

**Universidad de
Granada**



**Departamento
de Óptica**

**LAS PRUEBAS PSEUDOISOCROMATICAS
PARA EL ESTUDIO DE LAS ANOMALIAS
EN LA VISION DEL COLOR**

**TESIS DOCTORAL
F. JAVIER PERALES PALACIOS**

1984



Biblioteca Universitaria de Granada



01650368

Deposito
Teris 0790

S. B
E. 78
N. 11

UNIVERSIDAD DE GRANADA

FACULTAD DE CIENCIAS

DEPARTAMENTO DE OPTICA



LAS PRUEBAS PSEUDOISOCROMATICAS PARA EL ESTUDIO
DE LAS ANOMALIAS EN LA VISION DEL COLOR

1 9076756
2 1479677

F. Javier Perales Palacios

Tesis doctoral dirigida por el Prof. Dr. D. Enrique Hita Villaverde, Profesor Titular de Optica de la Universidad de Granada. Fue leida el día 30 de Junio de 1984, ante el tribunal formado por:

Presidente: Prof. Dr. D^a M^a Josefa Yzuel Giménez, Catedrático de Optica de la Universidad Autónoma de Barcelona.

Vocales: Prof. Dr. D. Ramón Gutiérrez Jaimez, Catedrático de Estadística Matemática de la Universidad de Granada.

Prof. Dr. D. Antonio de la Cruz Castillo, Profesor de Investigación del Instituto de Optica "Daza de Valdés".

Prof. Dr. D. Enrique Hita Villaverde, Profesor Titular de Optica de la Universidad de Granada

Secretario: Prof. Dr. D. Manuel Alvarez-Claro Irisarri, Profesor Titular de Optica de la Universidad de Salamanca.

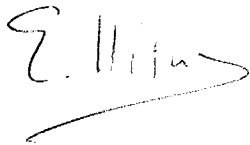
Profesor invitado: Prof. Dr. D. Oscar Saenz Barrio, Catedrático de Pedagogía de la Universidad de Granada

Habiendo obtenido la calificación de SOBRESALIENTE "CUM LAUDE" por unanimidad.

LAS PRUEBAS PSEUDOISOCROMATICAS PARA EL ESTUDIO
DE LAS ANOMALIAS EN LA VISION DEL COLOR

Visado en Granada,
a 29 de Mayo de 1984

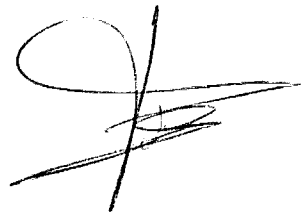
EL DIRECTOR DE LA TESIS



Enrique F. Hita Villaverde
Profesor Titular de Optica
de la Universidad de Granada

Memoria presentada para
aspirar al grado de

DOCTOR EN CIENCIAS



F. Javier Perales Palacios
Licenciado en Ciencias
(Sección Físicas)

Deseo expresar mi agradecimiento, en primer lugar, al Director de la Tesis, Enrique Hita, por la confianza que, desde un principio depositó en este trabajo, así como por su constante estímulo y ayuda en su desarrollo; a los integrantes del equipo de investigación: Josefa Carreño, Jose Miguel García, Encarnación Iglesias, Luis Jiménez, Rafael Martínez y F. Javier Romero por su valiosa contribución a la realización de las experiencias; a los directores y maestros de los colegios donde se llevaron a cabo las actividades aquí recogidas, especialmente al Colegio Nacional de Prácticas por las facilidades en todo momento prestadas para su ejecución; a Jose Sánchez por el interés mostrado y su labor divulgadora de esta investigación; a los alumnos de la Escuela Universitaria de Magisterio que colaboraron en algunas fases de la investigación; al Centro Nacional de Investigación y Documentación Educativa que con su apoyo económico posibilitó la adquisición de gran parte del material necesario para la investigación; y, por último, a Mariano Cano por su paciente y cuidadoso trabajo mecanográfico.

INDICE

INDICE

1. INTRODUCCION

- 1.1. Planteamiento del problema..... IV
 1.2. Objetivos generales..... VIII

2. METODOS DE EXAMEN PARA LA VISION DEFECTIVA DEL COLOR

- 2.1. Introducción histórica..... 2
 2.2. Clasificación de las pruebas..... 4
 2.2.1. Pseudoisocromáticas..... 6
 2.2.2. De ordenación..... 14
 2.2.3. Anomaloscopios..... 17
 2.2.4. Profesionales..... 19
 2.2.5. De uso infantil..... 21
 2.2.6. Otras..... 21
 2.3. Evaluación de las pruebas..... 22
 2.3.1. Métodos de evaluación..... 22
 2.3.2. Diagnóstico de deficiencias congénitas..... 27
 2.3.3. Diagnóstico de deficiencias adquiridas..... 39
 2.3.4. De uso infantil..... 42
 2.4. Reproducción de las pruebas y detección masiva.. 47
 2.5. Frecuencia de las anomalías..... 50
 2.6. Estudio experimental..... 53
 2.6.1. Validación del test Ishihara (1979)..... 53
 2.6.2. Evaluación comparativa de la eficiencia de
 cuatro ediciones del test Ishihara..... 80
 2.6.3. Evaluación comparativa de la eficiencia de
 los tests Ishihara (1979), Colegio Médico
 de Tokyo y Ulloa..... 110
 2.6.4. Estudio de las posibilidades de detección y
 clasificación de anomalías cromáticas me-
 diante la reproducción fotográfica de los
 tests pseudoisocromáticos..... 140
 2.6.5. Frecuencia de las anomalías cromáticas medi-
 das a través del test Ishihara..... 159

3. ESTUDIO DE ALGUNOS FACTORES RELACIONADOS CON LA UTILIZACION DE TESTS PSEUDOISOCROMATICOS.

3.1. Visión del color, sexo y edad. Estudio experimental.....	164
3.1.1. Introducción.....	164
3.1.2. Edad y visión del color.....	164
3.1.3. Estudio experimental. Los tests pseudoisocromáticos como método de detección.....	171
3.1.4. Sexo y visión del color.....	175
3.1.5. Estudio experimental. Los tests pseudoisocromáticos como método de detección.....	176
3.2. Visión del color y orientación profesional. Estudio experimental.....	186
3.2.1. Introducción. Antecedentes históricos.....	186
3.2.2. Requisitos de visión del color en diversas profesiones.....	188
3.2.3. Estudio experimental. La visión del color y la orientación profesional en España.....	203
3.3. Visión del color e implicaciones psicopedagógicas. Estudio experimental.....	213
3.3.1. Introducción. Antecedentes históricos.....	213
3.3.2. Estudio experimental.....	230
4. CONCLUSIONES	280
5. BIBLIOGRAFIA	295
6. APENDICES	
A. Instrucciones y normas de clasificación de los tests Ishihara, Colegio Médico de Tokyo y Ulloa...	319
B. Requisitos de visión del color en organismos oficiales de diferentes países.....	321
C. Unidades temáticas de Educación General Básica utilizadas en la investigación sobre el uso del color como estímulo didáctico.....	326

1. INTRODUCCION

1. INTRODUCCION

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.-

Es conocido el estado actual de utilización del color como elemento de codificación de información. La gran capacidad de discriminación cromática del ojo humano es aprovechada cada día más en todos los aspectos de la vida; la Ciencia y la Técnica introducen en sus campos de actuación esta componente de la percepción visual que plantea, no obstante, problemas de base aún sin resolver.

Ahora bien, la percepción cromática y su discriminación no son privilegio de toda la Humanidad, al menos a ciertos niveles, ya que existen personas con deficiencias en su visión del color, algunas de las cuales permanecen al margen del mundo cromático.

Es evidente, pues, que una persona cuya visión cromática se desvíe significativamente de la normal, se encuentra en inferioridad de condiciones para desenvolverse eficazmente en determinadas actividades al no poder captar la información completa de los fenómenos implicados.

En este sentido, uno de los problemas fundamentales radica en el hecho de que un alto porcentaje de individuos con deficiencias cromáticas ignoran su anomalía, lo que puede reportar, en situaciones particulares, problemas de envergadura.

De lo dicho hasta aquí se desprende que uno de los objetivos básicos en este campo de investigación sea la detección de tales anomalías.

La detección referida incluye necesariamente dos aspectos íntimamente relacionados: la separación entre el individuo con visión cromática normal y el anómalo y, en segundo lugar, la clasificación del mismo dentro de los diferentes tipos y grados de deficiencias conocidas. Evidentemente el primer caso es más

sencillo de resolver que el segundo y, a veces, resulta suficiente para algunos propósitos.

Actualmente son utilizados diversos modelos de pruebas o "tests" para la identificación de estas anomalías visuales. Sin embargo, los resultados obtenidos en cada caso no son, a veces, coincidentes y, si bien la selección de los defectos suele ser satisfactoria en todos los casos, no ocurre lo mismo con la capacidad de clasificación que puede conducir a conclusiones discrepantes según la prueba utilizada.

Parece lógico, por otra parte, que la detección de las anomalías se haga en la edad más temprana posible, con miras a evitar problemas educativos y profesionales. En este contexto, la Educación General Básica puede ser la etapa idónea para llevar a cabo dicha labor. No obstante, y teniendo en cuenta la ingente cantidad de niños que cursan estos estudios, deben considerarse aspectos tales como la rapidez del diagnóstico, su fiabilidad y su coste económico.

Aunque existen en la literatura especializada algunos estudios comparativos entre las pruebas de visión del color más comunes, en orden a su eficiencia, también es cierto que estos análisis son parciales o, al menos, carecen de una base estadística suficientemente fiable.

Por todo lo expuesto, uno de los objetivos centrales de este trabajo ha sido la aplicación de diferentes pruebas de detección a amplias muestras de niños en edad escolar, a fin de realizar un estudio comparativo de los resultados obtenidos en cada caso, mediante técnicas de análisis de datos que permitan generalizar sus conclusiones.

La evaluación de un test para la detección de anomalías cromáticas visuales puede realizarse mediante dos procedimientos: el primero de ellos consiste en un estudio espectrofotométrico y colorimétrico de sus componentes y la comparación

posterior con las curvas de sensibilidad espectral de los observadores defectivos, así como con las zonas de confusión de los mismos en el diagrama cromático. Este método objetivo presenta, no obstante la dificultad de requerir una instrumentación específica no siempre accesible y, por otro lado, tampoco resulta siempre preciso este tratamiento riguroso para determinados propósitos, además de los propios problemas derivados de la ausencia de unas líneas de confusión sobre el diagrama cromático que puedan representar de una forma unívoca la visión del color de estos observadores.

El segundo método, empírico, estriba en la aplicación de la prueba a una muestra representativa de individuos, estimando a continuación sus posibilidades de diagnóstico de anomalías frente a otras pruebas de manifiesta solvencia en sus características detectoras. En nuestro caso, y por los motivos apuntados, hemos optado por el segundo procedimiento.

Las tres pruebas elegidas a tal fin corresponden al tipo de los denominados tests "pseudo-isocromáticos" que son, hoy día, los instrumentos de examen de la percepción cromática más ampliamente difundidos. Estas pruebas son el test de Ishihara, el del Colegio Médico de Tokyo y el de Ulloa. En la elección se han tenido en cuenta las premisas anteriormente planteadas de rapidez y facilidad de aplicación, así como sus posibilidades de adquisición y la estimable aceptación internacional de los dos primeros.

Existen otras pruebas que se desestimaron "a priori" por diversas razones, algunas de ellas no están comercializadas y aunque sus resultados parecen ser satisfactorios, como es el caso del AO H-R-R, de nada serviría recomendarlos para su utilización en las escuelas; otras pruebas, pese a gozar de una capacidad de clasificación superior a las elegidas, tienen como factores en contra su lentitud de aplicación, dificultad de interpretación y elevado coste económico, lo que las hace poco viables para planteamientos como los nuestros, donde interesa

VII

más la precocidad y rapidez de la detección de la meticulosidad de la clasificación; tal es el caso del test Farnsworth-Munsell 100-Hue. No obstante, pruebas de discriminación cromática como el anomaloscopio u otras de características similares a las del último test, fueron utilizadas en algunas fases de esta investigación para objetivos específicos.

La investigación que aquí se recoge surgió en el departamento de Optica de la Facultad de Ciencias de Granada, donde el estudio del color constituye el eje fundamental de sus trabajos experimentales. Así, y como un aspecto más de este amplio y multidisciplinar concepto, se estimó conveniente iniciar una línea de investigación sobre las anomalías de la visión del color y su detección. Esta labor fructificó en diversos trabajos sobre su frecuencia y en una tesina de licenciatura, donde ya se apuntaban a nivel de hipótesis las repercusiones que aquellos podrían tener en algunos aspectos profesionales.

