a,c
	30-31	Confusión	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	32-33	Confusión	✓	✓	✓	✓	✗	✓	a,b	✓
	34-35	Transformación	✓	✓	~	✓	~	✓	a	✓
	36-37	Transformación	~	✓	✓	✓	~	✗	b	a,b

A la vista de la tabla, ninguna de las ediciones analizadas proporciona resultados fiables en todos y cada uno de los grupos de láminas tanto para sujetos protán como deután. En todas las ediciones evaluadas se obtienen mejores resultados en el análisis de sujetos protán que deután. Concretamente, la edición de mejor funcionamiento (mejor diseñada y/o en mejor estado) para la anomalía protán es la edición de 1973. La edición de peor calidad es la de 1995, especialmente en el caso de la anomalía deután.

Los resultados que hemos obtenido concuerdan en cierta manera con los de diversos autores (Birch y McKeever, 1992; y Perales, 1982). En ambos estudios se comparan los resultados obtenidos por distintas ediciones del test de Ishihara tras ser pasados a muestras bastante amplias de sujetos. En cuanto al estudio realizado por Birch y McKeever, compararon varias ediciones del test de Ishihara encontrando que el comportamiento de cada lámina podía variar de una edición a otra. Aunque nuestros resultados, en base al análisis colorimétrico, avalan dichos resultados, no podemos comparar mucho más los trabajos porque las ediciones no son las mismas que las que estudiamos nosotros. Y, aunque lo fueran, tampoco podríamos esperar resultados idénticos pues depende de los años que hayan pasado por la edición considerada y el posible deterioro que hayan experimentado las láminas. Es el caso del estudio de Perales, entre las ediciones que comprendieron su estudio sí estaba la edición de 1973 y encontró que de las estudiadas sí fue la que aportaba resultados más fiables, lo que concuerda con nuestros resultados.

En las últimas columnas de la tabla hemos indicado, para cada grupo de láminas y cada anomalía, las ediciones que funcionarán bien. Para poder decir que una lámina de una



edición determinada funciona correctamente ha de estar en ambas columnas, tanto la deután como la protán. Analizando las láminas de transformación, grupos de láminas 2-5, 6-9, 34-35 y 36-37, ninguna edición presenta una lámina que funcione bien del grupo 2-5 para ambas deficiencias; en la edición de 1973 encontramos buenas láminas en los grupos 6-9 y 34-35; y en la edición de 1995 las láminas 36-37 son fiables. Los grupos 6-9 y 10-13 de la edición de 1973 se pueden considerar como buenas láminas de detección de anomalías. Del grupo 14-17 tampoco encontramos una lámina realmente útil. En la edición de 1954 encontramos láminas de dígito oculto (18-21 y 28-29) que funcionarán. En cuanto a las láminas de confusión podemos decir que las del grupo 14-17 funcionarán mal en todas las ediciones. La edición de 1973 presenta buenas láminas del grupo 10-13. Del grupo 30-31 todas las ediciones tienen láminas fiables. Y del grupo 32-33 sólo las ediciones de 1973 y 1995. En cuanto a las láminas de diagnóstico ninguna será fiable, independientemente de la edición que consideremos.

Las instrucciones del test plantean la posibilidad de emplear una versión reducida del mismo haciendo una selección de 6 láminas: la nº1 (demostración) y una de cada uno de los grupos 2-5, 6-9, 10-13, 14-17, 18-21. Si quisiéramos conseguir un test completamente fiable, al menos en su versión reducida, no necesitaríamos hacer uso de las láminas de diagnóstico que como hemos comprobado no dan buenos resultados. Tampoco tenemos una lámina que funcione bien del grupo 2-5 pero como se trata de una lámina de transformación que utiliza los mismos colores que el grupo 36-37, bastaría con utilizar una de este grupo correspondiente a la edición de 1995. Lo mismo ocurre con las láminas de confusión del grupo 14-17, de las que habría que usar como alternativa una lámina del grupo 30-31 que es correcta en cualquier edición.

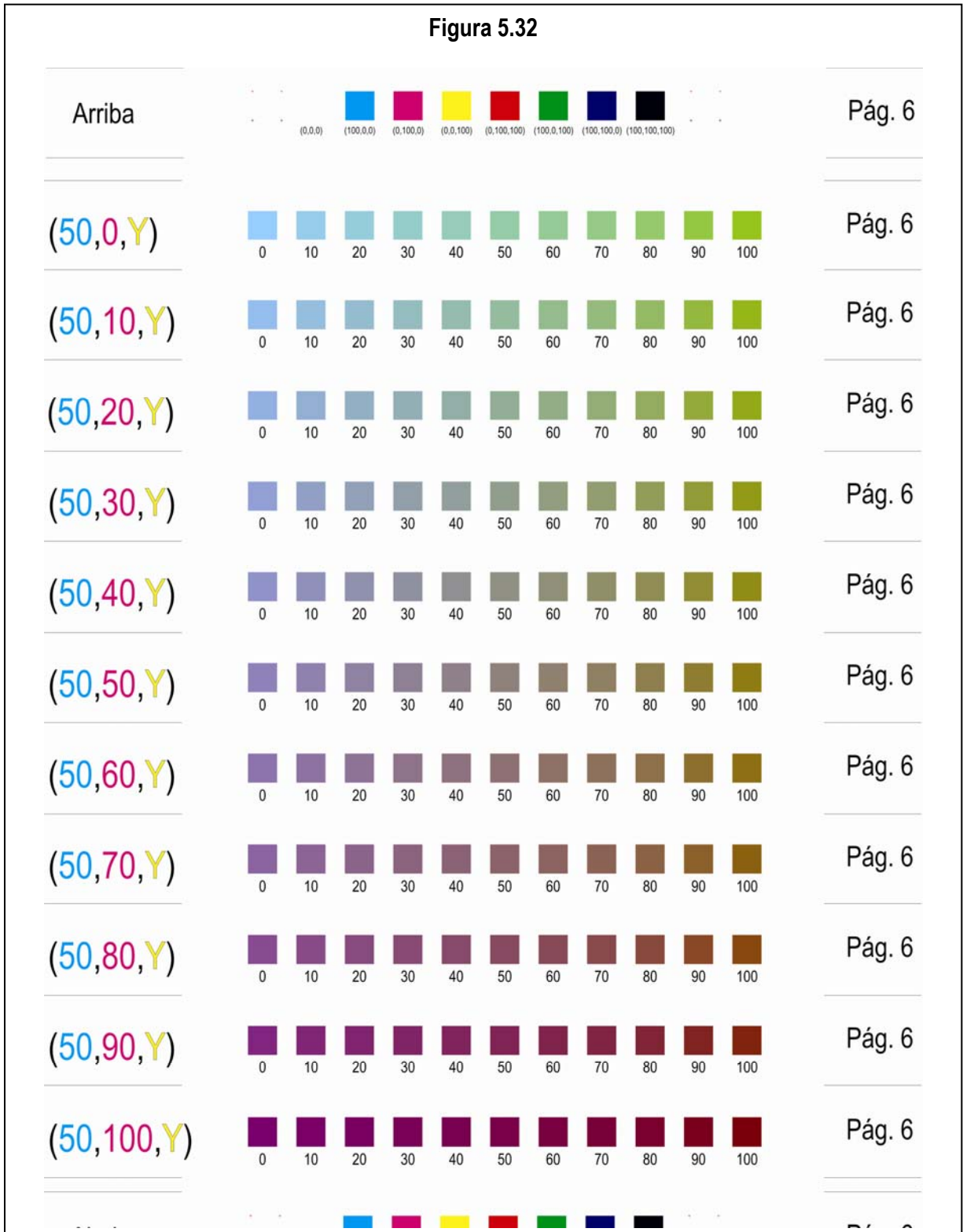
## 5.2 Calibrado de la Impresora

Como ya se indicó, uno de los objetivos del presente trabajo era emplear una impresora convencional para la reproducción de colores que luego podrían ser usados, por ejemplo, en la elaboración de un test de color desarrollado por nosotros.

Para ello se hace imprescindible realizar un calibrado de la impresora utilizada, en concreto la Epson Stylus Color 880. Con este calibrado podremos hallar la matriz de transformación del sistema XYZ CIE 1931 al sistema CMY de primarios de la impresora, pudiendo entonces imprimir cualquier color del que conozcamos sus valores triestímulo y que pueda obtenerse con la gama de colores asociada al dispositivo. Para la impresión de colores mediante dicha impresora se utilizó el sistema de primarios CMY, o sea, las tintas de la impresora, cian, magenta y amarillo respectivamente. Cada inyector permite 100 niveles de cantidad de tinta, desde 0 a 100, de 1 en 1. Un color cualquiera viene dado por tres valores, la cantidad de cada primario que utiliza, (C,M,Y). Por ejemplo, el color (30,60,20) tiene 30 de cian, 60 de magenta y 20 de amarillo y corresponde a un color morado.

El software de impresión permite seleccionar diferentes perfiles con sus correspondientes ajustes de color. En nuestro caso optamos por cancelar cualquier ajuste de color de tal manera que el color impreso se correspondiera con las cantidades indicadas de cada uno de los primarios.

A modo de ejemplo, en la Figura 5.32 se presentan 121 muestras del calibrado en los que se mantiene constante el valor  $C=50$ . En cada columna varía el valor de M, desde 0 a 100 y en cada fila cambia el valor de la tinta amarilla (Y) desde 0 hasta 100. Por lo tanto, las muestras para el calibrado las distribuimos por páginas de igual C, y dentro de cada página, las filas presentan igual M y las columnas presentan igual Y.



Con el objetivo de llevar a cabo un calibrado lo más extenso posible y que fuera viable tomamos una variación de 10 en 10 para la cantidad de tinta por primario, lo que reduce a 11 el número de niveles de cada primario. Por lo tanto, nuestro calibrado se realizará a partir de un total de  $11^3 = 1331$  muestras.

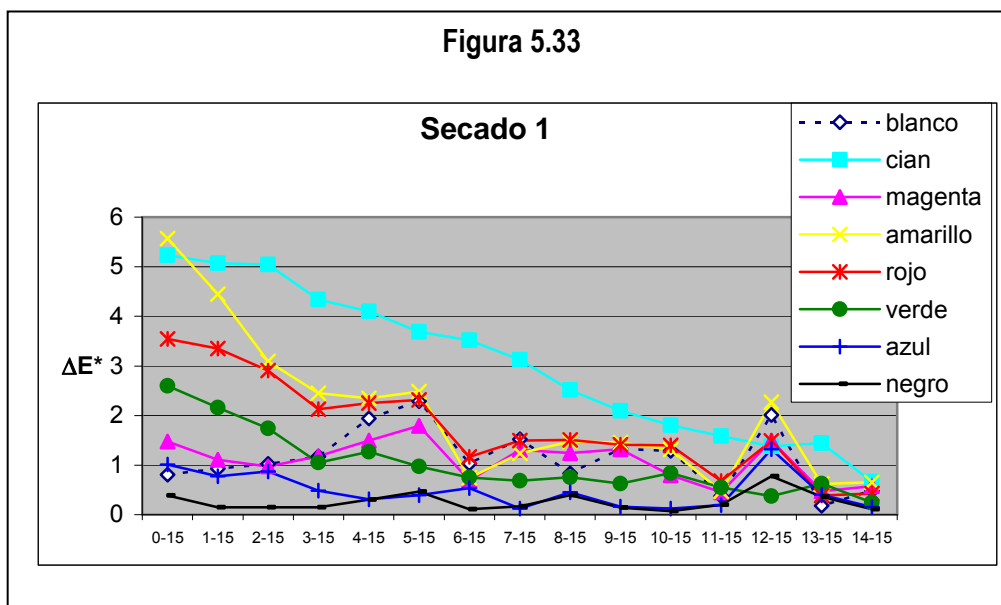
Como se puede ver en la Figura 5.32 las muestras empleadas son cuadrados que tenían 6,5 mm de lado. Aparte de las muestras del calibrado se imprimieron 8 muestras de control arriba y abajo de la página, que llamaremos control de impresión. Estas muestras, de izquierda a derecha son: blanco (0,0,0), cian (100,0,0), magenta (0,100,0), amarillo (0,0,100), rojo (0,100,100), verde (100,0,100), azul (100,100,0) y negro (100,100,100). La misión de estas muestras de control es garantizar la estabilidad de la impresión. Por un lado, que se imprima del mismo modo arriba y abajo de cada página y por tanto en toda la página, y por el otro que en todas las páginas suceda lo mismo. Hemos supuesto que si esto se cumple empleando los primarios al 100% también se cumplirá para el resto de colores.

Otra variable que tuvimos que tener presente fue el papel sobre el que se realizaría la impresión. En el mercado hay una gran variedad de tipos de papel compatibles con la impresora seleccionada. Tras realizar algunas pruebas nos decantamos finalmente por un papel de calidad fotográfica grueso (167 g/m<sup>2</sup>), con una opacidad del 94%, reflectancia según normativa ISO del 97% y un acabado mate para que posibles reflexiones especulares en el papel impreso no afectaran al color percibido. Concretamente el papel seleccionado fue de la marca Epson, modelo Matte Paper – Heavyweight.

Antes de llevar a cabo el proceso de calibración de la impresora propiamente dicho se realizaron dos ensayos relacionados con el mismo con el fin de evaluar colorimétricamente tanto el proceso de ‘secado de la impresión’ como el de ‘envejecimiento de la impresión’

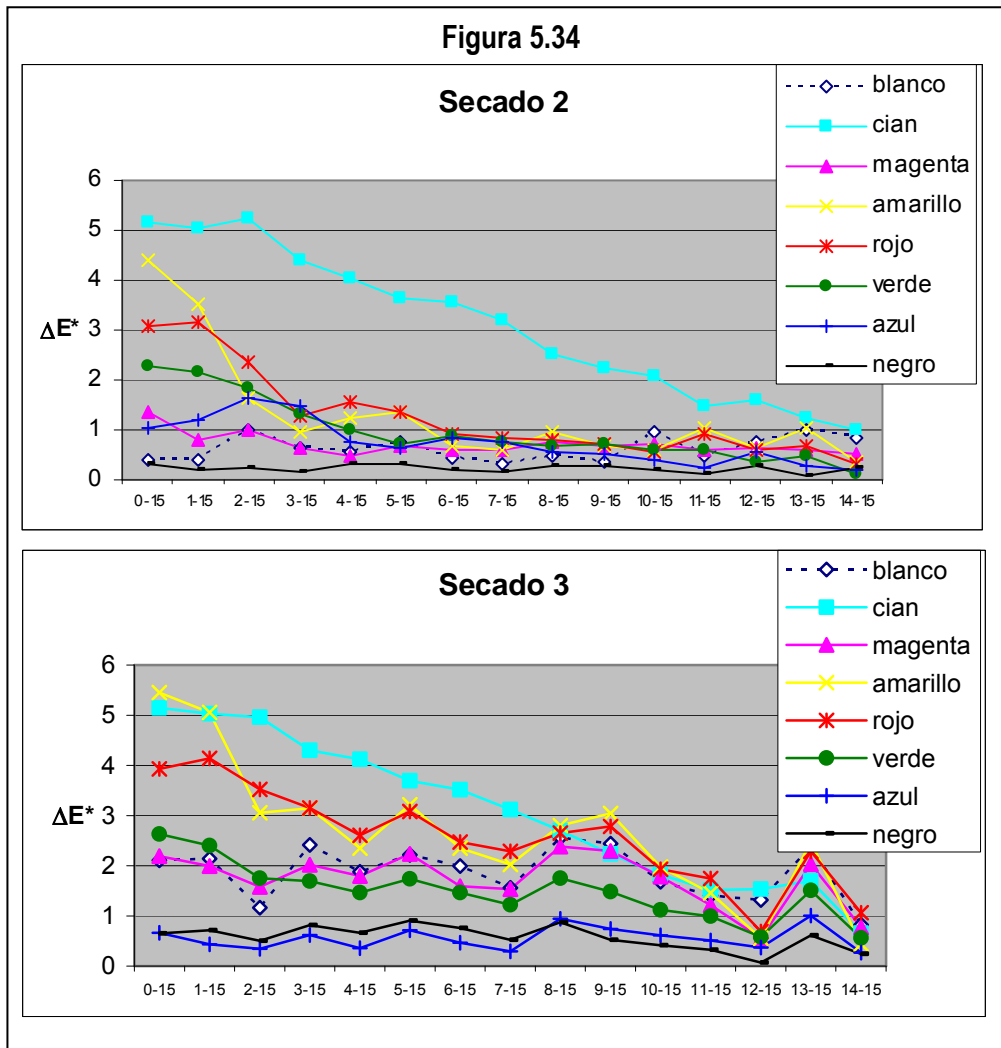
### **5.2.1 Proceso de secado de la impresión**

El objetivo del primer ensayo es saber el tiempo necesario para el secado de la impresión de tal modo que podamos estar seguros de que no haya variaciones del color impreso debidas al proceso de secado mientras se realiza el calibrado de la impresora. Para ello se hicieron tres pruebas de impresión de 8 colores cada una: blanco, cian, magenta, amarillo, rojo, verde, azul y negro, con el mismo formato que el utilizado para las muestras de control de impresión, pero impresas en tres zonas distintas del papel.



Se imprimieron las muestras de control y se dejaron secar durante un periodo total de 8 días, durante los cuales se realizaron las medidas como se describe a continuación. Transcurridas 24h desde la impresión se comenzó a medir la reflectancia espectral de los ocho colores de las 3 muestras, dejando transcurrir un intervalo de 12 horas entre medida y medida, lo que supone un total de 15 sesiones de medida durante los 8 días del ensayo. Tras la impresión y después de cada sesión las muestras fueron guardadas en un lugar fresco y oscuro. A partir de las reflectancias medidas en cada sesión se calcularon los valores triestímulo (X,Y,Z), para el iluminante D65 y el Observador Patrón CIE 1931. A partir de estos valores se calcularon las diferencias de color CIELAB, para el iluminante de referencia D65, entre el color de la muestra obtenido en cada sesión y el color final. En la Figura 5.33 podemos observar la evolución de la diferencia de color CIELAB de una de las muestras de control, denominada 'Secado 1', a lo largo del proceso de secado. Como se puede comprobar tras la octava sesión de medida, correspondiente a 4 días (quinto de impresión) de secado, las diferencias de color respecto al color final son inferiores a 3 unidades CIELAB, por lo que resultarán imperceptibles para sujetos con visión normal del color. Con este resultado podemos concluir que una semana después de la impresión se puede considerar que ha terminado el proceso de secado y el color de la impresión no se verá afectado por este motivo.

En la Figura 5.34 se muestra la evolución de la diferencia de color CIELAB durante el proceso de secado de las otras dos muestras analizadas, denominadas 'Secado 2' y 'Secado 3'. Del mismo modo que ocurría con la muestra 'Secado 1' los cambios en los colores medidos resultan imperceptibles para un observador medio a partir del quinto día de medidas pues las diferencias de color calculadas, tomando como referencia el color final, resultan menores de 3 unidades CIELAB.



Por lo tanto podemos concluir que una semana después de la impresión, teniendo en cuenta que entre la impresión y el comienzo de las medidas transcurrieron 24 horas, no hay cambios de color en las muestras que sean debidos al proceso de secado. Como comprobación adicional, transcurridos 3 meses desde la impresión se procedió a medir de nuevo

	$\Delta Y(\%)$	$\Delta x$	$\Delta y$
blanco	2,36	0,0001	0,0002
cian	1,33	0,0000	0,0026
magenta	2,34	0,0006	0,0003
amarillo	0,72	0,0011	-0,0003
rojo	2,37	0,0009	0,0003
verde	1,43	0,0018	0,0024
azul	0,60	-0,0001	0,0001
negro	-0,19	-0,0003	0,0002

la muestra 'Secado 1', verificando que los colores permanecieron inalterados durante este periodo conservando las muestras en las mismas condiciones. En la Tabla 5.27 se muestra la variación del valor triestímulo Y (%) y las variaciones absolutas de las coordenadas cromáticas (x,y) para cada uno de los colores de la muestra 'Secado 1' tras 3 meses de proceso de secado, comparándolas con las medidas realizadas tras 1 día de secado.

Como vemos las variaciones son mínimas y se mantienen dentro del error instrumental del dispositivo de medida (x,y) y tolerancia (Y). Este resultado indica además que si se conservan las impresiones en un lugar fresco y oscuro, los colores impresos tienen garantizada una estabilidad bastante alta, es decir, que la impresión es duradera. Para nuestros objetivos, estimamos necesaria una impresión estable durante un tiempo mínimo de tres meses. Recordemos que tratamos de encontrar un sistema de producción de test de visión del color que sea económico y lo más versátil posible, por lo que conseguir una estabilidad en la impresión de al menos 3 meses podemos considerar que es un resultado muy satisfactorio.

Por otro lado, los resultados referentes al análisis espectrorradiométrico del test de Ishihara que hemos realizado con anterioridad nos indicaban que aunque el test se deteriorara notablemente desde el punto de vista colorimétrico, la funcionalidad del mismo no se ve muy alterada. Por tanto, podemos suponer que el periodo de validez para la detección y clasificación de anomalías en la visión del color de un futuro test generado mediante impresión será muy superior al periodo de tres meses de estabilidad colorimétrica que hemos verificado con este ensayo.

### **5.2.2 Proceso de envejecimiento de la impresión**

Asegurada la estabilidad de la impresión durante un tiempo suficiente con unas buenas condiciones de conservación debemos tener en cuenta también como pueden afectar a la misma las condiciones de uso. Normalmente, el test será expuesto durante el tiempo que dure la realización de las pruebas a la radiación de la fuente luminosa que se utilice para iluminarlo. Por este motivo consideramos fundamental analizar en qué medida la estabilidad de la impresión se ve afectada por la iluminación a la que se somete el test.

Para llevar a cabo este análisis se realizó un proceso de envejecimiento forzado de las pruebas de impresión. Se seleccionaron tres muestras de control que fueron expuestas en una cabina de iluminación a tres fuentes de distinta composición espectral para ver el efecto que éstas tenían sobre las variables (Y,x,y) medidas con el espectrorradiómetro.

La cabina de iluminación que empleamos permite iluminar las muestras seleccionando entre varias fuentes distintas. Para nuestro estudio elegimos las siguientes: D65, simulador del mismo iluminante CIE con el que llevamos a cabo el Envejecimiento 1; F, lámparas de incandescencia para realizar el Envejecimiento 2; y TL84, lámparas fluorescentes para realizar el Envejecimiento 3. En la Figura 5.35 tenemos la distribución espectral relativa de cada uno de estos iluminantes.

Para el primer proceso de envejecimiento, Envejecimiento 1, seleccionamos el iluminante D65 de la cabina y se expuso la muestra durante un periodo total de tres meses. En una primera etapa se midieron las reflectancias de los colores de la muestra de control cada 3 días durante 30 días (10 veces). En una segunda etapa se disminuyó la frecuencia de medida a 4 días con un total de 13 medidas (52 días). Y por último se realizó una última medida 8 días más tarde para completar un total de 90 días de envejecimiento, o sea, los 3 meses comentados anteriormente.

En la Figura 5.36 se observa la evolución de las variables (Y,x,y) obtenidas a partir de las reflectancias medidas bajo iluminante D65 y Observador Patrón CIE-31. En la Tabla 5.28 se indican las variaciones de Y(%) y de las coordenadas de cromaticidad (x,y) para cada color de la muestra durante el proceso 'Envejecimiento 1', tomadas entre la última medida, realizada a los 90 días de exposición, y la primera medida, realizada antes de comenzar el proceso.

Podemos observar que tras los 90 días de envejecimiento en estas condiciones las variaciones en luminancia y coordenadas de cromaticidad de los colores medidos

Figura 5.35

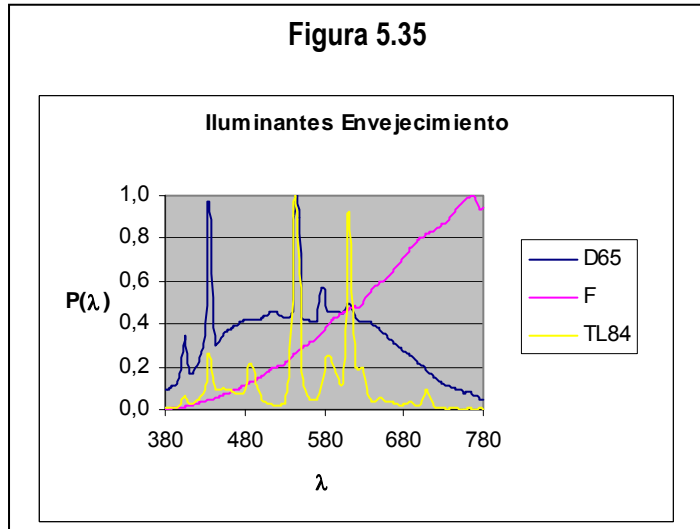
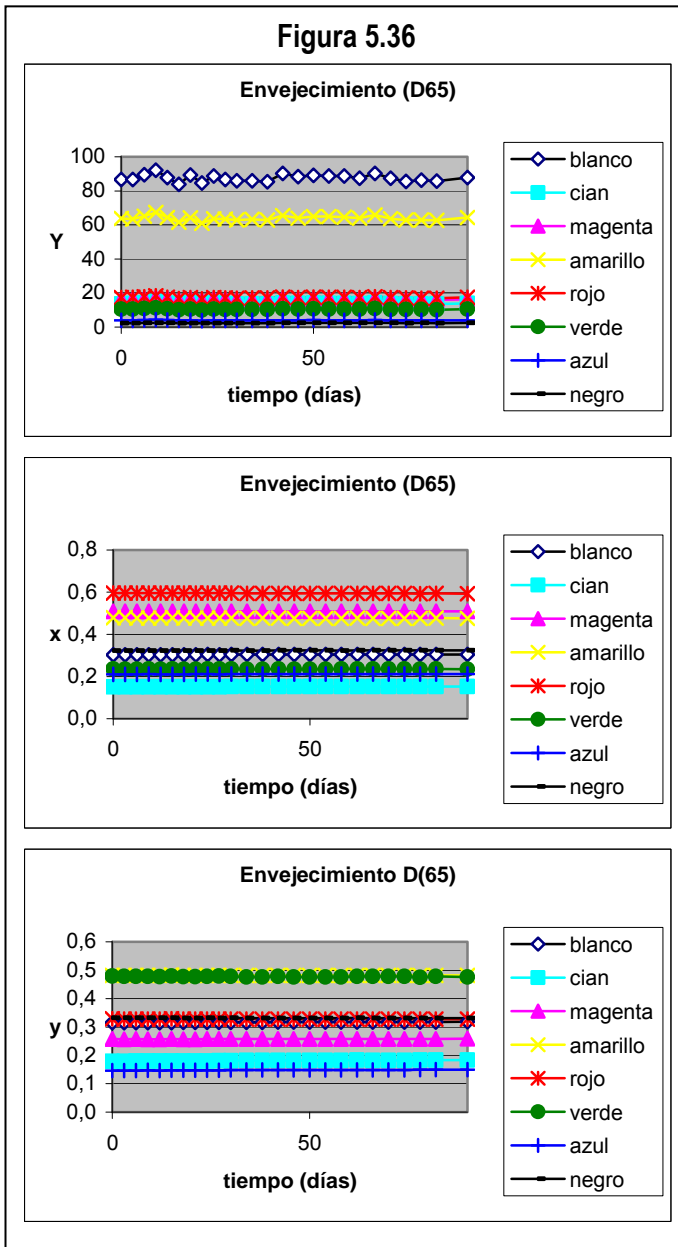


Figura 5.36





son inferiores a la incertidumbre del instrumento de medida por lo que las diferencias de color no serán perceptibles para observadores con visión normal del color.

Resaltamos en negrita, Tabla 5.28, los colores en los que alguno de los parámetros ha tenido mayores variaciones. Más adelante calcularemos las diferencias de color y sus componentes en unidades CIELAB para comprobar si son inferiores a 3 unidades y por tanto imperceptibles para un observador medio.

	$\Delta Y(\%)$	$\Delta x$	$\Delta y$
blanco	1,48	0,0018	0,0027
<b>cian</b>	1,97	0,0009	<b>0,0041</b>
magenta	0,06	-0,0004	0,0011
amarillo	0,84	-0,0028	-0,0008
rojo	0,16	-0,0030	-0,0009
<b>verde</b>	0,76	-0,0010	<b>-0,0042</b>
azul	-0,18	0,0016	0,0029
negro	3,32	0,0007	-0,0016

Siguiendo un método similar hemos repetido este análisis para el proceso de envejecimiento con los otros dos iluminantes. Los resultados correspondientes al envejecimiento bajo lámparas de incandescencia se muestran en la Figura 5.37 y Tabla 5.29, mientras que los resultados del envejecimiento bajo iluminante fluorescente se muestra en la Figura 5.38 y Tabla 5.30. En estos dos casos, la frecuencia de medida fue 9 días, realizando un total de 10 sesiones de medida durante un tiempo total de 3 meses.

	$\Delta Y(\%)$	$\Delta x$	$\Delta y$
blanco	-1,83	0,0003	0,0006
<b>cian</b>	-4,82	-0,0001	<b>0,0048</b>
magenta	-4,78	0,0000	-0,0004
amarillo	-3,01	-0,0014	-0,0005
rojo	-4,46	-0,0021	-0,0010
verde	-3,55	-0,0014	-0,0017
azul	-4,99	0,0009	0,0019
negro	-1,93	0,0008	-0,0010

	$\Delta Y(\%)$	$\Delta x$	$\Delta y$
blanco	-1,52	0,0007	0,0011
<b>cian</b>	-2,29	0,0002	<b>0,0045</b>
magenta	-2,76	-0,0004	-0,0005
<b>amarillo</b>	-0,28	<b>-0,0032</b>	-0,0006
rojo	-4,89	-0,0019	-0,0015
<b>verde</b>	-2,42	-0,0025	<b>-0,0033</b>
azul	-1,79	0,0003	0,0014
negro	-0,29	0,0000	-0,0016

Atendiendo a los resultados de las Tablas 5.28-5.30 comprobamos que para algunos colores (resaltados en negrita) las variaciones en las coordenadas de cromaticidad superan los valores de incertidumbre del espectrorradiómetro (0,003), mientras que en todos los casos las variaciones relativas de luminancia  $\Delta Y(\%)$  son inferiores a la tolerancia del 5%. En la Tabla 5.31 hemos calculado las diferencias de color, luminancia, croma y tono en unidades CIELAB para dichos colores: cian (F), cian (TL84), amarillo (TL84) y verde (TL84). Se observa que el único color tras 90 días de envejecimiento

	$\Delta E^*$	$\Delta L^*$	$\Delta C^*$	$\Delta H^*$
<b>Cian (F)</b>	<b>3.44</b>	<b>0.97</b>	<b>2.14</b>	<b>2.51</b>
Cian (TL84)	2.79	0.46	1.68	2.18
Amarillo (TL84)	2.61	0.09	2.53	0.64
Verde (TL84)	0.96	0.44	0.43	0.73

que experimenta cambios superiores a 3 unidades CIELAB es el cian envejecido con lámparas de incandescencia.

Figura 5.37

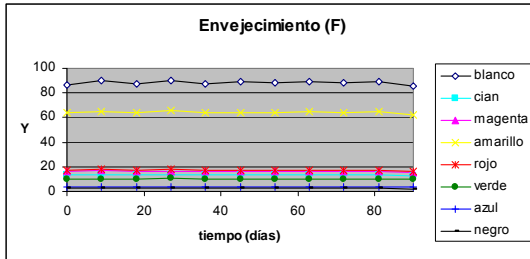
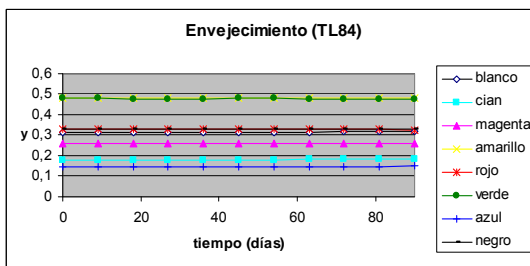
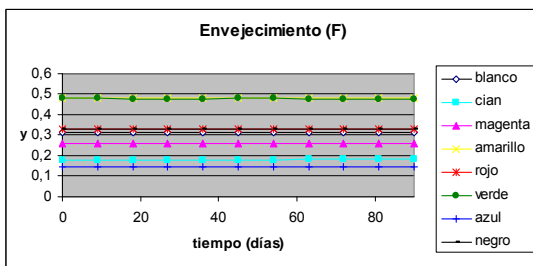
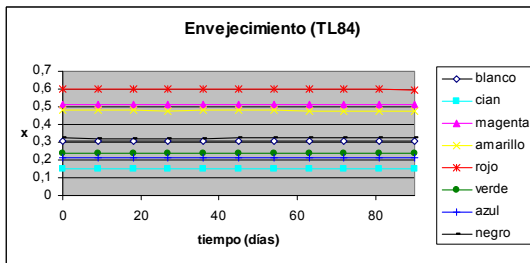
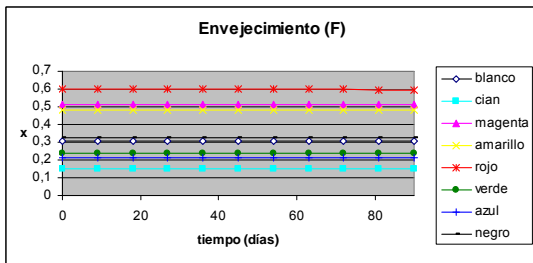
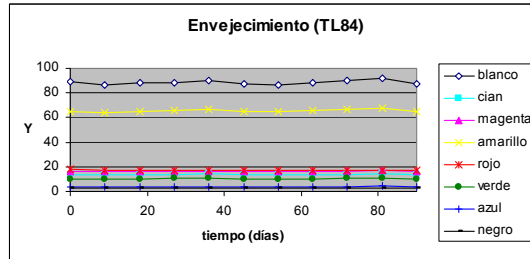
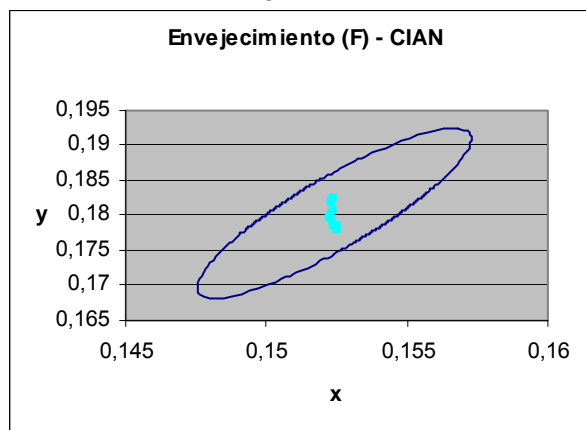


Figura 5.38



Para comprobar si esta diferencia de color resultaría perceptible para un observador medio nos fijamos en que son las diferencias en Croma y Tono las que contribuyen más a incrementar la diferencia de color. Por lo tanto lo que más varía en principio en el envejecimiento de este color es la cromaticidad. En la Figura 5.39 hemos representado en el diagrama CIE 1931 las distintas posiciones del color cian a lo largo del periodo de envejecimiento bajo lámparas de incandescencia, junto con la elipse de discriminación cromática de Luo Rigg más próxima a esa zona del diagrama y centrada en la media de todas las medidas del

Figura 5.39

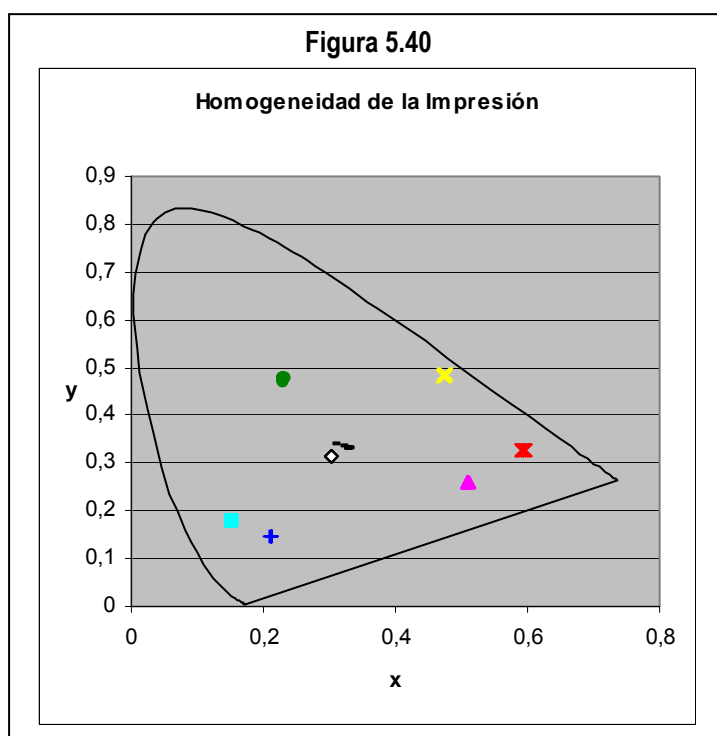


envejecimiento para este color. Se observa que todos los puntos quedan dentro de la elipse por lo que tampoco resultarán perceptibles los cambios en dicho color.