Sobre la importancia de las experiencias, baste decir que, en cuanto el primer apartado de la Tesis Doctoral, referente a las pruebas de examen de la visión del color, es señero en España donde sólo en el Instituto de Optica "Daza de Valdés" del C.S.I.C. se efectuó, en el año 1973, un trabajo sobre la incidencia de estas anomalías en una muestra de individuos.

Si bien el objetivo fundamental de esta investigación fué el estudio estadístico de los resultados obtenidos a partir de la aplicación de diversas pruebas de percepción cromática, su validación, dependencia con diversos parámetros y posible optimización de las técnicas a seguir en su utilización, se han llevado a cabo otras experiencias a cerca de la repercusión que sobre algunos aspectos de la vida ordinaria pudieran presentar las deficiencias en la visión cromática, en concreto, un estudio relacionado con la orientación profesional y un análisis de las posibles implicaciones psicopedagógicas derivadas de aquellas.

La justificación de estos ensayos se basa, de un lado, en la total ausencia de los mismos en la literatura nacional y su escasez en la internacional y, de otro, la oportunidad que brindaba para su realización el carácter de profesor de la Escuela Universitaria de Magisterio del doctorando, iniciándose así una línea que puede arrojar resultados de interés en este campo de actuación y unas esperanzadoras investigaciones futuras interdisciplinarias. Por último, el apoyo oficial recibido a través de la aprobación del proyecto trienal presentado por nuestro grupo, por parte de la Subdirección General de Investigación Educativa (XI Plan Nacional), sirvió de estímulo para perseverar en este sentido.

1.2. OBJETIVOS GENERALES .-

Una vez establecidos someramente los puntos centrales de la investigación y su importancia relativa, se plantearán aquí más explícitamente los objetivos que se han perseguido en la presente memoria.

(a) Respecto a las pruebas para el examen de la visión cromática.

- (1) Revisar la bibliografía relacionada con el tema para delimitar sus perspectivas actuales.
- (2) Obtener datos estadísticos sobre poblaciones de observadores normales y defectivos en su visión del color que permitan predecir el comportamiento de los tests aplicados, en sus funciones de detección y clasificación de la percepción cromática.
- (3) Comparar los resultados obtenidos, tanto entre los diferentes tests como entre las distintas ediciones de un mismo test, con el fin de comprobar si el uso de unos u otros puede afectar al propio establecimiento del tipo de visión del color del sujeto.
- (4) Seleccionar el test más idóneo para los fines marcados en la investigación, así como sus láminas constituyentes que verifiquen más eficientemente tales

funciones.

(5) Elaborar métodos de examen basados en la obtención de pruebas estandarizadas para su aplicación multitudinaria que permitan agilizar, temporal y materialmente, el proceso de toma de datos con las favorables consecuencias que pueden desprenderse de cara al estudio de las frecuencias de las anomalías en grandes poblaciones, o para la identificación de individuos afectados por aquellas con finalidades científicas o profesionales.

(6) Ampliar y actualizar los datos referentes a los porcentajes de población que sufren deficiencias en su visión del color.

(b) Respecto al estudio de diversos factores que pueden influir sobre los resultados de los tests.

(1) Identificar parámetros de distinta naturaleza que puedan repercutir en la lectura de las láminas que constituyen las pruebas utilizadas.

(2) Centrar la investigación en este campo sobre dos problemas principales: (i) la visión del color y la orientación profesional y (ii) la visión del color y sus implicaciones psicopedagógicas.

2. METODOS DE EXAMEN PARA LA VISION DEFECTIVA DEL COLOR

2. METODOS DE EXAMEN PARA LA VISION DEFECTIVA DEL COLOR

2.1. INTRODUCCION HISTORICA.-

MURRAY (1943) consideraba que el origen de los tests de visión del color respondía a un triple aspecto histórico: (1) el descubrimiento de casos aislados de ceguera al color; (2) la introducción de nuevas teorías e hipotéticos tipos de defectos; y (3) 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 (1837) quién 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, 1931). Sin embargo, aún hubieron de transcurrir algunas décadas para que se comercializase una prueba, conocida con el sobrenombre de "test de las lanas 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 (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.

La prueba de visión del color más próxima en el tiempo respecto a la anterior fue el "card test for colour blindness" de EDRIDGEGREEN (1900).

En el marco de los apartados formulados por MURRAY y mencionados anteriormente, el test de HOLMGREN se encuadraría en el apartado (1) y el de STILLING en el (2), respondiendo a la teoría de HERING.

No obstante, los fundamentos teóricos de la construcción de los tests pseudoisocromáticos no fueron conocidos hasta que PITT (1935) consiguió representar las líneas isocromáticas para los observadores dicrómatas en el espacio CIE, permitiendo de esta forma una especificación de los colores confundidos por tales observadores y, por consiguiente, diseñar de 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 tests 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 divulgado en la actualidad. Fue GOETHLIN (1916) quien, haciendo uso de 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 tests "profesionales", la primera prueba de "linterna" fue construida por DONDERS (?) 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 evaluación comparativa de tests más temprana, utilizando en ella las siguientes pruebas: STILLING, HOLMGREN, linterna de EDWARDS-GREEN, determinación de la ecuación de RAYLEIGH mediante discos rotatorios, visión espectral, denominación del color sobre los dos primeros tests, pruebas de contraste y de preferencia al color (PICKFORD, 1969).

Una referencia histórica sobre los tests diseñados y contruídos en Japón ha sido desarrollada por MURAKAMI (1961).

Como puede comprobarse de lo dicho hasta aquí, excepto los tests que hemos clasificado como "de ordenación", el resto de las pruebas se remontan, en sus precedentes, a finales del siglo pasado e inicios del siglo en curso, permaneciendo su uso generalizado en la mayoría de los casos si bien habiendo sufrido modificaciones para dotarlos de una presentación más atractiva y útil.

2.2. CLASIFICACION 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: (1) de acuerdo al medio de estímulo empleado (luz reflejada o transmitida); (2) fotópicos o escotópicos, según si utilizan el ojo adaptado a la luz diurna o a la oscuridad; (3) individuales o de grupo; (4) por el método de puntuación, en cualitativos o cuantitativos; (5) por la respuesta, de acuerdo a si se requieren operaciones mentales o complejas, o si precisan respuestas motoras o verbales. Los tests de uso común fueron

subdivididos por MURRAY con arreglo a la tarea que precisan en: (1) de clasificación; (2) de igualación; (3) de denominación; (4) de discriminación y sensibilidad (o de reconocimiento); (5) de ordenación; y (6) de reproducción.

HARDY et al. (1954) clasificaron los tests de visión de color atendiendo a su base funcional en cuatro categorías: (1) tests de detección simple, diseñados para separar sujetos con visión del color normal de aquellos con visión del color defectiva; (2) de diagnóstico cualitativo, diseñados para clasificar el tipo de deficiencia cromática; (3) de diagnóstico cuantitativo, diseñados para indicar la extensión del defecto de la visión del color; y (4) tests de aptitud o especiales (tests de señales luminosas, de linterna, luces de niebla, luces rotatorias -aviación, marina y ferrocarril-, tests de aptitud para vocaciones especiales, etc.), diseñados para determinar una adecuación relativa del sujeto a una vocación particular y que pueden ser aplicados indistintamente a individuos con discriminación al color normal o a aquellos con anomalía al color.

WARRER (1965), en su revisión de las pruebas entonces vigentes, las agrupó en: (1) láminas pseudoisocromáticas; (2) tests de clasificación; (3) tests de ecuación o anomaloscopios; (4) perimetría coloreada; (5) estudios subjetivos; (6) determinación de la curva de eficiencia luminosa relativa; y (7) electroretinograma.

VERRIEST (1968) sostuvo que, de una forma práctica y por orden decreciente de rigor científico, se pueden distinguir cuatro grandes grupos de tests: (1) anomaloscopios; (2) pruebas de correspondencia y de clasificación de muestras coloreadas; (3) láminas pseudoisocromáticas; y (4) pruebas prácticas de denominación.

Nosotros hemos adoptado una solución intermedia al hacer uso como criterio de clasificación el modo de construcción (2.2.1) y la tarea requerida en la respuesta (2.2.2 y 2.2.3), la función

para la que están diseñados (2.2.4 y 2.2.5) y en un último apartado, aquellos tests que no pueden encuadrarse en ninguno de los tipos establecidos (2.2.6).

2.2.1. Pseudoisocromáticas (PIC).-

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.

Su fundamento teórico, dependiendo del tipo de lámina utilizado, debe encontrarse en la existencia de colores indistinguibles para los individuos defectivos y que sí lo son, en cambio, para los observadores normales; en la existencia de puntos neutros en la visión espectral de los primeros (ADAMS, 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 tests 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 ISHIIHARA y, en general, de otros tests de la misma naturaleza, aquéllas han sido agrupadas por HARDY et al. (1954) y por LAKOWSKI (1965) en: (1) tipo de transformación, en las que los observadores normales ven un símbolo distinto al que ven los deficientes cromáticos; (2) tipo de desvanecimiento ("vanishing"), en las que los observadores normales ven una figura y los defectivos no; (3) tipo de dígito oculto, en las que ocurre al contrario que en el caso anterior; y (4) láminas cualitativas, en las que el observador normal ve dos símbolos y los defectivos de cada clase (protan o deutan) sólo uno, en diferentes zonas de las láminas.

BABEL (1965) clasificó igualmente las láminas PIC en: (1) 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; (2) de contraprueba, en las que ocurre lo contrario; y (3) 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 "simuladores", leídas por cualquier observador y cuya misión consiste en determinar si algún lector intenta engañar al examinador de su visión cromática.

En la descripción de los tests PIC comenzaremos por los evaluados en este trabajo (ISHIIHARA, Colegio Médico de Tokyo y Ulloa) para relacionar, a continuación, el resto por un orden de importancia relativa decreciente en el contexto actual de la investigación de la visión del color defectiva.

(a) Test ISHIIHARA: 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. La primera edición salió a la luz en el año 1917 y en su configuración más reciente (1982) consta de treinta y ocho láminas, veinticinco con números destinados a personas que saben leer y trece con trazos sinuosos para analfabetos, estando todas ideadas para detectar deficiencias del tipo rojo-verde exclusivamente.

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. Según ésta: (1) tipo de transformación (láminas 2-9), que son leídas por los normales y en forma distinta por los defectivos rojo-verde gracias a la confusión de una parte del símbolo representado con el color del fondo; (2) tipo de confusión o puramente PIC (láminas 10-17), son leídas por los normales y permanecen invisibles para los defectivos merced al uso de colores de confusión para estos observadores; (3) tipo de dígito oculto (láminas 18-21), son ilegibles para los observadores normales y apreciadas por los defectivos debido a su acentuada sensibilidad al contraste entre determinados colores; y (4) tipo de diagnóstico o cualitativas (láminas 22-25), que son leídas con dos números para los observadores normales y con uno sólo, a cada lado de la lámina, para cada uno de los sujetos protan o deutan (HANSEN, 1963; PASSIGLI, 1980).

Según las instrucciones del test (Apéndice A), éste sería capaz de establecer un diagnóstico cualitativo (protan o deutan) y cuantitativo (leve y fuerte).

(b) Test Colegio Médico de Tokyo (CMT): el test "Tokyo Medical College" 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 (UMAZUME y MATSUO, 1962). Las láminas, al contrario que el resto de los tests PIC, están cubiertas por una capa con orificios circulares que dejan ver los colores pigmentarios.

Consta de trece láminas con números, repartidas en los grupos siguientes atendiendo a su función: (1) tipo de detección (láminas 1-7), entre las que cabe aún establecer dos subgrupos, uno (I) que corresponde a las láminas 1-5 diseñadas para separar los normales de los defectivos rojo-verde y otro (II) que abarca las láminas 6-7 para separar los normales de los defectivos amarillo-azul, en ambos casos aquéllos deben leer las láminas reseñadas y los deficientes no; (2) tipo de diagnóstico cualitativo (láminas 8-10), destinadas a separar los deficientes del tipo protan y del tipo deutan, a partir de lecturas de números situados a ambos lados de cada lámina; y (3) tipo de diagnóstico cuantitativo (láminas 11-13) propuestas para jerarquizar en tres grados o niveles la severidad del defecto, (1º, 2º y 3º), en función de la lectura de los dos números que aparecen en cada lámina, de uno sólo o de ninguno, respectivamente (Apéndice A).