Por otro lado, viendo el tamaño de la elipse de discriminación frente a la variación de las coordenadas cromáticas, podemos pensar que el límite establecido como diferencias de color perceptible de 3 unidades CIELAB podría incluso resultar riguroso, pudiendo ampliar este límite a una cantidad mayor. Si bien, habría que estudiarlo para cada caso particular según la zona del diagrama cromático de que se trate y suponiendo que la luminancia, como ha pasado en todos los casos, sea el atributo que menos cambia durante el envejecimiento de las muestras analizadas.

### 5.2.3 Homogeneidad de la impresión

En la Figura 5.32 vimos que junto con las muestras del calibrado se imprimieron unas muestras de control en la parte superior e inferior de la página para comprobar si podíamos considerar la impresión de los primarios homogénea tanto por el lugar de la página donde se realizará como para distintas páginas. El conjunto total de muestras para el calibrado de la impresora está compuesto por 11 páginas con dos muestras de control en cada página y 8 colores en cada muestra de control. Para analizar la homogeneidad de la impresión se midieron las reflectancias de los 8 colores de las muestras de control en las 11 páginas y en las 2 posiciones de cada página, es decir 22 medidas de reflectancia por cada uno de los 8 colores de la muestra de control. A partir de las reflectancias se calcularon los valores triestímulo y coordenadas cromáticas para el iluminante D65 y para el Observador Patrón CIE 1931. En la Figura 5.40 se representan en el espacio de color CIE 1931 los puntos correspondientes a los 8 colores de las muestras de control. En la Tabla 5.32 se presentan los resultados de las desviaciones estándar para las coordenadas cromáticas y para el valor triestímulo  $Y(\%)$  de los colores de las muestras de control. En todos



los casos se observa que las variaciones obtenidas en las coordenadas de cromaticidad son siempre inferiores a la incertidumbre de las medidas con el instrumento por lo que podemos concluir que la impresión presenta en cromaticidad una alta homogeneidad espacial, independientemente de la hoja de papel utilizada y de la zona de la página en la que se realiza la impresión.

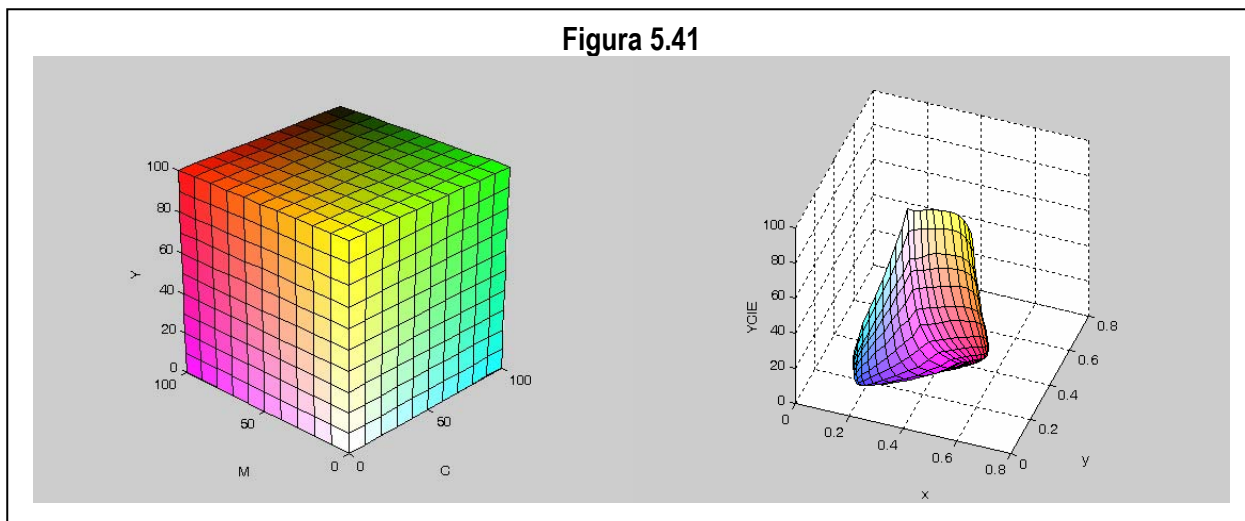
Tras el análisis colorimétrico de los procesos de secado, envejecimiento y homogeneidad podemos concluir que la impresión de colores mediante el dispositivo utilizado es temporalmente estable y duradera, así como espacialmente homogénea. Hemos comprobado que la estabilidad de los colores se mantiene durante un periodo de al menos

	$\Delta Y(\%)$	$\Delta x$	$\Delta y$
blanco	1,75	0,0001	0,0003
cian	2,08	0,0004	0,0015
magenta	1,62	0,0006	0,0006
amarillo	1,64	0,0004	0,0004
rojo	1,29	0,0014	0,0003
verde	1,90	0,0007	0,0016
azul	1,87	0,0005	0,0006
negro	1,72	0,0041	0,0020

tres meses, ya sea tanto en condiciones ideales de conservación (lugar fresco y oscuro) como en condiciones de uso bajo distintos iluminantes. Si consideramos que el principal factor de degradación del test será el tiempo de exposición a la luz, hemos comprobado que su color se mantendrá estable al menos durante 90 días de exposición continuada, lo que supone un total de 2160 horas de uso continuado. Si el tiempo necesario para la realización del test es aproximadamente de media hora podemos considerar que el test puede utilizarse al menos 4320 veces, lo cual es un número suficientemente elevado para cumplir nuestro objetivo. Por tanto podemos considerar que la generación de un test de visión del color mediante impresión gráfica es un procedimiento factible y que puede tener una gran aplicación práctica.

## 5.2.4 Calibrado de la Impresora

Una vez realizadas las comprobaciones previas que hemos analizado con detalle en los apartados anteriores se procedió al calibrado colorimétrico de la impresora. Una vez impresas las 11 páginas con los patrones de calibrado (121 por página), similares a la mostrada en la Figura 5.32, se midieron las reflectancias espectrales de las 1331 muestras que constituyen el calibrado del test. Recordemos que cada uno de los parámetros (C,M,Y) varían de 0 a 100, con paso de 10 unidades. A partir de las reflectancias espectrales obtenidas se calcularon los valores triestímulo y las coordenadas cromáticas para el iluminante D65 teórico y el Observador Patrón CIE 1931. En la Figura 5.41 se representan los colores de las muestras del calibrado tanto en el sistema CMY como en el sistema CIE 1931 (x,y,Y).



A continuación llevamos a cabo una interpolación 3D a partir de la matriz que hemos obtenido, que será una matriz de 1331 filas y 8 columnas ( $X, Y, Z, x, y, C', M', Y'$ ), en las que aparecen los valores triestímulo, las coordenadas cromáticas y los valores de las cantidades de cian, magenta y amarillo. Mediante un software desarrollado al efecto con Matlab 6.1 basado en la función 'griddata3' y un procedimiento de interpolación y comprobación mediante transformación inversa, al introducir en la matriz de calibrado el vector  $(X, Y, Z)$  del color deseado el programa nos devuelve los valores (CMY) necesarios para obtener por impresión el color más próximo. Una vez obtenidos los valores (CMY) se midió para algunos ejemplos los colores que se imprimieron y tras calcular los valores triestímulo se compararon con los deseados para comprobar la efectividad en la reproducción de colores mediante nuestro dispositivo de impresión. La función 'griddata3' ajusta datos tridimensionales a una hipersuperficie sin necesidad de que los datos estén distribuidos uniformemente. La elección de la superficie se fundamenta en el método de la triangulación de Delaunay con el que el ajuste de puntos se realiza maximizando el mínimo ángulo de cada uno de los triángulos que van uniendo los puntos para evitar el uso de triángulos alargados en la interpolación.

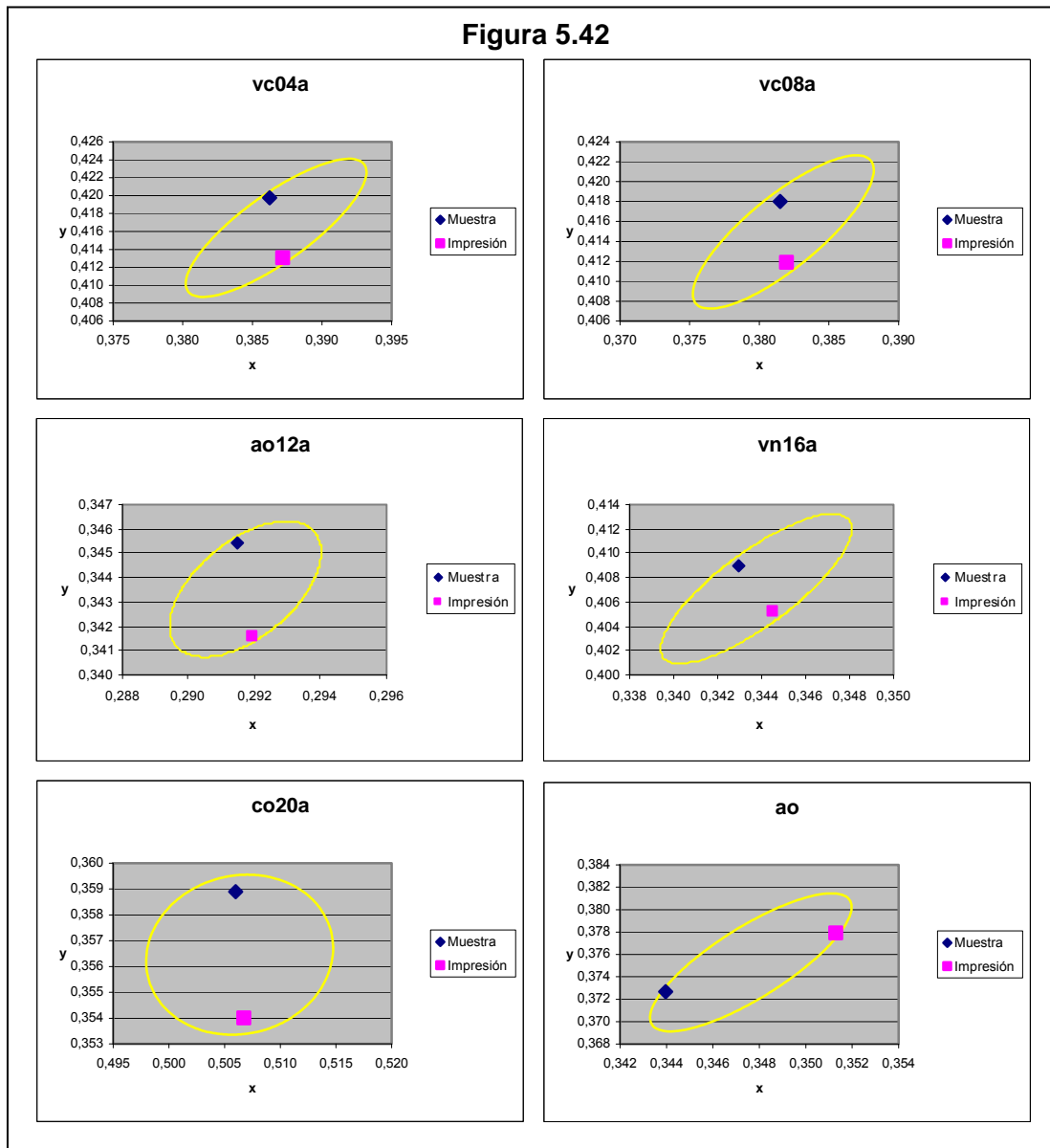
En la Tabla 5.33 se presentan el valor triestímulo Y junto con las coordenadas cromáticas en el espacio CIE 1931 para el iluminante D65 de algunos conjuntos de muestras que queríamos reproducir. En dicha tabla se presentan también dichos parámetros para las muestras reproducidas o impresas, así como las diferencias en Y(%) y en las coordenadas  $(x, y)$ . Los conjuntos de muestras ejemplo fueron los colores que aparecen en las láminas 4, 8, 12, 16 y 20 del test de Ishihara en su edición de 1973, así como un conjunto de muestras elegido por nosotros caracterizadas por presentar un salto de 10 unidades en el valor triestímulo Y. A este último conjunto de 11 muestras se le denominó "miscolors". En la primera columna se indica el nombre asignado a cada muestra.

Tabla 5.33 Resultados de las Interpolaciones.									
Nombre	Muestra			Impresión			Diferencias		
	Y	x	y	Y	x	y	$\Delta Y(\%)$	$\Delta x$	$\Delta y$
<b>Miscolores</b>									
no	30,00	0,4168	0,4304	27,39	0,4172	0,4265	-9,54	0,0004	-0,0039
nn	40,00	0,4168	0,4304	37,30	0,4124	0,4323	-7,22	-0,0044	0,0019
nc	50,00	0,4168	0,4304	48,13	0,4193	0,4310	-3,89	0,0025	0,0006
<b>ao</b>	<b>30,00</b>	<b>0,3513</b>	<b>0,3779</b>	<b>28,72</b>	<b>0,3440</b>	<b>0,3727</b>	<b>-4,47</b>	<b>-0,0073</b>	<b>-0,0052</b>
an	40,00	0,3513	0,3779	38,81	0,3484	0,3776	-3,08	-0,0029	-0,0003
ac	50,00	0,3513	0,3779	47,93	0,3501	0,3784	-4,32	-0,0012	0,0005
ro	30,00	0,3978	0,3579	26,79	0,3987	0,3575	-11,96	0,0009	-0,0004
rn	40,00	0,3978	0,3579	38,55	0,3976	0,3557	-3,76	-0,0002	-0,0022
rc	50,00	0,3978	0,3579	48,12	0,4017	0,3584	-3,91	0,0039	0,0005
vo	30,00	0,3810	0,4526	28,92	0,3750	0,4551	-3,73	-0,0060	0,0025
vn	40,00	0,3810	0,4526	38,00	0,3775	0,4533	-5,25	-0,0035	0,0007
<b>L04A</b>									
vo04a	21,75	0,4003	0,4402	20,77	0,4037	0,4460	-4,70	0,0034	0,0058
vn04a	31,60	0,3964	0,4362	30,50	0,3979	0,4337	-3,63	0,0015	-0,0025
<b>vc04a</b>	<b>43,95</b>	<b>0,3862</b>	<b>0,4198</b>	<b>41,51</b>	<b>0,3872</b>	<b>0,4131</b>	<b>-5,87</b>	<b>0,0009</b>	<b>-0,0067</b>
no04a	28,04	0,4801	0,3968	26,82	0,4824	0,3968	-4,54	0,0023	0,0000
nn04a	37,23	0,4533	0,3969	36,75	0,4580	0,3964	-1,31	0,0047	-0,0005
nc04a	51,01	0,4064	0,3902	50,37	0,4091	0,3894	-1,29	0,0027	-0,0009
ao04a	24,34	0,3236	0,4002	24,20	0,3272	0,3979	-0,57	0,0036	-0,0022
ac04a	44,49	0,3468	0,4070	42,90	0,3511	0,4032	-3,71	0,0043	-0,0038
ro04a	27,41	0,4153	0,3379	25,13	0,4201	0,3311	-9,09	0,0048	-0,0069
rc04a	45,66	0,3797	0,3652	45,21	0,3818	0,3639	-1,00	0,0021	-0,0013
<b>L08A</b>									
vo08a	30,77	0,3980	0,4409	29,10	0,3998	0,4365	-5,75	0,0018	-0,0043
vn08a	44,50	0,3919	0,4308	41,06	0,3926	0,4268	-8,38	0,0008	-0,0040
<b>vc08a</b>	<b>55,20</b>	<b>0,3815</b>	<b>0,4180</b>	<b>52,96</b>	<b>0,3820</b>	<b>0,4119</b>	<b>-5,21</b>	<b>0,0050</b>	<b>-0,0052</b>
no08a	30,96	0,4809	0,3882	28,92	0,4841	0,3851	-7,02	0,0032	-0,0031
nn08a	41,08	0,4584	0,3949	40,42	0,4608	0,3954	-1,65	0,0024	0,0005
nc08a	55,52	0,4068	0,3875	52,82	0,4107	0,3813	-5,11	0,0039	-0,0062
ao08a	32,82	0,3261	0,3956	31,78	0,3268	0,3925	-3,28	0,0007	-0,0031
ac08a	50,12	0,3475	0,4091	47,32	0,3524	0,4061	-5,93	0,0049	-0,0030
ro08a	28,82	0,4282	0,3441	27,04	0,4308	0,3424	-6,60	0,0025	-0,0018
rc08a	54,28	0,3860	0,3717	52,09	0,3883	0,3681	-4,21	0,0023	-0,0035
<b>L12A</b>									
vo12a	23,74	0,3978	0,4470	22,95	0,3980	0,4449	-3,44	0,0002	-0,0021
vn12a	37,31	0,3913	0,4302	37,37	0,3941	0,4278	0,14	0,0028	-0,0024
vc12a	51,42	0,3777	0,4117	49,58	0,3780	0,4082	-3,72	0,0002	-0,0034
no12a	26,95	0,4683	0,3973	25,43	0,4672	0,3964	-5,99	-0,0011	-0,0009
nn12a	38,99	0,4451	0,3948	38,45	0,4485	0,3957	-1,41	0,0033	0,0009
nc12a	54,54	0,3958	0,3856	52,96	0,3987	0,3851	-2,97	0,0029	-0,0006
<b>ao12a</b>	<b>27,02</b>	<b>0,2915</b>	<b>0,3455</b>	<b>26,90</b>	<b>0,2920</b>	<b>0,3416</b>	<b>-0,62</b>	<b>0,0014</b>	<b>-0,0046</b>
ac12a	43,89	0,3310	0,3753	43,67	0,3334	0,3713	-0,52	0,0024	-0,0040
<b>L16A</b>									
vo16a	27,42	0,3391	0,4244	26,70	0,3390	0,4247	-2,72	-0,0001	0,0003
<b>vn16a</b>	<b>47,01</b>	<b>0,3430</b>	<b>0,4090</b>	<b>43,87</b>	<b>0,3445</b>	<b>0,4051</b>	<b>-7,15</b>	<b>0,0028</b>	<b>-0,0046</b>
vc16a	57,87	0,3536	0,4033	56,51	0,3551	0,4016	-2,41	0,0016	-0,0018

Tabla 5.33 Resultados de las Interpolaciones.									
Nombre	Muestra			Impresión			Diferencias		
	Y	x	y	Y	x	y	$\Delta Y(\%)$	$\Delta x$	$\Delta y$
ro16a	27,36	0,4432	0,3409	26,54	0,4440	0,3437	-3,09	0,0008	0,0028
rn16a	42,42	0,4156	0,3546	41,59	0,4188	0,3540	-1,98	0,0032	-0,0006
rc16a	54,16	0,3886	0,3568	51,83	0,3713	0,3332	-4,48	-0,0173	-0,0236
yo16a	51,54	0,4712	0,4518	50,92	0,4698	0,4548	-1,22	-0,0015	0,0030
yc16a	61,15	0,4416	0,4708	61,03	0,4384	0,4737	-0,20	-0,0033	0,0028
<b>L20A</b>									
go20a	17,34	0,2860	0,4571	17,25	0,2869	0,4593	-0,52	0,0009	0,0022
gn20a	37,01	0,3789	0,4184	36,59	0,3829	0,4151	-1,14	0,0040	-0,0034
gc20a	40,11	0,3364	0,4113	39,42	0,3388	0,4066	-1,75	0,0024	-0,0047
mo20a	16,27	0,4179	0,3904	15,88	0,4171	0,3880	-2,44	-0,0008	-0,0024
mn20a	27,23	0,4118	0,4014	26,72	0,4142	0,3990	-1,91	0,0024	-0,0024
mc20a	34,39	0,4518	0,3904	33,92	0,4555	0,3893	-1,37	0,0037	-0,0011
<b>co20a</b>	<b>23,88</b>	<b>0,5060</b>	<b>0,3589</b>	<b>23,44</b>	<b>0,5067</b>	<b>0,3540</b>	<b>-1,88</b>	<b>0,0007</b>	<b>-0,0049</b>
cc20a	44,45	0,4145	0,3577	43,87	0,4155	0,3565	-1,33	0,0010	-0,0012
zc20a	31,17	0,3462	0,3682	31,01	0,3489	0,3664	-0,52	0,0027	-0,0018

Hay que destacar que en la mayoría de los casos el color reproducido presenta una variación muy pequeña con respecto al color deseado, para las tres variables estudiadas (Y,x,y). De tal modo que las variaciones quedan por lo general dentro del error instrumental del dispositivo de medida.

Sin embargo hay algunas muestras para las que las diferencias superan el error instrumental, llegando en algunos casos a superar el doble de este valor. Los casos más notables los hemos resaltado en negrita en la Tabla 5.33. Con el fin de averiguar si estas diferencias serían perceptibles, al menos en cuanto a cromaticidad se refiere, hemos representado las coordenadas cromáticas del color deseado, del color obtenido mediante impresión y la elipse de discriminación cromática de Luo-Rigg centrada en el punto medio de ambos colores. Los resultados se muestran en la Figura 5.42.



En todos los casos vemos que las cromaticidades tanto de la muestra como su reproducción quedan dentro de la elipse, por lo que serán percibidos como el mismo color por observadores con visión normal del color.

Las diferencias en luminancia, esto es en Y, en algunos casos, los menos, superan el error instrumental. Si calculamos la diferencia de color en el peor de los casos, correspondiente a 'ro' del conjunto "miscolores" en el que la diferencia es del 11,96% con una diferencia de 2,97 unidades CIELAB, siendo las diferencias en luminancia, croma y tono, 2,87, 0,70 y 0,25 respectivamente. Como vemos en este caso no se supera el límite de las tres unidades CIELAB. Si el objetivo fuera realizar un test de visión del color basado en láminas pseudoisocromáticas, aunque la diferencia en luminancia fuera mayor, ya hemos indicado que no sería demasiado importante porque la luminancia, mientras aparezcan



distintos niveles, no es un atributo determinante a la hora de detectar o clasificar anomalías en la visión del color.

Tras todas estas consideraciones podemos concluir que mediante la utilización de una impresora de inyección de tinta se puede conseguir un sistema muy fiable en cuanto a la reproducción de colores, partiendo de los parámetros  $(Y,x,y)$  y además con una durabilidad bastante buena. Esta capacidad de reproducir colores fielmente nos permite poder encontrarle muchas aplicaciones dentro de las que nos gustaría hacer mención especial a la posibilidad de elaborar un test de visión del color, ya sea a base de pruebas pseudoisocromáticas o mediante pruebas de ordenación de colores de un modo económico, rápido y además, personalizado.

El sistema que hemos estudiado y el modo en que hemos trabajado presenta una característica que debemos resaltar. Recordemos que para hacer el calibrado de la impresora se midieron las reflectancias de las muestras. Esto fue crucial para dar una gran versatilidad al sistema. La matriz de transformación, sobre la que se basa la interpolación, se construye en base a los valores triestímulo tanto de las muestras del calibrado como de los colores deseados. Pero, para obtener los valores triestímulo necesitamos introducir el iluminante bajo el cual se realizará la observación de las muestras reproducidas. En nuestro caso, en las consideraciones anteriores, siempre hemos utilizado el iluminante D65 teórico. Sin embargo, podríamos utilizar cualquier otro iluminante y obtener mediante interpolación los valores CMY de tal forma que tras la impresión el color resultante se obtenga bajo el iluminante deseado. Es decir, podríamos diseñar un test de visión del color hecho a medida de un iluminante concreto, de modo que si conocemos la distribución espectral del iluminante bajo el que se desarrollará el test, podríamos generar las muestras de color para esas condiciones particulares de iluminación. De igual forma si conociéramos las funciones de mezcla de un sujeto podríamos generar muestras con distinta reflectancia espectral que vistas bajo distintos iluminantes fuesen percibidas con el mismo color por el sujeto (metamerismo de objeto e iluminante).

Considerando la gran versatilidad y múltiples posibilidades de un sistema de reproducción del color basado en una impresora de inyección de tinta calibrada como el que hemos descrito y teniendo en cuenta el bagaje adquirido sobre el funcionamiento de los test de visión del color constituidos por láminas pseudoisocromáticas, nos planteamos en el último apartado del presente capítulo describir los aspectos básicos y el proceso seguido a la hora de desarrollar un test de visión del color propio que mejora las prestaciones de los ya existentes.

## 5.3 Nuevo test de Visión. SRH Color Test

### 5.3.1 Consideraciones previas

Una de las primeras decisiones que tomamos, antes incluso de comenzar la parte experimental del trabajo, fue que el principal objetivo sería elaborar nuestro propio test basado en láminas pseudoisocromáticas (PIC). De todos los tipos de test que existen, los de láminas PIC son los más empleados para estudiar la visión del color. Son de muy fácil manejo e interpretación por lo que presentan también la posibilidad de ser empleados para estudios epidemiológicos con muchos observadores además del uso en clínicas oftalmológicas o centros optométricos.

A la hora de abordar la tarea de diseñar un nuevo test para la visión del color es necesario preguntarse qué pretendemos del test. Esta pregunta nos llevó a reflexionar sobre los puntos fuertes y débiles de los test que ya existen en el mercado. Todas las consideraciones que vamos a exponer ya se han visto en capítulos precedentes pero estimamos oportuno recopilarlas en estos momentos, a modo de resumen.

La mayoría de los test basados en láminas PIC son de detección, esto es, permiten conocer si un sujeto presenta una determinada anomalía cromática pero no permiten cuantificarla adecuadamente, como es el caso del test de Ishihara.

Debido a la baja prevalencia de las deficiencias congénitas amarillo-azul, la mayor parte de test basados en láminas PIC no incluyen esta anomalía en sus objetivos y están dedicados exclusivamente a la detección de anomalías rojo-verde. No obstante, consideramos importante que un test basado en láminas PIC permita detectar y evaluar ambos tipos de anomalías, teniendo en cuenta además que la anomalía amarillo-azul suele aparecer como consecuencia de algunas enfermedades.

No existen test PIC que permitan distinguir a los observadores dicrómatas de los tricrómatas anómalos severos. Esto es lógico, pues las líneas isocromáticas de los anómalos tricrómatas severos presentan las mismas orientaciones que las de los dicrómatas. La diferencia entre unos y otros estriba en la extensión de esas líneas, pues en los dicrómatas cruzan todo el espacio de color mientras que en los tricrómatas anómalos severos se va reduciendo la extensión de las líneas a medida que el nivel de anomalía disminuye (Birch, 1974). Este es un problema insalvable. Basándonos en muestras impresas con tintas, no podremos encontrar colores que caigan sobre la misma línea isocromática y que estén tan alejados entre sí como para no tener duda de que la confusión de los mismos sólo podría llevarla a cabo un dicrómata.

Algunos test PIC más recientes, como el HRR, incluyen láminas destinadas a la clasificación y cuantificación de las anomalías cromáticas en tres niveles: leve, moderado y severo.

Por lo indicado hasta el momento, nuestro objetivo para esta última etapa del trabajo es claro: diseñar un test de visión del color basado en láminas PIC que permita detectar, clasificar y cuantificar tanto anomalías rojo-verde como amarillo-azul.

Como primer paso para cumplir este objetivo podríamos conformarnos con igualar las prestaciones de alguno de los test que ya existen, utilizando nuestro propio diseño de láminas. En ese caso podría decirse que el trabajo es 'más de lo mismo' y poco original. Por esa razón, al diseñar nuestro nuevo test, quisimos dar un paso más e intentar mejorar los ya existentes, por lo que se hace necesario revisar antes sus principales inconvenientes.

Numerosos estudios han puesto de manifiesto la necesidad de utilizar simuladores de luz día durante la realización de las pruebas de detección de anomalías cromáticas incluyendo las PIC, (Bailey et al., 2004; Dain, 1998; Chioran, 1983). Como el color depende del iluminante con que se observe, es obvio que el funcionamiento de los test dependerá en gran medida del iluminante empleado durante el examen. Por ello, las instrucciones de los test suelen incluir unas recomendaciones en cuanto a las condiciones de iluminación bajo las que se deben observar las láminas. El iluminante recomendado es la luz día, o simuladores de la misma, pero normalmente son lámparas caras o difíciles de conseguir. Debido a esto, en muchas ocasiones se pasan los test sin controlar las condiciones de iluminación lo que indudablemente repercutirá en unos resultados poco fiables.

Otro inconveniente que hemos detectado surge a la hora de seleccionar los colores que constituirán el test. Nos referimos a la necesidad de que los colores a confundir se sitúen sobre las líneas de confusión. La mayor parte de las líneas de confusión empleadas en el diseño de los test derivan de las líneas de confusión establecidas por Pitt en 1935 y corregidas por Judd (1945) cuyos puntos de confusión son en coordenadas cromáticas: D(1.08,-0.08), P(0.75,0.25) y T(0.17,0). En la literatura hay muchos autores que proponen otras líneas de confusión para las líneas deután, dependiendo de la zona del espectro que consideremos, del tipo de igualaciones colorimétricas con luces o superficies (Nimeroff, 1979; Halsey et al., 1952; Fry, 1992), encontrando valores para la coordenada x de 1.08 a 2.30 y para la coordenada y de -0.08 a -1.3 para las líneas deután. Por ejemplo, a partir de la 4ª edición del HRR se utilizan los puntos de confusión ( $x = 1.4$ ,  $y = -0.4$ ) en su concepción, lo que hace que se pueda conseguir una mayor capacidad de clasificación y cuantificación de anomalías (Bailey, 2004). Salvo en diseños recientes, la mayoría de los test utilizan las líneas de confusión clásicas. El problema subyace en que una vez seleccionadas las líneas

de confusión se eligen todos los colores de las láminas en función de ellas. Si, por alguna razón, las líneas no fueran adecuadas, todo el test dejaría de ser fiable por lo que habría que rediseñarlo y volver a producirlo.

En definitiva encontramos dos inconvenientes principales en el diseño de los test tradicionales: los colores de las láminas están basados en unas determinadas líneas de confusión y el test sólo funciona correctamente si las láminas se muestran bajo el iluminante para el que ha sido diseñado.

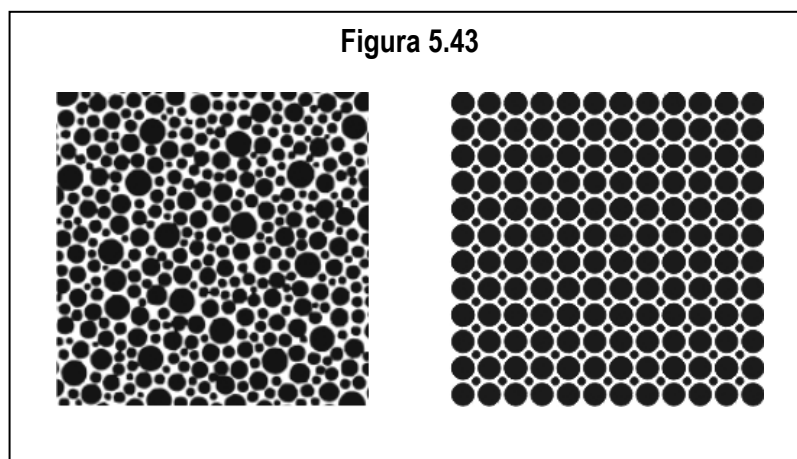
Pues bien, bajo nuestro punto de vista, nuestro sistema de producción de colores es tan versátil que podemos superar estos problemas. Recordemos que el calibrado de la impresora se hizo a partir de las reflectancias de las muestras impresas y con ellas se calcularon las coordenadas de cromaticidad y el valor triestímulo  $Y$  de los colores que conforman nuestra matriz de transformación, introduciendo en los cálculos el iluminante bajo el que queremos utilizar el test. Si para calcular el color utilizamos otro iluminante, encontraremos la matriz que necesitamos y por tanto calcularemos los valores CMY, para los  $x,y,Y$  deseados, según el iluminante que hayamos seleccionado. Podemos diseñar un test 'personalizado' para lámparas de incandescencia, fluorescentes, leds o cualquier otra iluminación adecuada para realizar igualaciones colorimétricas, todo ello con el mismo esfuerzo. Debido al auge de la utilización de leds en los sistemas de iluminación, pensamos que es un tipo de iluminación que sin duda habrá que tener en cuenta en el diseño de futuros test de visión del color basados en muestras impresas.

Por otro lado, el utilizar una impresora de inyección de tinta a color para imprimir los test nos da la libertad de cambiar en cada diseño los colores seleccionados. Esto nos permite elegir las líneas de confusión que estimemos oportunas según la zona del espectro que vayamos a emplear y sobre las mismas elegir los colores que deseemos ( $x,y,Y$ ) y con la matriz de transformación obtenida mediante el calibrado encontrar los valores (CMY) que buscamos.

La elección de colores a emplear es otro de los factores que hacen diferentes unos test de otros. Según el tipo de anomalía a estudiar en una determinada lámina se emplean colores pertenecientes a una zona concreta del espacio de color. En nuestro caso, debido a la versatilidad de producir esos colores, a partir del calibrado que ya analizamos en este mismo capítulo, se convierte en una preocupación secundaria, pues el cambiar de colores no supondrá el esfuerzo, ni de trabajo ni económico, que supone en los sistemas tradicionales de imprenta que se emplean para la elaboración de los test más utilizados.

En resumen, consideramos que nuestro sistema permite solucionar muchos de los problemas que hemos detectado en la elaboración de otros test.

La última consideración importante que debemos plantearnos es la forma que tendrá nuestro test. La mayoría de las láminas PIC están formadas por círculos coloreados. En la Figura 5.43 se muestran los dos tipos de diseños habituales: de matrices ordenadas de círculos de igual tamaño (derecha), o de círculos de tamaño variable distribuidos aleatoriamente (izquierda). Como vimos en la introducción existen test comerciales con



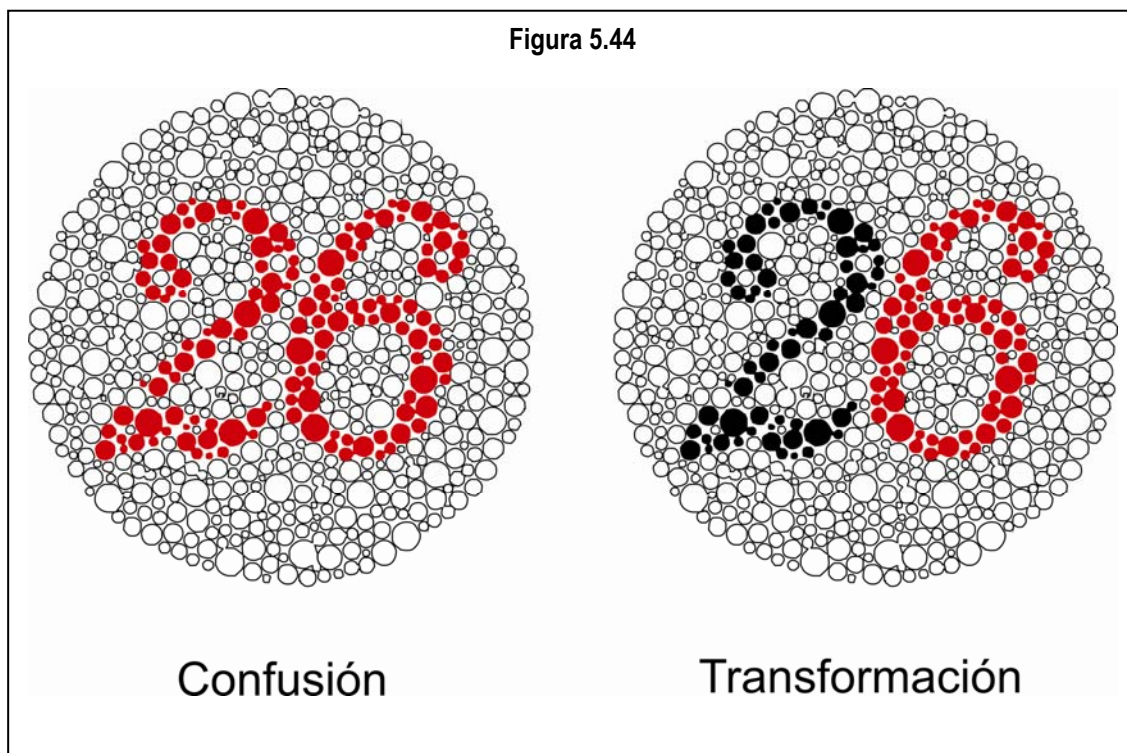
ambas distribuciones, pero la mayor parte presentan la de círculos de tamaño variable distribuidos aleatoriamente. Birch (1976) comprobó que los resultados con uno u otro diseño pueden ser igualmente válidos y, por tanto, podríamos elegir cualquiera de las dos. Sin embargo y como veremos a continuación nos decantamos por un diseño de láminas novedoso.

### 5.3.2 Diseño del test

La gran mayoría de test de láminas pseudoisocromáticas comerciales utilizan círculos coloreados para su elaboración. Como vimos esta tendencia se mantiene desde la concepción de este tipo de test en 1887. Un buen diseño de este tipo de láminas debe cumplir un requisito fundamental y es que toda la información que extraiga el observador de la lámina sea exclusivamente por diferencias de cromaticidad. Por tanto han de evitarse a toda costa elementos como líneas, marcas, etc. que proporcionen información extra al observador. Por ello los diseños de círculos de diferente tamaño y distribuidos aleatoriamente, aunque hemos visto que no es la única posibilidad.

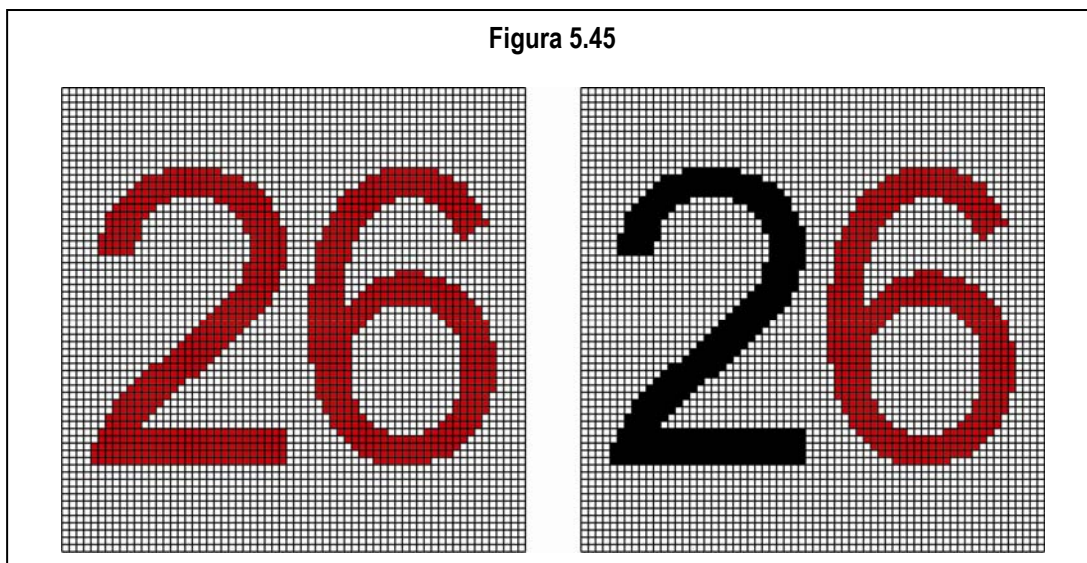
Como ya sabemos, existen varios tipos de láminas PIC: de confusión, de transformación, de dígito oculto y de diagnóstico. En todas las láminas PIC, menos en las de confusión, se pueden distinguir al menos tres zonas, según la finalidad de los colores de los

círculos que las componen: el fondo, el objeto o figura y la zona de confusión. En las láminas de confusión sólo se distinguen dos zonas: fondo y figura. Los círculos del fondo y de la figura deben estar rellenos de colores que se distingan por observadores normales y por observadores anómalos, mientras que la zona de confusión estará integrada por colores que sean confundidos con los del fondo. En la Figura 5.44 vemos un esquema de una lámina de confusión y el de una lámina de transformación. En las mismas podemos distinguir el fondo (círculos blancos), el objeto o figura (círculos negros) y la zona de confusión (círculos rojos). En el ejemplo, cuando se añadan los colores adecuados a cada zona en la lámina de confusión, un sujeto con visión normal del color distinguirá un 26, y un anómalo no identificará ningún objeto reconocible. En cambio, en la lámina de transformación, una vez coloreada, un defectivo apreciará solamente un 2, frente al 26 que verán los sujetos con visión normal del color.

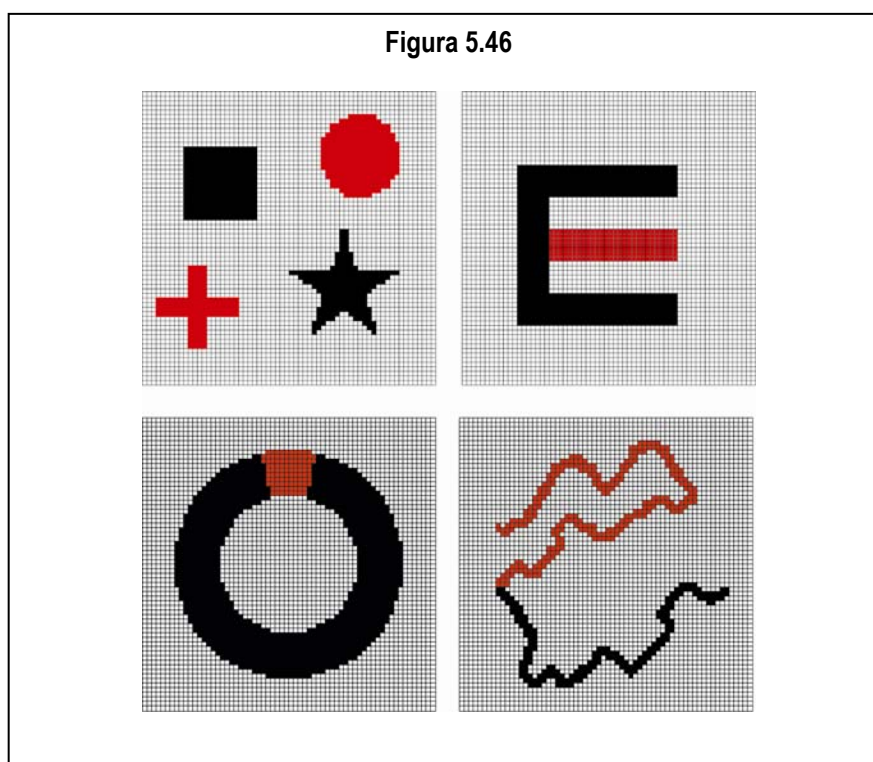


Para nuestro test, en lugar de utilizar círculos de distinto tamaño utilizaremos una matriz de pequeños cuadrados coloreados. El software que hemos desarrollado nos permite seleccionar el tamaño de la matriz hasta un máximo de (80x68). Todas las láminas y esquemas que presentamos en esta memoria han sido elaboradas con una matriz de 64x64. En la Figura 5.45 representamos el esquema de una posible lámina de nuestro test. Se trataría de una lámina con dos o tres zonas: fondo (blanco), figura u objeto (negro) y zona de

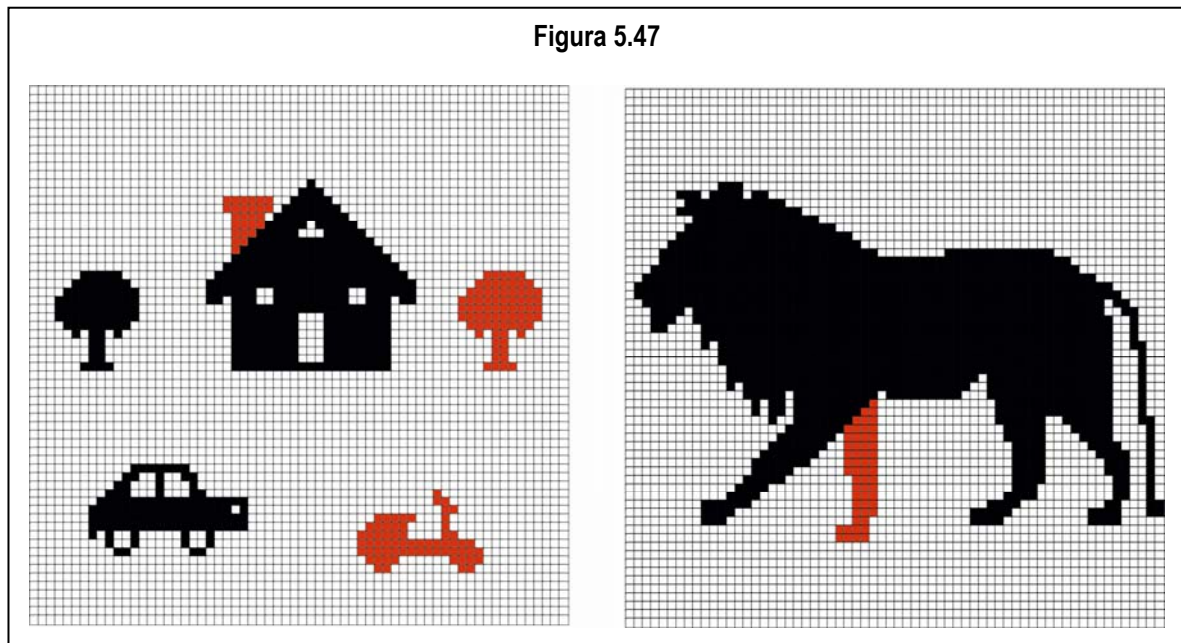
confusión (rojo). La explicación del funcionamiento de esta lámina, al incorporar color, es análoga al del ejemplo anterior con círculos.



El sistema de elaboración de test que hemos ideado a base de pequeños cuadrados nos permite realizar todo tipo de dibujos. La idea es emular imágenes pixeladas, con lo que las posibilidades de dibujar cualquier objeto son muy grandes, todo lo que permite la matriz empleada, 64x64 en nuestro caso. Podemos emular test de los ya existentes representando números o caminos, figuras geométricas, optotipos clásicos como la E de Snellen o anillos de Landolt, Figura 5.46



Para niños hemos diseñado varios tipos de láminas. En ellas hemos dibujado objetos familiares y fáciles de reconocer como animales, bicicletas, casas, etc. En la Figura 5.47 podemos ver dos ejemplos de las láminas que mejor aceptación tienen. En la lámina de la derecha, una vez coloreada, un observador defectivo percibirá un león con tres patas en lugar de cuatro como vería un sujeto con visión normal del color. En la lámina de la izquierda una persona con una discriminación cromática normal percibe una imagen compuesta por una casa con chimenea, un árbol a cada lado de la casa, un coche y una motocicleta. En cambio, el defectivo percibirá una casa sin chimenea, un árbol a la izquierda y un coche.

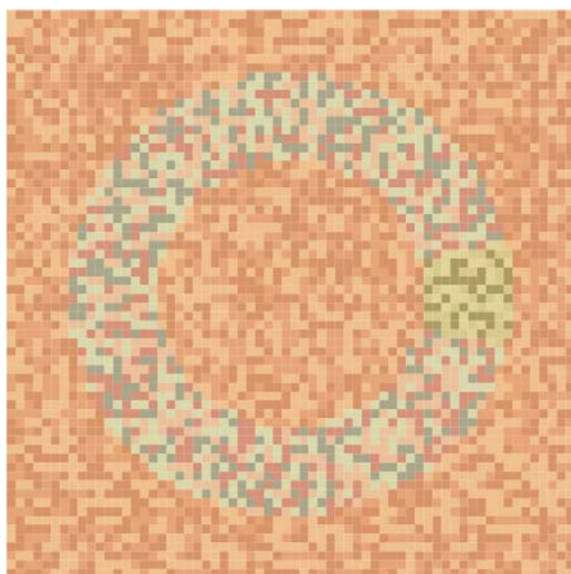


La siguiente fase en el diseño de las láminas PIC de nuestro test consistió en colorear las mismas. Los cuadrados de cada zona se colorearán con los colores seleccionados para su correcto funcionamiento, teniendo en cuenta la línea de confusión tomada como referencia y el iluminante bajo el que se desee presentar el test.

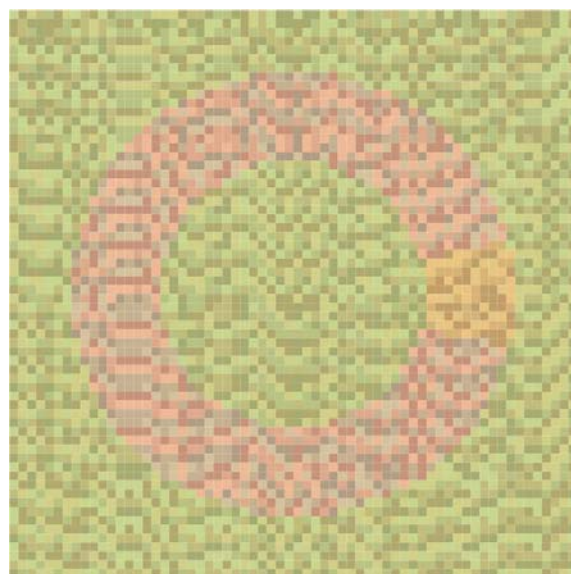
Como vimos, los test PIC más recientes incluyen detección de anomalías rojo-verde y amarillo-azul. Gracias a nuestro sistema, a partir de un determinado esquema, podemos seleccionar los colores adecuados para conseguir láminas destinadas a la detección de ambos tipos de anomalías y adaptadas al iluminante que deseemos.



En las primeras láminas que diseñamos con nuestro procedimiento empleamos los colores de algunas láminas del test de Ishihara. En dicho test cada zona de una lámina presenta 3 colores distintos con distintas cromaticidades y niveles de luminancia. Aparentemente, la distribución de esos colores en los círculos de cada zona, que recordemos también eran de distinto tamaño, es aleatoria, asegurando así que el observador no obtiene información del objeto por contraste de luminancia.

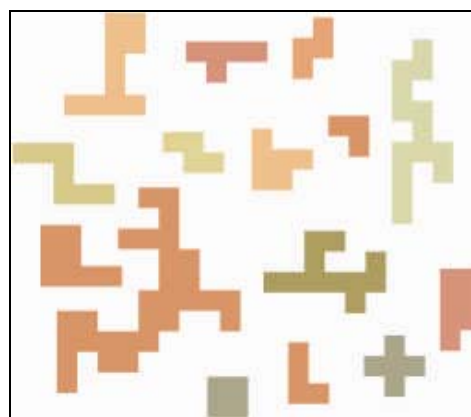


**Figura 5.48.** Colores Lámina 6 Ishihara (1973).



**Figura 5.49** Colores propios.

En nuestras láminas, los cuadrados de cada zona se rellenan con esos tres colores de modo aleatorio, Figuras 5.48 y 5.49. Entre cuadrados no hay separación por lo que cuando un mismo color rellena varios cuadrados adyacentes se constituye una unidad de color con una forma y tamaño variable. A modo de ejemplo, en la Figura 5.50 presentamos algunas de esas formas. Todo esto significa que nuestra forma unitaria ya no es un cuadrado, sino agrupaciones aleatorias de cuadrados con forma y tamaño variable.



**Figura 5.50** Formas Aleatorias.

Esta es otra de las novedades que presenta nuestro test con respecto a los demás. Se han sustituido los círculos de distintos tamaños y bordes definidos por figuras de distintas formas y tamaños distribuidas aleatoriamente a lo largo de cada una de las zonas de la lámina.

Otra de las características por las que un test de visión del color puede diferenciarse de los demás es por el conjunto de colores usados en cada una de sus láminas. Por tanto, en lugar de emplear colores ya utilizados decidimos hacer nuestra propia selección.

Los colores que elegimos para cada zona de la lámina debían satisfacer una serie de condiciones:

- 1) Los colores de cada zona tendrían la misma cromaticidad (x,y), o lo más parecida posible. Por tanto, sólo presentará dos o tres cromaticidades según la lámina fuera de confusión, o no.
- 2) Independientemente de la zona habría en total 3 niveles de luminancia distintos en cada lámina.

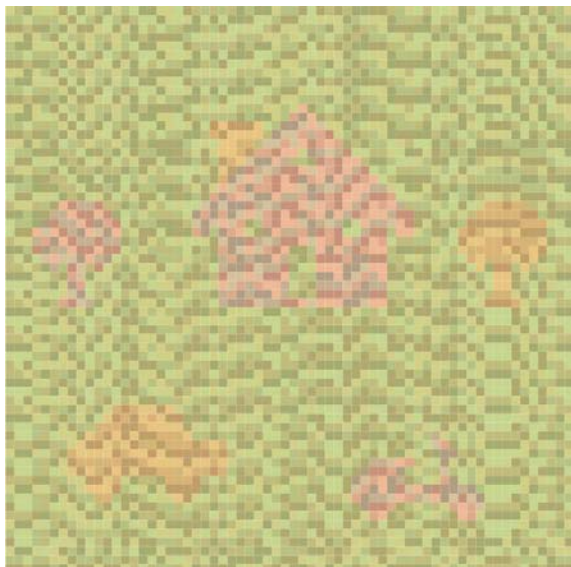
La primera condición se justifica porque tras el análisis espectrorradiométrico del test de Ishihara descubrimos que las láminas que mejor funcionan son aquellas en que, para una misma zona, los colores están muy próximos en el diagrama (x,y). Es decir, tienen cromaticidad parecida aunque puedan tener niveles de luminancia diferentes.

La segunda condición también está fundamentada en los resultados del análisis del test de Ishihara, al comprobar que los niveles de luminancia de los colores de una zona no eran los mismos que los de otra. Varios estudios sugieren que en un buen diseño de lámina PIC, el contraste de luminancia entre colores a confundir, es decir, situados en la misma línea de confusión, debe ser menor del 5% (Birch, 1975; Lee et al. 2003). Como comprobamos experimentalmente el test de Ishihara no cumple esta premisa. Sin embargo, en nuestra opinión, y la experiencia lo demuestra, las láminas del test de Ishihara funcionan porque hay tanta variación de luminancia entre colores que el sujeto no consigue extraer ninguna información de la forma de la figura en base a este parámetro.

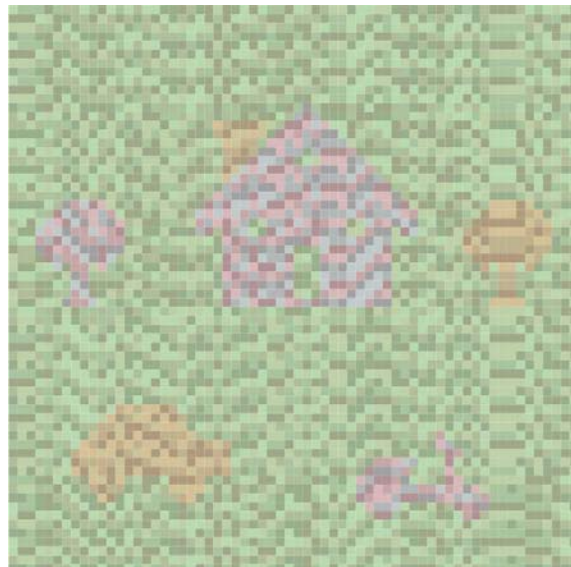
No obstante, siguiendo la recomendación mencionada, impusimos que los colores que utilizamos en las láminas de nuestro test tuvieran sólo tres valores de luminancia, o al menos valores muy próximos a esos tres valores seleccionados. Con nuestra impresora calibrada podemos conseguir que tengan prácticamente la misma cromaticidad con tres niveles de luminancia distintos.

El hecho de que el test de Ishihara sea tan efectivo en la detección de anómalos rojo-verde nos hizo pensar que la característica de presentar para luminancias distintas, cromaticidades no tan parecidas como hemos impuesto, no sería una mala opción. Por eso en lugar de sólo tres colores por zona, nuestro conjunto estará formado por 6 colores para cada zona, 2 cromaticidades (muy parecidas) y 3 luminancias.

En las láminas de confusión, dos zonas, habrá 12 colores (4 cromaticidades y 3 luminancias); mientras que en el resto de láminas, tres zonas, habrá 18 colores (6 cromaticidades y 3 luminancias). En la Figura 5.51 y en la Figura 5.52 tenemos ejemplos de láminas de transformación.



**Figura 5.51** Colores propios bajo D65.



**Figura 5.52** Colores propios bajo iluminante F.

Los valores CMY que utilizamos para reproducir dichos colores fueron calculados para que la lámina se observara bajo iluminante D65. Pero como dijimos, nuestro sistema permite imprimir los colores deseados para distintos iluminantes, lo cual constituye una de las grandes ventajas de nuestro sistema frente a otros. En las Figuras 5.51 y 5.52 podemos apreciar visualmente la diferencia en el resultado de imprimir el mismo tipo de lámina con colores adaptados al iluminante D65 (izquierda) y adaptados al iluminante F, incandescencia de la cabina Verivide (derecha).

Queremos insistir en lo que consideramos uno de los puntos fuertes de nuestro test, la posibilidad de producirlo teniendo en cuenta el iluminante bajo el que se va a observar. Como ya dijimos, es común realizar este tipo de pruebas en condiciones de iluminación distintas a las recomendadas. En nuestro caso, sabiendo las condiciones de iluminación del lugar donde se va a llevar a cabo la observación de las láminas, se calculan los valores CMY adecuados, se vuelve a crear el test y se imprime. Debido al bajo coste de impresión de nuestro test es posible disponer de varias versiones del mismo adaptadas a diferentes iluminantes para utilizar una u otra según las condiciones de iluminación lo requieran.

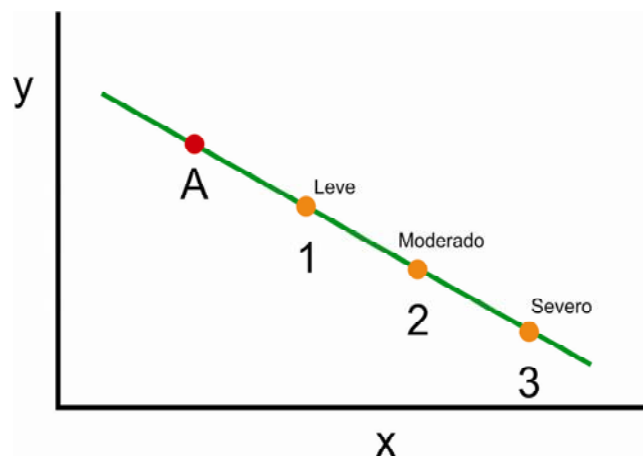
Lo mismo sucede con las líneas de confusión elegidas para el cálculo de los colores a seleccionar en el diseño de las láminas. En la primera edición de nuestro test hemos seleccionado las líneas de confusión estándar porque son las que emplean como referencia

la mayoría de test existentes. No obstante, dada la facilidad de generar una nueva edición de nuestro test para otras líneas de confusión no habría problema en hacerlo si fuese necesario. De hecho, un tema de interés que pretendemos abordar en un futuro estudio es el de realizar una evaluación comparativa de nuestro test con láminas diseñadas para distintas líneas de confusión y un grupo amplio de observadores anómalos. Los resultados pueden aportarnos valiosa información sobre qué líneas de confusión explican mejor el comportamiento de los observadores defectivos.

### 5.3.3 SRH Color Test (1ª Edición)

Tras todas estas pruebas y desarrollos previos, estamos en condiciones de producir un conjunto de láminas impresas con colores bien elegidos para disponer de nuestro propio test de visión del color. Este test nos permitiría detectar anomalías rojo-verde y amarillo-azul pero no tendríamos resuelto el problema de conseguir discriminar entre sujetos protán y deután, ni de cuantificar el nivel de la anomalía.

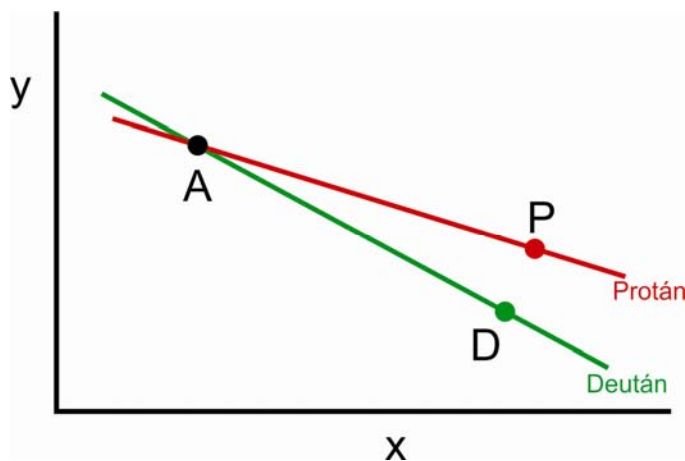
Para resolver el problema de cuantificar la anomalía bastaría, en principio, con introducir más láminas en el test eligiendo convenientemente los colores a emplear. Por ejemplo, hacemos dos láminas destinadas a detectar la misma anomalía; en una utilizamos colores de confusión que estén más alejados entre sí que los utilizados para la otra lámina. Dadas esas láminas, los sujetos que hayan dado la respuesta correspondiente a los anómalos con los colores de confusión más lejanos presentarán mayor deficiencia que los que sólo dieran la respuesta adecuada a su anomalía en la lámina con los colores más próximos. En el ejemplo de la Figura 5.53, dado un color A, consideramos los colores 1, 2 y 3 sobre la misma línea de confusión y con la misma luminancia, cada vez más alejados de A. Un sujeto que no distinga entre A, 1, 2 y 3, tendrá una anomalía mayor que el sujeto que distinga el color 3 del resto y éste mayor que otro que



**Figura 5.53** Cuantificación de anomalías.

distinga el color 2 y el 3 de los otros. Podríamos expresarlo en niveles como leve, moderado y severo.

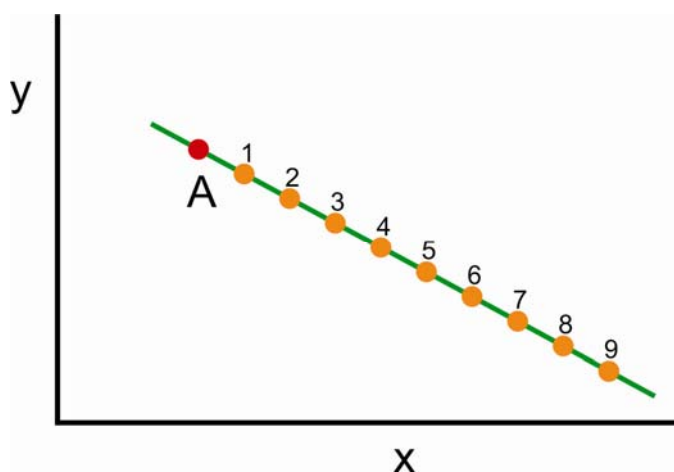
Para entender el procedimiento a seguir para discriminar entre sujetos protán y deután podemos ayudarnos de la Figura 5.54. Dado un color A, si tomamos dos colores de igual luminancia, uno sobre la línea de confusión protán y el otro sobre la deután, una persona que confundiera A con P sería protán y A con D sería deután. Si bien, en este caso hay que prestar mucha atención a dos cuestiones, relacionadas entre sí. Los colores P y D no deben ser confundidos entre sí, por lo que deben estar alejados el uno del otro. Debido a que las pendientes de las líneas deután y protán no difieren en exceso, para que no exista la posibilidad de confundir ambos



**Figura 5.54** Clasificación de anomalías.

colores hay que tomar D y P bastante separados de A, lo que conlleva al riesgo de que estén tan alejados que un anómalo leve distinga P y D sin confundir ninguno con A. Por tanto hay que elegir con mucha atención los colores para las láminas destinadas a la clasificación de anomalías.

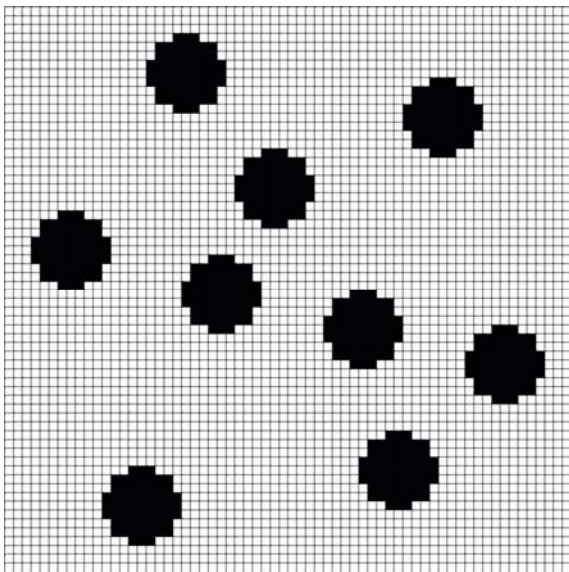
Las láminas de cuantificación que hay en el mercado permiten distinguir como mucho tres niveles de deficiencia. Pensamos que se podrían establecer más niveles de anomalía produciendo láminas con una separación entre colores a confundir cada vez mayor. En la Figura 5.55 tenemos 9 colores en la misma línea de confusión que pasa por otro color dado A. Así, si un sujeto confunde el color A con los colores 1 a 5, diríamos que presenta un nivel de anomalía 5 sobre 9.



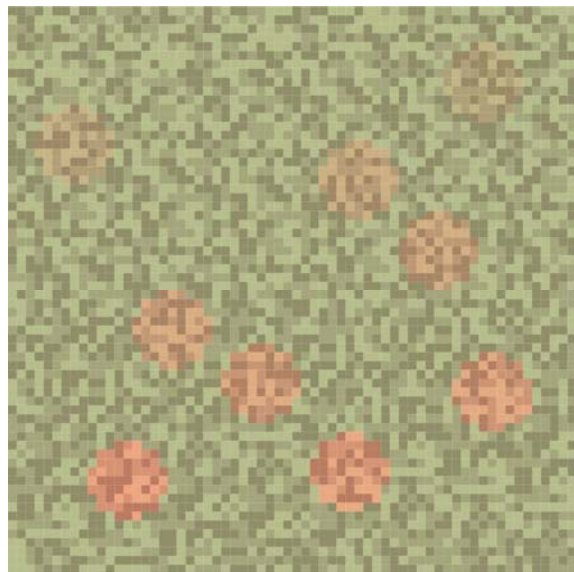
**Figura 5.55** Cuantificación de anomalías.

Por tanto, una forma de cuantificar las anomalías en distintos niveles consistiría en generar tantas láminas como niveles utilizando colores de confusión a diferentes distancias del que se tome como referencia. El problema es que con ello aumentaría el número de láminas que componen el test haciendo más larga y tediosa su presentación a los observadores. Por propia experiencia, hemos comprobado que el tiempo de presentación del test es un factor a tener muy en cuenta, sobre todo cuando los sujetos son niños que pueden distraerse con facilidad, aburrirse y responder prestando poca atención. Por todo ello añadimos a la lista de requisitos que nuestro nuevo test sea muy rápido de utilizar.

Con esa intención ideamos unas láminas de cuantificación diferentes de las que hasta ahora se habían propuesto en otros test PIC. En la Figura 5.56 podemos ver el esquema de una lámina de este tipo. Consiste en 9 círculos distribuidos aleatoriamente por la lámina que se rellenarán con colores que un sujeto dicrómata pueda confundir con el fondo. La diferencia entre los círculos, siguiendo la idea de la Figura 5.55, es que los colores de cada uno de ellos estén a diferente distancia de los colores que componen el fondo. Con ello hemos conseguido una lámina de cuantificación de hasta 9 niveles de anomalía. La tarea a realizar por el observador será simplemente contar el número de círculos que ve, Figura 5.57.



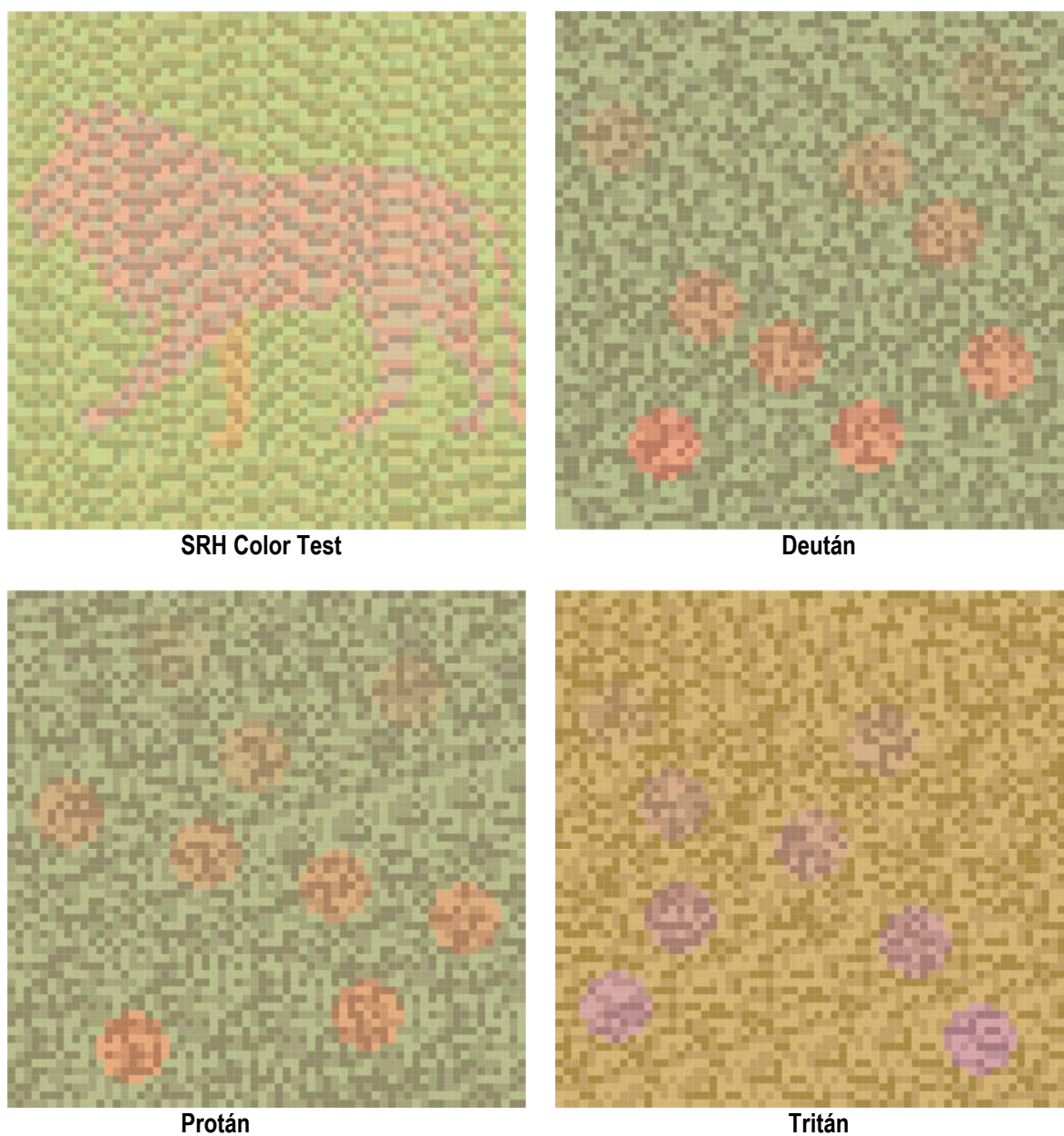
**Figura 5.56** Esquema Lámina.



**Figura 5.57** Ejemplo Lámina.

Para evitar a posibles simuladores, o ayudar a quienes no saben contarlos, el sujeto examinado debe ir señalando cada uno de los círculos que perciba. El nivel de anomalía resultará de restar a 9 el número de círculos que haya percibido el sujeto. Por ejemplo, un sujeto que perciba 3 círculos presentará un nivel 6 de deficiencia (sobre 9).