(c) Test Ulloa: este test fabricado en 1972 es usado en España para detectar, preferentemente, posibles anómalos en la selección de trabajadores.

El test está constituido por diez láminas que combinan las que hacen uso de números (láminas 1, 2, 3, 4, 7, 8 y 9) con las que utilizan letras (láminas 5 y 6) y símbolos geométricos (lámina 10). Cuatro de ellas (2-5) pretenden separar el tipo de deficiencia rojo-verde en protan y deutan, otras cuatro (6-9) separar observadores normales de defectivos y una (10) separar normales de defectivos amarillo-azul en sus dos grados (tritanomalía y tritanopia). Esto se logra combinando láminas de lecturas alternativas, no lecturas, o lecturas de unos símbolos

y no de otros (Apéndice A).

(d) Test American Optical Company de HARDY-RAND-RITTLER (AO H-R-R): su precedente fue el test confeccionado durante la II Guerra Mundial por la "American Optical Company" (1940) denominado "pseudo isochromatic plates for testing colour perception" y constituido por cuarenta y seis láminas seleccionadas de los tests STILLING e ISHIHARA y cuyo exclusivo propósito era detectar, y no clasificar, las anomalías. Estas láminas se vieron reducidas a un total de diecisiete que configuraron el "Abridged AOC test" (ROWLAND y HEAGAN, 1945). Mas tarde, HARDY, RAND y RITTLER (1947) propusieron una versión de dieciocho láminas que fueron adoptadas por la American Optical Company, de las cuales once pertenecían al test de STILLING y ocho al de ISHIHARA. Aún se realizó una nueva selección del test primitivo por NICHOLS para la aviación canadiense (SLOAN, 1945).

El propio test AO H-R-R o "pseudo-isochromatic plates for detecting, classifying and estimating the degree of defective colour vision" fue publicado por HARDY, RAND y RITTLER (1955) bajo los auspicios, nuevamente, de la American Optical Company. Dos años más tarde, esto es, en 1957 vio la luz una segunda edición, tras la cual quedó agotado, no habiendo sido reeditado desde entonces.

En cuanto a la estructura del test AO H-R-R consta, en su segunda edición, de cuatro láminas de demostración (para detectar simuladores) y veinte láminas de prueba. En palabras de sus propios autores (HARDY et al. 1954) "el test AO H-R-R está compuesto de una serie de láminas policromáticas que cubren tres categorías de tests: test de detección simple, de diagnóstico cualitativo y de diagnóstico cuantitativo". Para los dos últimos tipos, incluye el diagnóstico y cuantificación en tres grados de los defectos rojo-verde y amarillo-azul. Todas las láminas representan símbolos geométricos coloreados no verbales, círculos, triángulos y cruces sobre un fondo constituido por pequeños

círculos de diversos tamaños y luminancias.

(e) Test STILLING ("Tafeln zur Bestimmung der Blau-Gelbblindheit"): como ya hemos indicado, se trata del primer test de visión del color PIC diseñado (1877). Ha conocido numerosas ediciones y ha servido como modelo para la construcción de nuevos tests, como el ISHIHARA. Desde la muerte de STILLING en 1918, se han introducido diversas modificaciones por HERTEL quien, en su 20ª edición, añadió cuatro láminas para la detección de defectos tritan y por VELHAGEN, a su 21ª edición, que supuso la adición de tests de contraste mediante la superposición, en algunas de sus láminas, de papel de seda (MURRAY, 1943; HANSEN, 1963).

Según su autor (STILLING, 1909) el test constaba de láminas para detectar y distinguir deficiencias rojo-verde con curvas de luminosidad y espectro normales de aquellos con una curva de luminosidad disminuida para la luz roja y espectro recortado, junto con otras láminas capaces de detectar deficiencias amarillo-azul con espectro normal y con espectro disminuído. Las catorce tablas en que se divide el test contienen cada una de ellas cuatro láminas que exhiben números y letras.

(f) Test de DVORINE ("Dvorine pseudo-isochromatic plates"): en su versión inicial, la primera edición data de 1944 y en su modelo actual, de 1953, habiéndose comercializado posteriormente una segunda edición (1955) que consta de catorce láminas con números y siete con trazos. Su edición original despertó bastantes críticas (MURRAY, 1945) que motivó su reestructuración, para la cual el autor contó con las sugerencias de SLOAN (1945).

(g) Tests de BOSTROM y de BOSTROM-KUGELBERG ("Tabulae pseudo-isochromatae: taylor för färgsinnestävning"): primeramente fue BOSTROM quién publicó en el año 1935 las "Tabulae pseudo-isochromatae: taylor för ultrömande av rubbningar i färgsinnet" que fueron revisadas en 1950 (test de BOSTROM II)

TABLA 2.2.1.- Otros tests pseudoisocromáticos

<u>Nombre vulgar</u>	<u>Nombre de origen</u>	<u>Año de edición</u>	<u>Referencia bibliográfica</u>
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 cana)	1940 (ed. ameri-	CHAPANIS (1949)
FREEMAN	Illuminant stable color vision test	1949 (2ª ed.)	FREEMAN (1949)
FARNSWORTH nº 1 y 2	Farnsworth tritan plates	1955 (no comercializado)	BABEL (1965) TAYLOR (1980)
OKUMA	Ishihara-Okuma's new plates for colour defectives	1973	OKUMA et al. (1973) BIRCH (1976) MOLLON (1982)
CITY UNIVERSITY	City University colour vision test	1975	FLETCHER (1975)

(continúa)

TABLA 2.2.I.- (continuación)

KEELY-BRISTOL	Keely-Bristol colour vision test	1978	KEELY (1978) PASSIGLI (1980)
SPP ó HUKAMI	Standard pseudo-isochromatic plates	1980	HUKAMI et al. (1980)
IKAGU-SHOIN	Standard pseudo-isochromatic plates		TAYLOR (1980)
UMAZUME-OHTA	Umazume-Ohta test		PINCKERS (1975)

(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). Contiene veinte láminas, tres para simuladores y diecisiete para el diagnóstico de deficiencias rojo-verde, que 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.

(h) Otros tests PIC: en este último apartado relacionamos, a través de la Tabla 2.2.I., otros tests 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 el (los) autor(es) que lo ha(n) descrito.

A título ilustrativo debe mencionarse que, de los test que aquí se han comentado, los que incluyen láminas destinadas a detectar las deficiencias de tipo tritan son las siguientes: CMT, AO H-R-R, STILLING, DVORINE, RABKIN y las láminas FARNSWORTH y WILLMER.

2.2.2. 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 tests tienen como principal modelo a los tests "100-Hue" y "Dichotomous B-20" de FARNSWORTH-MUNSELL (1943), que han conocido numerosas versiones y constituyen hoy día uno de los principales instrumentos de diagnóstico de anomalías congénitas y adquiridas y cuyo precedente histórico fue diseñado por TRENDELEMBURG (1940). Los describiremos siguiendo el orden cronológico de sus fechas de edición.

(a) Test 100-Hue de FARNSWORTH-MUNSELL: editado en 1943 se trata de un test de discriminación de color constituido por ocho cápsulas de referencia y ochenta y cinco cápsulas para ser manipuladas; coloreadas mediante selección de la escala cromática de MUNSELL de forma que entre los colores vecinos existe una variación aproximadamente constante en su tono pero manteniendo iguales sus luminancias y saturaciones. Por otra parte, los colores fueron elegidos para que se distribuyesen a lo largo de una circunferencia en el diagrama cromático de escala uniforme (U.C.S.D) de FARNSWORTH (que resulta de una transformación lineal del diagrama de cromaticidad CIE, 1931) (BOWMAN, 1973).

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).

Recientemente se ha ideado y comercializado una instrumentación adicional al test y que permite una puntuación y representación gráfica de forma automatizada (DONALDSON, 1975).

(b) Test dicotómico B-20 de FARNSWORTH-MUNSELL: esta prueba fue editada simultáneamente con el test anterior (1943). 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 sobre el diagrama cromático U.C.S.D. aunque, evidentemente, las diferencias de tono entre cápsulas adyacentes es bastante más apreciable que en el caso anterior; sus valores triestímulo para el iluminante C fueron obtenidas 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 (protan, deután, tritan y tetartan).

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 ha evidenciado PINCKERS (1971), puede extraerse del test 100-Hue. Posteriormente se ha desarrollado 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., 1976).

(c) Test 28-Hue de ROTH: este autor (1966) ha desarrollado 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 PIANANIDA, 1977).

(d) Test 40-Hue de OHTA: este test elaborado por OHTA (1966) posee idéntico fundamento que los anteriores. Se compone de cuarenta cápsulas con un grado "4" de luminancia y saturación en la escala de MUNSELL.

(e) 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 distinta intensidad luminosa (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).

(f) Un test de ordenación para detectar acromatopsia fue diseñado por SLOAN y ha sido descrito por PICKFORD (1979).

2.2.3. Anomaloscopio.-

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 bipartido. Como se concibió originalmente (LORD RAYLEIGH, 1881), los dos primeros colores eran rojo (670 nm) y verde (545 nm) y el color a igualar, amarillo (589 nm). 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 TRENDELEMBURG" (1941), con objeto de poder detectar los defectos tritan, 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 de estos datos suele representárseles gráficamente determinando 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 protanopía o deuteranopía 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 en la actualidad 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. El anomaloscopio de NAGEL ha

sufrido modificaciones por CRONE (1955).

Recientemente se ha construido y comercializado un nuevo anomaloscopio, "Neiz", que cuenta con filtros interferenciales (OTHA et al. 1980) y un "anomalómetro de BESANCON" que 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 luminancia espectral (ROTH et al. 1980). Incluso PIANTANIDA (1976) ha diseñado un anomaloscopio especialmente adaptado para un fácil manejo y transporte.

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).

2.2.4. Profesionales.

En este apartado recogemos los tests 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.

A pesar de la complejidad de clasificar este tipo de pruebas por la gran diversidad de trabajos que se ven afectados por una percepción cromática anormal, podemos distinguir algunas categorías que son relacionadas en la Tabla 2.2.II, junto con algunos tests representativos.

(a) Tests de denominación o de linterna: en estos instrumentos le son presentadas al observador luces coloreadas, general-

TABLA 2.2.II.- Relación de tests de visión del color para uso profesional.

Tipo de test	Denominación	Año de edición	Referencia bibliográfica.
(a) De linterna	EDRIDGE-GREEN	1891	EDRIDGE-GREEN (1891)
	Chromoscope de LE MEHAUTE-GUERIN	1908	LE MEHAUTE (1908) MONTAUFFIER et al., (1958)
	GILES-ARCHER	1934	GILES (1934)
	New London Navy Lantern	1946	FARNSWORTH (1955)
	KUGELBERG-KARPE	1947	BOSTROM y KUGELBERG (1947)
	Chromoptomètre de BEYNE	1954	BEYNE (1956)
	FARNSWORTH	1955	FARNSWORTH (1955)
	FAA Colour Signal Light Gun	1971	TAYLOR (1974)
	New Canadian Lantern test	1973	MORELAND (1982)
	GUILD		LAKOWSKI (1968)
(b) De objetos codificados en color	Resistor Colour Code		HARDY et al., (1954)
	RMA Colour Code		LAKOWSKI (1968)
(c) Otros: De discriminación de color	Inter Society Color Council (ISCC)	1942	DIMMICK (1942) HARDY (1943)
	Colour Aptitude test de DIMMICK (CAT)	1946	DIMMICK (1946)

mente de pequeño tamaño y situadas a gran distancia, que debe nombrar. Generalmente son utilizadas para seleccionar personal para marina, aviación o ferrocarril. En la Tabla 2.2.II se muestra una relación de modelos conocidos de linternas, sus fechas de edición y el autor o autores que las describen.

(b) Tests de denominación de objetos codificados en color: requieren el conocimiento, por parte del sujeto, de colores codificadores de información en algunos objetos (por ejemplo, resistencias eléctricas) (ver Tabla 2.2.II).

(c) Otros (ver Tabla 2.2.II).

2.2.5. Uso infantil .-

En este apartado vamos a centrar nuestra atención en aquellas pruebas especialmente diseñadas para niños y que, en unas ocasiones se tratan de versiones de los tests ya referidos y, en otras, de pruebas originales.

Entre los primeros podemos destacar los siguientes: "ISHIHARA color blindness test book (children): 12 plates" (1970); "Tokyo Medical College colour vision test for children". En cuanto a los tests especialmente elaborados para ser pasados a niños, mencionemos: "KOJIMA-MATSUBARA pseudo-isochromatic plates for children" y "GUY'S color vision test for young children" (HUKAMI, 1961; VERRIEST et al., 1980; 1981).