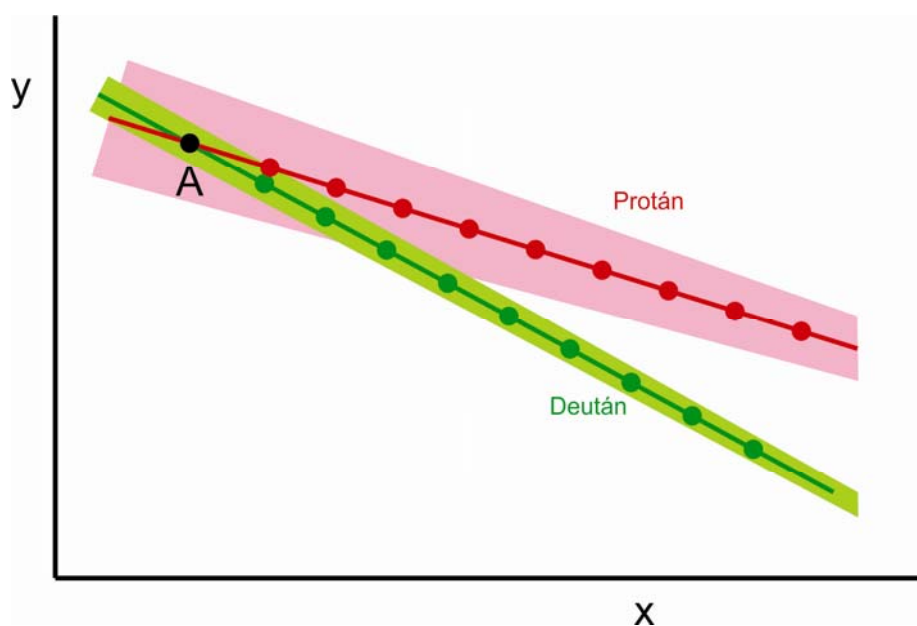
Otro posible inconveniente que presentan los test más empleados es que son tan conocidos y de uso tan generalizado que muchos sujetos han llegado a memorizar las respuestas que deben dar en cada lámina y así pasar el test como si fueran sujetos con visión normal del color. Otra de las ventajas de nuestro sistema es que a la hora de imprimir las láminas podemos cambiar la posición de todos los círculos o intercambiar unos con otros de tal forma que el diseño sea exclusivo y evitar con seguridad el aprendizaje de los test. En las instrucciones del test habría que añadir un esquema de cada lámina indicando la posición de los círculos y el nivel de defecto que representa cada uno, para que incluso sujetos anómalos puedan pasar el test a otras personas.



**Figura 5.58** SRH Color Test.

En la Figura 5.58 presentamos las láminas que componen la primera edición del *SRH Color Test*. Está constituido por 4 láminas, una de detección y 3 de clasificación/cuantificación. La primera lámina, de detección, no es estrictamente necesaria pues bastaría con las otras tres para analizar la visión del color de una persona. Se introduce pensando en motivar sobre todo a los niños y se trata del dibujo de un león que percibirán tanto sujetos normales como anómalos. La diferencia es que un sujeto con anomalía rojo-verde contará 3 patas y un sujeto normal contará 4.

Las tres láminas restantes son de cuantificación pero también sirven para la detección y clasificación de anomalías deután, protán y tritán. Si nos fijamos en las láminas deután y protán, un observador con anomalía rojo-verde (protán o deután) no contará todos los círculos en ninguna de las dos láminas pero contará más círculos en la lámina que no se corresponda con su anomalía. En la Figura 5.59 podemos entender el porqué. Conteniendo a las líneas de confusión, protán y deután, hemos representado sendas áreas de confusión, teniendo en cuenta la variación  $\Delta\theta$  alrededor de cada línea. Un observador protán de nivel 6 confundiría el color A con los 6 puntos más próximos a dicho color que estén situados sobre la línea protán. Además también confundiría el color A con los puntos de la línea deután que estén dentro del área rosada de la figura (3 o 4 puntos). Por tanto, en la lámina deután contará 5 ó 6 círculos, mientras que en la protán contará sólo tres círculos. Ésta circunstancia explica la dificultad de elegir correctamente los colores para elaborar un test PIC de funcionamiento óptimo en la clasificación y cuantificación de anomalías cromáticas.



**Figura 5.59** Funcionamiento láminas deután y protán del SRH Color Test.



Para terminar, podemos mencionar que este test se está utilizando en la asignatura de Prácticas Externas por los alumnos del Grado en Óptica y Optometría de la Universidad de Granada. En dichas prácticas, entre otras actividades, se realizan análisis visuales completos a los niños de diferentes colegios de la provincia de Granada. En el análisis visual incorporan, como pruebas de visión del color, el test de Ishihara y nuestro test. Hasta el momento han realizado ambas pruebas 752 niños entre los que se detectaron 24 anómalos (18 niños y 6 niñas). Según los datos que nos proporcionan los profesores responsables de la asignatura los resultados de ambas pruebas son coincidentes.

El SRH Color Test, además, está siendo utilizado a día de hoy por el Equipo de Orientación Educativa de la Delegación Territorial de Educación de Granada (Junta de Andalucía). Este equipo lo forman 17 médicos que se ocupan de controlar la salud de la población infantil de todos los centros públicos y concertados de la provincia de Granada. Entre las diversas pruebas y revisiones que realizan se incluye un análisis visual que incorpora el control de la visión del color mediante el SRH Color Test.

En un futuro inmediato nuestra intención es iniciar los trámites necesarios para patentar el test. Por otro lado hemos iniciado el proceso de reunir un grupo de personas defectivas suficientemente numeroso para realizar un estudio comparativo de los resultados de nuestro test con los proporcionados por un anomaloscopio. De este modo podremos validar el SRH Color Test con un instrumento de referencia y, en su caso, plantear posibles mejoras para incorporarlas al desarrollo de la 2ª edición.



CAPÍTULO 6.

## **Conclusiones**



## Conclusiones

1. En el estudio inicial sobre contraste umbral para los canales de luminancia y cromáticos hemos comprobado que en la detección del contraste de luminancia existe una interacción interocular, lo que no ocurre para la detección de contrastes cromáticos. En un test de visión del color basado en láminas pseudoisocromáticas, los observadores con visión cromática normal detectarán mejor el contraste cromático de forma 'binocular' que 'monocular' y no existirán diferencias significativas entre la detección de contrastes cromáticos con láminas rojo-verde o amarillo-azul.
2. Se ha llevado a cabo un análisis espectrorradiométrico de tres ediciones del Test de Ishihara (1973, 1995 y 1954). En total se han realizado 2952 medidas de reflectancia espectral, 984 por cada edición, midiéndose para cada color 3 muestras circulares de tamaños diferentes, para cada uno de los 328 colores evaluados en cada edición.
  - El número total de colores distintos presente en cada una de las ediciones no es el mismo: 1973 (62 colores), 1995 (56 colores) y 1954 (61 colores).
  - Las ediciones más parecidas (1954 y 1973) presentan en promedio una diferencia de color de 10,4 unidades CIELAB, mientras que las menos parecidas (1954 y 1995) presentan una diferencia de color media de 15,5 unidades CIELAB, similar a la que presentan entre sí las ediciones de 1973 y 1995 (15,1 unidades CIELAB).
  - Ordenando por componentes, de mayor a menor valor medio, el orden de las ediciones es el siguiente: luminancia (1954, 1973 y 1995), tono (1995, 1954 y 1973) y croma (1973, 1954 y 1995).
3. Analizando los colores de confusión en grupos de láminas equivalentes de las tres ediciones del test, en términos de las variaciones angulares de las líneas de confusión y las elipses de Luo-Rigg, se obtienen las siguientes conclusiones:

- Las láminas (2-5) deben funcionar bien para observadores protán en la edición 1973 y para observadores deután en la de 1995. Los sujetos deután pueden presentar problemas de detección con estas láminas en la edición de 1973 y los protán con la de 1995. En la edición de 1954 es posible que estas láminas no funcionen correctamente para detectar deficiencias rojo-verde.
- Las láminas (6-9, 34 y 35) podrían funcionar bien para los observadores protán en todas las ediciones, mientras que se pueden presentar problemas de detección para los sujetos deután con las ediciones 1954 y 1995. En la edición de 1973 estas láminas deben funcionar correctamente para detectar los dos tipos de deficiencias rojo-verde.
- Las láminas (10-13) deben funcionar adecuadamente para deficiencias protán presentando algún problema en las ediciones 1995 y 1954 para sujetos deután.
- Las láminas (14-17) podrían funcionar correctamente para deficiencias protán en las ediciones de 1954 y 1995. Para los deután estas láminas pueden arrojar falsos negativos en las tres ediciones del test.
- Las láminas (18-21, 28 y 29) deben funcionar de forma correcta para ambas deficiencias con la edición de 1954, mientras que la de 1973 funcionará sólo para observadores protán. En cambio, en la de 1995 estas láminas no parecen ser eficaces para detectar anomalías rojo-verde en los deután.
- Las láminas (22-25) es posible que no funcionen correctamente en la edición de 1995 y en la de 1973 sólo resultan adecuadas con observadores protán. En la edición de 1954 funcionarán bien para observadores deután y de forma poco fiable con los protán.
- Las láminas 26 y 27 sólo pueden funcionar correctamente para observadores deután en la edición de 1954, y para los protán en la de 1973.
- Las láminas 30 y 31 de todas las ediciones del test que hemos estudiado deben funcionar correctamente.
- Las láminas 32 y 33 podrían funcionar correctamente para todos los casos salvo para observadores deután en la edición de 1954.
- Las láminas 36 y 37 deben funcionar adecuadamente en las ediciones de 1973 y 1995 para observadores protán. En la edición de 1995 esta lámina también funciona para los deután. Las láminas de las ediciones de 1973 y 1954 podrían dar

errores de diagnóstico para observadores deután. Las láminas de la edición de 1954 no funcionarán adecuadamente para observadores protán.

4. Ninguna de las ediciones del Test de Ishihara analizadas proporciona resultados fiables para los dos tipos de anomalía rojo-verde en todos y cada uno de los grupos de láminas. Para todas las ediciones evaluadas se obtienen mejores resultados en el análisis de sujetos protán que deután. La edición de mejor funcionamiento para la anomalía protán es la de 1973 y la de peor funcionamiento para la anomalía deután es la de 1995.
5. Ninguna de las láminas de diagnóstico resulta fiable, sea cual sea la edición del test considerada.
6. Se ha llevado a cabo el calibrado colorimétrico de una impresora de inyección de tinta en color convencional, sobre un tipo de papel estándar. Para el calibrado se han generado un total de  $11^3=1331$  muestras, correspondientes a la variación de los tres primarios (CMY) de 0 a 100 unidades con un paso de 10 unidades. Con un espectrorradiómetro se ha medido la reflectancia espectral de cada una de las muestras y se ha determinado su color (Y,x,y) en el espacio CIE 1931 con varios iluminantes de referencia. Mediante un procedimiento de interpolación y transformación inversa podemos determinar los valores CMY necesarios para generar cualquier color Yxy que pertenezca a la gama de color de la impresora con el iluminante elegido.
7. Del análisis colorimétrico de los procesos de secado, envejecimiento y homogeneidad podemos concluir que la impresión de las muestras de color es temporalmente estable y duradera, así como espacialmente homogénea. La estabilidad de los colores está garantizada durante un periodo mínimo de 90 días (2160 horas) de exposición continuada a la luz. Si el tiempo máximo para la realización del test es de media hora, éste podrá utilizarse al menos 4320 veces.
8. Se ha diseñado y elaborado un nuevo test para la detección y evaluación de anomalías en la visión del color basado en láminas pseudoisocromáticas. El test se denomina *SRH Color Test (1ª edición)* y está constituido por 4 láminas, una de detección y 3 de clasificación/cuantificación. El nuevo test permite detectar, clasificar y cuantificar deficiencias rojo-verde (protán y deután) y amarillo-azul (tritán), estableciendo nueve niveles distintos de anomalía. El test puede imprimirse a demanda, adecuándose el color de las láminas al iluminante elegido y a las líneas de confusión tomadas como referencia.





## **Bibliografía**



- Adams, A.J. y Spivey B.E. (1979). "Color vision". Harper y Row. Maryland.
- Artigas, J.M. Capilla, P., Felipe, P y Puyol, J. (1995). "Óptica Fisiológica: psicofísica de la visión". Interamericana/McGraw-Hill.
- Awad, Z., Natt, R.S., Pothier, D.D. (2007). "Ishihara plates on your handheld computer". *Clinical Otolaryngology*, 32: 58-59.
- Babel, J. (1965). "Diagnostic des dyschromatopsies congénitales et acquises". *Ophthalmologica*, 149: 277-294.
- Bailey, J.E., Neitz, M., Tait, D.M. y Neitz, J. (2004). "Evaluation o fan updated HRR color vision test". *Visual Neuroscience*, 21: 431-436.
- Bassi, C.J. Galanis, J.C. y Hoffman, J. (1993)."Comparison of the Farnsworth-Munsell 100-Hue, the Farnsworth-Munsell D-15 and the L'Anthony D-15 desaturated color tests". *Archives of Ophthalmology*, 111: 639-641.
- Belcher, S., Greenshields, K. and Writgh, W.D. (1958). "A colour vision survey". *British Journal of Ophthalmology*, 42: 355-359.
- Beyne, J. (1956). "L'aptitude á percevoir les signaux colorés. Comment l'évaluer de façon certaine". *Clinical Ophthalmologique*, 3: 2-8.
- Birch, J. (1974). "Isochromatic lines and the design of colour vision tests". *Modern Problems in Ophthalmology*, 13: 8-13.
- Birch, J. (1975). "New diagnostic pseudoisocromatic plates for dichromats based on subtractive colour matches". *American Journal of Optometry*, 52: 398-404.
- Birch, J. (1976). "Design of diagnostic tests for congenital and acquired colour vision defects". *Modern Problems in Ophthalmology*, 17: 196-201.
- Birch, J. (1985). "A practical guide for colour-vision examination: Report of the Standarization Committee of the International Research Group on Colour-Vision deficiencies". *Ophthalmic and Physiological Optics*, 5: 265-285.
- Birch, J. (1989). "Uses of the Farnsworth-Munsell 100-Hue test in the examination of congenital colour vision defects". *Ophthalmic and Physiological Optics*, 9: 156-162.
- Birch, J., McKeever, L.M. (1993). "Survey of the accuracy of new pseudoisochromatic plates". *Ophthalmic and Physiological Optics*, 13: 35-40.
- Birch, J. (1997). "Efficiency of the Ishihara test for identifying red-green colour deficiency". *Ophthalmic and Physiological Optics*, 17: 403-408.
- Birch, J. (2001). "Diagnosis of defective colour vision". Oxford: Butterworth-Heinemann.

- Birch, J. (2010). "Identification of red-green colour deficiency: sensitivity of the Ishihara and American Optical Company (Hard, Rand and Rittler) pseudo-isochromatic plates to identify slight anomalous trichromatism". *Ophthalmic and Physiological Optics*, 30: 667-671.
- Bostrom, C.G. (1935). "Tabulae pseudo-isochromaticae: Tavlör för ultrömmande av rubbningar i färgsinnet". Kifa, Stockholm.
- Boynton R.M. (1986). "A system of photometry and colorimetry based on cone excitations". *Color Research and Application*, 11: 244-252.
- Brazis, P.W., Graff-Radford, N.R., Newman, N.J., Lee, A.G. (1998). "Ishihara color plates as a test for simultanagnosia. *American Journal of Ophthalmology*, 126: 850-851.
- Bostrom, C.G. y Kugelberg, I. (1947). "Official colour sense control in Sweden". *Archives of Ophthalmology*, 38: 378-380.
- Campbell F.W., Green D.G. (1965). "Monocular versus binocular visual acuity". *Nature*, 208: 191-192.
- Catrysse, P.B., Wandell, B.A. y El Gamal, A. (1999). "Comparative analysis of color architectures for image sensors". *SPIE Conference on Sensors, Cameras, and Applications for Digital Photography*, Vol. 3650: 26-35.
- Chapanis, A. (1949). "Diagnosing types of color deficiency by means of pseudoisochromatic tests. *Journal of the Optical Society of America*, 39: 242-249.
- Chioran, G.M. y Sheedy, J.E. (1983). "Pseudoisochromatic plate design-Macbeth or tungsten illumination?". *American Journal of Optometry and Physiological Optics*, 60: 204-215.
- Choi, S.Y., Hwang, J.M. (2009). "Ishihara test in 3- to 6-year-old children". *Japanese Journal of Ophthalmology*, 53: 455-457.
- Cobb, S.R. (1981). "Exchange threshold colorimeter and analytical anomaloscope of class I and class II subjects and colour defectives". *Perceptual and motor skills*, 53: 523-544.
- Cole, B.L. (1964). "Comments on some color vision tests and their use for selection". *The Australian Journal of Optometry*, 47: 56-64.
- Cole, B.L. y Vingrys, A.J. (1982). "A Survey and Evaluation of Lantern Tests of Color Vision". *American Journal of Optometry and Physiological Optics*, 59: 346-374.
- Cole, B.L., Lian, K.Y., Lakkis, C. (2006). "The new Richmond HRR pseudoisochromatic test for colour vision is better than the Ishihara test". *Clinical and Experimental Optometry*, 89: 73-80.
- Cole, B.L. (2007). "Assessment of inherited colour vision defects in clinical practice". *Clinical and Experimental Optometry*, 90: 157-175.
- Collin, H.B. (1966). "Recognition of acquired colour defects using the panel D-15". *Australian Journal of optometry*, 49: 342-347.

- Cosstick, M., Robaei, D., Rose, K., Roachtchina, E., Mitchell, P. (2005). "Numerical confusion errors in Ishihara testing: findings from a population-based study". *American Journal of Ophthalmology*, 140: 154-156.
- Cotter, S.A., Lee, D.Y. y French, A.L. (1999). "Evaluation of a new color vision test: 'Color Vision Testing Made Easy'". *Optometry and Vision Science*, 76: 631-636.
- Dain, S.J., Honson, V.J. (1989). "Selection of an Optimal Light Source for the FM 100-Hue Test". *Colour Vision Deficiencies IX. Documenta Ophthalmologica Proceedings Series*, 52: 425-432.
- Dain, S.J., Honson, V.J., Curtis, C.T. (1993). "Suitability of fluorescent tube light sources for the Ishihara test as determined by colorimetric methods". *Colour Vision Deficiencies XI. Documenta Ophthalmologica Proceedings Series*. 56: 327-333.
- Dain, S.J. (2004). "Clinical colour vision tests". *Clinical and Experimental Optometry*, 87: 276-293.
- Dain, S.J. y Birch, J. (1988). "Identification of polarity in FM 100-Hue plots: a comparison of methods". *American journal of optometry and physiological optics*, 65: 254-262.
- Dain, S.J. (1998). "Daylight simulators and colour vision tests". *Ophthalmic and Physiological Optics*, 18: 540-544.
- De Weert C.M.M., Sazda K.J. (1983). "New data concerning the contribution of color differences to stereopsis". In: Mollon JD and Sharpe LT, editors. *Color vision: Physiology and psychophysics*. London: Academic Press: 553-562.
- Dilogen, V.A. y Chee, H.K. (1991). "A new way to use the Ishihara Test". *Journal of Neurology*, 239: 451-454.
- Domini F., Blaser E., Cicerone C.M. (2000). "Color-specific depth mechanisms revealed by a color-contingent depth aftereffect". *Vision Research*, 40: 359-364.
- Donaldson, G.B. (1977). "Instrumentation for the Farnsworth-Munsell 100-hue test". *Journal of the Optical Society of America*, 67: 248-249.
- Donders, F. C. (1877). "Die quantitative Bestimmung des Farbenunterscheidungsvermögens". *Von Graefe's Archives Ophthalmology*, 23: 282-291.
- Dvorine, I. (1953). "Dvorine pseudoisochromatic plates". Waverley Press, Baltimore.
- Edridge-Green, F.M. (1891). "Colour-blindness and colour-perception". Keagan Paul, Londres.
- Edridge-Green, F.M. (1914). "The Board of Trade sight tests". *British Medical Journal*, 9: 1270-1271.
- Estevez, O., Spekrijse, H., van Dalen, J. y Verduyn, L.H. (1983). "The OSCAR color vision test: Theory and evaluation". *American Journal of Optometry and Physiological optics*, 60: 892-901.

Farnsworth, D. (1943). "Farnsworth 100 Hue and Dichotomous tests for color vision". *Journal of the Optical Society of America*, 33: 568-578.

Farnsworth, D. (1949). "The Farnsworth-Munsell 100 Hue Test for the examination of color vision". Munsell Color Company, Baltimore. (Revisado en 1957).

Farnsworth, D. y Foreman, P. (1946): "Development and trial of new London Navy Lantern as a selection test for serviceable color vision". Report No. 105, US Naval Submarine Base Medical Research Lab, New London, Connecticut.

Fletcher, R. (1975). "The city University Colour Vision Test". Keeler Instruments, Londres.

Fletcher, R. (1981). "Lantern tests in optometric routines". *The Ophthalmic Optician*, 21: 172-174.

Fletcher, R. (2005). "The Fletcher CAM lantern colour vision test, clinical results and calibration". *Optometry Today*, 45: 24-26.

François, J. y Verriest, G. (1961). "On acquired deficiency of colour vision, with special reference to its detection and classification by means of the tests of Farnsworth". *Vision Research*, 1: 201-219.

Freeman, E. (1949). "The illuminant Stable Color Vision Test". Freeman Technical Associates, Sarasota.

Fry, G. (1992). "Confusion Lines of Dichromats". *Color Research and Application*, 17: 379-383.

García J.A., Nieves J.L., Valero E., Romero J. (2000). "Stochastic independence of color-vision mechanisms confirmed by a subthreshold summation paradigm". *Journal of the Optical Society of America A*, 17: 1485-1488.

Giles, G.H. (1940). "Modification of standards of colour vision with special reference to the Giles-Archer Colour Perception Unit (Aviation Model)". *British Journal of Physiological Optics*, 1: 23-31.

Goethlin, G.V. (1916). *Svenska Läkaresällskapets Handlingar* 42, 1665.

Goulart, P.R., Bandeira, M.L., Tsubota, D., Oiwa, N.N., Costa, M.F. y Ventura, D.F. (2008). "A computer-controlled color vision test for children based on the Cambridge Colour Test". *Visual Neuroscience*, 25: 445-450.

Hansen, E. (1963). "Factors causing uncertainty when conducting colour discrimination tests". *Anales del Instituto Barraquer*, 4: 250-292.

Hardy, L.H., Rand, G. y Rittler, M.C. (1945). "Test for the detection and analysis of color-blindness. I The Ishihara Test: an evaluation". *Journal of the Optical Society of America*, 35: 268-275.

- Hardy, L.H., Rand, G. y Rittler, M.C. (1945). "Test for the detection and analysis of color-blindness. II The Ishihara Test: comparison editions". *Journal of the Optical Society of America*, 35: 350-356.
- Hardy, L.H., Rand, G. y Rittler, M.C. (1945). "Test for the detection and analysis of color-blindness. III The Rabkin Test". *Journal of the Optical Society of America*, 35: 481-491.
- Hardy, L.H., Rand, G. y Rittler, M.C. (1954). "The H-R-R polychromatic plates". *Journal of the Optical Society of America*, 33: 512-514.
- Hasrod, N. y Rubin, A. (2015). "Colour vision: A review of the Cambridge Colour Test and other colour testing methods". *African Vision and Eye Health*, 74: Art. 23, 7 pages.
- Heidary, F., Gharebaghi, R. (2013). "A modified pseudoisochromatic Ishihara colour vision test based on eastern arabic numerals". *Medical Hypothesis, Discovery & Innovation Ophthalmology Journal*, 2: 83-85.
- Hita, E. (2001). "El mundo del color: desde lo perceptivo y artístico a lo científico. Monográfica Ciencias. Universidad de Granada.
- Hoffmann, A. y Menozzi, M. (1998). "Applying the Ishihara test to a PC-based screening system". *Displays*, 20: 39-47.
- Hogan, M.J. (1957). "Evaluation of vision screening methods in industry". *Archives of Industrial Health*, 16: 93.
- Holgreem, F. (1877). "De la cécité des couleurs dans ses rapports avec chemins de fer et la Marine". Masson, Paris.
- Holgreem, F. (1878). "Color-blindness in its relation to accidents by rail and seas". *Annual report of the Smithsonian Institute*: 131-195.
- Holmes, J.G. y Wright, W.D. (1982). "A new colour perception lantern". *Colour Research and Application*, 7: 82-88.
- Home R. (1978). "Binocular summation: a study of contrast sensitivity, visual acuity and recognition". *Vision Research*, 18: 579-585.
- Honson, V.J. y Dain, S.J. (1988). "Performance of the Standard Pseudoisochromatic Plates test". *American Journal of Optometry and Physiological Optics*, 65: 561-570.
- Hovis, J.K., Cawker, C.L. y Cranton, D. (1996). "Comparison of the Standard Pseudoisochromatic plates –Parts 1 and 2- as screening tests for congenital red-green deficiency". *Journal of the American Optometric Association*, 67: 320-326.
- Hovis, J.K. y Oliphant, D. (2000). "A lantern color vision test for the rail industry". *American Journal of Industrial Medicine*, 38: 681-696.
- Hukami, K., Ichikawa, H. y Tanabe, S. (1980). "Evaluation of the Standard pseudoisochromatic plates, 1st ed. In: Verriest, G. ed. *Colour Vision Deficiencies V*. Bristol: Adam Hilger: 200-203.

Huna-Baron, R., Glovinsky, Y., Habot-Wilner, Z. (2013). "Comparison between Hardy-Rand-Rittler 4th edition and Ishihara color plate tests for detection of dyschromatopsia in optic neuropathy". *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 251: 585-589.

Hyon, J.Y., Lee, J.H., Wee, W.R. (2005). "Shift of colorimetric values in Ishihara pseudoisochromatic plates with plate aging". *Korean Journal of Ophthalmology*, 19: 145-148.

Jennings, J.E. (1905). "Color-Vision and Color Blindness: A Practical Manual for Railroad Surgeons, 2<sup>nd</sup> ed. Philadelphia: F.A. Davis.

Jiménez J.R., Rubiño M., Hita E., Jiménez del Barco L. (1997). "Influence of the luminance and opponent chromatic channels on stereopsis with random-dot stereograms". *Vision Research*, 37: 591–596.

Jiménez J.R., Medina J.M., Jiménez del Barco L., Díaz J.A. (2002). "Binocular summation of chromatic changes as measured by visual reaction time". *Perception & Psychophysics*, 64: 140–147.

Jiménez J.R., Valero E., Anera R.G., Martínez J.A. y Salas C. (2003). "Chromatic changes in relation to binocular summation determined with contrast thresholds". *Color Research and Application*, 28: 366-370

Jiménez del Barco, L., Hita, E., Jiménez, J.R. y Romero, J. (1994). "Differential color thresholds and new results on failures of chromaticity and luminance prediction". *Journal of Optics*, 25: 81-92.

Jiménez del Barco L., Díaz J.A., Jiménez J.R., Rubiño M. (1995). "Considerations on the calibration of color displays assuming constant-channel chromaticity". *Color Research and Application*, 20: 377-387.

Judd, D.B. (1944). "Standard response functions for protanopic and deuteranopic vision". *Journal of the Optical Society of America*, 35: 199-221.

Kapoor, G., Vats, D.P. y Parihar, J.K.S. (2013). "Development of computerized colour vision testing as replacement for Martin Lantern". *Medical Journal Armed Forces India*, 69: 11–15.

Keely, E. (1978). "The formulation and assessment of the Keely/Bristol colour vision test". *Modern problems in ophthalmology*, 19: 159-161.

Kherumian, R., Baudry, C., Lacorne, J, y Moullec, J. (1956). "La fréquence des dyschromatopsies en France". *Presse Médicale*, 64: 303-304.

Kingdom F.A.A., Simmons D.R. (1996). "Stereoacuity and color contrast". *Vision Research*, 36: 1311-1319.

Lakowski, R. y Aspinall, P.A. (1972). "Transformation of arbitrary anomaloscope data to C.I.E. system of specifications". *Optica Acta*, 19: 399-402.

Lakowsky, R. (1965). "Colorimetric and photometric data for the 10<sup>th</sup> edition of the Ishihara plates". *British journal of physiological optics*, 22: 195-207.



- Lakowsky, R. (1966). "A critical evaluation of color vision tests". *British journal of physiological optics*, 23: 186-209.
- Lakowsky, R. (1966). "Colour vision tests; what do they test?". *Journal of Colour Group*, 8: 76-78.
- Lakowsky, R. (1968). "Colour-matching ability – Can it be measured?". *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 84: 3-9.
- Lakowsky, R. (1969). "Theory and practice of color vision testing: a review. I." *British Journal of Industrial Medicine*, 26: 173-189.
- Lakowsky, R. (1969). "Theory and practice of color vision testing. II." *British Journal of Industrial Medicine*, 26: 265-288.
- Lanthony, P. (1975). "New color test de Lanthony selon Munsell". *Luneau Ophthalmologie*, Paris.
- Lanthony, P. (1975). "Test 15 Hue désaturé de Lanthony selon Farnsworth-Munsell". *Luneau Ophthalmologie*, Paris.
- Lee, D.Y., Honson, M. (2003). "Chromatic variation of Ishihara diagnostic plates". *Color Research and Application*, 28: 267–276.
- Le Méhauté. (1908). "Instruction définitive pour l'examen de l'acuité visuelle et du sens chromatique à l'aide du chromoptomètre de Le Méhauté". *Archives de Medecine Navale*, 89: 312-320.
- Littlewood, R., Hyde, F. (1993). "Screening for congenital colour vision defects. A comparison between the Ohkuma and Ishihara plates". *Australian and New Zealand Journal of Ophthalmology*, 21: 31-35.
- Livingstone M.S., Hubel D.H. (1988). "Segregation of form, color, movement, and depth: anatomy, physiology, and perception". *Science*, 240: 740-749.
- Lozano, R.M. (1978). "El color y su medición". *AmericaLee*.
- Lugo, M. y Tiedenman, J.S. (1986). "Computerized scoring and graphing of the Farnsworth-Munsell 100-Hue color vision test". *American Journal of Ophthalmology*, 101: 469-474.
- Mancuso, K., Neitz, M. y Neitz, J. (2006). "An adaptation of the Cambridge Colour Test for use with animals". *Visual Neuroscience*, 23: 695-701.
- Lu C., Fender D.H. (1972). "The interaction of color and luminance in stereoscopic". *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 11: 482– 489.
- Luo, M. R., and B. Rigg. (1986). Chromaticity-discrimination ellipses for surface colours. *Color Research and Application* 11: 25-42.
- MacAdam, D.L. (1943). "The Grafical representation of small color differences". *Journal of the Optical Society of America*, 33: 675-679.

Mahy, M., Mellaert, B.V. y Van Eycken, O.A. (1991). "The influence of uniform color spaces on color image processing: A comparative study of CIELAB, CIELUV, and ATD". *Journal of Imaging Technology*, 17: 232–243.

Mäntyjärvi, M., Karpa, T., Karvonen, P., Markkanen, H. y Myohanen, T. (1986). "Comparison of six colour vision tests for occupational screening". *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 58: 53-59.

Martin, L.C. (1939). "A standardized lantern for testing colour vision". *British Journal of Ophthalmology*, 23: 1-20.

Martin, L.C. (1943). "A standardized colour-vision testing lantern (II) Transport type". *British Journal of Ophthalmology*, 27: 255-257.

Martínez, J.A. (1995). "Estudio de la influencia de las funciones de mezcla sobre la determinación de diferencias de color". Tesis Doctoral. Universidad de Granada.

Martínez, J.A., Melgosa, M., Pérez, M.M., Hita, E. y Negueruela, A.I. (2001). "Note. Visual and Instrumental Color Evaluation in Red Wines". *Food Science and Technology International*, 7: 439–444.

Miyahara, E., Pokorny, J., Smith, V.C., Szewczyk, E., McCartin, J., Caldwell, K. y Klerer, A. (2004). "Computerized color-vision test based upon postreceptoral channel sensitivities". *Visual Neuroscience*, 21: 465-469.

Miyahara, E. (2008). "Errors reading the Ishihara pseudoisochromatic plates made by observers with normal colour vision". *Clinical and Experimental Optometry*, 91: 161-165.

Miyahara, E. (2009). "Chromaticity co-ordinates of Ishihara plates reveal that hidden digit plates can be read by S-cones". *Clinical and Experimental Optometry*, 92: 434-439.

Mollon, J.D. (1982). "Color Vision". *Annual Review of Psychology*, 33: 41-85

Mollon, J.D. y Reffin, J.P. (1989). "A computer controlled colour vision test that combines the principles of Chibret and Stilling". *Journal of Physiology*, 414: 20.

Mollon, J.D., Regan, B.C. (2000). "Cambridge colour test handbook". Cambridge: Cambridge Research Systems.

Moreland, J.D. (1981). "Validation of a new colour perception lantern". *Colour 81*, Berlin.

Moura, A.L., Teixeira, R.A., Oiwa, N.N., Costa, M.F., Feitosa-Santana, C., Callegaro, D., Hamer, R.D., Ventura, D.F. (2008). "Chromatic discrimination losses in multiple sclerosis patients with and without optic neuritis using the Cambridge Colour Test". *Visual Neuroscience*, 25: 463–468.

Mullen K.T. (1985). "The contrast sensitivity of human color vision to red-green and blue-yellow chromatic gratings". *Journal of Physiology*, 359: 381-400.

Murakami, S. (1961). "Japanesse Colour charts". *Die Farbe*, 10: 145-160.

- Murray, E. (1943). "Evolution of color vision tests". *Journal of the Optical Society of America*, 33: 316-334.
- Nagel, W.A. (1907). "Zwei Apparate für die Augenärztliche Funktionsprüfung. Adaptometer und kleines Spektralphotometer (Anomaloskop)". *Zeitschrift für Augenheilkunde*, 17: 201–222.
- Ng, J.S., Self, E., Vanston, J.E., Nguyen, A.L. y Crognale, M.A. (2015). "Evaluation of the Waggoner Computerized Color Vision Test". *Optometry and Vision Science*, 92: 480-486.
- Ohta, Y., Izutsu, Y., Miyamoto, T. and Shimizu, K. (1980). "An experimental anomaloscope based on the interference filter system, and test results". In: *Colour Vision Deficiencies V* (Verriest, G., ed.), pp. 184-188. Adam Hilger, Bristol.
- Ohkuma, T., Masuda, H., Kawada, C. y Shinjo, U. (1973). "Ishihara-Ohkuma's new test for colour defectives". *Acta Societatis Ophthalmologicae Japonicae*, 77: 1359-1365.
- Paramei, G.V. (2012). "Color discrimination across four life decades assessed by the Cambridge Colour Test". *Journal of the Optical Society of America A*, 29: 290-297.
- Paramei, G.V. y Oakley, B. (2014). "Variation of color discrimination across the life span". *Journal of the Optical Society of America A*, 31: 375-384.
- Pardo, P.J., Perez, A.L. y Suero, M.I. (2000). "A new colour vision test in a PC-based screening system". *Displays*, 21: 203–206.
- Pardo, P.J., Perez, A.L. y Suero, M.I. (2001). "Characterization of dichromat and trichromat observers using a PC-based anomaloscope". *Displays*. 2001, 22: 165–168.
- Pardo, P.J., Perez, A.L. y Suero, M.I. (2011). "Validity of TFT-LCD displays for colour vision deficiency research and diagnosis". *Displays*, 25: 159–163.
- Passigli, G. (1980). "Errori tipici in risposta al test di Ishihara. *Annali di Ottalmologia e Clínica Oculística*, 106: 1079-1094.
- Perales, J. (1984). "Las pruebas pseudoisocromáticas para el estudio de las anomalías en la visión del color". Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Perales, J., Hita, E., Jiménez del Barco, L. y Romero, J. (1984). "A comparative análisis of four different editions of the Ishihara Test for Color Deficiencies", *Die Farbe*, 31: 48-60.
- Perales, J., Hita, E., Romero, J., y Jimenez del Barco, L. (1984). "Validation of Ishihara's test: A test-retest study: II". *Atti della Fondazione Giorgio Ronchi*, 39: 469-474.
- Pickford, R.W. (1951) "Individual differences in colour vision". Routledge and Keagan Paul, Londres.
- Pickford, R.W. (1960). "Pickford-Nicolson anomaloscope". Rayner of Rayner and Keller, Londres.

- Pickford, R.W. (1968) "Colour vision research in Scotland in the first part of the 20th century". Paper read to the Second Scottish Symposium on Colour, Scottish Section of the Colour Group and Visual Laboratory, Department of Psychology, University of Edinburgh: pp.1-13.
- Pierce, W.O.D. (1934). "The selection of colours workers". Sir Isaac Pitman and Sons, Londres (1934).
- Pinckers, A. (1971). "Combined Panel ÇD-15 and 100 Hue recording". *Ophthalmologica*, 163: 232-234.
- Pinckers, A. (1975). "The Umazume-Ohta test" III symposium of IRGCVD, Amsterdam.
- Pinckers, A. (1978). "Lanthony's new color test. II Clinical Evaluation". *Ophthalmologica*, 177: 311-316.
- Pitt, F.H.G. (1935). "Characteristics of dichromatic vision". Medical Research Council Special Report Series, 200, London.
- Rabin, J., Gooch, J. y Ivan, D.(2011). "Rapid quantification of color vision: the cone contrast test". *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 52: 816-820.
- Rayleigh, Lord (1881). "Experiments on colour". *Nature*, 25: 64-66.
- Reading R.W. (1983). "Binocular vision: Foundations and applications". London: Butterworth Publishers, pp43-66.
- Regan, B.C., Freudenthaler, N., Kollé, R., Mollon, J.D. y Paulus, W. (1998). "Colour discrimination thresholds in Parkinson's disease: results obtained with a rapid computer-controlled colour vision test". *Vision Research*, 38: 3427-3431.
- Regan, B.C., Reffin, J.P. y Mollon, J.D. (1994). "Luminance noise and the rapid determination of discrimination ellipses in colour deficiency". *Vision Research*, 34: 1279-1299.
- Romero, J., García, J.A., Jiménez del Barco, L. e Hita, E. (1989). "Color difference formula tested by application to chromatic discrimination data and new formula". *Applied Optics*, 28: 4697-4702.
- Romero, J., García, J.A. y García y Beltrán, A. (1996). "Curso introductorio a la Óptica Fisiológica". Comares, Granada.
- Rose D., Blake R., Halpern D.L. (1988). "Disparity range for binocular summation". *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 29: 283-290.
- Roth, A., Repiquete, C., Renaud, J.C. y Vienot J.Ch. (1980). "The Besançon-Anomalometer", Color Vision Deficiencies. In: *Colour Vision Deficiencies V* (Verriest, G., ed.), pp. 172-180. Adam Hilger, Bristol.
- Roure, M. y Sáiz, J.J. (1995). "Prueba de detección de anomalías de sensibilidad al color". Colección Optometría de la conducta, 10. Sociedad Española de Optometría, Madrid.

- Scharff L.V., Geisler W.S. (1992). "Stereopsis at equiluminance in the absence of chromatic aberrations". *Journal of the Optical Society of America A*, 9: 868-875.
- Schmidt, I. (1970). "On congenital tritanomaly". *Vision Research*, 10: 712-743.
- Seebeck, A.V. (1837). "Ueber den bei manchen personen vorkommenden Mangel an Farbensinn". *Poggendorfs Annalen der Physik und Chemie*, 42: 177-233.
- Serra, A. (1981). "Il problema delle deficienze ed anomalie nel quadro delle teorie della visione dei colori. I". *Atti Della Fondazione Giorgio Ronchi*, 36: 366-379.
- Serra, A. (1981). "Il problema delle deficienze ed anomalie nel quadro delle teorie della visione dei colori. II". *Atti Della Fondazione Giorgio Ronchi*, 36: 474-529.
- Schwarz, M.W., Cowan, W.B. y Beatty, J.C. (1987). "An experimental comparison of RGB, YIQ, LAB, HSV, and opponent color models". *ACM Transactions on Graphics*, 6: 123-158.
- Simmons D.R., Kingdom F.A.A. (1994). "Contrast thresholds for stereoscopic depth identification with isoluminant and isochromatic stimuli". *Vision Research*, 34: 2971-2982.
- Simmons D.R., Kingdom F.A.A. (1997). "On the independence of chromatic and achromatic stereopsis mechanisms". *Vision Research*, 37: 1271-1280.
- Simmons D.R., Kingdom F.A.A. (1998). "On the binocular summation of chromatic contrast". *Vision Research*, 38: 1063-1071.
- Sloan, L.L. (1945). "An improved screening test for red/green colour deficiency composed of available pseudoisochromatic plates". *Journal of the Optical Society of America*, 35: 761-766.
- Sloan, L.L. (1946). "Selection of color vision tests for the Army Air Forces". *Archives of Ophthalmology*, 36: 263-283.
- Smith, D.P. (1972). "The assessment of acquired dyschromatopsias and clinical investigation of the acquired tritan defect in dominantly inherited juvenile optic atrophy". *American journal of optometry and physiological optics*, 49: 574-588.
- Smith V.C., Pokorny J. (1975). "Spectral sensitivity of the foveal cone photopigments between 400 and 500 nm". *Vision Research*, 15: 161-171.
- Solandt, D.Y. y Best, C.H. (1943) "The Royal Canadian Navy color vision test lantern". *Canadian Medical Association Journal*, 48: 18-21.
- Stilling, J. (1887). "Tafeln zur Bestimmung der Blau-Gelbblindheit". Cassel.
- Stokes, M., Fairchild, M.D. y Berns, R.S. (1992). "Colorimetrically quantified visual tolerances for pictorial images". *Technical Association of the Graphic Arts, Proceedings*: pp 357-777.
- Tanabe, S., Hukami, K., Yamade, S., Ichikawa, K. y Tagai, S. (1995). "A new lantern test using light-emitting diode lamps". En: Drum B. Ed. *Colour Vision Deficiencies XII*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Taylor, S.P. (1980). "A century of pseudo-isochromatic plates". *Atti Della Fondazione Giorgio Ronchi*, 15: 323-332.

Taylor, W.O.G. (1966). "An advisory clinic for colour defective children". *Transactions of the ophthalmological societies of the United Kingdom*, 86: 591-607.

Taylor, W.O.G. (1971). "Effects on employment of defects in colour vision". *British Journal of Ophthalmology*, 55: 753-760.

Thyagarajan, S., Moradi, P., Membrey, L., Alistair, D., Laidlaw, H. (2007). "Technical note: the effect of refractive blur on colour vision evaluated using the Cambridge Colour Test, the Ishihara Pseudoisochromatic Plates and the Farnsworth Munsell 100 Hue Test". *Ophthalmic and Physiological Optics*, 27: 315-319.

Toufееq, A. (2004).. "Specifying colours for color vision testing using computer graphics". *Eye*, 18: 1001-1005.

Tredeleburg, W. (1941). "Ein Anomaloskop zur Untersuchung von Tritoformen der Farbenfehlsichtigkeit mit spektraler Blaugleichung". *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*, 106: 537-546.

Ulloa Óptico (1972). "Láminas para determinar los defectos cromáticos de la visión". *Ulloa Óptico*, Madrid.

Umazume, K. y Matsuo, H. (1962). "Tokyo Medical college colour vision test". *Die Farbe*, 11: 45-47.

Velhagen K, Broschmann D (1995) *Tafeln zur Prüfung des Farbennnnes*, 30. Aufl. Thieme, Stuttgart.

Verriest, G. (1968). "Étude comparative des efficiences de quelques tests pour la reconnaissance des anomalies de la vision des couleurs". *Archives del Maladies Professionnelles, de Médecine du Travail et de Sécurité Sociales (Paris)*, 29: 293-314.

Vingrys, A.J. y King-Smith, P.E. (1988). "Quantitative scoring tehnique for panel tests of color vision". *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 29: 50-63.

Walls, G.L. (1959). "How good is the HRR test for color blindness?". *American Journal of Optometry and Archives of the American Academy of Optometry*, 36: 169-193.

Williams, C.H. (1903). "The need of a supplementary lantern test for proper examination of color perception". *Boston Medical and Surgical Journal*, 149: 121-123.

Wyszecki, G. and Stiles, W.S. (1982). *Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae*, John Wiley & Sond, New York (1982).

## **Apéndice**





## Test de Ishihara Edición 1973

Lámina 2 Edición 1973			
Y	x	y	Color
18,70	0,398	0,440	vog0102a
20,63	0,399	0,441	vom0202a
20,84	0,401	0,444	vop0302a
31,53	0,394	0,435	vng0102a
31,83	0,396	0,437	vnm0202a
32,98	0,396	0,436	vnp0302a
42,25	0,388	0,424	vcg0102a
41,74	0,389	0,424	vcm0202a
45,23	0,388	0,423	vcp0302a
27,58	0,482	0,394	nog0102a
26,63	0,486	0,396	nom0202a
27,60	0,483	0,396	nop0302a
43,21	0,444	0,396	nng0102a
43,94	0,443	0,396	nnm0202a
43,71	0,446	0,397	nnp0302a
55,98	0,398	0,389	ncg0102a
55,04	0,397	0,389	ncm0202a
55,71	0,397	0,388	ncp0302a
25,72	0,323	0,400	aog0102a
27,21	0,323	0,398	aom0202a
24,48	0,322	0,401	aop0302a
44,25	0,347	0,411	acg0102a
45,57	0,348	0,409	acm0202a
44,58	0,347	0,409	acp0302a
31,29	0,409	0,340	rog0102a
30,67	0,409	0,340	rom0202a
31,18	0,408	0,340	rop0302a
50,84	0,375	0,368	rcg0102a
51,03	0,376	0,368	rcm0202a
50,31	0,375	0,368	rcp0302a
Lámina 3 Edición 1973			
Y	x	y	Color
23,72	0,386	0,431	vog0103a
22,90	0,386	0,431	vom0203a
17,45	0,390	0,438	vop0303a
25,84	0,388	0,431	vng0103a
35,51	0,387	0,428	vnm0203a
28,81	0,389	0,433	vnp0303a
35,93	0,387	0,424	vcg0103a
37,46	0,387	0,424	vcm0203a
34,67	0,387	0,425	vcp0303a
26,14	0,465	0,394	nog0103a
27,48	0,465	0,395	nom0203a
27,76	0,466	0,395	nop0303a
32,04	0,440	0,394	nng0103a
37,20	0,437	0,393	nnm0203a
36,61	0,438	0,394	nnp0303a
46,89	0,406	0,388	ncg0103a
46,84	0,405	0,387	ncm0203a

40,75	0,410	0,389	ncp0303a
18,60	0,333	0,405	aog0103a
18,74	0,334	0,406	aom0203a
19,91	0,334	0,404	aop0303a
39,47	0,341	0,393	acg0103a
39,76	0,340	0,392	acm0203a
39,70	0,341	0,393	acp0303a
28,90	0,403	0,338	rog0103a
33,09	0,401	0,338	rom0203a
31,98	0,402	0,338	rop0303a
47,56	0,385	0,361	rcg0103a
47,17	0,385	0,361	rcm0203a
46,66	0,385	0,361	rcp0303a
Lámina 4 Edición 1973			
Y	x	y	Color
21,83	0,398	0,438	vog0104a
23,41	0,399	0,439	vom0204a
20,00	0,403	0,444	vop0304a
31,88	0,396	0,436	vng0104a
31,84	0,396	0,436	vnm0204a
31,07	0,397	0,437	vnp0304a
45,70	0,384	0,418	vcg0104a
44,53	0,386	0,419	vcm0204a
41,62	0,388	0,422	vcp0304a
27,70	0,480	0,396	nog0104a
27,55	0,479	0,396	nom0204a
28,87	0,480	0,398	nop0304a
40,11	0,450	0,396	nng0104a
37,65	0,453	0,397	nnm0204a
33,94	0,457	0,398	nnp0304a
52,00	0,405	0,390	ncg0104a
50,68	0,407	0,390	ncm0204a
50,36	0,408	0,391	ncp0304a
24,70	0,323	0,400	aog0104a
24,19	0,323	0,400	aom0204a
24,13	0,324	0,401	aop0304a
44,83	0,347	0,407	acg0104a
44,08	0,346	0,407	acm0204a
44,57	0,347	0,407	acp0304a
26,99	0,417	0,338	rog0104a
27,43	0,415	0,338	rom0204a
27,81	0,414	0,338	rop0304a
46,71	0,379	0,365	rcg0104a
46,13	0,380	0,365	rcm0204a
44,14	0,380	0,365	rcp0304a
Lámina 5 Edición 1973			
Y	x	y	Color
17,38	0,388	0,434	vog0105a
17,30	0,388	0,433	vom0205a
14,38	0,389	0,437	vop0305a
28,61	0,387	0,428	vng0105a

24,57	0,391	0,433	vnm0205a
25,17	0,389	0,431	vnp0305a
36,40	0,385	0,421	vcg0105a
35,51	0,386	0,422	vcm0205a
32,54	0,388	0,425	vcp0305a
19,62	0,469	0,397	nog0105a
20,54	0,470	0,397	nom0205a
20,17	0,468	0,398	nop0305a
29,28	0,447	0,394	nng0105a
30,23	0,447	0,394	nnm0205a
28,87	0,449	0,395	nnp0305a
39,26	0,412	0,390	ncg0105a
41,16	0,410	0,389	ncm0205a
39,44	0,409	0,388	ncp0305a
18,59	0,335	0,406	aog0105a
19,21	0,334	0,404	aom0205a
19,40	0,334	0,404	aop0305a
35,05	0,342	0,397	acg0105a
34,29	0,341	0,397	acm0205a
32,87	0,342	0,398	acp0305a
20,67	0,409	0,337	rog0105a
20,97	0,408	0,337	rom0205a
29,68	0,408	0,337	rop0305a
33,21	0,389	0,361	rcg0105a
32,76	0,388	0,361	rcm0205a
32,73	0,388	0,361	rcp0305a
Lámina 6 Edición 1973			
Y	x	y	Color
27,66	0,405	0,457	vog0106a
25,67	0,401	0,450	vom0206a
26,71	0,399	0,449	vop0306a
49,83	0,389	0,430	vng0106a
49,43	0,390	0,431	vnm0206a
49,75	0,390	0,431	vnp0306a
55,20	0,379	0,421	vcg0106a
55,74	0,379	0,421	vcm0206a
56,63	0,379	0,421	vcp0306a
29,25	0,473	0,387	nog0106a
29,44	0,469	0,386	nom0206a
25,31	0,475	0,387	nop0306a
36,94	0,453	0,386	nng0106a
37,47	0,452	0,385	nnm0206a
37,47	0,451	0,385	nnp0306a
51,62	0,420	0,391	ncg0106a
51,18	0,419	0,391	ncm0206a
50,93	0,422	0,391	ncp0306a
32,49	0,325	0,391	aog0106a
32,99	0,325	0,390	aom0206a
32,42	0,325	0,391	aop0306a
56,84	0,342	0,394	acg0106a
58,25	0,342	0,394	acm0206a

Apéndice

59,76	0,342	0,394	acp0306a
30,05	0,430	0,351	rog0106a
30,69	0,427	0,351	rom0206a
26,65	0,433	0,352	rop0306a
52,36	0,389	0,371	rcg0106a
52,24	0,388	0,371	rcm0206a
52,93	0,390	0,370	rcp0306a
Lámina 7 Edición 1973			
Y	x	y	Color
24,51	0,400	0,443	vog0107a
24,41	0,401	0,445	vom0207a
24,90	0,400	0,443	vop0307a
42,01	0,392	0,431	vng0107a
41,55	0,392	0,431	vnm0207a
40,67	0,392	0,431	vnp0307a
47,38	0,385	0,424	vcg0107a
47,52	0,384	0,422	vcm0207a
47,14	0,385	0,423	vcp0307a
27,79	0,485	0,386	nog0107a
27,08	0,487	0,387	nom0207a
26,49	0,490	0,387	nop0307a
39,77	0,457	0,394	nng0107a
38,62	0,459	0,395	nnm0207a
39,50	0,455	0,394	nnp0307a
51,14	0,410	0,388	ncg0107a
51,16	0,409	0,388	ncm0207a
51,42	0,408	0,388	ncp0307a
32,14	0,328	0,396	aog0107a
33,85	0,328	0,395	aom0207a
31,99	0,327	0,395	aop0307a
48,70	0,348	0,409	acg0107a
47,81	0,348	0,408	acm0207a
47,26	0,349	0,410	acp0307a
27,79	0,426	0,343	rog0107a
27,74	0,427	0,343	rom0207a
27,37	0,428	0,344	rop0307a
51,06	0,383	0,367	rcg0107a
50,55	0,384	0,367	rcm0207a
50,92	0,384	0,367	rcp0307a
Lámina 8 Edición 1973			
Y	x	y	Color
30,44	0,397	0,440	vog0108a
31,31	0,399	0,442	vom0208a
30,56	0,398	0,441	vop0308a
44,86	0,391	0,430	vng0108a
44,17	0,392	0,431	vnm0208a
44,47	0,392	0,431	vnp0308a
55,50	0,382	0,418	vcg0108a
54,78	0,381	0,418	vcm0208a
55,32	0,382	0,418	vcp0308a
30,51	0,482	0,388	nog0108a
31,20	0,481	0,388	nom0208a
31,15	0,480	0,388	nop0308a
41,45	0,457	0,394	nng0108a

40,83	0,460	0,395	nnm0208a
40,97	0,458	0,395	nnp0308a
56,27	0,405	0,388	ncg0108a
55,96	0,406	0,387	ncm0208a
54,34	0,409	0,388	ncp0308a
33,78	0,326	0,395	aog0108a
32,35	0,326	0,397	aom0208a
32,34	0,326	0,395	aop0308a
50,89	0,347	0,408	acg0108a
49,40	0,347	0,409	acm0208a
50,08	0,348	0,410	acp0308a
29,36	0,427	0,344	rog0108a
28,34	0,428	0,344	rom0208a
28,76	0,430	0,344	rop0308a
54,66	0,385	0,372	rcg0108a
54,54	0,385	0,371	rcm0208a
53,65	0,387	0,372	rcp0308a
Lámina 9 Edición 1973			
Y	x	y	Color
28,44	0,402	0,446	vog0109a
26,51	0,404	0,449	vom0209a
27,88	0,404	0,450	vop0309a
40,57	0,393	0,433	vng0109a
41,03	0,393	0,434	vnm0209a
40,73	0,394	0,434	vnp0309a
52,16	0,384	0,420	vcg0109a
51,60	0,383	0,420	vcm0209a
51,97	0,383	0,420	vcp0309a
27,06	0,489	0,386	nog0109a
26,29	0,492	0,386	nom0209a
26,47	0,491	0,386	nop0309a
38,62	0,463	0,394	nng0109a
37,93	0,467	0,395	nnm0209a
37,42	0,467	0,395	nnp0309a
49,97	0,413	0,389	ncg0109a
51,13	0,412	0,389	ncm0209a
49,19	0,416	0,390	ncp0309a
31,35	0,326	0,396	aog0109a
31,00	0,326	0,397	aom0209a
30,39	0,326	0,397	aop0309a
44,88	0,346	0,413	acg0109a
45,00	0,348	0,414	acm0209a
44,75	0,346	0,414	acp0309a
31,97	0,423	0,345	rog0109a
30,20	0,424	0,345	rom0209a
30,65	0,423	0,346	rop0309a
56,99	0,381	0,371	rcg0109a
54,56	0,381	0,372	rcm0209a
55,20	0,380	0,372	rcp0309a
Lámina 10 Edición 1973			
Y	x	y	Color
25,47	0,397	0,445	vog0110a
25,82	0,397	0,443	vom0210a
25,20	0,399	0,447	vop0310a

39,60	0,391	0,429	vng0110a
41,97	0,389	0,427	vnm0210a
39,18	0,392	0,430	vnp0310a
55,14	0,377	0,410	vcg0110a
55,28	0,376	0,409	vcm0210a
53,80	0,378	0,411	vcp0310a
31,70	0,459	0,397	nog0110a
31,61	0,460	0,397	nom0210a
31,15	0,461	0,397	nop0310a
45,38	0,431	0,393	nng0110a
45,46	0,434	0,393	nnm0210a
45,78	0,433	0,393	nnp0310a
56,83	0,402	0,388	ncg0110a
55,32	0,405	0,389	ncm0210a
55,00	0,403	0,389	ncp0310a
30,75	0,295	0,347	aog0110a
31,34	0,296	0,348	aom0210a
30,81	0,295	0,347	aop0310a
42,75	0,332	0,377	acg0110a
43,84	0,332	0,377	acm0210a
42,40	0,332	0,378	acp0310a
Lámina 11 Edición 1973			
Y	x	y	Color
26,40	0,391	0,439	vog0111a
25,39	0,391	0,440	vom0211a
22,30	0,393	0,444	vop0311a
32,50	0,395	0,435	vng0111a
35,25	0,395	0,434	vnm0211a
32,19	0,397	0,436	vnp0311a
52,18	0,380	0,413	vcg0111a
52,94	0,380	0,413	vcm0211a
51,75	0,379	0,412	vcp0311a
28,38	0,464	0,398	nog0111a
28,13	0,466	0,399	nom0211a
27,06	0,468	0,399	nop0311a
37,92	0,446	0,396	nng0111a
38,17	0,447	0,396	nnm0211a
36,58	0,450	0,397	nnp0311a
47,08	0,419	0,395	ncg0111a
48,21	0,417	0,394	ncm0211a
46,98	0,416	0,394	ncp0311a
27,21	0,296	0,349	aog0111a
28,25	0,297	0,350	aom0211a
28,28	0,297	0,350	aop0311a
40,97	0,332	0,378	acg0111a
42,23	0,332	0,378	acm0211a
43,44	0,332	0,377	acp0311a
Lámina 12 Edición 1973			
Y	x	y	Color
24,75	0,400	0,449	vog0112a
23,38	0,397	0,446	vom0212a
23,08	0,397	0,446	vop0312a
38,55	0,390	0,429	vng0112a
37,34	0,391	0,430	vnm0212a

Apéndice

36,05	0,392	0,431	vnp0312a
50,68	0,378	0,412	vcp0112a
51,20	0,377	0,411	vcm0212a
52,37	0,377	0,412	vcp0312a
27,25	0,470	0,398	nog0112a
27,34	0,467	0,397	nom0212a
26,26	0,468	0,397	nop0312a
37,48	0,447	0,395	nng0112a
41,75	0,441	0,394	nnm0212a
37,73	0,447	0,395	nnp0312a
54,70	0,395	0,385	ncg0112a
56,25	0,392	0,384	ncm0212a
52,65	0,401	0,388	ncp0312a
26,98	0,292	0,345	aog0112a
27,87	0,292	0,346	aom0212a
26,22	0,291	0,345	aop0312a
43,42	0,331	0,375	acg0112a
45,07	0,331	0,374	acm0212a
43,19	0,331	0,376	acp0312a
Lámina 13 Edición 1973			
Y	x	y	Color
26,28	0,399	0,449	vog0113a
24,87	0,396	0,444	vom0213a
24,27	0,398	0,447	vop0313a
41,22	0,390	0,428	vng0113a
40,60	0,390	0,428	vnm0213a
38,18	0,391	0,429	vnp0313a
54,76	0,375	0,409	vcp0113a
53,80	0,375	0,409	vcm0213a
53,14	0,375	0,410	vcp0313a
31,50	0,461	0,397	nog0113a
31,39	0,460	0,397	nom0213a
31,16	0,461	0,398	nop0313a
47,68	0,423	0,391	nng0113a
48,08	0,422	0,391	nnm0213a
47,65	0,421	0,391	nnp0313a
53,19	0,405	0,389	ncg0113a
52,31	0,406	0,389	ncm0213a
52,86	0,406	0,389	ncp0313a
28,52	0,293	0,346	aog0113a
29,19	0,293	0,346	aom0213a
29,45	0,294	0,346	aop0313a
43,14	0,330	0,376	acg0113a
41,95	0,331	0,376	acm0213a
42,83	0,332	0,377	acp0313a
Lámina 14 Edición 1973			
Y	x	y	Color
28,43	0,340	0,426	vog0114a
28,80	0,340	0,428	vom0214a
28,44	0,339	0,426	vop0314a
46,24	0,342	0,409	vng0114a
45,50	0,342	0,410	vnm0214a
45,67	0,343	0,409	vnp0314a
58,01	0,352	0,402	vcp0114a

57,50	0,352	0,401	vcm0214a
55,22	0,352	0,401	vcp0314a
28,93	0,446	0,340	rog0114a
29,94	0,441	0,340	rom0214a
27,40	0,444	0,340	rop0314a
41,31	0,418	0,353	rng0114a
41,59	0,421	0,354	rnm0214a
41,40	0,419	0,353	rnp0314a
51,67	0,391	0,357	rcg0114a
53,49	0,391	0,357	rcm0214a
55,11	0,385	0,356	rcp0314a
53,59	0,469	0,456	yog0114a
51,73	0,473	0,453	yom0214a
53,97	0,469	0,455	yop0314a
59,67	0,444	0,475	ycg0114a
60,18	0,445	0,474	ycm0214a
61,72	0,442	0,474	ycp0314a
Lámina 15 Edición 1973			
Y	x	y	Color
28,92	0,341	0,428	vog0115a
27,76	0,339	0,426	vom0215a
27,65	0,341	0,429	vop0315a
39,99	0,342	0,418	vng0115a
39,90	0,343	0,418	vnm0215a
39,51	0,342	0,418	vnp0315a
53,82	0,355	0,410	vcp0115a
53,57	0,355	0,409	vcm0215a
52,61	0,355	0,409	vcp0315a
28,05	0,448	0,340	rog0115a
27,92	0,450	0,340	rom0215a
27,16	0,451	0,340	rop0315a
41,92	0,423	0,354	rng0115a
40,93	0,424	0,354	rnm0215a
40,40	0,423	0,355	rnp0315a
52,76	0,393	0,356	rcg0115a
52,86	0,394	0,356	rcm0215a
52,24	0,396	0,356	rcp0315a
57,23	0,467	0,456	yog0115a
54,07	0,470	0,457	yom0215a
51,93	0,472	0,457	yop0315a
63,67	0,439	0,474	ycg0115a
63,13	0,440	0,474	ycm0215a
63,50	0,442	0,475	ycp0315a
Lámina 16 Edición 1973			
Y	x	y	Color
27,02	0,338	0,424	vog0116a
28,02	0,340	0,424	vom0216a
27,23	0,339	0,425	vop0316a
47,37	0,343	0,408	vng0116a
47,98	0,343	0,408	vnm0216a
45,69	0,343	0,411	vnp0316a
58,53	0,353	0,403	vcp0116a
57,10	0,354	0,403	vcm0216a
57,97	0,354	0,404	vcp0316a

28,86	0,441	0,341	rog0116a
25,53	0,447	0,341	rom0216a
27,68	0,442	0,341	rop0316a
41,93	0,418	0,355	rng0116a
43,42	0,415	0,355	rnm0216a
41,91	0,414	0,355	rnp0316a
54,74	0,389	0,357	rcg0116a
55,37	0,388	0,357	rcm0216a
52,35	0,389	0,357	rcp0316a
53,61	0,470	0,452	yog0116a
50,96	0,472	0,452	yom0216a
50,05	0,472	0,451	yop0316a
60,86	0,442	0,471	ycg0116a
62,99	0,439	0,470	ycm0216a
59,60	0,444	0,472	ycp0316a
Lámina 17 Edición 1973			
Y	x	y	Color
29,56	0,340	0,423	vog0117a
27,54	0,340	0,425	vom0217a
27,28	0,340	0,425	vop0317a
40,51	0,343	0,416	vng0117a
39,73	0,344	0,416	vnm0217a
37,96	0,344	0,418	vnp0317a
50,40	0,356	0,410	vcp0117a
52,60	0,355	0,408	vcm0217a
49,32	0,356	0,411	vcp0317a
26,80	0,443	0,341	rog0117a
27,62	0,443	0,341	rom0217a
26,21	0,446	0,341	rop0317a
38,16	0,427	0,353	rng0117a
40,03	0,426	0,354	rnm0217a
37,29	0,430	0,354	rnp0317a
55,32	0,386	0,356	rcg0117a
55,34	0,384	0,356	rcm0217a
52,59	0,389	0,357	rcp0317a
54,18	0,467	0,452	yog0117a
52,62	0,470	0,452	yom0217a
50,27	0,474	0,450	yop0317a
67,77	0,438	0,470	ycg0117a
64,60	0,436	0,470	ycm0217a
60,71	0,441	0,474	ycp0317a
Lámina 18 Edición 1973			
Y	x	y	Color
18,13	0,286	0,456	gog0118a
17,88	0,285	0,458	gom0218a
17,07	0,286	0,455	gop0318a
36,23	0,378	0,417	gng0118a
34,25	0,379	0,419	gnm0218a
36,34	0,378	0,418	gnp0318a
40,63	0,339	0,410	gcg0118a
38,87	0,338	0,411	gcm0218a
38,72	0,339	0,411	gcp0318a
16,76	0,416	0,389	mog0118a
15,97	0,420	0,391	mom0218a

Apéndice

16,03	0,416	0,389	mop0318a
25,13	0,413	0,398	mng0118a
25,42	0,414	0,399	mnm0218a
24,50	0,414	0,400	mnp0318a
33,83	0,467	0,388	mcp0118a
33,93	0,467	0,388	mcm0218a
33,64	0,469	0,389	mcp0318a
21,47	0,517	0,357	cog0118a
21,25	0,518	0,357	com0218a
20,81	0,515	0,356	cop0318a
40,61	0,421	0,358	ccg0118a
41,41	0,421	0,358	ccm0218a
41,66	0,421	0,358	ccp0318a
28,29	0,346	0,368	zcg0118a
28,09	0,346	0,368	zcm0218a
29,01	0,345	0,367	zcp0318a
<b>Lámina 19 Edición 1973</b>			
Y	x	y	Color
20,71	0,288	0,451	gog0119a
20,84	0,289	0,451	gom0219a
21,46	0,289	0,450	gop0319a
39,89	0,375	0,414	gng0119a
36,90	0,377	0,415	gnm0219a
38,05	0,377	0,416	gnp0319a
40,39	0,337	0,409	gcg0119a
39,99	0,337	0,410	gcm0219a
38,46	0,337	0,411	gcp0319a
17,60	0,411	0,387	mog0119a
18,16	0,411	0,387	mom0219a
15,65	0,410	0,386	mop0319a
29,03	0,410	0,396	mng0119a
27,77	0,411	0,397	mnm0219a
29,20	0,410	0,397	mnp0319a
36,12	0,457	0,388	mcp0119a
35,69	0,457	0,388	mcm0219a
34,51	0,459	0,389	mcp0319a
25,69	0,503	0,357	cog0119a
25,64	0,500	0,357	com0219a
24,41	0,504	0,357	cop0319a
39,42	0,421	0,357	ccg0119a
40,06	0,424	0,356	ccm0219a
40,10	0,425	0,357	ccp0319a
30,22	0,346	0,367	zcg0119a
28,43	0,345	0,367	zcm0219a
28,98	0,345	0,367	zcp0319a
<b>Lámina 20 Edición 1973</b>			
Y	x	y	Color
17,41	0,286	0,457	gog0120a
17,37	0,286	0,457	gom0220a
17,23	0,286	0,457	gop0320a
37,09	0,378	0,418	gng0120a
36,33	0,380	0,419	gnm0220a
37,61	0,379	0,418	gnp0320a
41,11	0,336	0,410	gcg0120a

39,94	0,336	0,411	gcm0220a
39,29	0,337	0,412	gcp0320a
16,86	0,417	0,390	mog0120a
16,61	0,418	0,390	mom0220a
15,34	0,419	0,390	mop0320a
27,41	0,412	0,401	mng0120a
27,07	0,412	0,401	mnm0220a
27,20	0,412	0,402	mnp0320a
34,79	0,451	0,390	mcg0120a
34,88	0,451	0,390	mcm0220a
33,49	0,453	0,391	mcp0320a
24,61	0,504	0,359	cog0120a
23,97	0,506	0,359	com0220a
23,07	0,509	0,359	cop0320a
44,65	0,414	0,358	ccg0120a
44,71	0,414	0,358	ccm0220a
44,00	0,416	0,358	ccp0320a
31,47	0,347	0,368	zcg0120a
30,15	0,346	0,368	zcm0220a
31,90	0,346	0,368	zcp0320a
<b>Lámina 21 Edición 1973</b>			
Y	x	y	Color
14,16	0,284	0,456	gog0121a
13,80	0,284	0,457	gom0221a
13,93	0,283	0,457	gop0321a
37,76	0,378	0,417	gng0121a
36,54	0,379	0,418	gnm0221a
35,24	0,378	0,417	gnp0321a
44,02	0,339	0,405	gcg0121a
41,05	0,338	0,408	gcm0221a
40,78	0,338	0,409	gcp0321a
18,67	0,417	0,391	mog0121a
16,03	0,418	0,390	mom0221a
16,59	0,415	0,389	mop0321a
26,89	0,412	0,400	mng0121a
26,09	0,413	0,401	mnm0221a
26,15	0,414	0,401	mnp0321a
31,42	0,460	0,391	mcg0121a
31,51	0,460	0,391	mcm0221a
32,24	0,458	0,390	mcp0321a
22,26	0,511	0,358	cog0121a
21,45	0,510	0,357	com0221a
20,58	0,514	0,357	cop0321a
43,31	0,415	0,358	ccg0121a
42,35	0,415	0,358	ccm0221a
45,10	0,410	0,358	ccp0321a
29,07	0,346	0,368	zcg0121a
28,59	0,347	0,369	zcm0221a
27,14	0,346	0,369	zcp0321a
<b>Lámina 22 Edición 1973</b>			
Y	x	y	Color
15,48	0,525	0,320	cog0122a
15,45	0,521	0,321	com0222a
15,62	0,522	0,319	cop0322a

32,79	0,452	0,331	cng0122a
32,22	0,452	0,331	cnm0222a
31,94	0,452	0,331	cnp0322a
42,46	0,410	0,339	ccg0122a
43,20	0,409	0,339	ccm0222a
43,74	0,406	0,339	ccp0322a
10,95	0,397	0,263	xog0122a
11,07	0,396	0,264	xom0222a
11,53	0,395	0,265	xop0322a
25,60	0,392	0,295	xng0122a
24,81	0,394	0,294	xnm0222a
25,40	0,393	0,294	xnp0322a
42,23	0,378	0,322	xcg0122a
42,44	0,378	0,322	xcm0222a
42,34	0,379	0,322	xcp0322a
8,20	0,335	0,350	zog0122a
7,94	0,336	0,350	zom0222a
8,09	0,335	0,351	zop0322a
20,10	0,334	0,351	zng0122a
18,70	0,334	0,351	znm0222a
18,71	0,335	0,352	znp0322a
27,83	0,337	0,359	zcg0122a
27,99	0,337	0,358	zcm0222a
26,51	0,337	0,359	zcp0322a
<b>Lámina 23 Edición 1973</b>			
Y	x	y	Color
16,43	0,519	0,320	cog0123a
16,62	0,518	0,320	com0223a
16,41	0,517	0,321	cop0323a
32,67	0,444	0,332	cng0123a
33,73	0,446	0,331	cnm0223a
34,15	0,444	0,331	cnp0323a
42,44	0,413	0,339	ccg0123a
41,48	0,416	0,339	ccm0223a
41,16	0,416	0,339	ccp0323a
9,96	0,399	0,266	xog0123a
10,54	0,398	0,266	xom0223a
10,16	0,397	0,265	xop0323a
22,67	0,396	0,294	xng0123a
23,02	0,396	0,293	xnm0223a
22,65	0,395	0,294	xnp0323a
40,18	0,381	0,323	xcg0123a
39,63	0,381	0,323	xcm0223a
38,70	0,382	0,322	xcp0323a
6,94	0,335	0,348	zog0123a
6,74	0,335	0,348	zom0223a
6,96	0,334	0,349	zop0323a
18,89	0,334	0,351	zng0123a
18,61	0,335	0,352	znm0223a
17,83	0,334	0,351	znp0323a
29,45	0,337	0,359	zcg0123a
28,83	0,339	0,360	zcm0223a
29,33	0,338	0,360	zcp0323a
<b>Lámina 24 Edición 1973</b>			