Incluso se han realizado variaciones en pruebas estándar para hacerlas más asequibles a dichos observadores (GARDINER y SEREDA, 1970) o construcciones en forma de juegos de dominó, "puzzles", láminas rotatorias, etc. (OHTA, 1966; DOSTER, 1971; FLETCHER, 1981; VERRIEST, 1981).

2.2.6. Otras .-

Bajo este epígrafe encerramos aquellos tests para la

percepción cromática que no responden específicamente a ninguno de los apartados anteriores, pero que reúnen por lo general características de elaboración y respuestas análogas.

(a) Test de nomenclatura de DVORINE (1944) destinado a la denominación de color (LAKOWSKI, 1974).

(b) "Colour memory test de BURNHAM y CLARK" (1954) se trata de un test de memoria de color que usa cápsulas de la serie del test 100-Hue. Se le presentan a un individuo muestras coloreadas y, transcurrido un tiempo determinado, debe elegir entre las cápsulas del test aquéllas que más se parezcan a las previamente mostradas. Este procedimiento se repite una serie de ocasiones hasta conseguir una puntuación estable. Los propios autores recomiendan este test para uso profesional.

(c) BOYNTON (1961, 1962) ha diseñado un test espectral que utiliza el método de los umbrales incrementales para separar individuos normales de defectivos y clasificar a éstos según sus tipos de anomalías.

(d) Atlas P.V.S. para el reconocimiento de la visión escotópica en el diagnóstico de la acromatopsia típica (VE-
RRIEST, 1968).

(e) KINNEY (1974) ha descrito un método para detectar defectivos al color a través del aislamiento de la respuesta evocada visual, haciendo uso para ello de tarjetas coloreadas con tonos de igual luminancia que se sitúan a lo largo de las líneas de confusión de los deuteranopes, protanopes y tritanopes.

2.3. EVALUACION DE LAS PRUEBAS.-

2.3.1. Métodos de evaluación.-

Los tests de visión del color, como cualquier otra prueba de

evaluación que intente medir variables intelectivas o sensoriales, deben estar avalados por unos datos estadísticos que garanticen su éxito relativo en la aplicación a una muestra cualquiera de individuos. Estos datos pueden concretarse en unos parámetros de eficiencia en sus ítems constituyentes y que, para pruebas de rendimiento se han venido denominando: fiabilidad, validez, objetividad, dificultad, discriminación, representatividad, adecuación a lo estrictamente enseñado, adecuación al tiempo estipulado y practicidad (EBEL, 1965; LAFOURCADE, 1977).

En general, las pruebas de visión cromática, sobre todo las del tipo PIC, producen respuestas que sólo permiten ser caracterizadas por un acierto o un error ("pass/fail"), lo que les confiere un carácter de test dicotómico. Esto también es válido para el test de ordenación Panel D-15, considerado por su respuesta global. En cambio, el test 100-Hue permite cuantificar sus resultados en una puntuación de error, y por tanto acepta una estadística paramétrica como ocurre con los resultados del anomaloscopio.

Tradicionalmente la evaluación de la eficiencia de los tests de visión del color se ha venido realizando empíricamente a través de criterios de detección y diagnóstico en comparación con otros tests pigmentarios o espectrales de manifiesta solvencia.

LAKOWSKI (1965, 1966) introdujo una nueva concepción del proceso de evaluación mediante criterios teóricos como el análisis colorimétrico y espectrofotométrico de láminas PIC, relegando los estudios poblacionales de dichas láminas al carácter de verificación de tales medidas. El análisis colorimétrico permite la medida de las coordenadas de cromaticidad de los colores pigmentarios utilizados para la confección de la figura y el fondo de las láminas y, por tanto, su comparación con las líneas isocromáticas previstas para los observadores defectivos. El análisis espectrofotométrico proporciona el conocimiento de las curvas de reflectancia de las láminas

mencionadas, es decir, las características espectrales de la luz reflejada y que teóricamente debieran producir confusión en el observador defectivo.

Un aspecto de extrema importancia a la hora de establecer la bondad de un test, es el de sus condiciones de aplicación y que, generalmente, vienen indicadas en el manual de instrucciones.

BABEL (1965) cifró estas condiciones en los siguientes puntos: (1) el ojo debe estar adaptado en visión fotópica (efecto PURKINJE); (2) las condiciones de iluminación de los tests deben ser lo más precisas posible (efecto BEZOLD-BRUCKE); (3) resulta ventajoso utilizar placas coloreadas de pequeñas dimensiones con objeto de explorar la región macular; (4) los elementos que modifican el sentido cromático pueden encontrarse a todos los niveles de la trayectoria de los rayos luminosos (cristalino, humor vítreo) o de las vías ópticas.

A estos parámetros cabría añadir la agudeza visual del observador y el tiempo de observación (efectos de adaptación de los pigmentos) (TAYLOR, 1979; 1980), variable ésta poco analizada en la literatura (DIMMICK, 1943; LAKOWSKI, 1968).

Otros aspectos de orden intelectual podrían a su vez afectar a la respuesta del observador, como se reseñará más adelante. Revisemos, a continuación, la bibliografía dedicada al estudio del efecto de la iluminación en la realización de los tests de visión del color.

HARDY et al. (1945) destacaron que el test ISHIHARA dependía en gran parte del iluminante usado, lo que perjudicaría sobre todo a los observadores deuteranómalos. SCHMIDT (1952) destacó que la apariencia de un papel coloreado depende de los siguientes atributos principales de la fuente de luz iluminante: (1) la iluminación que recibe el papel; y (2) la distribución de la energía espectral relativa que para las fuentes de la luz más comunes pueden ser caracterizados aproximadamente por la

temperatura de color. El estudio de tales parámetros sobre los tests de ISHIHARA y American Optical Company (1940) llevaron a recomendar a SCHMIDT el uso exclusivo de luz diurna de temperatura de color estandarizada para conseguir resultados comparables entre los tests PIC.

VERRIEST et al. (1963) resaltaron la confirmación empírica que habían logrado diversos autores acerca de que un iluminante del tipo C producía una mejora en los resultados de detección y clasificación de los defectivos en diversos tests PIC, lamentando que tales condiciones de iluminación no vengan especificadas en los manuales de dichos tests (excepto el caso de los tests AO H-R-R y Color Aptitude Test). El propio VERRIEST destacó la importancia del nivel de iluminancia sobre la eficacia visual que puede provocar el paso de la visión fotópica a la mesópica y el consiguiente deterioro de la visión cromática. Este límite fué establecido por el autor en 15 lux para unos tests PIC y de ordenación y de 5 lux para otros. Disminuyendo gradualmente este nivel se constataron respuestas indicativas de deficiencias amarillo-azul (tritan y tetartan) y más tarde, de acromatopsia típica.

HIGGINS et al. (1978) propusieron como alternativa a la fuente de iluminante C comercializada ("Macbeth Easel Lamp") y cuyo coste es bastante elevado, el uso de una lámpara incandescente de 100 W de baja temperatura de color, junto con un filtro de gelatina que se interpondría entre el test y los ojos del observador y cuya transmitancia relativa es muy parecida a la de la lámpara primeramente referida.

MURRAY (1943) subdividió los tests cromáticos prácticos en tests de detección y tests diferenciales. Los primeros estarían destinados a separar claramente los individuos normales y defectivos y, por tanto, las condiciones esenciales que les deberían ser exigidas serían la economía de tiempo y de materiales y la imparcialidad (referida especialmente a bajos niveles mentales y a la amplia diversidad de defectos). Los

tests diferenciales, por el contrario, deberían estar adaptados a la situación vocacional específica y ser estudiados en función de su capacidad para lograrlo. Precisamente este autor destacaba el hecho de que ningún test de este tipo estuviera validado por criterios teóricos (posteriormente introducidos por LAKOWSKI como ya hemos referido), sino que su fidelidad debía ser probada a través de la aplicación masiva y las correlaciones con otros tests, cuyos resultados sería deseable que se adjuntasen a las características del test por el propio fabricante, cosa que no suele llevarse a cabo. En otras ocasiones es la propia incapacidad para seleccionar un número de observadores estadísticamente razonable, lo que impide validar el test, como ocurre para las deficiencias del tipo tritan (SCHMIDT, 1970).

SLOAN (1945), consideraba que los tests de visión del color PIC proporcionaban un medio muy simple y rápido de clasificar un gran número de individuos en normales y defectivos al color. El test ideal sería aquel en que los individuos normales cometan relativamente pocos errores y el rango de dichas puntuaciones para los individuos defectivos esté marcadamente diferenciado del correspondiente a los primeros.

Estos tests, sin embargo, incurren en errores que oscilan alrededor de un 20 por ciento en el diagnóstico diferencial de las anomalías, lo que podría ser atribuido a las variaciones individuales en el espectro de transmisión de los pigmentos prerretinianos (MORELAND, 1979).

En otro orden de cosas, existen dificultades de orden técnico para lograr una correcta reproducción de los colores de los tests pigmentarios que BABEL (1965) concretó en que la saturación de los colores es generalmente imperfecta, la luminancia resulta difícil de igualar (o la reflexión puede hacerla variar) y los colores pueden modificarse con el tiempo tras una larga exposición a la luz.

Por último, deben destacarse las contribuciones de BIRCH

(1974, 1975, 1976) al conocimiento de la estructura y construcción de los tests PIC de ordenación, en base a la crítica de la propia localización de las líneas isocromáticas en el diagrama cromático obtenida por PITT (1935) y que justificaría algunas lecturas atípicas que suelen producirse en tales tests.

2.3.2. Diagnóstico de deficiencias congénitas.-

En este apartado vamos a referir un cierto número de trabajos en orden cronológico, dedicados a la evaluación de los diferentes tests de visión del color, haciendo mención al método empleado para tal fin y las conclusiones más relevantes obtenidas.

SLOAN (1945) efectuó una selección del test American Optical Company (1940) en orden a su eficiencia de diagnóstico. El método de evaluación del mismo, estribó en asignar a cada lámina un parámetro, Q_N , porcentaje de sujetos normales que fallan y otro Q_D , porcentaje de sujetos deficientes que leen correctamente. Una combinación lineal de ambos parámetros $Q_N + K \cdot Q_D$, proporcionaría un índice adecuado para la selección de tal serie de láminas. De este modo SLOAN extrajo un total de dieciocho láminas cuya eficiencia de diagnóstico superaba significativamente al resto.

HARDY et al. (1945) evaluaron exhaustivamente el test de ISHIHARA (1925) en relación al test ISCC justificando el gran porcentaje aparente de errores en la detección de los defectivos por las siguientes causas: (1) desprecio a la importancia crítica de la iluminación del test; (2) aplicación inadecuada e ineficaz; (3) interpretación deficiente de los resultados; (4) extrapolación del test a campos para los que no está diseñado o creación de falsas expectativas con respecto a la bondad de sus resultados. Para el estudio del test, los autores propusieron la puntuación 100 para la lectura correcta del total de las láminas por parte del observador. Este procedimiento ponía de manifiesto un solapamiento entre las puntuaciones caracterís-

ticas de los observadores normales y defectivos, aunque se podía suponer la puntuación sesenta como línea divisoria entre realización propia del normal y del defectivo al color. Como conclusiones más destacables cabe citar: (1) ningún análisis del tipo o extensión del defecto puede estar basado en puntuaciones de realización como las apuntadas; (2) el test produce una puntuación más baja para el deuteranope que para el protanope (ésto se pierde si se utiliza iluminación amarillenta); (3) las láminas de diagnóstico diferencial (protan y deutan) son sólo adecuadas para clasificar deuteranopes; el 74 por ciento de los deuteranómalos son tipificados correctamente, así como el 83 por ciento de los casos protanómalos y el 73 por ciento de los protanopes.

HARDY et al. (1943) desarrollaron un estudio de similares características al anterior, pero aplicando ahora el test RAEKIN (1939) y recomendando algunos cambios en las puntuaciones de las láminas y un procedimiento revisado para la clasificación del tipo de defecto rojo-verde. En concreto proponían: (1) la puntuación sesenta y cinco como límite entre los observadores defectivos y normales; (2) ningún análisis del tipo o extensión del defecto puede basarse sólo en la puntuación; (3) tomado en su conjunto el test permite una excelente clasificación de los dicromatas en protanopes y deuteranopes y de los anómalos rojo-verde en deuteranómalos y protanómalos; (4) el test no es adecuado para diferenciar entre tricromatismo anómalo y dicromatismo.

CHAPANIS (1949) analizó comparativamente los tests PIC siguientes: American Optical Company (1940), ISHIHARA (1940), MEYROWITZ, BOSTROM y BOSTROM-KUGELBERG, encontrando que de los tests que disponían de láminas para el diagnóstico diferencial de los defectos cromáticos (ISHIHARA, MEYROWITZ, y BOSTROM) los más adecuados eran el test ISHIHARA, seguido por los de MEYROWITZ y BOSTROM, respectivamente. Para el autor, dada la frecuencia de lecturas diferentes que se producían en las láminas del test ISHIHARA, sería recomendable considerar que si

el sujeto responde a una o varias de las lecturas típicas de la deuteranopia o de la protanopia, aunque no lea exactamente el número previsto, se considere que padece tal deficiencia. Esto según el autor, permitiría clasificar correctamente a la mayor parte de los observadores defectivos.

PICKFORD (1950) llevó a cabo un análisis, por láminas, del test ISHIHARA (1939) comparando sus resultados con tests anomaloscópicos para tratar de responder a las cuestiones: (1) si algunas láminas son, en general, más realizables que otras; (2) si algunas láminas particulares son válidas para discriminar ciertos tipos de deficiencias. Para puntuar dichas láminas PICKFORD adoptó el siguiente sistema: a cada lectura incorrecta de una lámina se le asignaría la puntuación, -1, y cuando los sujetos normales leyesen el número asignado a los defectivos, la puntuación sería en este caso de 0,5. Valorando cada lámina de acuerdo a las puntuaciones establecidas, llegó a las siguientes conclusiones: (1) las láminas de lectura alternativa para los defectivos fueron irrealizables; (2) las láminas en las que no existe tal lectura alternativa fueron más adecuadas; y (3) el test no permitía la distinción entre normales y distintos tipos de deficientes por el número de errores cometidos. Por último, el autor propuso una versión reducida del test compuesta de seis láminas y que permitía una clara separación entre normales y defectivos profundos.

HARDY et al. (1954 a, b, c) han evaluado las láminas AO H-R-R elaboradas por ellos mismos. En la primera parte de su trabajo compararon la eficiencia en su labor de detección de las anomalías cromáticas, consiguiendo un perfecto acuerdo con el test de la American Optical Company (selección revisada de dieciocho láminas). En su función de clasificación del tipo de deficiencia logró un éxito del 97 por ciento y el anomaloscopio NAGEL (modelo I) un 98 por ciento, sin que existiesen discrepancias en la clasificación por ambos tests. Por lo que respecta a la graduación del defecto, cuando los sujetos fueron sometidos a re-test, la clasificación original fue la más consistente con los

resultados de una batería de tests. En la segunda parte del trabajo, los autores utilizaron junto a sus propias láminas, las pruebas de la American Optical Company, ISHIHARA (1925), anomaloscopio NAGEL, Panel D-15, "New London Navy Lantern" y el "Color Threshold Tester". En cuanto al test ISHIHARA, clasificó incorrectamente el 1 por ciento de los sujetos analizados, pero sólo lo hizo con el 74 por ciento de los mismos. El test Panel D-15 consiguió tan sólo un 70 por ciento de tales diagnósticos.

SLOAN y HABEL (1956) seleccionaron para su trabajo los tests DVORINE (1955), una nueva edición del test ISHIHARA y las láminas AO H-R-R (1955), los cuales fueron comparados con una serie de láminas pertenecientes a cuatro tests y confeccionadas por los autores. Los resultados más relevantes que obtuvieron pueden relacionarse como siguen: (1) los tres tests detectaron la mayoría de los defectivos del tipo rojo-verde; (2) los tres tests fallaron ocasionalmente en la detección de algunas anomalías leves; (3) la clasificación errónea de sujetos normales como defectivos al color fue más probable en las láminas AO H-R-R que en los otros tests; y (4) propusieron modificaciones en algunas láminas de los tres tests para hacerlas más difíciles al observador deficiente al color.

MONTAUFFIER et al. (1958) consideraron, en base a sus experiencias en la selección de aspirantes al ingreso en la marina francesa, que la linterna de BEYNE era más selectiva que la de LE MEHAUTE, permitiendo una evaluación rápida de la velocidad y capacidad de discriminación en la percepción cromática de los observadores, aunque no permitía una separación entre los tricerómatas normales y los anómalos.

BELCHER et al. (1958) utilizaron los tests de ISHIHARA (1951), DVORINE, BOSTROM y KUGELBERG, BOSTROM (1950) y AO H-R-R para probar a una muestra de individuos, considerando como diagnóstico correcto el proporcionado por el anomaloscopio de NAGEL. Para esta evaluación comparativa, los autores propusieron

ponderar las lecturas de un defectivo que hubiera cometido un número de errores en cada test que su manual consideraba como propio de observadores normales. Esta escala de "solapamiento ponderado" permitió clasificar al test ISHIHARA como el más sensible, seguido, respectivamente, del BOSTROM, DVORINE, BOSTROM-KUGELBERG y AO H-R-R. Por otra parte, la ineficacia de una lámina de test podría medirse sumando el número de normales que la leen mal más el número de defectivos que la leen correctamente, lo que originaría un "número de ineficacia de diagnóstico". Este método proporcionaría un mecanismo de selección de dichas láminas, para obtener las más adecuadas a los propósitos de detección de anomalías cromáticas.

SLOAN (1961) evaluó el test CMT en comparación con el de ISHIHARA y un grupo seleccionado de otras dieciseis láminas. El procedimiento empleado para tal evaluación ya ha sido mencionado (SLOAN, 1945). Los resultados para cada grupo característico de láminas del test CMT podrían concretarse en: (1) para las cinco láminas de detección, cuando se cometieron dos errores o menos, la respuesta se consideró normal, de tres a cinco errores se consideró defectiva; (2) las cinco láminas cualitativas para la determinación del tipo de defecto, protan o deutan, fallaron en su intento en casi la mitad de los sujetos examinados; y (3) para las tres láminas de determinación del grado del defecto, se evidenció un acuerdo semejante al que lograron los otros tests entre sí.

CRONE (1961) analizó las posibilidades de lograr un diagnóstico cuantitativo con las siguientes pruebas de la visión cromática: ISHIHARA (1954), Panel D-15 y AO H-R-R, considerando la discriminación del umbral diferencial para un tono espectral (amarillo de 540 nm), como referencia. Los datos obtenidos mostraron, según el autor, la gran sensibilidad del test ISHIHARA que se manifestó en el alto número de errores en que incurrían los tricrómatas anómalos; sin embargo estos errores no reflejaban la gravedad de la deficiencia pues los observadores dicrómatas afectados incurrían en un número equivalente de

ellos. El test Panel D-15 parecía ser algo más apto para el diagnóstico cuantitativo de las anomalías, aunque persistían casos de defectivos que no cometían equivocaciones en su seriación de las cápsulas y viceversa. El test AO H-R-R era menos sensible que el ISHIHARA pero, para el autor, producía un mejor diagnóstico, cualitativo y cuantitativo.

UMAZUME y MATSUO (1962), en la presentación del test CMT, afirmaban que sus láminas de detección concordaban con el diagnóstico por anomaloscopia en un 90,9 por ciento para observadores protan y en un 97,4 por ciento para observadores deutan. Las láminas cualitativas lo hicieron en un 99,1 por ciento. En cambio, como afirmaba GREEN (1962), no existió tan unánime acuerdo cuando se trataba de las láminas cuantitativas del test.

GREEN (1962) efectuó un estudio sobre sujetos defectivos al color, con el uso simultáneo de los siguientes tests: ISHIHARA (1940), CMT, 100-Hue, ISCC, anomaloscopia NAGEL y PICKFORD-NICOLSON. El método para puntuar las respuestas al test ISHIHARA fue el propuesto por TOPLEY (1959) consistente en asignar cero puntos a las láminas cuya lectura era correcta y cinco puntos para la errónea, por lo que la puntuación máxima que podía obtener un **defectivo** sería de cien puntos. Haciendo uso de este sistema, GREEN obtuvo diferencias significativas entre las puntuaciones de los observadores tricrómatas anómalos y dicrómatas. Por otra parte, los diagnósticos del tipo de anomalía sobre los sujetos probados fueron todos correctos, aunque es de destacar que un alto porcentaje de defectivos no pudieron ser clasificados. En cuanto al test CMT ocurrió lo últimamente **apuntado** para el test ISHIHARA, con la circunstancia adicional del desacuerdo existente entre los grados primero, segundo y tercero de la anomalía y el tricromatismo anómalo, extremo y dicromatismo proporcionado por el anomaloscopia. El autor destacó la correlación significativa que se apreciaba entre los resultados del test CMT y las puntuaciones del test ISHIHARA, lo que podría interpretarse diciendo que ambos miden una variable

específica a los tests PIC. El test Panel D-15 volvía a confirmar su baja sensibilidad al permitir ordenaciones correctas por parte de observadores anómalos extremos. El test 100-Hue incurrió en la misma tendencia, a lo que había que añadir el erróneo diagnóstico diferencial para los observadores. En el test ISCC de aptitud para el color, los observadores defectivos obtuvieron puntuaciones medias significativamente menores que las de los normales. Por último, el acuerdo observado entre ambos anomaloscopios, fue prácticamente total.

En un extenso trabajo, HANSEN (1963) estudió algunos factores que previsiblemente afectarían a la realización de pruebas de láminas PIC, concretamente centró su atención en las formas de las figuras que aparecían en tales láminas, para lo cual hizo uso de papeles de seda superpuestos como ya aportara el test de STILLING-VELHAGEN (1950). Además el autor evaluó por medio del anomaloscopio NAGEL (modelo I) el test de ISHIHARA (1954) y el de BOSTROM-KUGELBERG, encontrando preferible el test ISHIHARA a los otros dos, por su eficacia en el diagnóstico cualitativo.

LAKOWSKI (1965), en una muestra de individuos con visión del color normal, obtuvo una mayor incidencia de errores en el test de ISHIHARA que en el de DVORINE. En el anomaloscopio PICKFORD-NICOLSON, las respuestas de los individuos débiles al color mostraron una gran variación, lo que justificaría las diferentes respuestas evidenciadas en los anteriores tests.

En un detallado trabajo dedicado a los métodos de diagnóstico de la visión del color anómala, BABEL (1965) justificó la aparente divergencia entre los resultados obtenidos de estudios evaluatorios anteriores para diferentes tests en base a las variaciones sufridas en sus condiciones de aplicación, especialmente por lo que respecta a la iluminación de las láminas. Según BABEL, las láminas ISHIHARA eran las que mejor cumplían con el objetivo de la detección simple de los anómalos congénitos rojo-verde. En cuanto al diagnóstico diferencial, junto con este

último test, destacaron el DVORINE, el RABKIN y el AO H-R-R. En cambio, los tests CMT y BOSTROM-KUGELBERG serían difíciles de leer, incluso para observadores normales. Ya hemos mencionado al comienzo de este apartado la transcendencia del método de evaluación de los tests de visión del color introducido por LAKOWSKI (1965; 1966, a, b). Mediante el doble análisis, colorimétrico y espectrofotométrico, consiguió objetivar tal examen, e incluso predecir los datos empíricos que deberían obtenerse del correspondiente test. El grave inconveniente de este procedimiento estriba en su complejidad y en el coste económico del instrumental preciso. LAKOWSKI sometió a dicho análisis a los siguientes tests: ISHIHARA (1951), DVORINE, AO H-R-R, CMT, lámina tritan de FARNSWORTH y WILLMER, ISCC y 100-Hue y, en años posteriores, esta técnica ha sido aplicada por el autor a otros tests que reseñaremos más adelante.

Dada la imposibilidad de reproducir los resultados de tales estudios, destacaremos no obstante, las conclusiones más ligadas con nuestras experiencias: "las láminas cualitativas en los tests PIC (exceptuando el CMT) tienen un defecto común. La figura que se confunde con el fondo para los observadores protan contiene algunas zonas coloreadas que están situadas a lo largo de las líneas de confusión deutan en el diagrama cromático. Así, teóricamente, podrían inferirse que esas láminas diagnosticarían los defectos deutan mejor que los protan, y esto es confirmado por la evidencia experimental, ya que los protan dan menos respuestas esperadas que los deutan" (LAKOWSKI, 1966).

Para LINKSZ (1966) el test Panel D-15 es sólo una buena, y práctica, prueba profesional, pero no un test de detección de deficiencias al color. Los tricrómatas extremos o los dicrómatas lo fallan sin producirse una separación entre ambos. Sin embargo, poseería la gran ventaja de su fácil y amena ejecución.