Apéndice

Y	x	y	Color
15,13	0,523	0,319	cog0124a
15,13	0,520	0,319	com0224a
14,89	0,520	0,319	cop0324a
30,86	0,450	0,330	cng0124a
31,25	0,452	0,330	cnm0224a
30,50	0,453	0,330	cnp0324a
39,06	0,423	0,338	ccg0124a
38,01	0,424	0,337	ccm0224a
37,09	0,425	0,338	ccp0324a
9,82	0,398	0,270	xog0124a
9,48	0,398	0,266	xom0224a
9,71	0,395	0,270	xop0324a
23,35	0,392	0,292	xng0124a
23,33	0,393	0,291	xnm0224a
23,09	0,393	0,291	xnp0324a
39,25	0,381	0,322	xcg0124a
39,70	0,380	0,322	xcm0224a
39,01	0,379	0,323	xcp0324a
8,19	0,334	0,349	zog0124a
7,88	0,334	0,349	zom0224a
7,51	0,335	0,350	zop0324a
18,03	0,334	0,351	zng0124a
17,65	0,332	0,350	znm0224a
17,38	0,334	0,351	znp0324a
27,82	0,337	0,359	zcg0124a
28,50	0,337	0,359	zcm0224a
28,48	0,337	0,359	zcp0324a
Lámina 25 Edición 1973			
Y	x	y	Color
15,63	0,521	0,321	cog0125a
15,96	0,519	0,321	com0225a
15,48	0,524	0,321	cop0325a
34,69	0,439	0,332	cng0125a
34,26	0,437	0,332	cnm0225a
34,48	0,436	0,332	cnp0325a
43,46	0,408	0,338	ccg0125a
41,74	0,407	0,338	ccm0225a
42,25	0,409	0,338	ccp0325a
12,79	0,390	0,259	xog0125a
12,83	0,390	0,260	xom0225a
13,35	0,389	0,259	xop0325a
23,16	0,393	0,295	xng0125a
22,79	0,393	0,293	xnm0225a
22,57	0,395	0,293	xnp0325a
39,04	0,382	0,322	xcg0125a
38,81	0,382	0,322	xcm0225a
38,53	0,382	0,321	xcp0325a
6,42	0,334	0,349	zog0125a
6,49	0,334	0,348	zom0225a
6,06	0,335	0,349	zop0325a
24,15	0,335	0,352	zng0125a
25,26	0,335	0,352	znm0225a
25,34	0,336	0,352	znp0325a

30,07	0,339	0,358	zcg0125a
32,75	0,338	0,359	zcm0225a
27,78	0,338	0,358	zcp0325a
Lámina 26 Edición 1973			
Y	x	y	Color
16,08	0,523	0,321	cog0126a
15,95	0,523	0,321	com0226a
15,81	0,524	0,320	cop0326a
33,60	0,448	0,331	cng0126a
33,59	0,447	0,331	cnm0226a
33,04	0,448	0,331	cnp0326a
42,77	0,416	0,339	ccg0126a
40,91	0,419	0,338	ccm0226a
41,02	0,420	0,338	ccp0326a
9,32	0,400	0,262	xog0126a
9,69	0,397	0,264	xom0226a
9,64	0,399	0,267	xop0326a
21,79	0,395	0,291	xng0126a
21,93	0,396	0,291	xnm0226a
21,69	0,396	0,292	xnp0326a
38,65	0,383	0,321	xcg0126a
37,75	0,384	0,320	xcm0226a
37,46	0,383	0,321	xcp0326a
6,91	0,333	0,348	zog0126a
6,61	0,334	0,349	zom0226a
6,87	0,334	0,349	zop0326a
17,79	0,334	0,351	zng0126a
17,81	0,334	0,351	znm0226a
17,19	0,334	0,351	znp0326a
29,06	0,338	0,359	zcg0126a
28,34	0,337	0,358	zcm0226a
28,34	0,338	0,359	zcp0326a
Lámina 27 Edición 1973			
Y	x	y	Color
15,86	0,525	0,324	cog0127a
16,31	0,522	0,324	com0227a
15,92	0,519	0,323	cop0327a
31,20	0,458	0,330	cng0127a
32,57	0,454	0,330	cnm0227a
31,47	0,457	0,330	cnp0327a
42,22	0,419	0,338	ccg0127a
41,58	0,416	0,339	ccm0227a
42,25	0,414	0,338	ccp0327a
9,97	0,398	0,263	xog0127a
10,24	0,396	0,267	xom0227a
11,11	0,392	0,263	xop0327a
24,26	0,392	0,292	xng0127a
24,63	0,391	0,292	xnm0227a
23,21	0,393	0,291	xnp0327a
41,65	0,379	0,322	xcg0127a
39,95	0,380	0,321	xcm0227a
39,06	0,381	0,320	xcp0327a
7,27	0,334	0,348	zog0127a
6,88	0,334	0,349	zom0227a

6,94	0,333	0,348	zop0327a
19,89	0,334	0,350	zng0127a
19,67	0,334	0,351	znm0227a
18,51	0,334	0,351	znp0327a
28,55	0,337	0,359	zcg0127a
28,65	0,337	0,358	zcm0227a
28,37	0,337	0,359	zcp0327a
Lámina 28 Edición 1973			
Y	x	y	Color
16,56	0,286	0,451	gog0128a
17,49	0,286	0,447	gom0228a
17,68	0,286	0,450	gop0328a
36,95	0,377	0,416	gng0128a
37,59	0,377	0,416	gnm0228a
36,89	0,378	0,416	gnp0328a
40,57	0,336	0,410	gcg0128a
41,61	0,336	0,409	gcm0228a
39,14	0,336	0,413	gcp0328a
17,90	0,411	0,387	mog0128a
15,77	0,414	0,388	mom0228a
15,90	0,411	0,387	mop0328a
25,83	0,410	0,397	mng0128a
25,22	0,412	0,399	mnm0228a
26,57	0,409	0,398	mnp0328a
32,88	0,455	0,389	mcg0128a
32,03	0,459	0,390	mcm0228a
32,05	0,458	0,389	mcp0328a
25,00	0,499	0,358	cog0128a
25,13	0,503	0,358	com0228a
22,16	0,509	0,357	cop0328a
40,11	0,425	0,357	ccg0128a
40,56	0,425	0,356	ccm0228a
38,32	0,426	0,357	ccp0328a
29,85	0,345	0,367	zcg0128a
29,15	0,344	0,367	zcm0228a
28,61	0,345	0,368	zcp0328a
Lámina 29 Edición 1973			
Y	x	y	Color
22,04	0,288	0,451	gog0129a
21,45	0,288	0,453	gom0229a
22,11	0,288	0,452	gop0329a
39,42	0,377	0,416	gng0129a
41,08	0,377	0,416	gnm0229a
39,25	0,378	0,417	gnp0329a
41,28	0,336	0,411	gcg0129a
39,88	0,336	0,413	gcm0229a
39,69	0,335	0,412	gcp0329a
17,05	0,415	0,389	mog0129a
15,19	0,417	0,389	mom0229a
16,38	0,414	0,388	mop0329a
26,98	0,414	0,400	mng0129a
26,57	0,414	0,400	mnm0229a
27,32	0,412	0,399	mnp0329a
32,89	0,469	0,389	mcg0129a

Apéndice

33,72	0,465	0,389	mcm0229a
32,81	0,469	0,388	mcp0329a
23,34	0,509	0,358	cog0129a
21,69	0,512	0,358	com0229a
22,96	0,509	0,358	cop0329a
45,25	0,413	0,357	ccg0129a
44,79	0,415	0,357	ccm0229a
44,55	0,414	0,358	ccp0329a
32,13	0,345	0,367	zcg0129a
34,30	0,346	0,368	zcm0229a
35,64	0,345	0,367	zcp0329a
Lámina 30 Edición 1973			
Y	x	y	Color
25,28	0,450	0,341	rog0130a
24,58	0,453	0,341	rom0230a
24,22	0,454	0,342	rop0330a
40,54	0,420	0,357	rng0130a
40,33	0,418	0,356	rnm0230a
37,87	0,426	0,356	rn timer0330a
52,12	0,395	0,359	rcg0130a
50,63	0,401	0,360	rcm0230a
49,73	0,401	0,359	rcp0330a
26,46	0,339	0,424	vog0130a
27,72	0,339	0,424	vom0230a
26,07	0,339	0,425	vop0330a
41,47	0,343	0,413	vng0130a
43,21	0,343	0,411	vnm0230a
42,13	0,343	0,411	vnp0330a
55,16	0,352	0,402	vcg0130a
54,11	0,353	0,404	vcm0230a
53,18	0,353	0,404	vcp0330a
51,19	0,469	0,451	yog0130a
49,83	0,472	0,449	yom0230a
49,89	0,469	0,449	yop0330a
62,08	0,439	0,469	ycg0130a
59,56	0,442	0,471	ycm0230a
59,30	0,443	0,470	ycp0330a
Lámina 31 Edición 1973			
Y	x	y	Color
27,98	0,447	0,341	rog0131a
27,91	0,448	0,341	rom0231a
27,09	0,447	0,341	rop0331a
42,31	0,423	0,355	rng0131a
42,90	0,419	0,355	rnm0231a
41,52	0,424	0,354	rn timer0331a
55,04	0,394	0,357	rcg0131a
53,76	0,396	0,357	rcm0231a
54,53	0,394	0,357	rcp0331a
26,66	0,339	0,424	vog0131a
24,83	0,340	0,428	vom0231a
26,21	0,339	0,426	vop0331a
40,02	0,343	0,418	vng0131a
40,78	0,344	0,417	vnm0231a
40,33	0,343	0,417	vnp0331a

54,69	0,356	0,410	vcg0131a
54,18	0,356	0,412	vcm0231a
54,62	0,356	0,410	vcp0331a
54,08	0,472	0,450	yog0131a
54,47	0,470	0,452	yom0231a
54,30	0,470	0,453	yop0331a
66,44	0,438	0,470	ycg0131a
66,44	0,436	0,470	ycm0231a
66,13	0,438	0,470	ycp0331a
Lámina 32 Edición 1973			
Y	x	y	Color
31,75	0,460	0,398	nog0132a
30,59	0,462	0,397	nom0232a
28,90	0,466	0,398	nop0332a
40,02	0,445	0,395	nng0132a
40,51	0,444	0,395	nnm0232a
38,48	0,445	0,395	nnp0332a
53,63	0,412	0,392	ncg0132a
53,08	0,414	0,392	ncm0232a
53,61	0,412	0,392	ncp0332a
27,70	0,290	0,343	aog0132a
27,35	0,290	0,343	aom0232a
27,58	0,290	0,343	aop0332a
42,07	0,331	0,378	acg0132a
42,25	0,331	0,379	acm0232a
41,74	0,332	0,379	acp0332a
22,00	0,388	0,437	vog0132a
22,18	0,388	0,438	vom0232a
22,32	0,387	0,436	vop0332a
36,53	0,392	0,431	vng0132a
35,44	0,393	0,432	vnm0232a
35,44	0,392	0,431	vnp0332a
55,54	0,381	0,415	vcg0132a
54,95	0,381	0,415	vcm0232a
54,55	0,381	0,415	vcp0332a
Lámina 33 Edición 1973			
Y	x	y	Color
26,20	0,478	0,399	nog0133a
26,38	0,473	0,398	nom0233a
26,26	0,474	0,398	nop0333a
38,30	0,446	0,395	nng0133a
39,19	0,447	0,396	nnm0233a
39,68	0,446	0,395	nnp0333a
51,26	0,412	0,391	ncg0133a
51,97	0,411	0,391	ncm0233a
49,89	0,414	0,392	ncp0333a
26,26	0,285	0,340	aog0133a
26,09	0,285	0,340	aom0233a
26,20	0,285	0,340	aop0333a
43,63	0,328	0,375	acg0133a
44,15	0,329	0,376	acm0233a
45,01	0,328	0,375	acp0333a
26,28	0,392	0,443	vog0133a
24,63	0,392	0,445	vom0233a

25,21	0,390	0,442	vop0333a
33,58	0,394	0,436	vng0133a
34,28	0,395	0,437	vnm0233a
33,31	0,395	0,438	vnp0333a
51,91	0,381	0,418	vcg0133a
52,18	0,381	0,418	vcm0233a
52,07	0,381	0,418	vcp0333a
Lámina 34 Edición 1973			
Y	x	y	Color
24,95	0,493	0,386	nog0134a
26,71	0,487	0,386	nom0234a
26,24	0,486	0,385	nop0334a
37,84	0,461	0,394	nng0134a
37,65	0,462	0,394	nnm0234a
38,16	0,460	0,394	nnp0334a
50,17	0,414	0,389	ncg0134a
51,63	0,411	0,388	ncm0234a
50,85	0,410	0,387	ncp0334a
29,76	0,325	0,398	aog0134a
28,80	0,325	0,398	aom0234a
28,55	0,325	0,399	aop0334a
45,59	0,347	0,413	acg0134a
45,00	0,347	0,413	acm0234a
45,05	0,347	0,413	acp0334a
27,08	0,429	0,343	rog0134a
27,49	0,428	0,344	rom0234a
28,09	0,427	0,344	rop0334a
50,78	0,388	0,370	rcg0134a
49,74	0,390	0,370	rcm0234a
50,28	0,389	0,370	rcp0334a
30,86	0,400	0,443	vog0134a
30,76	0,399	0,443	vom0234a
30,14	0,400	0,444	vop0334a
39,33	0,393	0,434	vng0134a
39,49	0,394	0,435	vnm0234a
39,56	0,394	0,435	vnp0334a
47,36	0,386	0,425	vcg0134a
48,79	0,385	0,423	vcm0234a
46,63	0,386	0,425	vcp0334a
Lámina 35 Edición 1973			
Y	x	y	Color
27,76	0,492	0,388	nog0135a
28,30	0,490	0,389	nom0235a
26,82	0,496	0,389	nop0335a
39,57	0,463	0,397	nng0135a
39,52	0,464	0,396	nnm0235a
39,96	0,462	0,397	nnp0335a
53,02	0,407	0,389	ncg0135a
53,51	0,407	0,389	ncm0235a
52,44	0,408	0,389	ncp0335a
30,67	0,325	0,399	aog0135a
31,85	0,326	0,398	aom0235a
30,80	0,326	0,399	aop0335a
51,31	0,347	0,409	acg0135a

Apéndice

50,08	0,347	0,410	acm0235a
50,50	0,347	0,410	acp0335a
26,01	0,438	0,343	rog0135a
25,77	0,437	0,343	rom0235a
25,86	0,434	0,342	rop0335a
51,96	0,386	0,370	rcg0135a
52,99	0,386	0,370	rcm0235a
51,58	0,387	0,370	rcp0335a
28,06	0,402	0,447	vog0135a
28,45	0,405	0,450	vom0235a
28,14	0,404	0,449	vop0335a
43,84	0,392	0,432	vng0135a
43,24	0,393	0,433	vnm0235a
43,17	0,393	0,433	vnp0335a
54,86	0,380	0,417	vcg0135a
55,40	0,380	0,418	vcm0235a
54,66	0,380	0,417	vcp0335a
<b>Lámina 36 Edición 1973</b>			
Y	x	y	Color
25,48	0,475	0,397	nog0136a
25,39	0,472	0,396	nom0236a
23,73	0,478	0,398	nop0336a
43,86	0,435	0,393	nng0136a
43,73	0,434	0,393	nnm0236a
42,86	0,437	0,394	nnp0336a
49,80	0,409	0,389	ncg0136a
51,87	0,408	0,388	ncm0236a

51,30	0,408	0,388	ncp0336a
23,63	0,336	0,408	aog0136a
23,92	0,336	0,406	aom0236a
23,03	0,337	0,408	aop0336a
45,56	0,341	0,395	acg0136a
46,96	0,341	0,394	acm0236a
44,49	0,342	0,397	acp0336a
26,15	0,408	0,336	rog0136a
26,96	0,407	0,337	rom0236a
26,63	0,407	0,336	rop0336a
43,48	0,385	0,361	rcg0136a
43,56	0,386	0,361	rcm0236a
43,49	0,385	0,361	rcp0336a
21,35	0,390	0,437	vog0136a
21,48	0,390	0,438	vom0236a
21,64	0,395	0,442	vop0336a
33,40	0,389	0,431	vng0136a
33,93	0,392	0,434	vnm0236a
33,47	0,391	0,434	vnp0336a
41,61	0,389	0,426	vcg0136a
42,07	0,389	0,426	vcm0236a
42,02	0,389	0,426	vcp0336a
<b>Lámina 37 Edición 1973</b>			
Y	x	y	Color
28,05	0,470	0,398	nog0137a
28,59	0,468	0,397	nom0237a
28,59	0,466	0,397	nop0337a

45,15	0,433	0,394	nng0137a
45,02	0,434	0,393	nnm0237a
45,06	0,433	0,393	nnp0337a
55,52	0,402	0,386	ncg0137a
55,05	0,403	0,387	ncm0237a
55,30	0,403	0,386	ncp0337a
25,85	0,336	0,405	aog0137a
25,68	0,335	0,404	aom0237a
23,89	0,336	0,408	aop0337a
48,38	0,341	0,395	acg0137a
46,72	0,342	0,396	acm0237a
45,82	0,342	0,396	acp0337a
28,94	0,404	0,337	rog0137a
29,27	0,404	0,337	rom0237a
29,48	0,403	0,337	rop0337a
42,95	0,386	0,361	rcg0137a
43,89	0,384	0,361	rcm0237a
42,72	0,386	0,360	rcp0337a
23,51	0,388	0,436	vog0137a
23,68	0,389	0,437	vom0237a
24,01	0,389	0,437	vop0337a
36,55	0,388	0,430	vng0137a
37,86	0,387	0,429	vnm0237a
38,06	0,385	0,427	vnp0337a
44,81	0,387	0,424	vcg0137a
46,01	0,383	0,419	vcm0237a
45,36	0,384	0,421	vcp0337a

## Test de Ishihara Edición 1995

Lámina 2 Edición 1995			
Y	x	y	Color
20,84	0,369	0,407	vog0102b
19,71	0,369	0,408	vom0202b
19,63	0,368	0,406	vop0302b
27,50	0,370	0,409	vng0102b
26,70	0,370	0,409	vnm0202b
24,84	0,369	0,408	vnp0302b
40,19	0,376	0,408	vcg0102b
40,77	0,378	0,409	vcm0202b
42,11	0,377	0,408	vcp0302b
25,03	0,407	0,374	nog0102b
23,92	0,409	0,374	nom0202b
22,27	0,411	0,375	nop0302b
31,97	0,415	0,382	nng0102b
32,36	0,416	0,382	nnm0202b
31,67	0,416	0,382	nnp0302b
42,15	0,402	0,392	ncg0102b
40,95	0,402	0,392	ncm0202b
41,63	0,402	0,392	ncp0302b
18,48	0,311	0,399	aog0102b
17,52	0,311	0,401	aom0202b
17,65	0,310	0,401	aop0302b
30,94	0,312	0,406	acg0102b
29,02	0,312	0,406	acm0202b
29,33	0,313	0,405	acp0302b
19,95	0,378	0,319	rog0102b
19,49	0,378	0,319	rom0202b
20,62	0,378	0,319	rop0302b
40,03	0,388	0,359	rcg0102b
39,75	0,386	0,359	rcm0202b
37,79	0,392	0,358	rcp0302b
Lámina 3 Edición 1995			
Y	x	y	Color
20,55	0,369	0,407	vog0103b
20,46	0,369	0,408	vom0203b
19,32	0,367	0,405	vop0303b
25,95	0,368	0,407	vng0103b
28,95	0,369	0,407	vnm0203b
28,21	0,368	0,407	vnp0303b
41,53	0,378	0,409	vcg0103b
41,11	0,378	0,409	vcm0203b
41,96	0,378	0,409	vcp0303b
25,01	0,408	0,373	nog0103b
25,00	0,409	0,374	nom0203b
27,22	0,405	0,374	nop0303b
33,81	0,415	0,381	nng0103b
34,37	0,415	0,382	nnm0203b
34,08	0,415	0,382	nnp0303b
41,82	0,405	0,393	ncg0103b
41,87	0,404	0,392	ncm0203b

41,56	0,405	0,392	ncp0303b
19,43	0,309	0,398	aog0103b
18,95	0,309	0,397	aom0203b
19,20	0,310	0,399	aop0303b
32,36	0,312	0,406	acg0103b
32,53	0,312	0,405	acm0203b
31,45	0,311	0,406	acp0303b
20,22	0,378	0,319	rog0103b
19,66	0,378	0,318	rom0203b
19,76	0,378	0,318	rop0303b
38,63	0,392	0,358	rcg0103b
38,75	0,392	0,357	rcm0203b
38,59	0,392	0,357	rcp0303b
Lámina 4 Edición 1995			
Y	x	y	Color
19,54	0,368	0,407	vog0104b
19,27	0,369	0,407	vom0204b
20,13	0,369	0,408	vop0304b
27,15	0,370	0,408	vng0104b
25,75	0,369	0,407	vnm0204b
26,14	0,369	0,408	vnp0304b
40,33	0,379	0,409	vcg0104b
40,87	0,379	0,409	vcm0204b
41,00	0,378	0,408	vcp0304b
24,41	0,410	0,374	nog0104b
24,94	0,409	0,374	nom0204b
24,34	0,411	0,375	nop0304b
35,40	0,414	0,383	nng0104b
35,60	0,412	0,383	nnm0204b
35,03	0,413	0,383	nnp0304b
44,11	0,401	0,391	ncg0104b
43,59	0,402	0,390	ncm0204b
42,57	0,403	0,390	ncp0304b
20,18	0,310	0,396	aog0104b
20,66	0,311	0,396	aom0204b
20,00	0,310	0,398	aop0304b
30,08	0,310	0,405	acg0104b
30,04	0,310	0,405	acm0204b
30,29	0,311	0,407	acp0304b
22,02	0,378	0,320	rog0104b
22,02	0,378	0,319	rom0204b
21,75	0,379	0,320	rop0304b
38,99	0,393	0,357	rcg0104b
38,23	0,393	0,357	rcm0204b
38,93	0,393	0,357	rcp0304b
Lámina 5 Edición 1995			
Y	x	y	Color
20,08	0,367	0,404	vog0105b
20,09	0,366	0,404	vom0205b
20,46	0,368	0,406	vop0305b
26,22	0,368	0,406	vng0105b

26,40	0,369	0,407	vnm0205b
26,45	0,368	0,406	vnp0305b
40,95	0,379	0,409	vcg0105b
42,72	0,379	0,409	vcm0205b
40,57	0,378	0,408	vcp0305b
23,68	0,411	0,375	nog0105b
24,23	0,411	0,375	nom0205b
23,66	0,411	0,374	nop0305b
35,20	0,413	0,382	nng0105b
32,61	0,415	0,382	nnm0205b
35,33	0,413	0,383	nnp0305b
40,70	0,402	0,392	ncg0105b
42,16	0,403	0,392	ncm0205b
43,45	0,401	0,392	ncp0305b
18,27	0,309	0,397	aog0105b
17,97	0,309	0,398	aom0205b
17,99	0,309	0,398	aop0305b
27,87	0,310	0,406	acg0105b
28,33	0,311	0,407	acm0205b
27,90	0,310	0,406	acp0305b
18,81	0,378	0,319	rog0105b
17,98	0,379	0,318	rom0205b
18,36	0,381	0,318	rop0305b
35,08	0,393	0,356	rcg0105b
35,20	0,393	0,357	rcm0205b
35,68	0,393	0,357	rcp0305b
Lámina 6 Edición 1995			
Y	x	y	Color
20,72	0,368	0,411	vog0106b
21,26	0,366	0,409	vom0206b
20,72	0,368	0,411	vop0306b
26,94	0,365	0,413	vng0106b
25,40	0,364	0,411	vnm0206b
25,43	0,364	0,412	vnp0306b
35,61	0,386	0,425	vcg0106b
38,74	0,385	0,423	vcm0206b
38,62	0,386	0,425	vcp0306b
21,62	0,444	0,377	nog0106b
21,76	0,441	0,377	nom0206b
21,42	0,445	0,377	nop0306b
34,18	0,443	0,386	nng0106b
32,03	0,445	0,387	nnm0206b
34,02	0,443	0,386	nnp0306b
42,38	0,417	0,399	ncg0106b
42,45	0,417	0,400	ncm0206b
41,17	0,417	0,399	ncp0306b
23,57	0,277	0,377	aog0106b
23,77	0,277	0,377	aom0206b
25,08	0,280	0,375	aop0306b
35,22	0,314	0,409	acg0106b
35,34	0,315	0,410	acm0206b



Apéndice

36,40	0,316	0,407	acp0306b
18,72	0,431	0,332	rog0106b
17,51	0,429	0,332	rom0206b
17,25	0,431	0,332	rop0306b
34,40	0,400	0,354	rcg0106b
36,53	0,399	0,356	rcm0206b
35,47	0,400	0,355	rcp0306b
Lámina 7 Edición 1995			
Y	x	y	Color
22,40	0,367	0,410	vog0107b
22,75	0,365	0,408	vom0207b
23,30	0,365	0,407	vop0307b
28,19	0,365	0,412	vng0107b
28,87	0,364	0,411	vnm0207b
28,34	0,364	0,411	vnp0307b
37,06	0,385	0,423	vcg0107b
37,08	0,385	0,423	vcm0207b
36,74	0,385	0,424	vcp0307b
24,78	0,435	0,375	nog0107b
25,17	0,435	0,375	nom0207b
24,58	0,435	0,376	nop0307b
36,71	0,437	0,386	nng0107b
36,25	0,437	0,385	nnm0207b
35,92	0,438	0,385	nnp0307b
46,14	0,416	0,398	ncg0107b
46,95	0,414	0,398	ncm0207b
46,68	0,415	0,398	ncp0307b
23,55	0,278	0,378	aog0107b
23,35	0,278	0,377	aom0207b
23,64	0,279	0,377	aop0307b
36,31	0,316	0,409	acg0107b
35,84	0,315	0,409	acm0207b
34,96	0,314	0,408	acp0307b
18,49	0,425	0,333	rog0107b
17,99	0,426	0,332	rom0207b
18,99	0,424	0,333	rop0307b
36,48	0,398	0,356	rcg0107b
36,98	0,397	0,356	rcm0207b
36,79	0,397	0,356	rcp0307b
Lámina 8 Edición 1995			
Y	x	y	Color
24,62	0,367	0,409	vog0108b
24,52	0,366	0,408	vom0208b
25,04	0,366	0,407	vop0308b
30,50	0,364	0,410	vng0108b
29,01	0,364	0,410	vnm0208b
30,52	0,364	0,409	vnp0308b
39,12	0,387	0,423	vcg0108b
38,78	0,386	0,422	vcm0208b
39,35	0,387	0,424	vcp0308b
23,12	0,441	0,376	nog0108b
22,47	0,440	0,375	nom0208b
22,09	0,440	0,375	nop0308b
33,94	0,441	0,385	nng0108b

33,08	0,440	0,384	nnm0208b
34,20	0,437	0,384	nnp0308b
46,04	0,417	0,399	ncg0108b
44,67	0,416	0,398	ncm0208b
45,21	0,413	0,398	ncp0308b
23,46	0,277	0,377	aog0108b
24,42	0,279	0,376	aom0208b
24,68	0,280	0,376	aop0308b
33,71	0,314	0,410	acg0108b
33,52	0,314	0,410	acm0208b
34,15	0,314	0,410	acp0308b
19,06	0,427	0,333	rog0108b
18,07	0,430	0,333	rom0208b
18,41	0,428	0,333	rop0308b
33,44	0,401	0,354	rcg0108b
33,21	0,401	0,353	rcm0208b
33,15	0,401	0,353	rcp0308b
Lámina 9 Edición 1995			
Y	x	y	Color
22,49	0,366	0,409	vog0109b
22,70	0,365	0,408	vom0209b
22,41	0,365	0,408	vop0309b
27,37	0,366	0,414	vng0109b
28,40	0,365	0,411	vnm0209b
28,56	0,363	0,410	vnp0309b
38,75	0,386	0,423	vcg0109b
36,38	0,388	0,425	vcm0209b
36,59	0,387	0,424	vcp0309b
21,33	0,443	0,378	nog0109b
20,99	0,441	0,377	nom0209b
20,19	0,443	0,376	nop0309b
32,19	0,441	0,386	nng0109b
30,93	0,442	0,386	nnm0209b
31,36	0,441	0,386	nnp0309b
41,21	0,417	0,399	ncg0109b
43,38	0,414	0,399	ncm0209b
41,60	0,417	0,399	ncp0309b
24,63	0,280	0,376	aog0109b
24,47	0,280	0,376	aom0209b
23,83	0,279	0,377	aop0309b
34,14	0,314	0,409	acg0109b
32,01	0,313	0,411	acm0209b
32,46	0,314	0,410	acp0309b
17,29	0,431	0,333	rog0109b
17,77	0,428	0,333	rom0209b
18,17	0,427	0,333	rop0309b
32,23	0,400	0,354	rcg0109b
31,82	0,400	0,354	rcm0209b
32,29	0,400	0,354	rcp0309b
Lámina 10 Edición 1995			
Y	x	y	Color
19,98	0,354	0,404	vog0110b
18,44	0,354	0,403	vom0210b
19,07	0,355	0,405	vop0310b

25,78	0,365	0,415	vng0110b
26,05	0,365	0,414	vnm0210b
25,76	0,365	0,415	vnp0310b
41,48	0,374	0,418	vcg0110b
41,24	0,374	0,418	vcm0210b
41,44	0,374	0,419	vcp0310b
25,66	0,415	0,380	nog0110b
26,21	0,416	0,381	nom0210b
25,66	0,416	0,380	nop0310b
35,40	0,414	0,389	nng0110b
33,99	0,414	0,389	nnm0210b
34,16	0,413	0,389	nnp0310b
44,43	0,401	0,393	ncg0110b
44,75	0,401	0,393	ncm0210b
44,93	0,400	0,392	ncp0310b
24,61	0,276	0,352	aog0110b
24,79	0,276	0,352	aom0210b
24,17	0,276	0,352	aop0310b
33,58	0,316	0,401	acg0110b
33,67	0,317	0,401	acm0210b
33,12	0,316	0,401	acp0310b
Lámina 11 Edición 1995			
Y	x	y	Color
20,72	0,353	0,400	vog0111b
21,07	0,352	0,398	vom0211b
20,83	0,352	0,400	vop0311b
25,32	0,362	0,410	vng0111b
25,57	0,363	0,411	vnm0211b
25,41	0,361	0,409	vnp0311b
41,32	0,374	0,417	vcg0111b
42,52	0,373	0,417	vcm0211b
42,40	0,374	0,417	vcp0311b
26,40	0,413	0,380	nog0111b
26,88	0,413	0,380	nom0211b
26,97	0,411	0,379	nop0311b
34,96	0,414	0,388	nng0111b
35,43	0,414	0,389	nnm0211b
36,04	0,412	0,387	nnp0311b
45,58	0,401	0,392	ncg0111b
44,06	0,403	0,391	ncm0211b
46,01	0,400	0,392	ncp0311b
25,15	0,275	0,350	aog0111b
25,95	0,275	0,350	aom0211b
26,43	0,276	0,350	aop0311b
33,72	0,314	0,399	acg0111b
33,09	0,314	0,399	acm0211b
33,82	0,314	0,399	acp0311b
Lámina 12 Edición 1995			
Y	x	y	Color
20,84	0,355	0,403	vog0112b
20,34	0,355	0,403	vom0212b
20,23	0,355	0,403	vop0312b
24,48	0,363	0,411	vng0112b
23,88	0,363	0,412	vnm0212b

Apéndice

23,83	0,363	0,411	vnp0312b
41,18	0,374	0,418	vcg0112b
40,39	0,375	0,418	vcm0212b
39,78	0,374	0,417	vcp0312b
26,98	0,411	0,379	nog0112b
26,92	0,412	0,380	nom0212b
27,50	0,412	0,380	nop0312b
32,37	0,414	0,386	nng0112b
32,11	0,414	0,386	nnm0212b
31,94	0,415	0,386	nnp0312b
44,69	0,402	0,392	ncg0112b
42,90	0,403	0,391	ncm0212b
40,95	0,404	0,389	ncp0312b
26,32	0,277	0,351	aog0112b
26,03	0,276	0,351	aom0212b
25,17	0,275	0,351	aop0312b
37,89	0,318	0,400	acg0112b
38,46	0,318	0,399	acm0212b
37,95	0,318	0,400	acp0312b
Lámina 13 Edición 1995			
Y	x	y	Color
21,19	0,353	0,400	vog0113b
21,23	0,353	0,400	vom0213b
21,23	0,353	0,400	vop0313b
27,66	0,364	0,412	vng0113b
27,87	0,364	0,411	vnm0213b
28,74	0,363	0,410	vnp0313b
43,82	0,372	0,416	vcg0113b
44,52	0,372	0,416	vcm0213b
44,06	0,372	0,416	vcp0313b
25,25	0,414	0,379	nog0113b
25,75	0,414	0,379	nom0213b
25,80	0,414	0,379	nop0313b
35,88	0,413	0,389	nng0113b
34,97	0,412	0,388	nnm0213b
36,28	0,412	0,388	nnp0313b
44,87	0,402	0,393	ncg0113b
44,36	0,402	0,393	ncm0213b
45,51	0,402	0,392	ncp0313b
27,16	0,278	0,351	aog0113b
26,14	0,277	0,351	aom0213b
25,99	0,277	0,351	aop0313b
35,28	0,316	0,400	acg0113b
34,87	0,316	0,399	acm0213b
34,81	0,316	0,400	acp0313b
Lámina 14 Edición 1995			
Y	x	y	Color
23,69	0,363	0,408	vog0114b
23,30	0,362	0,407	vom0214b
23,74	0,361	0,407	vop0314b
32,15	0,323	0,398	vng0114b
33,21	0,324	0,398	vnm0214b
32,11	0,324	0,398	vnp0314b
45,19	0,370	0,414	vcg0114b

44,90	0,370	0,414	vcm0214b
43,39	0,371	0,416	vcp0314b
18,98	0,443	0,349	rog0114b
19,18	0,442	0,348	rom0214b
18,50	0,444	0,348	rop0314b
27,61	0,435	0,359	rng0114b
28,01	0,434	0,359	rnm0214b
28,19	0,433	0,360	rnp0314b
42,00	0,408	0,377	rcg0114b
41,95	0,408	0,377	rcm0214b
43,29	0,407	0,377	rcp0314b
42,30	0,493	0,408	yog0114b
43,64	0,490	0,408	yom0214b
43,06	0,493	0,408	yop0314b
56,97	0,455	0,448	ycg0114b
56,96	0,455	0,448	ycm0214b
57,80	0,455	0,449	ycp0314b
Lámina 15 Edición 1995			
Y	x	y	Color
23,28	0,361	0,406	vog0115b
22,70	0,361	0,406	vom0215b
22,58	0,361	0,407	vop0315b
30,18	0,323	0,397	vng0115b
30,07	0,323	0,397	vnm0215b
32,35	0,324	0,397	vnp0315b
39,65	0,371	0,415	vog0115b
40,19	0,370	0,415	vcm0215b
40,50	0,370	0,414	vcp0315b
18,99	0,444	0,349	rog0115b
19,21	0,442	0,349	rom0215b
19,82	0,441	0,349	rop0315b
28,61	0,434	0,359	rng0115b
28,42	0,435	0,359	rnm0215b
30,34	0,430	0,360	rnp0315b
46,23	0,405	0,377	rcg0115b
45,66	0,406	0,377	rcm0215b
45,80	0,406	0,377	rcp0315b
43,11	0,489	0,409	yog0115b
45,08	0,490	0,409	yom0215b
44,92	0,488	0,409	yop0315b
55,37	0,462	0,445	ycg0115b
53,93	0,462	0,445	ycm0215b
55,20	0,460	0,444	ycp0315b
Lámina 16 Edición 1995			
Y	x	y	Color
22,88	0,362	0,407	vog0116b
24,10	0,362	0,407	vom0216b
23,09	0,362	0,408	vop0316b
31,24	0,324	0,398	vng0116b
30,82	0,323	0,398	vnm0216b
29,73	0,323	0,399	vnp0316b
39,34	0,371	0,416	vog0116b
40,04	0,370	0,414	vcm0216b
40,24	0,370	0,414	vcp0316b