ADAM et al. (1967) aplicaron el test ISHIHARA (1959) y el anomaloscopio de PICKFORD-NICOLSON para detectar las frecuencias de las perturbaciones en la percepción cromática, entre diversas

comunidades israelitas. En 200 diagnósticos de los 225 efectuados con el anomaloscopio, las anomalías protan y deutan previamente evidenciadas con ayuda del test ISHIHARA, fueron confirmadas. En el resto de los casos los defectivos, o no leyeron las láminas de diagnóstico o las leyeron incorrectamente; sólo en siete casos (3 por ciento del total) el diagnóstico del test ISHIHARA fue opuesto al del anomaloscopio NAGEL. Para los autores, las frecuencias de defecto proporcionadas por el test ISHIHARA deberían ser estimadas con un error aproximado del 10 por ciento.

VERRIEST (1968), en un estudio comparativo de diversos tests de visión del color, resaltó el hecho de que en las distintas publicaciones sobre este tema, la variedad de los sujetos examinados, de las fuentes de iluminación y de los métodos de análisis de datos, junto con la propia circunstancia de que algunos tests hayan sufrido bastantes modificaciones en su estructura y número de láminas, hacían difícil la comparación entre unas y otras investigaciones. No obstante, el autor resumió la bibliografía existente en una serie de generalizaciones que reproduciremos a continuación: "(1) la detección de las deficiencias rojo-verde se consigue más eficazmente con el test ISHIHARA; los tests de ordenación son menos adecuados, sea porque son muy poco sensibles (Panel D-15) o porque el límite de normalidad no está bien definido (100-Hue y C.A.T). (2) El diagnóstico diferencial entre los defectos protan y deutan se consigue mejor con los tests de RABKIN y DVORINE, siendo el diagnóstico de los tests AO H-R-R, Panel D-15 y 100-Hue más fiable en el caso de deficiencias graves. (3) La clasificación en grados de severidad de la deficiencia se logra con mayor ventaja en el test AO H-R-R y en el CMT, así como por el 100-Hue y el Panel D-15, siendo para este propósito extremadamente ineficaces el C.A.T. y el ISHIHARA".

Posteriormente VERRIEST analizó los tests ISHIHARA (1932), lámina tritan de FARNSWORTH, AO H-R-R, Panel D-15 y anomaloscopio NAGEL (modelo I), llegando como principales conclusiones a

que: (1) No existía apenas correlación entre el cociente de anomalía proporcionado por el anomaloscopio y la gravedad de las confusiones obtenidas por los tests PIC y el Panel D-15, por lo que era deseable combinar los dos tipos de examen. (2) Recomendó utilizar un conjunto de láminas de los tests ISHIHARA y AO H-R-R, el Panel D-15 y el anomaloscopio.

DREYER (1969) empleó los tests ISHIHARA (1951), BOSTROM-KUGELBERG, BOSTROM (1950), AO H-R-R, Panel D-15 y la escala de color "Danish Standar 735: Colours for labelling" (norma danesa para el uso de colores en el etiquetado de productos industriales), con una muestra de defectivos al color clasificados mediante el anomaloscopio NAGEL. Respecto al test ISHIHARA, sus resultados mostraron que los dicrómatas cometían un gran número de errores pero también lo hacían, en un alto porcentaje, los protanómalos y los deuteranómalos, lo que reforzaría la conclusión de que el número de lecturas erróneas no podía ser tomado como medida de la severidad del defecto. Por otra parte, este objetivo sería cubierto con mayor eficacia por las láminas AO H-R-R, que a su vez constituirían un buen test de aptitud al color para propósitos profesionales. El Panel D-15, para el autor, demostró ser la mejor herramienta, en la guía ocupacional de los sujetos examinados y el "Danish Standar 735: Colours for labelling" proporcionó información correcta del grado de defecto en más del 80 por ciento de los casos.

VERRIEST (1972) se mostró partidario de utilizar una versión reducida del test ISHIHARA y la lámina tritan de FARNSWORTH que, en caso de producir resultados característicos de deficiencias en la percepción del color, serían sustituidas por los tests AO H-R-R, el Panel D-15 y el anomaloscopio NAGEL (modelo I). Para el autor, el test 100-Hue no aportaría ninguna información complementaria, salvo en el caso de comparar grupos de sujetos, al igual que el uso de los tests PIC. Este punto de vista es, en parte, mantenido por BOWMAN (1973) en el sentido de que el test ISHIHARA y el Panel D-15 constituyen una ventajosa combinación, ya que el primer test detectaría defectos ligeros que escaparían

al segundo y éste, a su vez, produce un correcto diagnóstico diferencial protan-deutan.

BIRCH (1974), en un detallado trabajo, evaluó comparativamente los siguientes tests: ISHIHARA (1969), AO H-R-R, Panel D-15 (estándar y desaturado), 100-Hue, linterna de GILES-ARCHER y anomaloscopio de NAGEL; asimismo, la autora obtuvo datos de las curvas de eficiencia luminosa relativa y de discriminación de tono para los sujetos examinados. Para los tests PIC, la evaluación se efectuó por láminas individuales, según el tipo de anomalías padecidas por los observadores. Los resultados alcanzados podrían resumirse en los siguientes puntos: (1) Las láminas ISHIHARA resultaron constituir un instrumento extremadamente eficaz para separar normales y defectivos rojo-verde, las AO H-R-R no fueron adecuadas para este propósito, aunque sus láminas de graduación tenían algún valor a la distinción de la severidad del defecto. (2) Los tests Panel D-15 y 100-Hue son el equivalente clínico de las medidas colorimétricas de discriminación de tono pero, a causa del modo de presentación, algunos defectivos al color pasaban los tests; el Panel D-15 podía ser utilizado como un test de graduación para demostrar los defectos más severos donde la discriminación del tono está fuertemente reducida. (3) El test de linterna se consideró como un buen test de detección y, presentado convenientemente, podía indicar también el tipo de defecto. (4) Respecto al anomaloscopio, se estimó que el rango de igualación era un indicador más real del grado de defecto en el tricromatismo anómalo que el cociente de anomalía.

El procedimiento objetivo introducido por LAKOWSKI fue utilizado por el mismo investigador (1976) con las láminas STILLING (1909), verificando que la zona del espacio CIE ocupada por aquellas era similar a la del test ISHIHARA con la excepción de una lámina que se extendía por la parte azul y otras dos que alcanzaron la zona verde. Asimismo cuatro láminas tenían sus colores alineados en las líneas isocromáticas de los observadores deutan y una sólo en las correspondientes a los protan,

quedando el resto con un diseño ambiguo. Igual ocurría con las láminas ideadas para poner de manifiesto los defectos del tipo tritan, ya que tan sólo una de ellas (de cuatro destinadas a tal efecto) estaba alineada a lo largo de la línea de confusión tetartan.

PINCKERS (1976) estudió el test Panel D-15 desaturado, encontrando algunas confusiones que no se correspondían con la existencia real de una deficiencia en el eje amarillo-azul y, ocasionalmente, en el eje rojo-verde. No obstante, este autor recomendó el uso combinado de aquel test, cuando el observador examinado no incurriera en ninguna confusión, con el Panel D-15 estándar, estimando este procedimiento como más adecuado que el test y retest aconsejado por el manual de instrucciones de la prueba últimamente mencionada.

HIGGINS y KNOBLAUCH (1977) confirmaron, mediante el análisis de una muestra de normales y defectivos rojo-verde, la equivalencia entre el Panel D-15 y la versión extraída del 100-Hue por PINCKERS (1971).

Según este último autor (1978), el test Panel D-15 desaturado producía alrededor de un 7 por ciento de confusiones protanópicas simples que no resultaron confirmadas por otros métodos experimentales, además de coincidir con cierta frecuencia las confusiones típicas de protan y de deutan en un mismo individuo.

PICKFORD et al. (1979) probaron una muestra de sujetos que padecían acromatopsia incompleta de tipo autosomal recesivo con los tests, ISHIHARA, AO H-R-R, de acromatopsia de SLOAN, Panel D-15 y el anomaloscopio de PICKFORD-NICOLSON. Sólo entre las láminas AO H-R-R para deficiencias amarillo-azul y en las series verde-azul de los tests de ordenación se observaron algunas respuestas correctas. El test de SLOAN actuó correctamente clasificando a los individuos como acrómatas y el anomaloscopio indicó un fuerte incremento de los rangos de igualación.

PASSIGLI (1980) estimó que los resultados obtenidos a partir de la aplicación del test de ISHIHARA admitían un doble análisis: uno ligado a los errores típicos (lecturas posibles recogidas en el manual) y otro ligado a los errores no típicos (lecturas no previstas por aquél). Para el autor, estos últimos han sufrido una doble interpretación: una favorable, en el contexto de considerarlos como una forma de graduación entre los sujetos normales; y otra desfavorable, en el sentido de estimarlos como una clasificación en la capacidad de discriminación cromática de los observadores defectivos.

SERRA et al. (1981) incidieron en estos mismos argumentos. Para los autores, los errores no típicos podrían estar relacionados, en los sujetos con una visión cromática normal, con su capacidad de discriminación cromática, con la precisión en la tarea realizada y con su grado de colaboración.

MIYAMOTO et al. (1981) han evaluado las nuevas láminas OKUMA con respecto al anomaloscopio NAGEL (modelo I) y otros tests, obteniendo una eficiencia del 100 por cien en la detección de los defectivos cromáticos, aunque el 35 por ciento de los mismos no pudieron ser clasificados en el tipo de deficiencia correspondiente y el grado de las mismas indicaba una severidad mayor que la apreciada por el anomaloscopio y el test Panel D-15.

COLE y VINGRYS (1982) han dedicado un extenso trabajo al análisis de los tests de linterna, notando que un porcentaje significativo de observadores con una visión cromática normal fallaban en su reconocimiento y, por otra parte, no existía una correlación perfecta entre los defectivos que incurrían en errores, además del hecho de que algunos protanómalos no fuesen detectados como tales por dichos instrumentos.

2.3.3 Diagnóstico de deficiencias adquiridas.-

En este apartado centraremos nuestra atención en efectuar una

revisión de las pruebas de visión del color recomendadas por diversos autores para el diagnóstico de las deficiencias adquiridas en la visión del color, la mayoría de las cuales han sido ya mencionadas en el apartado anterior dedicado a las deficiencias congénitas.

FRANÇOIS y VERRIEST (1961) manifestaron su opinión en el sentido de que habían de ser utilizados varios tests para poder lograr un diagnóstico seguro de la anomalía. Los métodos recomendados por los autores, en función del tipo de diagnóstico requerido, fueron: (1) para el reconocimiento y extensión de una reducción adquirida de la visión del color, los tests Panel D-15 y 100-Hue, pruebas de denominación de color y, a veces, las láminas AO H-R-R; (2) para el reconocimiento de un sistema de absorción, el anomaloscopio y para diagnosticar cromatopsia bastaría comprobar que al blanco el sujeto le atribuye cierto color; y (3) para el diagnóstico diferencial entre defectos de visión del color adquiridos y congénitos, el anomaloscopio y láminas PIC.

VERRIEST (1963) relacionó el tipo de deficiencia adquirida (según su propia clasificación), el estado de la anomalía (tricromático o dicromático), los ejes de confusión principales (confusiones evidenciadas en los tests AO H-R-R, Panel D-15 y 100-Hue), las igualaciones efectuadas con ayuda del anomaloscopio de NAGEL (modelo I) y, por último, las causas fisiológicas de tales defectos.

LAKOWSKI (1972) aconsejó el uso del anomaloscopio PICKFORD-NICOLSON en el ensayo de los defectos de visión del color adquiridos, al proporcionar aquél una medida sensible de las pérdidas funcionales prematuras pudiendo, incluso, indicar el tipo de lesión sufrida por el sistema visual, aunque no proporcionaría un diagnóstico de la enfermedad o su causa. Por lo tanto, el anomaloscopio podría ser útil en los casos de deficiencias reversibles.

GRUTZNER (1972), atendiendo a la etiología de la deficiencia y a su manifestación en la percepción cromática (tipo protan y tipo tritan) recomendó, entre otras determinaciones, los tests de FARNSWORTH-MUNSELL y el anomaloscopio NAGEL.

BOWMAN (1973) estimó al test Panel D-15 conveniente para el reconocimiento de los defectos adquiridos, especialmente cuando la agudeza visual, el campo visual y la discriminación al color de un individuo fueran muy pobres.

MARRE (1973), en su amplio estudio dedicado a las deficiencias adquiridas consideraba entre los tests PIC, al AO H-R-R como el más adecuado para un diagnóstico de tal naturaleza, sobre todo por las características cromáticas de sus láminas. Entre los tests de ordenación, el más aconsejable sería el 100-Hue para los casos de alteraciones sufridas por el mecanismo azul de la visión del color. Para la autora, el anomaloscopio NAGEL no sería muy recomendable, aunque, por otra parte, suele proporcionar respuestas muy típicas.

LAKOWSKI y OLIVER (1974) estudiaron el efecto que producía, sobre la ejecución de los tests ISHIHARA, 100-Hue y anomaloscopio PICKFORD-NICOLSON, una reducción considerable del diámetro pupilar, condición que suele plantearse en situaciones clínicas de ensayo en la visión cromática de los individuos. En sus experiencias se constató un notable perjuicio en tal realización que fué más sensible en la región rojo-verde del espectro.

LAKOWSKI y KINNEAR (1974) resaltaron las dificultades manifestadas en el diagnóstico diferencial de las anomalías congénitas y adquiridas, fundamentalmente cuando el paciente sufría un tricromatismo anómalo. Para asegurar mayores probabilidades de éxito debería utilizarse una batería de tests que incluyera láminas PIC, un test de discriminación y/o el anomaloscopio. En caso de que éstos no proporcionasen suficiente información habría que indagar en su historial clínico y utilizar un test de denominación de color. En otro informe

(1976) LAKOWSKI consideraba muy limitado el valor de las láminas STILLING (1909) en la detección de las deficiencias adquiridas.

BARCA (1978) estimó que las respuestas del test 100-Hue en las deficiencias de origen adquirido resultaban, en ciertas ocasiones, semejantes a las características de las deficiencias congénitas y, en otras, no, en cuyo caso solían presentar un carácter aleatorio sin ningún eje definido.

PINCKERS (1979; 1980) ha estudiado, respectivamente, la aplicación del "New Color test" de LANTHONY y del CMT en el diagnóstico de las anomalías adquiridas. Por lo que respecta a este último test, en comparación con el agotado AO H-R-R, el autor lo encontró menos apropiado, pero las láminas para los defectos tritan eran más sensibles que las correspondientes del test AO H-R-R. En otro trabajo más reciente (1982), PINCKERS probó una amplia muestra de pacientes con deficiencias en la visión del color adquiridas, con los tests AO H-R-R, New Color Test de LANTHONY, 100-Hue y anomaloscopio de NAGEL (modelo II). Sus resultados mostraban que, para el anomaloscopio, el 35 por ciento de los casos analizados no eran claramente diagnosticados, en cuyo caso podría ser aplicado el test LANTHONY junto con diez cápsulas grises.

VOKE (1982) informó del diseño, por el Dr. W. JAEGER, de un anomaloscopio que incorporaba una ecuación del color azul-verde y que podría ser más adecuado para las discromatopsias adquiridas que afectasen preferentemente al mecanismo azul de la percepción cromática.

2.3.4. De uso infantil.-

En este último apartado trataremos de los tests de uso infantil que, al contrario que lo que ocurría en el apartado anterior, corresponden tanto a tests ya estudiados y que han sido aplicados a sujetos jóvenes, como a otros específicamente diseñados para su uso en edad infantil y que ya se mencionaron

en el apartado 2.2.5.

HUKAMI (1960) aplicó el test CMT a niños escolares, encontrando que a medida que disminuía la edad de los niños se incrementaba el número de láminas mal leídas por aquellos, hasta llegar al primer curso escolar en el que esta lectura resultaba prácticamente imposible. De cualquier modo, el autor comprobó que cuando se instruía previamente a estos niños en la ejecución del test, sus resultados mejoraban ostensiblemente. También HUKAMI (1961) utilizó los tests de KOJIMA-MATSUBARA y el CMT para niños de edades comprendidas entre tres y seis años y cinco y seis años, respectivamente. Los límites de edad para una aplicación efectiva fueron de tres años para el primero y de cuatro años para el segundo. El autor recomendó finalmente motivar la atención del niño de corta edad simulando, mediante un juego, el ensayo de su visión cromática.

GALLAGHER y GALLAGHER (1964) dedicaron su investigación a la detección de la visión del color en niños de educación preescolar y primer grado, llegando a las siguientes conclusiones: (1) un test de detección para niños de primer grado puede ser realizado de una forma eficaz y práctica; (2) un test de hilos coloreados o una rueda coloreada (ambos de denominación) no producen resultados válidos; (3) un test de láminas PIC que requiera un conocimiento de números no es práctico; (4) los niños de primer grado pueden comprender y ser probados a través de las láminas AO H-R-R; y (5) el uso de la iluminación recomendada para este test es altamente deseable. Los autores finalizaron recomendando un procedimiento de utilización del test AO H-R-R a través de algunas láminas seleccionadas.

THULINE y BUCKLEY (1964) analizaron la visión cromática de una gran muestra de estudiantes pertenecientes a todos los niveles educativos de un distrito escolar, con ayuda de las láminas ISHIHARA (14ª ed. y 15ª ed.) y las AO H-R-R. Las primeras láminas fueron consideradas más adecuadas que las segundas, las cuales, según los autores, planteaban mayor número

de situaciones de dudosa interpretación. Sin embargo, el test AO H-R-R se encontró más adecuado para la clasificación del tipo de defecto rojo-verde en individuos afectados más severamente. Un análisis por láminas del test ISHIHARA condujo a concluir que las más eficaces en la detección eran las 9-13 y la 17 y, para la clasificación diferencial, la 22 y la 23. Los autores verificaron que a menudo los observadores eran incapaces de leer las láminas de diagnóstico del ISHIHARA (22-25) cuando su defecto era calificado de severo en las láminas AO H-R-R. Por otra parte, el test AO H-R-R proporcionó un alto índice de fallos en sus láminas de detección.

Para ROTH (1966) el test Panel D-15 constituiría una prueba fácil y accesible para niños a partir de los cinco años pero, a veces, se producían resultados anárquicos en la ordenación de sus cápsulas; por el contrario, el test 100-Hue sería de imposible aplicación por debajo de los doce años de edad. El test 28-Hue ideado por este autor se prestaría particularmente bien el examen en niños.

HUKAMI (1967) utilizó los tests AO H-R-R y CMT en muestras de niños y adultos normales y defectivos comprobando que, en ambos casos, los jóvenes y los adultos diferían en el número de errores en que incurrían.

GARDINER y SEREDA (1970) informaron sobre una versión particular de las láminas ISHIHARA para niños, consistente en unos recortes de plástico blanco sobre un fondo negro que deberían ser identificados con los dibujos vistos en las láminas de trazos para analfabetos. La utilización de este método sólo precisaría la elección de un símbolo, lo que le haría válido para ser utilizado entre niños de corta edad y, por lo tanto, sería recomendable su aplicación al acceder los sujetos a sus estudios escolares.

LAMPE (1968) elaboró un juego que precisaba la igualación de color de diversos materiales, para la detección de deficiencias

en la percepción cromática. Este test, para el autor, fue válido en niños de cinco y seis años, proporcionándoles además un alto grado de interés. El ensayo simultáneo con una selección de los tests ISHIIHARA y AO H-R-R fue considerado menos aconsejable en esta edad debido a la implicación de otros factores que interferían la tarea requerida.

TAYLOR et al. (1970) concluyeron que el test 100-Hue sólo pudo ser empleado con garantía entre niños de hasta ocho años de edad, siendo inútil por debajo de esta edad, en donde aparecían errores extremos.

SASSON y WISE (1970) lograron resultados satisfactorios usando el test Panel D-15 en niños de hasta tres años de edad.

BACON et al. (1971) diseñaron un test de discriminación de color usando colores previamente estandarizados y que resultó adecuado para los niños que ingresaban en la escuela. Para niños mayores, el test ISHIIHARA fue considerado como el más conveniente.

ADAMS et al. (1975) utilizaron los tests Panel D-15 y AO H-R-R con niños de edades comprendidas entre los tres y diez años, detectando una serie de errores aleatorios que eran tanto más frecuentes cuanto menor era la edad de los niños. Estos errores se producían entre aquellas cápsulas cuya diferencia de color era menor y podían verse disminuídos en el retest, generándose, además, especialmente en las cápsulas finales de la serie, por lo que se podrían justificar, en parte, por la negligencia del observador al completar el ordenamiento del test.

KOZAKI et al. (1975) probaron durante varios años la visión cromática de niños cuyas edades más frecuentes eran de seis años. Los tests utilizados fueron: ISHIIHARA, OKUMA, CMT, AO H-R-R, Panel D-15, 100-Hue, test de linterna y anomaloscopio. Los resultados mostraron que, como prueba de detección, las

láminas ISHIHARA fueron las más adecuadas; para la graduación de la deficiencia, el test CMT seguido del OKUMA y el AO H-R-R se consideraron en orden creciente de eficacia. Con frecuencia estos tres tests difirieron en los grados de deficiencia resultantes. El Panel D-15 produjo, en bastantes ocasiones, resultados falsos que indicaban deficiencia. En el caso del 100-Hue, las puntuaciones de más de la mitad de los pacientes caía dentro del margen considerado como característico de anomalía en la percepción cromática. Asimismo numerosos pacientes cometieron cuatro o más errores en las denominaciones de color enunciadas sobre el test de linterna.

PASSIGLI (1980) evaluó el test de KEELY-BRISTOL con niños, tomando como referencia el test ISHIHARA y la lámina tritan de FARNSWORTH, siendo considerado aquél como un test sensible en la detección de las deficiencias rojo-verde y amarillo-azul. El mismo autor (1981) probó los dos primeros tests entre niños de edades comprendidas entre cuatro y seis años, por una parte, y de siete a diez años, por otra, comparando los errores típicos y no típicos generados en ambos grupos y verificando un mayor incremento de ambos tipos de errores a medida que la edad de los individuos decrecía.

VERRIEST (1981) realizó recientemente un extenso trabajo sobre los tests de visión del color en niños. Destaquemos sus conclusiones más importantes: (1) las láminas PIC más apropiadas para los niños, como las AO H-R-R o los trazos del ISHIHARA, dan siempre resultados válidos a partir de la edad de cinco años cuando son correctamente interpretadas; (2) los tests de ordenación, como el Panel D-15 y el 100-Hue, sólo son válidos desde la edad de los diez años; y (3) deben concebirse y construirse nuevos tests especiales para la discriminación del color en niños muy jóvenes. En un apéndice de este trabajo A. HILL defiende la idea, basada en sus propias experiencias, de que el anomaloscopio, cuando es administrado con cuidado, es el mejor medio de diagnóstico de la visión del color en niños a partir de los tres años de edad. Ambos investigadores han

evidenciado en sus estudios la baja eficacia del test de GUY y de KOJIMA-MATSUBARA entre niños, al producir un alto porcentaje de resultados positivos de deficiencias que pudieron ser descartadas por otras técnicas (VOKE, 1982).

2.4. REPRODUCCION DE TESTS Y DETECCION MASIVA.-

En este apartado de revisión consideramos un aspecto de la utilización de los tests de visión del color, cuyo objetivo es muestrear la percepción cromática de un gran número de individuos, en el menor tiempo posible y con unos costes económicos y de personal mínimos, esto es, la práctica de la detección simple de las anomalías cromáticas para fines esencialmente de orientación vocacional y profesional, sin pretensiones de diagnóstico cualitativo y cuantitativo que precisarían de otros procedimientos.

MURRAY (1943) se refería a los tests de "grupo" mencionando, entre ellos, al "Podesta wall charts" (1916), las diapositivas de linterna de WESCOTT elaboradas a partir del test de las lanas de HOLMGREN (HAYES, 1926) así como a las diapositivas de BERENS y STEIN (1939) sobre láminas PIC. Para el autor este procedimiento presentaría los siguientes inconvenientes: (1) dificultades en la reproducción por películas "Kodachrome"; (2) la estandarización de la temperatura de color; (3) la distribución de energía espectral de la fuente de iluminación; (4) la dudosa ética de su uso; (5) pueden servir solamente para escoger unos cuantos casos y ser sometidos a un examen posterior; (6) las puntuaciones en la fila delantera y trasera de la sala de observación no serían comparables; (7) la variación en el ángulo de visión implica abarcar áreas retinianas diferenciadas; y (8) la frustración, por parte de los deficientes, es también menos fácil de controlar.

WRIGHT (1952) concibió la idea de reproducir en una revista inglesa ("Picture Post", 12- 5-1951) la lámina tritan de

FARNSWORTH con el propósito de descubrir observadores con deficiencia tritan, dada la baja frecuencia entre la población y, de ahí, su difícil localización para propósitos de investigación. Los lectores que no conseguían leerla correctamente eran estimulados a escribir y ser probados con otros métodos más precisos, con lo que el autor logró seleccionar un cierto número de tales defectivos y estudiar su visión cromática de un modo exhaustivo.