18,63	0,444	0,349	rog0116b
18,70	0,446	0,350	rom0216b
18,72	0,444	0,349	rop0316b
28,58	0,433	0,360	rng0116b
29,03	0,431	0,360	rnm0216b
28,09	0,434	0,361	rnp0316b
42,71	0,408	0,377	rcg0116b
43,39	0,406	0,378	rcm0216b
42,09	0,407	0,378	rcp0316b
43,61	0,485	0,410	yog0116b
43,40	0,485	0,410	yom0216b
43,19	0,483	0,412	yop0316b
53,94	0,461	0,447	ycg0116b
53,88	0,462	0,445	ycm0216b
54,26	0,460	0,445	ycp0316b
Lámina 17 Edición 1995			
Y	x	y	Color
23,65	0,360	0,405	vog0117b
24,19	0,360	0,405	vom0217b
24,53	0,360	0,405	vop0317b
31,37	0,323	0,397	vng0117b
31,39	0,323	0,397	vnm0217b
31,09	0,323	0,397	vnp0317b
42,92	0,370	0,414	vog0117b
42,75	0,371	0,415	vcm0217b
41,50	0,371	0,415	vcp0317b
18,86	0,443	0,348	rog0117b
18,94	0,441	0,348	rom0217b
18,63	0,442	0,348	rop0317b
26,76	0,433	0,359	rng0117b
25,93	0,437	0,359	rnm0217b
26,57	0,433	0,359	rnp0317b
41,25	0,408	0,377	rcg0117b
41,41	0,408	0,377	rcm0217b
40,85	0,407	0,377	rcp0317b
42,11	0,490	0,408	yog0117b
42,64	0,491	0,407	yom0217b
42,88	0,490	0,406	yop0317b
53,83	0,456	0,447	ycg0117b
54,34	0,454	0,447	ycm0217b
54,60	0,455	0,447	ycp0317b
Lámina 18 Edición 1995			
Y	x	y	Color
29,33	0,289	0,414	gog0118b
27,87	0,288	0,414	gom0218b
28,26	0,288	0,414	gop0318b
37,29	0,303	0,407	gng0118b
37,17	0,303	0,406	gnm0218b
37,43	0,303	0,406	gnp0318b
38,01	0,385	0,417	gog0118b
37,11	0,386	0,418	gcm0218b
37,64	0,385	0,417	gcp0318b
20,66	0,385	0,376	mog0118b
21,26	0,386	0,376	mom0218b

Apéndice

22,01	0,385	0,376	mop0318b
35,61	0,405	0,389	mng0118b
37,72	0,403	0,389	mnm0218b
36,25	0,404	0,389	mnp0318b
41,38	0,425	0,398	mcg0118b
41,97	0,424	0,397	mcm0218b
41,73	0,424	0,397	mcp0318b
26,26	0,474	0,340	cog0118b
26,74	0,470	0,340	com0218b
27,30	0,470	0,340	cop0318b
36,69	0,412	0,365	ccg0118b
36,71	0,411	0,364	ccm0218b
36,83	0,410	0,365	ccp0318b
35,38	0,333	0,352	zcg0118b
35,06	0,333	0,352	zcm0218b
35,04	0,333	0,352	zcp0318b
Lámina 19 Edición 1995			
Y	x	y	Color
30,02	0,289	0,415	gog0119b
30,17	0,289	0,414	gom0219b
30,55	0,288	0,413	gop0319b
38,35	0,302	0,406	gng0119b
38,55	0,302	0,407	gnm0219b
39,19	0,302	0,406	gnp0319b
40,35	0,385	0,417	gcg0119b
39,38	0,385	0,416	gcm0219b
39,62	0,385	0,416	gcp0319b
22,36	0,384	0,374	mog0119b
21,49	0,382	0,373	mom0219b
22,88	0,383	0,375	mop0319b
36,89	0,404	0,388	mng0119b
37,15	0,404	0,387	mnm0219b
36,81	0,404	0,388	mnp0319b
43,68	0,423	0,396	mcg0119b
44,22	0,424	0,397	mcm0219b
43,97	0,424	0,396	mcp0319b
28,90	0,470	0,340	cog0119b
28,07	0,473	0,339	com0219b
27,14	0,473	0,339	cop0319b
37,36	0,411	0,364	ccg0119b
37,93	0,411	0,364	ccm0219b
37,32	0,412	0,364	ccp0319b
33,00	0,332	0,351	zcg0119b
34,49	0,332	0,351	zcm0219b
34,58	0,332	0,351	zcp0319b
Lámina 20 Edición 1995			
Y	x	y	Color
30,18	0,288	0,411	gog0120b
28,82	0,289	0,413	gom0220b
28,43	0,288	0,413	gop0320b
39,49	0,304	0,406	gng0120b
38,31	0,304	0,406	gnm0220b
37,37	0,302	0,407	gnp0320b
37,50	0,387	0,417	gcg0120b

37,25	0,385	0,416	gcm0220b
37,38	0,387	0,417	gcp0320b
20,91	0,383	0,374	mog0120b
22,34	0,383	0,374	mom0220b
21,76	0,383	0,374	mop0320b
36,22	0,403	0,389	mng0120b
37,53	0,403	0,389	mnm0220b
35,94	0,405	0,389	mnp0320b
40,45	0,428	0,396	mcg0120b
40,98	0,428	0,397	mcm0220b
41,35	0,425	0,396	mcp0320b
25,90	0,476	0,339	cog0120b
25,85	0,478	0,338	com0220b
25,66	0,478	0,338	cop0320b
36,17	0,413	0,364	ccg0120b
36,65	0,413	0,365	ccm0220b
36,43	0,413	0,365	ccp0320b
30,76	0,330	0,350	zcg0120b
30,74	0,331	0,350	zcm0220b
31,13	0,332	0,351	zcp0320b
Lámina 21 Edición 1995			
Y	x	y	Color
31,29	0,290	0,413	gog0121b
32,57	0,291	0,412	gom0221b
32,19	0,291	0,410	gop0321b
37,67	0,302	0,404	gng0121b
38,06	0,302	0,405	gnm0221b
37,86	0,302	0,404	gnp0321b
36,87	0,386	0,416	gcg0121b
37,29	0,385	0,415	gcm0221b
37,27	0,385	0,415	gcp0321b
19,61	0,381	0,372	mog0121b
20,44	0,381	0,372	mom0221b
19,15	0,379	0,371	mop0321b
35,32	0,403	0,388	mng0121b
35,44	0,404	0,388	mnm0221b
35,86	0,403	0,388	mnp0321b
39,92	0,424	0,396	mcg0121b
39,68	0,424	0,396	mcm0221b
39,63	0,424	0,396	mcp0321b
28,71	0,467	0,340	cog0121b
28,70	0,468	0,340	com0221b
29,07	0,463	0,341	cop0321b
37,12	0,411	0,364	ccg0121b
37,63	0,411	0,364	ccm0221b
37,76	0,411	0,364	ccp0321b
30,93	0,331	0,350	zcg0121b
30,57	0,331	0,350	zcm0221b
30,60	0,331	0,350	zcp0321b
Lámina 22 Edición 1995			
Y	x	y	Color
19,30	0,482	0,319	cog0122b
19,49	0,481	0,319	com0222b
19,49	0,481	0,319	cop0322b

28,28	0,431	0,346	cng0122b
28,04	0,431	0,347	cnm0222b
27,27	0,431	0,345	cnp0322b
38,47	0,427	0,374	ccg0122b
37,36	0,429	0,373	ccm0222b
36,95	0,429	0,373	ccp0322b
15,97	0,416	0,274	xog0122b
16,17	0,416	0,274	xom0222b
15,24	0,418	0,273	xop0322b
27,43	0,402	0,306	xng0122b
27,16	0,403	0,305	xnm0222b
27,18	0,403	0,305	xnp0322b
34,77	0,381	0,309	xcg0122b
34,90	0,381	0,308	xcm0222b
35,21	0,381	0,309	xcp0322b
10,02	0,318	0,334	zog0122b
9,60	0,317	0,333	zom0222b
9,83	0,317	0,334	zop0322b
20,14	0,328	0,346	zng0122b
21,17	0,329	0,346	znm0222b
19,44	0,327	0,345	znp0322b
31,19	0,336	0,358	zcg0122b
29,51	0,336	0,358	zcm0222b
30,61	0,336	0,359	zcp0322b
Lámina 23 Edición 1995			
Y	x	y	Color
18,56	0,488	0,318	cog0123b
18,43	0,489	0,317	com0223b
18,45	0,488	0,317	cop0323b
28,46	0,429	0,346	cng0123b
28,84	0,430	0,346	cnm0223b
28,67	0,431	0,345	cnp0323b
38,84	0,429	0,374	ccg0123b
39,13	0,428	0,374	ccm0223b
38,84	0,428	0,374	ccp0323b
15,28	0,418	0,274	xog0123b
15,62	0,416	0,275	xom0223b
15,09	0,419	0,274	xop0323b
28,18	0,402	0,306	xng0123b
27,44	0,403	0,305	xnm0223b
27,46	0,403	0,306	xnp0323b
36,01	0,380	0,309	xcg0123b
36,08	0,379	0,309	xcm0223b
35,92	0,379	0,309	xcp0323b
10,83	0,317	0,333	zog0123b
10,35	0,317	0,332	zom0223b
10,50	0,317	0,332	zop0323b
19,06	0,326	0,344	zng0123b
19,25	0,326	0,343	znm0223b
19,04	0,326	0,343	znp0323b
31,04	0,335	0,358	zcg0123b
31,26	0,336	0,358	zcm0223b
31,06	0,335	0,358	zcp0323b
Lámina 24 Edición 1995			

Apéndice

Y	x	y	Color
21,76	0,475	0,320	cog0124b
21,42	0,477	0,319	com0224b
21,11	0,479	0,319	cop0324b
29,20	0,432	0,347	cng0124b
30,41	0,429	0,347	cnm0224b
29,86	0,430	0,347	cnp0324b
40,00	0,426	0,374	ccg0124b
39,65	0,426	0,374	ccm0224b
40,73	0,424	0,374	ccp0324b
15,50	0,418	0,272	xog0124b
16,39	0,415	0,274	xom0224b
16,28	0,415	0,273	xop0324b
29,73	0,401	0,306	xng0124b
29,52	0,401	0,306	xnm0224b
28,88	0,403	0,306	xnp0324b
38,11	0,377	0,309	xcg0124b
37,38	0,377	0,309	xcm0224b
36,84	0,378	0,309	xcp0324b
10,84	0,318	0,334	zog0124b
10,86	0,319	0,335	zom0224b
10,94	0,319	0,335	zop0324b
20,82	0,327	0,345	zng0124b
20,69	0,327	0,345	znm0224b
21,30	0,328	0,345	znp0324b
33,22	0,336	0,359	zcg0124b
32,89	0,337	0,359	zcm0224b
32,84	0,336	0,359	zcp0324b
Lámina 25 Edición 1995			
Y	x	y	Color
21,33	0,481	0,319	cog0125b
21,27	0,479	0,319	com0225b
21,60	0,481	0,319	cop0325b
30,78	0,430	0,347	cng0125b
30,30	0,430	0,347	cnm0225b
30,30	0,429	0,347	cnp0325b
39,50	0,428	0,374	ccg0125b
39,10	0,428	0,374	ccm0225b
39,37	0,428	0,374	ccp0325b
15,37	0,417	0,274	xog0125b
15,82	0,416	0,275	xom0225b
15,75	0,416	0,275	xop0325b
29,10	0,402	0,307	xng0125b
28,38	0,402	0,306	xnm0225b
28,75	0,402	0,306	xnp0325b
36,27	0,379	0,309	xcg0125b
37,34	0,377	0,310	xcm0225b
39,32	0,375	0,311	xcp0325b
11,61	0,320	0,335	zog0125b
11,59	0,320	0,336	zom0225b
12,10	0,320	0,336	zop0325b
21,25	0,327	0,344	zng0125b
21,74	0,327	0,345	znm0225b
21,90	0,328	0,345	znp0325b

33,74	0,336	0,358	zcg0125b
34,59	0,337	0,359	zcm0225b
35,20	0,337	0,359	zcp0325b
Lámina 26 Edición 1995			
Y	x	y	Color
19,40	0,481	0,318	cog0126b
19,99	0,479	0,319	com0226b
20,22	0,480	0,319	cop0326b
30,65	0,431	0,349	cng0126b
30,11	0,431	0,348	cnm0226b
28,39	0,431	0,347	cnp0326b
38,01	0,428	0,374	ccg0126b
38,53	0,428	0,374	ccm0226b
38,04	0,428	0,374	ccp0326b
17,19	0,412	0,272	xog0126b
17,92	0,409	0,273	xom0226b
16,87	0,413	0,272	xop0326b
29,93	0,398	0,307	xng0126b
30,21	0,398	0,307	xnm0226b
30,39	0,398	0,307	xnp0326b
41,72	0,366	0,312	xcg0126b
41,19	0,368	0,312	xcm0226b
41,37	0,367	0,312	xcp0326b
10,83	0,319	0,335	zog0126b
10,81	0,320	0,336	zom0226b
10,69	0,319	0,335	zop0326b
19,48	0,327	0,344	zng0126b
19,76	0,327	0,344	znm0226b
19,79	0,327	0,344	znp0326b
31,08	0,336	0,358	zcg0126b
31,20	0,336	0,359	zcm0226b
30,09	0,335	0,358	zcp0326b
Lámina 27 Edición 1995			
Y	x	y	Color
22,30	0,472	0,320	cog0127b
22,09	0,473	0,320	com0227b
22,27	0,472	0,320	cop0327b
32,32	0,428	0,350	cng0127b
33,08	0,427	0,350	cnm0227b
32,80	0,427	0,349	cnp0327b
43,14	0,421	0,375	ccg0127b
42,53	0,422	0,375	ccm0227b
43,32	0,420	0,376	ccp0327b
16,97	0,414	0,273	xog0127b
17,40	0,413	0,275	xom0227b
16,92	0,414	0,274	xop0327b
30,31	0,399	0,306	xng0127b
30,10	0,399	0,306	xnm0227b
30,20	0,398	0,306	xnp0327b
38,07	0,377	0,309	xcg0127b
36,84	0,379	0,308	xcm0227b
37,17	0,378	0,309	xcp0327b
10,19	0,317	0,333	zog0127b
10,23	0,316	0,332	zom0227b

10,40	0,317	0,332	zop0327b
17,44	0,323	0,341	zng0127b
18,10	0,324	0,341	znm0227b
17,74	0,323	0,341	znp0327b
31,57	0,335	0,357	zcg0127b
30,89	0,335	0,357	zcm0227b
31,58	0,335	0,357	zcp0327b
Lámina 28 Edición 1995			
Y	x	y	Color
28,16	0,287	0,413	gog0128b
29,97	0,289	0,411	gom0228b
29,31	0,289	0,412	gop0328b
37,20	0,386	0,417	gng0128b
36,56	0,385	0,416	gnm0228b
36,58	0,384	0,415	gnp0328b
37,38	0,301	0,404	gcg0128b
37,19	0,301	0,405	gcm0228b
37,66	0,301	0,405	gcp0328b
20,30	0,383	0,374	mog0128b
20,55	0,381	0,373	mom0228b
20,94	0,382	0,374	mop0328b
32,64	0,404	0,387	mng0128b
32,24	0,403	0,387	mnm0228b
31,93	0,404	0,387	mnp0328b
37,77	0,426	0,396	mcg0128b
37,73	0,427	0,396	mcm0228b
38,75	0,425	0,396	mcp0328b
27,41	0,468	0,340	cog0128b
27,16	0,469	0,340	com0228b
26,95	0,468	0,341	cop0328b
39,69	0,408	0,366	ccg0128b
37,92	0,409	0,366	ccm0228b
37,84	0,408	0,365	ccp0328b
31,71	0,330	0,350	zcg0128b
31,25	0,330	0,350	zcm0228b
30,87	0,330	0,350	zcp0328b
Lámina 29 Edición 1995			
Y	x	y	Color
30,73	0,290	0,415	gog0129b
31,73	0,291	0,413	gom0229b
29,99	0,288	0,412	gop0329b
39,47	0,385	0,416	gng0129b
38,55	0,385	0,416	gnm0229b
38,34	0,385	0,416	gnp0329b
36,16	0,300	0,405	gcg0129b
37,17	0,300	0,404	gcm0229b
36,97	0,300	0,405	gcp0329b
18,22	0,380	0,371	mog0129b
19,30	0,380	0,372	mom0229b
18,18	0,379	0,370	mop0329b
33,66	0,403	0,386	mng0129b
32,70	0,404	0,386	mnm0229b
33,42	0,404	0,387	mnp0329b
38,62	0,426	0,395	mcg0129b

Apéndice

38,83	0,426	0,396	mcm0229b
38,11	0,426	0,396	mcp0329b
30,48	0,454	0,342	cog0129b
31,05	0,451	0,343	com0229b
32,16	0,447	0,343	cop0329b
40,50	0,408	0,366	ccg0129b
40,52	0,408	0,366	ccm0229b
40,45	0,408	0,366	ccp0329b
33,01	0,331	0,350	zcg0129b
33,76	0,331	0,350	zcm0229b
33,26	0,331	0,350	zcp0329b
Lámina 30 Edición 1995			
Y	x	y	Color
15,82	0,442	0,346	rog0130b
15,59	0,439	0,346	rom0230b
15,52	0,444	0,346	rop0330b
25,68	0,434	0,359	rng0130b
25,28	0,435	0,359	rnm0230b
25,57	0,434	0,360	rnp0330b
41,11	0,405	0,379	rcg0130b
41,93	0,404	0,379	rcm0230b
40,72	0,406	0,379	rcp0330b
24,23	0,362	0,407	vog0130b
23,47	0,363	0,408	vom0230b
23,03	0,362	0,408	vop0330b
31,82	0,323	0,397	vng0130b
31,77	0,323	0,396	vnm0230b
30,50	0,322	0,397	vnp0330b
36,49	0,370	0,414	vcg0130b
36,49	0,370	0,415	vcm0230b
36,63	0,370	0,415	vcp0330b
43,19	0,482	0,412	yog0130b
44,10	0,479	0,413	yom0230b
43,69	0,477	0,414	yop0330b
52,82	0,456	0,447	ycg0130b
52,92	0,457	0,447	ycm0230b
50,88	0,457	0,446	ycp0330b
Lámina 31 Edición 1995			
Y	x	y	Color
18,46	0,439	0,347	rog0131b
17,93	0,440	0,347	rom0231b
17,37	0,440	0,347	rop0331b
28,15	0,430	0,359	rng0131b
28,67	0,431	0,360	rnm0231b
29,03	0,431	0,359	rnp0331b
45,23	0,403	0,378	rcg0131b
44,08	0,403	0,378	rcm0231b
44,60	0,402	0,378	rcp0331b
27,43	0,362	0,406	vog0131b
27,04	0,362	0,406	vom0231b
26,75	0,362	0,407	vop0331b
32,80	0,323	0,396	vng0131b
33,43	0,323	0,395	vnm0231b
33,63	0,323	0,395	vnp0331b

41,31	0,369	0,413	vccg0131b
40,66	0,370	0,413	vcm0231b
41,56	0,369	0,413	vcp0331b
46,23	0,481	0,411	yog0131b
46,48	0,479	0,411	yom0231b
45,47	0,480	0,412	yop0331b
56,60	0,454	0,446	ycg0131b
57,98	0,453	0,449	ycm0231b
56,72	0,455	0,447	ycp0331b
Lámina 32 Edición 1995			
Y	x	y	Color
27,02	0,414	0,381	nog0132b
27,22	0,414	0,381	nom0232b
26,52	0,416	0,382	nop0332b
34,39	0,415	0,389	nng0132b
33,72	0,415	0,388	nnm0232b
34,43	0,413	0,389	nnp0332b
43,50	0,402	0,391	ncg0132b
42,88	0,403	0,392	ncm0232b
43,35	0,402	0,392	ncp0332b
24,12	0,274	0,351	aog0132b
23,57	0,273	0,350	aom0232b
23,88	0,274	0,351	aop0332b
31,88	0,313	0,400	acg0132b
32,42	0,314	0,400	acm0232b
31,81	0,313	0,399	acp0332b
19,19	0,354	0,403	vog0132b
19,92	0,354	0,403	vom0232b
19,31	0,354	0,403	vop0332b
24,76	0,363	0,412	vng0132b
24,75	0,363	0,412	vnm0232b
24,82	0,364	0,414	vnp0332b
38,18	0,374	0,418	vccg0132b
38,81	0,374	0,418	vcm0232b
40,36	0,373	0,417	vcp0332b
Lámina 33 Edición 1995			
Y	x	y	Color
27,58	0,414	0,381	nog0133b
26,74	0,413	0,380	nom0233b
27,11	0,414	0,380	nop0333b
31,83	0,417	0,386	nng0133b
32,23	0,416	0,386	nnm0233b
32,45	0,416	0,386	nnp0333b
45,34	0,402	0,391	ncg0133b
44,17	0,403	0,391	ncm0233b
44,25	0,403	0,391	ncp0333b
28,16	0,278	0,352	aog0133b
27,07	0,276	0,351	aom0233b
26,02	0,275	0,350	aop0333b
35,37	0,314	0,399	acg0133b
36,27	0,315	0,399	acm0233b
36,11	0,315	0,400	acp0333b
22,90	0,354	0,402	vog0133b
22,53	0,355	0,404	vom0233b

22,08	0,356	0,406	vop0333b
27,11	0,364	0,412	vng0133b
28,02	0,365	0,413	vnm0233b
27,51	0,364	0,412	vnp0333b
45,65	0,373	0,417	vccg0133b
45,15	0,374	0,417	vcm0233b
45,51	0,374	0,418	vcp0333b
Lámina 34 Edición 1995			
Y	x	y	Color
24,79	0,438	0,376	nog0134b
24,52	0,436	0,376	nom0234b
23,72	0,440	0,377	nop0334b
35,15	0,437	0,384	nng0134b
36,55	0,436	0,385	nnm0234b
35,46	0,436	0,384	nnp0334b
45,18	0,416	0,397	ncg0134b
45,99	0,416	0,399	ncm0234b
44,09	0,418	0,398	ncp0334b
22,33	0,276	0,376	aog0134b
22,86	0,277	0,376	aom0234b
21,88	0,276	0,375	aop0334b
33,40	0,313	0,410	acg0134b
33,76	0,313	0,409	acm0234b
33,76	0,313	0,410	acp0334b
19,49	0,425	0,333	rog0134b
18,89	0,427	0,333	rom0234b
19,37	0,424	0,333	rop0334b
38,07	0,396	0,356	rcg0134b
37,67	0,397	0,356	rcm0234b
39,12	0,396	0,357	rcp0334b
25,78	0,366	0,407	vog0134b
26,12	0,367	0,408	vom0234b
24,40	0,366	0,407	vop0334b
31,22	0,366	0,412	vng0134b
29,69	0,365	0,411	vnm0234b
30,43	0,364	0,410	vnp0334b
40,14	0,385	0,423	vccg0134b
39,75	0,385	0,423	vcm0234b
39,95	0,385	0,423	vcp0334b
Lámina 35 Edición 1995			
Y	x	y	Color
23,81	0,439	0,377	nog0135b
23,57	0,439	0,377	nom0235b
23,90	0,436	0,376	nop0335b
34,13	0,438	0,386	nng0135b
34,65	0,436	0,385	nnm0235b
34,53	0,436	0,385	nnp0335b
45,58	0,413	0,400	ncg0135b
45,92	0,413	0,399	ncm0235b
47,13	0,409	0,398	ncp0335b
24,62	0,280	0,376	aog0135b
25,64	0,280	0,377	aom0235b
24,64	0,280	0,377	aop0335b
36,53	0,315	0,410	acg0135b

Apéndice

35,76	0,315	0,410	acm0235b
35,64	0,315	0,411	acp0335b
18,75	0,428	0,333	rog0135b
19,65	0,427	0,334	rom0235b
19,45	0,427	0,334	rop0335b
36,98	0,398	0,357	rcg0135b
40,36	0,392	0,357	rcm0235b
38,47	0,397	0,357	rcp0335b
26,05	0,366	0,407	vog0135b
25,50	0,367	0,407	vom0235b
25,96	0,366	0,406	vop0335b
30,61	0,365	0,411	vng0135b
30,06	0,365	0,412	vnm0235b
30,69	0,365	0,411	vnp0335b
38,48	0,386	0,424	vcg0135b
39,85	0,385	0,423	vcm0235b
40,21	0,385	0,423	vcp0335b
<b>Lámina 36 Edición 1995</b>			
Y	x	y	Color
25,56	0,409	0,375	nog0136b
24,31	0,409	0,374	nom0236b
25,45	0,406	0,373	nop0336b
34,36	0,414	0,382	nng0136b
34,09	0,414	0,381	nnm0236b
34,36	0,413	0,382	nnp0336b
41,87	0,402	0,389	ncg0136b
41,39	0,402	0,389	ncm0236b

40,11	0,403	0,389	ncp0336b
18,77	0,309	0,397	aog0136b
18,62	0,309	0,397	aom0236b
18,97	0,310	0,398	aop0336b
30,13	0,311	0,406	acg0136b
31,06	0,311	0,406	acm0236b
31,79	0,312	0,406	acp0336b
19,75	0,377	0,318	rog0136b
20,62	0,377	0,319	rom0236b
20,62	0,377	0,319	rop0336b
40,74	0,388	0,358	rcg0136b
40,71	0,389	0,358	rcm0236b
40,42	0,389	0,358	rcp0336b
18,20	0,366	0,404	vog0136b
18,79	0,365	0,403	vom0236b
18,29	0,366	0,404	vop0336b
25,16	0,368	0,405	vng0136b
26,73	0,367	0,404	vnm0236b
26,71	0,368	0,406	vnp0336b
44,20	0,375	0,407	vcg0136b
43,79	0,375	0,407	vcm0236b
44,25	0,375	0,407	vcp0336b
<b>Lámina 37 Edición 1995</b>			
Y	x	y	Color
27,38	0,405	0,373	nog0137b
26,31	0,407	0,373	nom0237b
26,36	0,405	0,372	nop0337b

35,44	0,413	0,381	nng0137b
35,24	0,413	0,381	nnm0237b
35,89	0,412	0,381	nnp0337b
41,98	0,403	0,389	ncg0137b
41,45	0,403	0,389	ncm0237b
41,83	0,403	0,389	ncp0337b
21,37	0,311	0,395	aog0137b
21,59	0,311	0,396	aom0237b
21,92	0,311	0,397	aop0337b
34,93	0,314	0,405	acg0137b
34,94	0,314	0,404	acm0237b
32,81	0,312	0,404	acp0337b
20,44	0,378	0,318	rog0137b
20,54	0,378	0,318	rom0237b
21,04	0,378	0,319	rop0337b
42,23	0,389	0,358	rcg0137b
43,23	0,387	0,358	rcm0237b
43,29	0,387	0,358	rcp0337b
20,56	0,366	0,404	vog0137b
19,68	0,366	0,403	vom0237b
20,02	0,366	0,404	vop0337b
28,01	0,367	0,405	vng0137b
29,22	0,367	0,405	vnm0237b
30,23	0,366	0,403	vnp0337b
46,05	0,377	0,407	vcg0137b
45,17	0,378	0,408	vcm0237b
46,07	0,377	0,408	vcp0337b

## Test de Ishihara Edición 1954

Lámina 2 Edición 1954			
Y	x	y	Color
21,82	0,404	0,440	vog0102c
22,83	0,402	0,439	vom0202c
23,49	0,404	0,440	vop0302c
34,19	0,399	0,432	vng0102c
35,26	0,399	0,431	vnm0202c
34,14	0,399	0,432	vnp0302c
52,78	0,394	0,426	vcg0102c
50,17	0,395	0,428	vcm0202c
52,77	0,393	0,426	vcp0302c
42,43	0,430	0,380	nog0102c
42,74	0,430	0,379	nom0202c
41,06	0,426	0,379	nop0302c
48,74	0,422	0,386	nng0102c
48,23	0,423	0,385	nnm0202c
46,88	0,424	0,386	nnp0302c
58,06	0,392	0,380	ncg0102c
59,26	0,389	0,380	ncm0202c
59,24	0,390	0,380	ncp0302c
30,16	0,322	0,388	aog0102c
32,08	0,324	0,388	aom0202c
33,01	0,325	0,389	aop0302c
56,25	0,353	0,411	acg0102c
56,24	0,353	0,411	acm0202c
58,76	0,354	0,412	acp0302c
42,92	0,377	0,334	rog0102c
41,72	0,376	0,334	rom0202c
41,27	0,377	0,334	rop0302c
54,31	0,369	0,357	rcg0102c
54,92	0,368	0,357	rcm0202c
54,95	0,369	0,356	rcp0302c
Lámina 3 Edición 1954			
Y	x	y	Color
21,99	0,403	0,440	vog0103c
21,57	0,402	0,439	vom0203c
22,05	0,403	0,439	vop0303c
34,76	0,398	0,431	vng0103c
35,34	0,400	0,433	vnm0203c
34,47	0,399	0,432	vnp0303c
52,88	0,392	0,425	vcg0103c
51,13	0,394	0,427	vcm0203c
51,65	0,394	0,427	vcp0303c
41,01	0,431	0,379	nog0103c
41,34	0,430	0,379	nom0203c
41,63	0,429	0,379	nop0303c
46,29	0,424	0,386	nng0103c
48,03	0,420	0,385	nnm0203c
46,32	0,422	0,385	nnp0303c
56,53	0,391	0,380	ncg0103c
54,93	0,390	0,380	ncm0203c

56,07	0,391	0,380	ncp0303c
32,94	0,327	0,390	aog0103c
32,67	0,326	0,390	aom0203c
32,44	0,326	0,389	aop0303c
53,88	0,354	0,412	acg0103c
55,11	0,355	0,411	acm0203c
53,88	0,355	0,412	acp0303c
40,59	0,377	0,333	rog0103c
40,77	0,377	0,334	rom0203c
40,23	0,377	0,333	rop0303c
54,66	0,367	0,356	rcg0103c
52,86	0,369	0,356	rcm0203c
52,79	0,369	0,357	rcp0303c
Lámina 4 Edición 1954			
Y	x	y	Color
23,15	0,403	0,438	vog0104c
23,83	0,403	0,438	vom0204c
23,30	0,403	0,438	vop0304c
33,89	0,399	0,431	vng0104c
33,37	0,397	0,430	vnm0204c
34,19	0,399	0,431	vnp0304c
52,40	0,393	0,426	vcg0104c
53,34	0,392	0,424	vcm0204c
53,63	0,392	0,424	vcp0304c
40,84	0,424	0,375	nog0104c
41,19	0,423	0,375	nom0204c
40,08	0,424	0,375	nop0304c
47,45	0,425	0,385	nng0104c
48,42	0,424	0,385	nnm0204c
46,36	0,425	0,384	nnp0304c
57,18	0,392	0,381	ncg0104c
58,34	0,390	0,380	ncm0204c
56,41	0,393	0,380	ncp0304c
34,21	0,330	0,393	aog0104c
33,44	0,330	0,393	aom0204c
34,24	0,331	0,393	aop0304c
55,19	0,353	0,411	acg0104c
55,61	0,354	0,410	acm0204c
56,65	0,353	0,410	acp0304c
42,80	0,375	0,335	rog0104c
42,25	0,375	0,334	rom0204c
43,44	0,375	0,334	rop0304c
54,75	0,370	0,355	rcg0104c
53,37	0,369	0,355	rcm0204c
52,17	0,370	0,354	rcp0304c
Lámina 5 Edición 1954			
Y	x	y	Color
23,02	0,403	0,437	vog0105c
23,84	0,403	0,437	vom0205c
23,31	0,403	0,438	vop0305c
33,78	0,399	0,430	vng0105c

32,49	0,398	0,430	vnm0205c
33,87	0,399	0,431	vnp0305c
53,68	0,394	0,426	vcg0105c
51,78	0,394	0,426	vcm0205c
52,40	0,394	0,427	vcp0305c
40,31	0,425	0,375	nog0105c
40,33	0,424	0,374	nom0205c
40,03	0,425	0,374	nop0305c
47,26	0,427	0,385	nng0105c
46,52	0,425	0,384	nnm0205c
47,29	0,423	0,384	nnp0305c
54,61	0,395	0,380	ncg0105c
55,99	0,394	0,381	ncm0205c
56,56	0,394	0,381	ncp0305c
32,79	0,330	0,394	aog0105c
31,78	0,329	0,392	aom0205c
32,01	0,328	0,393	aop0305c
54,10	0,353	0,412	acg0105c
54,84	0,353	0,412	acm0205c
54,67	0,353	0,411	acp0305c
44,03	0,375	0,335	rog0105c
41,54	0,376	0,334	rom0205c
41,43	0,376	0,335	rop0305c
54,99	0,369	0,355	rcg0105c
53,73	0,370	0,354	rcm0205c
53,20	0,371	0,355	rcp0305c
Lámina 6 Edición 1954			
Y	x	y	Color
39,06	0,396	0,436	vog0106c
37,77	0,397	0,436	vom0206c
39,65	0,396	0,434	vop0306c
52,19	0,399	0,428	vng0106c
49,46	0,404	0,432	vnm0206c
49,74	0,402	0,429	vnp0306c
58,20	0,388	0,420	vcg0106c
60,12	0,388	0,420	vcm0206c
60,22	0,388	0,420	vcp0306c
31,90	0,476	0,382	nog0106c
31,79	0,473	0,381	nom0206c
32,12	0,475	0,382	nop0306c
48,14	0,432	0,390	nng0106c
49,03	0,431	0,391	nnm0206c
49,35	0,430	0,391	nnp0306c
62,13	0,390	0,394	ncg0106c
61,83	0,389	0,393	ncm0206c
61,88	0,390	0,394	ncp0306c
42,90	0,324	0,392	aog0106c
42,60	0,324	0,392	aom0206c
40,79	0,323	0,393	aop0306c
62,01	0,340	0,384	acg0106c
60,38	0,339	0,384	acm0206c

Apéndice

60,62	0,341	0,384	acp0306c
42,97	0,400	0,354	rog0106c
44,65	0,398	0,356	rom0206c
44,52	0,399	0,355	rop0306c
60,40	0,370	0,373	rcg0106c
60,86	0,369	0,373	rcm0206c
59,78	0,371	0,373	rcp0306c
Lámina 7 Edición 1954			
Y	x	y	Color
40,59	0,396	0,435	vog0107c
39,72	0,396	0,435	vom0207c
40,22	0,395	0,434	vop0307c
51,46	0,399	0,428	vng0107c
53,01	0,399	0,429	vnm0207c
53,64	0,397	0,427	vnp0307c
59,05	0,387	0,420	vcg0107c
60,50	0,386	0,419	vcm0207c
61,25	0,385	0,418	vcp0307c
30,48	0,473	0,381	nog0107c
31,00	0,474	0,382	nom0207c
31,08	0,475	0,382	nop0307c
47,29	0,431	0,391	nng0107c
48,82	0,428	0,392	nnm0207c
46,64	0,431	0,390	nnp0307c
59,91	0,390	0,394	ncg0107c
58,31	0,392	0,395	ncm0207c
58,99	0,392	0,395	ncp0307c
40,08	0,323	0,393	aog0107c
39,40	0,322	0,392	aom0207c
39,43	0,324	0,393	aop0307c
61,91	0,339	0,382	acg0107c
61,43	0,339	0,383	acm0207c
61,19	0,339	0,383	acp0307c
43,56	0,398	0,355	rog0107c
43,65	0,397	0,355	rom0207c
43,31	0,398	0,355	rop0307c
59,89	0,370	0,373	rcg0107c
59,70	0,370	0,373	rcm0207c
60,22	0,370	0,373	rcp0307c
Lámina 8 Edición 1954			
Y	x	y	Color
37,57	0,393	0,433	vog0108c
38,00	0,392	0,433	vom0208c
37,82	0,394	0,434	vop0308c
47,40	0,407	0,432	vng0108c
44,08	0,408	0,432	vnm0208c
43,60	0,409	0,432	vnp0308c
59,61	0,392	0,421	vcg0108c
59,56	0,392	0,421	vcm0208c
59,67	0,390	0,420	vcp0308c
31,21	0,474	0,382	nog0108c
32,11	0,474	0,381	nom0208c
31,20	0,473	0,381	nop0308c
48,64	0,431	0,391	nng0108c

48,53	0,428	0,391	nnm0208c
46,71	0,430	0,391	nnp0308c
62,60	0,381	0,387	ncg0108c
63,07	0,381	0,388	ncm0208c
65,82	0,376	0,386	ncp0308c
42,97	0,325	0,389	aog0108c
42,65	0,323	0,388	aom0208c
43,27	0,324	0,388	aop0308c
59,05	0,338	0,384	acg0108c
60,74	0,338	0,383	acm0208c
59,68	0,338	0,384	acp0308c
42,46	0,401	0,352	rog0108c
41,53	0,401	0,351	rom0208c
42,27	0,400	0,353	rop0308c
61,67	0,368	0,372	rcg0108c
63,23	0,367	0,371	rcm0208c
62,77	0,368	0,372	rcp0308c
Lámina 9 Edición 1954			
Y	x	y	Color
37,08	0,394	0,433	vog0109c
37,92	0,396	0,435	vom0209c
37,49	0,395	0,434	vop0309c
36,47	0,393	0,432	vng0109c
36,78	0,395	0,435	vnm0209c
36,64	0,395	0,433	vnp0309c
59,51	0,390	0,419	vcg0109c
61,08	0,388	0,418	vcm0209c
61,28	0,389	0,418	vcp0309c
31,73	0,472	0,381	nog0109c
32,55	0,474	0,382	nom0209c
32,31	0,475	0,381	nop0309c
48,71	0,433	0,391	nng0109c
47,75	0,430	0,391	nnm0209c
48,12	0,432	0,390	nnp0309c
64,76	0,380	0,389	ncg0109c
63,15	0,382	0,389	ncm0209c
62,32	0,383	0,389	ncp0309c
41,65	0,324	0,385	aog0109c
42,66	0,324	0,385	aom0209c
42,75	0,323	0,386	aop0309c
56,65	0,339	0,385	acg0109c
56,27	0,340	0,385	acm0209c
57,31	0,340	0,385	acp0309c
42,42	0,400	0,355	rog0109c
41,52	0,400	0,354	rom0209c
41,59	0,400	0,354	rop0309c
60,33	0,367	0,372	rcg0109c
59,10	0,370	0,372	rcm0209c
61,42	0,366	0,372	rcp0309c
Lámina 10 Edición 1954			
Y	x	y	Color
34,83	0,403	0,432	vog0110c
34,49	0,403	0,432	vom0210c
34,52	0,402	0,430	vop0310c

46,02	0,408	0,428	vng0110c
44,62	0,410	0,430	vnm0210c
46,02	0,410	0,429	vnp0310c
65,28	0,390	0,415	vcg0110c
64,24	0,389	0,415	vcm0210c
64,87	0,387	0,413	vcp0310c
49,46	0,427	0,390	nog0110c
50,19	0,427	0,390	nom0210c
49,10	0,428	0,389	nop0310c
59,00	0,408	0,387	nng0110c
56,33	0,410	0,387	nnm0210c
57,71	0,409	0,387	nnp0310c
66,63	0,380	0,385	ncg0110c
67,37	0,378	0,384	ncm0210c
66,39	0,382	0,385	ncp0310c
45,40	0,312	0,366	aog0110c
45,17	0,313	0,367	aom0210c
44,52	0,313	0,367	aop0310c
67,96	0,337	0,373	acg0110c
68,15	0,336	0,372	acm0210c
68,80	0,337	0,372	acp0310c
Lámina 11 Edición 1954			
Y	x	y	Color
37,87	0,403	0,432	vog0111c
38,24	0,401	0,431	vom0211c
38,82	0,401	0,430	vop0311c
49,64	0,407	0,427	vng0111c
46,26	0,410	0,429	vnm0211c
48,41	0,409	0,429	vnp0311c
64,75	0,387	0,414	vcg0111c
65,33	0,388	0,415	vcm0211c
65,44	0,387	0,414	vcp0311c
48,97	0,432	0,390	nog0111c
48,56	0,433	0,389	nom0211c
48,82	0,429	0,390	nop0311c
54,69	0,416	0,386	nng0111c
54,75	0,416	0,386	nnm0211c
55,84	0,414	0,387	nnp0311c
68,01	0,382	0,386	ncg0111c
67,89	0,381	0,385	ncm0211c
68,02	0,383	0,386	ncp0311c
45,65	0,312	0,366	aog0111c
46,28	0,312	0,366	aom0211c
47,44	0,312	0,366	aop0311c
67,85	0,339	0,375	acg0111c
68,99	0,336	0,371	acm0211c
68,93	0,337	0,372	acp0311c
Lámina 12 Edición 1954			
Y	x	y	Color
34,12	0,403	0,430	vog0112c
34,73	0,404	0,432	vom0212c
33,87	0,403	0,430	vop0312c
47,85	0,405	0,426	vng0112c
46,06	0,406	0,426	vnm0212c



Apéndice

46,55	0,405	0,426	vnp0312c
65,44	0,387	0,413	vcg0112c
65,88	0,388	0,413	vcm0212c
65,53	0,388	0,413	vcp0312c
48,63	0,431	0,390	nog0112c
48,78	0,431	0,389	nom0212c
48,51	0,432	0,389	nop0312c
54,85	0,417	0,385	nng0112c
55,11	0,417	0,385	nnm0212c
54,36	0,418	0,385	nnp0312c
66,32	0,382	0,385	ncg0112c
66,70	0,383	0,386	ncm0212c
66,60	0,383	0,386	ncp0312c
49,84	0,314	0,358	aog0112c
49,38	0,314	0,358	aom0212c
50,96	0,315	0,358	aop0312c
66,83	0,336	0,368	acg0112c
65,49	0,335	0,367	acm0212c
64,21	0,335	0,367	acp0312c
Lámina 13 Edición 1954			
Y	x	y	Color
33,66	0,403	0,432	vog0113c
32,77	0,402	0,431	vom0213c
33,08	0,402	0,431	vop0313c
45,81	0,406	0,426	vng0113c
46,79	0,405	0,425	vnm0213c
44,88	0,406	0,427	vnp0313c
65,11	0,387	0,412	vcg0113c
64,57	0,387	0,412	vcm0213c
65,03	0,386	0,411	vcp0313c
48,17	0,429	0,389	nog0113c
48,57	0,429	0,389	nom0213c
47,93	0,430	0,389	nop0313c
54,64	0,414	0,386	nng0113c
55,38	0,414	0,386	nnm0213c
53,86	0,415	0,386	nnp0313c
66,30	0,381	0,385	ncg0113c
66,86	0,381	0,385	ncm0213c
66,06	0,379	0,384	ncp0313c
47,10	0,313	0,357	aog0113c
45,74	0,312	0,357	aom0213c
46,73	0,313	0,358	aop0313c
63,65	0,335	0,367	acg0113c
62,94	0,335	0,367	acm0213c
63,36	0,335	0,367	acp0313c
Lámina 14 Edición 1954			
Y	x	y	Color
45,28	0,328	0,413	vog0114c
45,27	0,328	0,414	vom0214c
43,57	0,326	0,414	vop0314c
54,14	0,337	0,406	vng0114c
53,65	0,337	0,406	vnm0214c
53,72	0,336	0,406	vnp0314c
65,65	0,347	0,393	vcg0114c

65,25	0,347	0,393	vcm0214c
65,51	0,347	0,393	vcp0314c
46,77	0,410	0,367	rog0114c
46,59	0,409	0,366	rom0214c
46,87	0,412	0,366	rop0314c
53,21	0,383	0,350	rng0114c
52,70	0,384	0,349	rnm0214c
53,84	0,382	0,351	rnp0314c
65,43	0,360	0,356	rcg0114c
64,67	0,360	0,356	rcm0214c
63,56	0,361	0,357	rcp0314c
57,26	0,453	0,440	yog0114c
57,78	0,452	0,440	yom0214c
56,44	0,453	0,440	yop0314c
66,44	0,403	0,421	ycg0114c
67,53	0,401	0,421	ycm0214c
67,26	0,402	0,420	ycp0314c
Lámina 15 Edición 1954			
Y	x	y	Color
47,37	0,328	0,412	vog0115c
47,39	0,328	0,412	vom0215c
45,95	0,327	0,412	vop0315c
56,96	0,337	0,404	vng0115c
59,35	0,337	0,402	vnm0215c
54,44	0,338	0,405	vnp0315c
66,88	0,346	0,393	vcg0115c
66,21	0,346	0,392	vcm0215c
66,83	0,346	0,393	vcp0315c
49,08	0,407	0,366	rog0115c
49,00	0,406	0,367	rom0215c
49,37	0,406	0,368	rop0315c
52,74	0,383	0,351	rng0115c
52,46	0,382	0,352	rnm0215c
53,43	0,383	0,352	rnp0315c
66,00	0,360	0,357	rcg0115c
66,71	0,361	0,357	rcm0215c
66,95	0,362	0,357	rcp0315c
58,29	0,452	0,439	yog0115c
58,18	0,452	0,439	yom0215c
58,51	0,449	0,440	yop0315c
68,66	0,403	0,421	ycg0115c
68,96	0,402	0,421	ycm0215c
68,62	0,403	0,421	ycp0315c
Lámina 16 Edición 1954			
Y	x	y	Color
47,69	0,331	0,408	vog0116c
47,86	0,330	0,409	vom0216c
47,61	0,330	0,410	vop0316c
50,71	0,335	0,407	vng0116c
52,09	0,336	0,407	vnm0216c
52,03	0,336	0,407	vnp0316c
65,90	0,347	0,391	vcg0116c
65,54	0,347	0,391	vcm0216c
66,57	0,347	0,392	vcp0316c

47,06	0,409	0,366	rog0116c
47,00	0,409	0,366	rom0216c
47,09	0,408	0,364	rop0316c
55,97	0,381	0,352	rng0116c
56,68	0,380	0,352	rnm0216c
55,85	0,381	0,352	rnp0316c
64,50	0,362	0,359	rcg0116c
65,25	0,364	0,360	rcm0216c
65,61	0,362	0,359	rcp0316c
53,07	0,451	0,430	yog0116c
54,62	0,451	0,429	yom0216c
54,30	0,451	0,429	yop0316c
66,81	0,399	0,420	ycg0116c
66,18	0,400	0,420	ycm0216c
66,66	0,400	0,420	ycp0316c
Lámina 17 Edición 1954			
Y	x	y	Color
48,67	0,331	0,407	vog0117c
49,61	0,331	0,407	vom0217c
48,60	0,330	0,408	vop0317c
55,48	0,337	0,404	vng0117c
55,20	0,338	0,405	vnm0217c
54,09	0,337	0,404	vnp0317c
67,36	0,346	0,388	vcg0117c
67,24	0,346	0,388	vcm0217c
66,70	0,346	0,388	vcp0317c
48,71	0,406	0,365	rog0117c
47,71	0,408	0,365	rom0217c
47,40	0,407	0,365	rop0317c
54,31	0,382	0,352	rng0117c
54,26	0,382	0,352	rnm0217c
55,14	0,381	0,352	rnp0317c
67,39	0,359	0,359	rcg0117c
67,17	0,360	0,359	rcm0217c
67,13	0,360	0,359	rcp0317c
55,52	0,449	0,429	yog0117c
54,13	0,450	0,430	yom0217c
54,31	0,452	0,431	yop0317c
68,58	0,398	0,419	ycg0117c
69,71	0,400	0,421	ycm0217c
68,86	0,399	0,420	ycp0317c
Lámina 18 Edición 1954			
Y	x	y	Color
34,01	0,292	0,423	gog0118c
33,66	0,293	0,422	gom0218c
34,02	0,293	0,421	gop0318c
47,72	0,377	0,419	gng0118c
47,33	0,377	0,418	gnm0218c
46,67	0,377	0,419	gnp0318c
54,64	0,329	0,386	gcg0118c
52,93	0,328	0,388	gcm0218c
53,31	0,328	0,387	gcp0318c
20,77	0,390	0,361	mog0118c
21,52	0,390	0,362	mom0218c

Apéndice

20,56	0,392	0,362	mop0318c
44,56	0,396	0,395	mng0118c
42,70	0,397	0,395	mnm0218c
42,90	0,397	0,394	mnp0318c
48,49	0,421	0,386	mcg0118c
48,56	0,421	0,386	mcm0218c
46,71	0,422	0,386	mcp0318c
30,49	0,495	0,367	cog0118c
29,80	0,499	0,367	com0218c
29,13	0,502	0,367	cop0318c
53,43	0,376	0,362	ccg0118c
54,72	0,375	0,361	ccm0218c
56,48	0,373	0,362	ccp0318c
43,37	0,340	0,365	zcg0118c
43,05	0,339	0,365	zcm0218c
43,70	0,338	0,364	zcp0318c
<b>Lámina 19 Edición 1954</b>			
Y	x	y	Color
34,90	0,294	0,421	gog0119c
33,98	0,293	0,421	gom0219c
33,56	0,295	0,421	gop0319c
45,76	0,377	0,419	gng0119c
45,70	0,377	0,419	gnm0219c
44,19	0,377	0,420	gnp0319c
52,78	0,329	0,387	gcg0119c
53,22	0,328	0,387	gcm0219c
52,96	0,329	0,387	gcp0319c
22,38	0,393	0,363	mog0119c
23,02	0,392	0,364	mom0219c
23,16	0,393	0,365	mop0319c
45,40	0,396	0,395	mng0119c
44,68	0,396	0,395	mnm0219c
45,22	0,396	0,395	mnp0319c
45,02	0,425	0,385	mcg0119c
43,40	0,424	0,385	mcm0219c
42,36	0,425	0,385	mcp0319c
29,04	0,499	0,367	cog0119c
29,34	0,499	0,367	com0219c
29,80	0,498	0,368	cop0319c
56,99	0,371	0,362	ccg0119c
54,72	0,375	0,362	ccm0219c
56,41	0,372	0,362	ccp0319c
45,33	0,339	0,364	zcg0119c
44,66	0,338	0,364	zcm0219c
43,05	0,338	0,364	zcp0319c
<b>Lámina 20 Edición 1954</b>			
Y	x	y	Color
32,46	0,290	0,423	gog0120c
32,32	0,292	0,424	gom0220c
32,35	0,290	0,426	gop0320c
46,79	0,379	0,420	gng0120c
47,42	0,378	0,420	gnm0220c
46,78	0,378	0,420	gnp0320c
51,72	0,328	0,390	gcg0120c

51,53	0,327	0,390	gcm0220c
51,91	0,327	0,390	gcp0320c
22,75	0,392	0,363	mog0120c
22,68	0,393	0,363	mom0220c
22,33	0,393	0,363	mop0320c
43,67	0,397	0,394	mng0120c
43,95	0,397	0,394	mnm0220c
44,40	0,397	0,394	mnp0320c
47,91	0,423	0,386	mcg0120c
48,07	0,421	0,386	mcm0220c
48,61	0,420	0,386	mcp0320c
28,56	0,500	0,366	cog0120c
27,32	0,505	0,365	com0220c
26,91	0,504	0,363	cop0320c
54,98	0,376	0,361	ccg0120c
55,40	0,377	0,361	ccm0220c
54,93	0,377	0,361	ccp0320c
43,24	0,339	0,365	zcg0120c
43,91	0,338	0,364	zcm0220c
43,23	0,338	0,364	zcp0320c
<b>Lámina 21 Edición 1954</b>			
Y	x	y	Color
31,48	0,291	0,424	gog0121c
34,26	0,294	0,420	gom0221c
33,05	0,294	0,423	gop0321c
45,28	0,378	0,420	gng0121c
45,66	0,378	0,419	gnm0221c
45,89	0,378	0,420	gnp0321c
53,23	0,328	0,389	gcg0121c
54,11	0,329	0,388	gcm0221c
54,13	0,329	0,388	gcp0321c
24,24	0,394	0,365	mog0121c
23,77	0,393	0,364	mom0221c
23,42	0,392	0,363	mop0321c
46,13	0,395	0,394	mng0121c
43,92	0,396	0,394	mnm0221c
46,03	0,395	0,394	mnp0321c
46,66	0,423	0,386	mcg0121c
46,64	0,421	0,386	mcm0221c
46,28	0,422	0,386	mcp0321c
27,86	0,504	0,366	cog0121c
28,03	0,501	0,366	com0221c
27,72	0,502	0,366	cop0321c
55,93	0,370	0,361	ccg0121c
55,02	0,372	0,363	ccm0221c
55,60	0,371	0,362	ccp0321c
41,35	0,339	0,365	zcg0121c
40,85	0,338	0,364	zcm0221c
40,39	0,338	0,364	zcp0321c
<b>Lámina 22 Edición 1954</b>			
Y	x	y	Color
25,48	0,463	0,317	cog0122c
24,87	0,463	0,317	com0222c
24,97	0,463	0,317	cop0322c

42,75	0,416	0,330	cng0122c
42,81	0,416	0,329	cnm0222c
42,14	0,417	0,329	cnp0322c
57,54	0,370	0,342	ccg0122c
57,54	0,370	0,342	ccm0222c
57,92	0,370	0,342	ccp0322c
19,04	0,408	0,281	xog0122c
19,96	0,406	0,283	xom0222c
19,40	0,407	0,282	xop0322c
38,38	0,383	0,309	xng0122c
39,52	0,380	0,311	xnm0222c
37,21	0,384	0,309	xnp0322c
49,31	0,370	0,330	xcg0122c
47,03	0,374	0,328	xcm0222c
50,43	0,369	0,331	xcp0322c
13,32	0,315	0,333	zog0122c
14,42	0,317	0,334	zom0222c
13,06	0,316	0,333	zop0322c
32,92	0,324	0,343	zng0122c
33,04	0,324	0,344	znm0222c
33,89	0,325	0,344	znp0322c
42,42	0,326	0,350	zcg0122c
43,37	0,327	0,350	zcm0222c
42,87	0,327	0,350	zcp0322c
<b>Lámina 23 Edición 1954</b>			
Y	x	y	Color
26,60	0,459	0,317	cog0123c
26,42	0,459	0,317	com0223c
26,39	0,461	0,317	cop0323c
43,94	0,415	0,329	cng0123c
42,12	0,418	0,329	cnm0223c
41,42	0,418	0,329	cnp0323c
59,94	0,370	0,341	ccg0123c
59,38	0,368	0,342	ccm0223c
58,78	0,369	0,341	ccp0323c
19,24	0,407	0,281	xog0123c
19,84	0,406	0,282	xom0223c
20,01	0,405	0,282	xop0323c
37,72	0,383	0,309	xng0123c
40,09	0,379	0,311	xnm0223c
39,54	0,380	0,311	xnp0323c
51,16	0,368	0,332	xcg0123c
49,30	0,371	0,329	xcm0223c
49,47	0,370	0,330	xcp0323c
12,54	0,315	0,333	zog0123c
12,52	0,316	0,334	zom0223c
12,28	0,315	0,333	zop0323c
32,84	0,324	0,344	zng0123c
33,41	0,324	0,344	znm0223c
32,13	0,325	0,345	znp0323c
45,93	0,327	0,350	zcg0123c
48,00	0,327	0,350	zcm0223c
47,03	0,327	0,350	zcp0323c
<b>Lámina 24 Edición 1954</b>			

Apéndice

Y	x	y	Color
27,62	0,459	0,321	cog0124c
28,31	0,456	0,321	com0224c
28,37	0,456	0,321	cop0324c
45,54	0,410	0,334	cng0124c
43,45	0,413	0,334	cnm0224c
45,07	0,412	0,334	cnp0324c
58,86	0,369	0,342	ccg0124c
57,44	0,368	0,343	ccm0224c
57,97	0,371	0,342	ccp0324c
21,83	0,406	0,285	xog0124c
21,46	0,407	0,285	xom0224c
21,18	0,408	0,284	xop0324c
38,01	0,385	0,308	xng0124c
39,65	0,383	0,311	xnm0224c
36,87	0,387	0,307	xnp0324c
49,98	0,370	0,333	xcg0124c
51,48	0,368	0,334	xcm0224c
51,84	0,368	0,333	xcp0324c
13,36	0,316	0,334	zog0124c
13,18	0,316	0,333	zom0224c
13,49	0,317	0,334	zop0324c
31,45	0,326	0,346	zng0124c
30,73	0,325	0,345	znm0224c
30,84	0,325	0,345	znp0324c
48,91	0,330	0,353	zcg0124c
47,71	0,328	0,352	zcm0224c
46,59	0,328	0,351	zcp0324c
Lámina 25 Edición 1954			
Y	x	y	Color
26,82	0,462	0,320	cog0125c
27,65	0,459	0,321	com0225c
27,53	0,459	0,321	cop0325c
43,21	0,416	0,334	cng0125c
42,69	0,418	0,333	cnm0225c
42,21	0,420	0,333	cnp0325c
56,83	0,372	0,342	ccg0125c
56,79	0,372	0,342	ccm0225c
57,46	0,370	0,342	ccp0325c
21,27	0,407	0,285	xog0125c
21,81	0,406	0,285	xom0225c
21,12	0,407	0,285	xop0325c
39,83	0,382	0,311	xng0125c
39,75	0,383	0,311	xnm0225c
39,64	0,382	0,311	xnp0325c
49,34	0,372	0,331	xcg0125c
50,36	0,370	0,332	xcm0225c
50,29	0,371	0,333	xcp0325c
13,78	0,318	0,335	zog0125c
13,34	0,317	0,335	zom0225c
13,66	0,317	0,334	zop0325c
31,15	0,326	0,345	zng0125c
31,82	0,327	0,346	znm0225c
31,98	0,327	0,346	znp0325c

43,57	0,328	0,351	zcg0125c
46,35	0,329	0,351	zcm0225c
45,34	0,329	0,351	zcp0325c
Lámina 26 Edición 1954			
Y	x	y	Color
25,79	0,467	0,320	cog0126c
26,33	0,464	0,320	com0226c
26,43	0,464	0,320	cop0326c
43,33	0,420	0,337	cng0126c
42,99	0,421	0,337	cnm0226c
43,83	0,419	0,337	cnp0326c
58,12	0,373	0,342	ccg0126c
58,10	0,373	0,341	ccm0226c
58,33	0,374	0,341	ccp0326c
19,47	0,409	0,284	xog0126c
19,11	0,409	0,284	xom0226c
19,14	0,412	0,284	xop0326c
35,39	0,389	0,307	xng0126c
37,42	0,386	0,310	xnm0226c
35,85	0,390	0,307	xnp0326c
50,28	0,372	0,332	xcg0126c
51,30	0,370	0,332	xcm0226c
49,55	0,373	0,330	xcp0326c
14,30	0,317	0,335	zog0126c
14,48	0,318	0,336	zom0226c
14,33	0,317	0,335	zop0326c
29,19	0,324	0,344	zng0126c
29,83	0,325	0,345	znm0226c
28,68	0,324	0,344	znp0326c
46,64	0,328	0,351	zcg0126c
45,33	0,328	0,351	zcm0226c
45,30	0,328	0,351	zcp0326c
Lámina 27 Edición 1954			
Y	x	y	Color
27,32	0,463	0,321	cog0127c
26,56	0,464	0,321	com0227c
27,11	0,459	0,322	cop0327c
43,72	0,418	0,337	cng0127c
43,75	0,418	0,337	cnm0227c
42,84	0,419	0,337	cnp0327c
55,59	0,376	0,341	ccg0127c
57,56	0,373	0,341	ccm0227c
56,57	0,373	0,341	ccp0327c
19,54	0,408	0,284	xog0127c
19,65	0,409	0,285	xom0227c
19,83	0,408	0,285	xop0327c
37,36	0,385	0,310	xng0127c
37,33	0,386	0,309	xnm0227c
38,08	0,385	0,310	xnp0327c
51,96	0,367	0,333	xcg0127c
52,55	0,367	0,334	xcm0227c
51,83	0,366	0,335	xcp0327c
12,79	0,317	0,334	zog0127c
12,59	0,316	0,333	zom0227c

12,81	0,317	0,334	zop0327c
30,70	0,325	0,345	zng0127c
30,71	0,325	0,344	znm0227c
31,64	0,326	0,346	znp0327c
44,37	0,328	0,351	zcg0127c
44,46	0,328	0,351	zcm0227c
44,90	0,328	0,351	zcp0327c
Lámina 28 Edición 1954			
Y	x	y	Color
36,50	0,294	0,420	gog0128c
36,90	0,295	0,419	gom0228c
35,41	0,294	0,421	gop0328c
49,40	0,378	0,418	gng0128c
49,93	0,378	0,418	gnm0228c
47,94	0,379	0,419	gnp0328c
58,77	0,330	0,387	gog0128c
57,18	0,330	0,387	gcm0228c
60,13	0,331	0,385	gcp0328c
25,90	0,392	0,361	mog0128c
26,16	0,391	0,362	mom0228c
25,58	0,391	0,361	mop0328c
40,56	0,397	0,393	mng0128c
41,54	0,397	0,394	mnm0228c
40,06	0,398	0,393	mnp0328c
47,44	0,424	0,387	mcg0128c
48,82	0,422	0,386	mcm0228c
48,45	0,423	0,387	mcp0328c
32,06	0,486	0,364	cog0128c
31,90	0,488	0,364	com0228c
31,39	0,489	0,364	cop0328c
58,45	0,367	0,356	ccg0128c
58,17	0,367	0,356	ccm0228c
59,15	0,365	0,356	ccp0328c
47,84	0,337	0,362	zcg0128c
46,54	0,338	0,363	zcm0228c
44,72	0,338	0,363	zcp0328c
Lámina 29 Edición 1954			
Y	x	y	Color
36,52	0,295	0,420	gog0129c
35,63	0,295	0,420	gom0229c
36,69	0,295	0,419	gop0329c
49,22	0,379	0,419	gng0129c
51,20	0,377	0,417	gnm0229c
50,13	0,379	0,419	gnp0329c
59,06	0,331	0,387	gog0129c
56,40	0,331	0,389	gcm0229c
55,95	0,331	0,390	gcp0329c
27,31	0,392	0,362	mog0129c
27,34	0,391	0,362	mom0229c
27,09	0,392	0,362	mop0329c
43,87	0,395	0,394	mng0129c
44,57	0,396	0,394	mnm0229c
44,43	0,396	0,395	mnp0329c
47,76	0,419	0,387	mcg0129c

Apéndice

48,85	0,418	0,388	mcm0229c
48,03	0,420	0,387	mcp0329c
32,07	0,486	0,365	cog0129c
31,65	0,485	0,364	com0229c
32,65	0,485	0,365	cop0329c
57,85	0,365	0,356	ccg0129c
57,50	0,365	0,356	ccm0229c
57,07	0,365	0,356	ccp0329c
43,47	0,337	0,363	zcg0129c
42,73	0,337	0,363	zcm0229c
42,95	0,337	0,363	zcp0329c
Lámina 30 Edición 1954			
Y	x	y	Color
47,98	0,409	0,367	rog0130c
47,99	0,410	0,369	rom0230c
46,57	0,409	0,368	rop0330c
54,83	0,382	0,354	rng0130c
55,68	0,381	0,354	rnm0230c
55,70	0,380	0,354	rnp0330c
61,76	0,367	0,361	rcg0130c
63,44	0,365	0,361	rcm0230c
61,68	0,367	0,361	rcp0330c
47,33	0,331	0,408	vog0130c
46,57	0,331	0,408	vom0230c
45,70	0,330	0,409	vop0330c
54,38	0,338	0,405	vng0130c
53,81	0,338	0,404	vnm0230c
53,75	0,338	0,405	vnp0330c
69,56	0,347	0,390	vcg0130c
69,27	0,347	0,390	vcm0230c
68,90	0,347	0,390	vcp0330c
57,41	0,440	0,428	yog0130c
57,39	0,439	0,429	yom0230c
57,59	0,442	0,427	yop0330c
66,13	0,403	0,422	ycg0130c
65,61	0,405	0,423	ycm0230c
64,49	0,405	0,423	ycp0330c
Lámina 31 Edición 1954			
Y	x	y	Color
48,41	0,407	0,368	rog0131c
49,01	0,405	0,368	rom0231c
49,25	0,406	0,368	rop0331c
56,12	0,381	0,353	rng0131c
56,35	0,380	0,353	rnm0231c
56,11	0,381	0,353	rnp0331c
59,65	0,368	0,361	rcg0131c
60,28	0,367	0,362	rcm0231c
60,20	0,366	0,360	rcp0331c
47,02	0,332	0,408	vog0131c
47,19	0,333	0,407	vom0231c
48,43	0,333	0,406	vop0331c
51,63	0,338	0,404	vng0131c
53,95	0,338	0,404	vnm0231c
54,22	0,338	0,403	vnp0331c

68,77	0,347	0,390	vcg0131c
69,46	0,346	0,388	vcm0231c
68,08	0,347	0,390	vcp0331c
57,30	0,439	0,429	yog0131c
57,35	0,436	0,427	yom0231c
57,19	0,436	0,427	yop0331c
66,15	0,403	0,422	ycg0131c
66,53	0,402	0,422	ycm0231c
65,48	0,402	0,422	ycp0331c
Lámina 32 Edición 1954			
Y	x	y	Color
48,39	0,431	0,389	nog0132c
48,86	0,430	0,390	nom0232c
47,92	0,430	0,390	nop0332c
53,97	0,420	0,388	nng0132c
54,79	0,420	0,389	nnm0232c
54,30	0,418	0,388	nnp0332c
65,78	0,386	0,387	ncg0132c
63,89	0,389	0,388	ncm0232c
65,19	0,388	0,388	ncp0332c
46,28	0,313	0,358	aog0132c
45,98	0,315	0,360	aom0232c
46,88	0,316	0,360	aop0332c
65,37	0,337	0,368	acg0132c
66,87	0,337	0,368	acm0232c
64,75	0,338	0,369	acp0332c
34,31	0,405	0,433	vog0132c
34,11	0,406	0,434	vom0232c
34,52	0,405	0,433	vop0332c
50,82	0,403	0,424	vng0132c
50,19	0,403	0,424	vnm0232c
50,62	0,402	0,423	vnp0332c
64,31	0,389	0,414	vcg0132c
63,90	0,391	0,415	vcm0232c
64,12	0,391	0,415	vcp0332c
Lámina 33 Edición 1954			
Y	x	y	Color
50,17	0,425	0,389	nog0133c
49,68	0,429	0,389	nom0233c
50,23	0,428	0,389	nop0333c
53,70	0,418	0,388	nng0133c
54,69	0,419	0,389	nnm0233c
54,14	0,419	0,388	nnp0333c
64,95	0,390	0,389	ncg0133c
65,41	0,388	0,388	ncm0233c
64,11	0,389	0,388	ncp0333c
48,83	0,317	0,360	aog0133c
50,26	0,317	0,359	aom0233c
48,78	0,316	0,359	aop0333c
62,65	0,336	0,367	acg0133c
63,74	0,337	0,368	acm0233c
63,83	0,336	0,367	acp0333c
36,89	0,404	0,430	vog0133c
36,04	0,404	0,430	vom0233c

36,37	0,403	0,431	vop0333c
46,94	0,406	0,427	vng0133c
48,51	0,406	0,427	vnm0233c
47,35	0,406	0,427	vnp0333c
63,36	0,392	0,416	vcg0133c
62,50	0,392	0,416	vcm0233c
62,83	0,390	0,415	vcp0333c
Lámina 34 Edición 1954			
Y	x	y	Color
32,48	0,475	0,382	nog0134c
31,76	0,476	0,381	nom0234c
32,08	0,475	0,381	nop0334c
48,87	0,434	0,390	nng0134c
49,28	0,433	0,390	nnm0234c
48,86	0,434	0,390	nnp0334c
65,32	0,381	0,387	ncg0134c
62,63	0,384	0,388	ncm0234c
63,29	0,383	0,388	ncp0334c
44,34	0,325	0,389	aog0134c
45,67	0,325	0,389	aom0234c
43,52	0,325	0,389	aop0334c
60,65	0,339	0,383	acg0134c
61,18	0,339	0,384	acm0234c
60,66	0,339	0,384	acp0334c
43,13	0,404	0,352	rog0134c
42,59	0,403	0,352	rom0234c
42,99	0,403	0,352	rop0334c
63,25	0,367	0,371	rcg0134c
61,19	0,369	0,371	rcm0234c
61,45	0,369	0,371	rcp0334c
37,60	0,394	0,434	vog0134c
36,91	0,394	0,435	vom0234c
36,35	0,393	0,434	vop0334c
45,53	0,410	0,432	vng0134c
45,92	0,408	0,431	vnm0234c
45,86	0,410	0,431	vnp0334c
62,01	0,390	0,420	vcg0134c
63,50	0,388	0,419	vcm0234c
60,22	0,390	0,420	vcp0334c
Lámina 35 Edición 1954			
Y	x	y	Color
30,89	0,474	0,382	nog0135c
31,27	0,474	0,382	nom0235c
30,93	0,475	0,381	nop0335c
46,59	0,434	0,390	nng0135c
46,42	0,433	0,390	nnm0235c
46,46	0,434	0,390	nnp0335c
59,41	0,386	0,389	ncg0135c
60,25	0,386	0,389	ncm0235c
57,89	0,388	0,389	ncp0335c
40,72	0,323	0,385	aog0135c
40,11	0,322	0,386	aom0235c
39,84	0,322	0,385	aop0335c
60,01	0,340	0,385	acg0135c

Apéndice

60,74	0,340	0,385	acm0235c
60,70	0,341	0,386	acp0335c
43,36	0,405	0,353	rog0135c
42,77	0,404	0,354	rom0235c
42,65	0,405	0,353	rop0335c
61,89	0,370	0,372	rcg0135c
62,58	0,370	0,372	rcm0235c
62,50	0,369	0,372	rcp0335c
36,91	0,396	0,434	vog0135c
37,41	0,397	0,435	vom0235c
38,47	0,398	0,437	vop0335c
49,23	0,410	0,431	vng0135c
49,28	0,409	0,430	vnm0235c
49,56	0,409	0,431	vnp0335c
60,16	0,391	0,419	vcg0135c
59,68	0,391	0,420	vcm0235c
59,79	0,392	0,420	vcp0335c
<b>Lámina 36 Edición 1954</b>			
Y	x	y	Color
39,68	0,432	0,377	nog0136c
40,21	0,432	0,377	nom0236c
40,15	0,432	0,377	nop0336c
50,49	0,418	0,385	nng0136c
49,67	0,421	0,384	nnm0236c
48,65	0,423	0,385	nnp0336c
59,15	0,390	0,380	ncg0136c
59,66	0,390	0,380	ncm0236c

58,53	0,391	0,380	ncp0336c
35,11	0,329	0,390	aog0136c
34,80	0,328	0,390	aom0236c
35,97	0,329	0,391	aop0336c
53,62	0,353	0,413	acg0136c
54,68	0,354	0,413	acm0236c
55,61	0,354	0,412	acp0336c
41,72	0,378	0,332	rog0136c
41,49	0,378	0,332	rom0236c
41,45	0,378	0,332	rop0336c
55,28	0,372	0,354	rcg0136c
55,20	0,373	0,355	rcm0236c
54,61	0,372	0,354	rcp0336c
21,92	0,402	0,439	vog0136c
22,73	0,401	0,439	vom0236c
22,61	0,402	0,439	vop0336c
38,46	0,401	0,434	vng0136c
38,73	0,400	0,433	vnm0236c
38,47	0,400	0,433	vnp0336c
53,69	0,394	0,428	vcg0136c
52,99	0,395	0,429	vcm0236c
53,56	0,395	0,428	vcp0336c
<b>Lámina 37 Edición 1954</b>			
Y	x	y	Color
40,14	0,434	0,378	nog0137c
40,44	0,433	0,377	nom0237c
40,26	0,434	0,378	nop0337c

48,12	0,423	0,385	nng0137c
48,05	0,424	0,385	nnm0237c
48,80	0,421	0,385	nnp0337c
58,70	0,392	0,381	ncg0137c
57,78	0,393	0,381	ncm0237c
56,36	0,394	0,382	ncp0337c
34,84	0,329	0,390	aog0137c
34,77	0,329	0,391	aom0237c
35,03	0,329	0,391	aop0337c
57,22	0,355	0,412	acg0137c
57,57	0,355	0,412	acm0237c
56,67	0,355	0,412	acp0337c
41,90	0,378	0,333	rog0137c
42,57	0,379	0,334	rom0237c
41,87	0,379	0,333	rop0337c
53,71	0,373	0,355	rcg0137c
54,68	0,373	0,356	rcm0237c
54,90	0,373	0,355	rcp0337c
24,14	0,406	0,441	vog0137c
24,06	0,404	0,440	vom0237c
23,74	0,405	0,441	vop0337c
37,91	0,400	0,433	vng0137c
38,12	0,400	0,433	vnm0237c
38,04	0,400	0,433	vnp0337c
55,33	0,395	0,427	vcg0137c
54,33	0,395	0,427	vcm0237c
54,86	0,395	0,427	vcp0337c