En una curiosa experiencia CRONE (1961) probó una muestra de niños con algunas de las láminas ISHIIHARA acompañadas de fotos en blanco y negro de dichas láminas, comprobando que los escolares que leían correctamente estas fotografías cometían significativamente menos errores que los que fallaban en su lectura.

ROSNER (1962) informó de un mecanismo de autoensayo en la visión del color, situando las láminas ISHIIHARA en un marco acristalado e iluminado convenientemente, junto con las instrucciones para su correcta interpretación.

LAMPE (1969) describió un detector para la discriminación de la agudeza visual, el "Titmus Vision Screener" al que añadió una diapositiva para la visión del color y que cuando fué aplicado a niños, sus resultados fueron poco afortunados.

CRONE (1968) justificó la necesidad de emprender estudios en grandes poblaciones sobre la percepción del color de sus individuos, para el descubrimiento de anomalías raramente frecuentes, como los defectos tritan, unilaterales y para la investigación de la genealogía de las deficiencias.

LAMPE (1937) usó ya el test ISHIIHARA con diapositivas "Kodachrome" en grupos escolares. Para ello seleccionó sólo siete láminas ISHIIHARA y los alumnos que fallaban en dos o más diapositivas eran probados individualmente con el test AO H-R-R.

TAYLOR (1979) criticaba un trabajo anterior de GORDON y FIELD (1978) en el que los autores intentaron demostrar, mediante transparencias difusas del test ISHIHARA, que tal difusión mejoraba el reconocimiento de las láminas. Según TAYLOR pudieron haber surgido modificaciones adicionales en las láminas que permitiesen a los observadores percibir las de forma ventajosa, las cuales podrían cifrarse en: (1) un proceso de realización y revelado fotográfico sin excesivas precauciones; (2) falta de atención a la influencia de la lámpara de proyección sobre las luminancias relativas de las láminas; y (3) inexistencia de evidencia de que el tamaño de la exposición en la pantalla estuviera corregido para provocar el mismo rango de visión que en la situación normal.

VERRIEST (1981) se hacía eco de la opinión de otros autores afirmando que se ha encontrado que la reproducción de algunas láminas PIC a través de diagnosticadores o detectores visuales es inadecuada por los cambios de cromaticidad introducidas por la lámpara incandescente del proyector.

Por último cabe destacar la contribución de BERGEN (1982) que ha realizado ensayos de la visión del color en grupos de individuos por medio de una versión en diez diapositivas del test DVORINE. El autor consideraba preciso que se verificasen una serie de condiciones para obtener unos resultados válidos: (1) usar un proyector "Kodak de 35 mm" equipado con una lámpara halógena de cuarzo; (2) proyectar sobre una pantalla blanca (no plateada); (3) oscurecer la sala de proyección lo más posible, permitiendo sólo la luz suficiente para que los individuos puedan anotar sus observaciones; (4) utilizar una sala grande distribuyendo a los sujetos a ambos lados del proyector para evitar variaciones en el ángulo de visión; (5) exponer cada diapositiva durante un tiempo exacto de diez segundos sin dejar intervalos entre una y otra; (6) instruir a los estudiantes para que registren los números que vean en la hoja que se les suministra; anunciándoles en cada caso el número de orden de la nueva diapositiva; y (7) antes de administrar el test de

diapositivas, revisar cuidadosamente todas las instrucciones para asegurar unas condiciones de prueba adecuadas. En cuanto a las normas de puntuación de esta versión del test DVORINE, el autor recomendó que el individuo que cometiera más de tres errores en sus respuestas escritas, debería ser sometido a la versión original del test, lo cual representó, en su experiencia, un 10 por ciento aproximadamente de observadores. Asimismo sus resultados indicaban que, en general, las diapositivas fueron leídas con más dificultad que el test manual.

2.5. FRECUENCIA DE LAS ANOMALIAS.-

Los porcentajes de defectivos cromáticos encontrados en diferentes comunidades, así como la distribución de aquellos entre las diversas clases de deficiencias es función, básicamente, de dos factores: la población estudiada y el método de detección empleado (junto con sus condiciones de utilización). Las variaciones relacionadas con la primera variable parecen ser de índole genética. Las dependientes de la segunda variable son más difíciles de controlar por cuanto, como ya hemos mencionado, existe una apreciable diferencia de sensibilidad entre las diferentes clases de pruebas y aun entre las distintas ediciones de un mismo test. Por consiguiente, la comparación entre las frecuencias de las anomalías sólo debería ser establecida, en un sentido estricto, cuando se hubieran medido con idéntica prueba y en las mismas condiciones de aplicación. No obstante y, dado que con los datos actuales no es posible cumplir tal requisito -ya que no siempre las investigaciones han incluido en sus investigaciones tales informes-, nos limitaremos a mostrar sus resultados globales y parciales, reproduciendo las frecuencias relativas de las deficiencias y, en el caso de que se haya realizado, las correspondientes a las deficiencias específicas, así como el test o tests utilizados en tal investigación, cuando este dato se conozca (Tabla 2.5.I.). Otras informaciones complementarias acerca de los porcentajes totales de deficiencias por países y razas pueden encontrarse en: COX (1961); PICKFORD (1963); CRONE (1968); ADAM et al. (1967) y SERRA (1978).

TABLA 2.5.1.- Porcentajes de deficiencias en la visión del color informados por diversos autores (los datos entre paréntesis hacen referencia a la población femenina).

Autor(es) y año	Método de detección	Lugar del muestreo	Tamaño de la muestra	Intervalo de edad	Porcentaje de deficientes	Porcentaje de deficiencias		
						Deut.	Tritan	Sin Clas.
JUDD, 1943	Resumen de datos previos				8.0 (0.43)	5.9 (0.40)	2.1 (0.03)	0.001 (-)
KHERUMIAN et al., 1956	American Optical Company (1940)	Francia	3 873 (3 725)	jóvenes	9.33 (0.51)	6.75	2.58	
MONTAUFFIER et al., 1958	Anomaleoscopia NAGEI	Francia	517	jóvenes	6.57	5.41	1.16	
HUKAMI, 1960	Colegio Médico de Tokyo	Japón	689 (684)	6-12	4.50 (0.44)			
THULINE y BUCKLEI, 1964	ISHIHARA (14 ^o y 15 ^o ed.) y AO H-R-R	U.S.A.	5 263 (5 078)	niños	6.2 (0.55)	4.36	1.73	0.08
MAIONE, 1965 (en SERHA, 1970)		Italia	279 (289)	6-11	17.6 (7.3)			
LAKOWSKI, 1965	DYORINE, ISHIHARA Anomaleoscopia P-N	Gran Bretaña	400	14-17	8.9	6.6	2.3	
CRONE, 1968	Láminas PIC y Láminas tritan de F.W.	Holanda	3 167 (3 359)	jóvenes	8.2 (0.6)	5.6 (0.4)	2.3 (0.1)	0.2 (0.1)
GILES et al., 1968	ISHIHARA (1964)	México	778 (653) 462	adultos	3.6 (-) 2.8			
CORRONS, 1973	ISHIHARA (11 ^o ed.)	España			3.84	3.48		0.30
SLABY y ROBERTS, 1974		U.S.A.	934 000	12-17	7.5 (0.6)	6.6 (0.4)	0.6 (0.2)	0.3 (0.2)

(continúa)

TABLA 2.5.I.I.- (continuación)

SERRA et al., 1978	ISHIHARA (1959)	Italia	238 (226)	9-16	6.3 (-)	5.04	1.26
	Lámina tritan de F.						
PASSIGLI, 1980	ISHIHARA (10ª ed.)	Italia	235 (53)	3-30	6.0 (-)	4.7	1.3
HITA y SAENZ, 1980	ISHIHARA (1973)	España		jóvenes	8.4	8.2	
VAN NORREN y WENT, 1981	Fotometría, "flicker"	Holanda	1 503				0.1
HITA et al., 1981	ISHIHARA (1973)	España		11-15	8.2 (0.4)	8.1 (0.4)	

2.6. ESTUDIO EXPERIMENTAL.-

2.6.1. Validación del test ISHIHARA (1 979).-

(a) Estudio de las respuestas dadas por individuos normales y por individuos defectivos al color.

Bajo este epígrafe incluimos el proceso de estandarización de la edición del año 1 979 del test ISHIHARA, efectuada sobre las muestras de individuos poseyendo, en un caso, visión normal del color y, en el otro, visión defectiva, establecida a partir de los datos obtenidos por el propio test en el ensayo masivo de la percepción cromática llevado a cabo por el equipo de investigación en niños escolares de la provincia de Granada. Por consiguiente, dicho proceso se fundamenta exclusivamente en criterios de consistencia interna del propio test.

El principal objetivo de este estudio ha sido la recogida y análisis de las respuestas dadas a las láminas ISHIHARA que permitiese: (1) evaluar la eficiencia del test en la detección y clasificación de las anomalías cromáticas; (2) seleccionar las láminas que verifiquen en mayor medida tal misión; y (3) profundizar en el conocimiento de la naturaleza de los errores cometidos por los observadores en la lectura de las láminas a través de su registro empírico.

(i) Método experimental:

El test ISHIHARA fue presentado a una muestra de 416 individuos en edad escolar pertenecientes al "Colegio Nacional de Prácticas" (Masculino y Femenino) de Granada, separando de ellos a los clasificados como defectivos cromáticos según las instrucciones del propio test (Apéndice A), quedando reducida la muestra de observadores normales a un total de 404 individuos cursando estudios comprendidos entre los niveles tercero y octavo de Educación General Básica y cuya distribución según el sexo y la edad se relaciona en la Tabla 2.6.1.

En cuanto a la muestra de alumnos defectivos cromáticos, como ya se ha indicado, está constituida por individuos pertenecientes a diversos centros escolares ubicados en la ciudad de Granada y en la de Montefrío (Granada)(Tabla 2.6.LXVIII). En la Tabla 2.6.II. se presenta la distribución de los 225 deficientes al color analizados según la clase y grado de anomalía proporcionados por el mismo test, así como la distribución por deficiencias y edad de aquellos. Las normas seguidas para la asignación de las denominaciones a las deficiencias mostradas en dicha tabla se pueden enunciar como sigue:

(1) Si el individuo lee, al menos, una de las láminas de diagnóstico como protan o deután y, al menos, una como normal, se clasificará, respectivamente, como protan o deután leve.

(2) Si lee, al menos, una de las láminas como protan o deután o, en el caso improbable de que se presenten simultáneamente ambas lecturas en un sólo observador (sólo ha ocurrido esta circunstancia en cinco casos de los 225 analizados), unas lecturas prevalezcan sobre las otras, y el resto de ellas con un sólo dígito, el observador será clasificado como protan o deután fuerte.

(3) En cualquier otra circunstancia, la anomalía detectada será denominada como "sin clasificar".

(ii) Resultados:

En las dos muestras estudiadas, las lecturas de los individuos registradas fueron agrupadas en lecturas típicas, es decir las recogidas por el manual del test y en errores no típicos, o sea, aquellos no estimados como característicos de una visión cromática normal o defectiva por dicho manual. A su vez, las lecturas típicas se subdividieron en propias de normales y en errores típicos de defectivos rojo-verde, ciegos al color, protan y deután (Tabla 2.6.III). Debe advertirse que en los resultados aquí producidos, y en los posteriores, se ha

eludido cualquier referencia a la primera lámina del test ISHIIHARA dado que es leída por todos los observadores y su única misión es la de poner al descubierto posibles simuladores.

Por lo que se refiere a los observadores normales al color, la Tabla 2.6.IV representa la distribución de frecuencias de errores típicos, no típicos y totales en que incurrieron aquellos al ser examinados. Asimismo, en la figura 2.6.1. se han determinado los polígonos de frecuencias correspondientes a tales errores.

Para los sujetos con deficiencias en su visión cromática, en la Tabla 2.6.V se recogen el número medio de errores típicos, no típicos y totales y su desviación típica (o estimada) para el conjunto de observadores en función del tipo de anomalía puesta de manifiesto por sus respuestas al test.

En la Tabla 2.6.VI se reproducen los porcentajes de las distintas clases de lecturas efectuadas por los observadores normales al color sobre las láminas individuales del test ISHIIHARA, así como las frecuencias de lecturas alternativas (distintas a las contempladas por el test como posibles) ordenadas en un sentido decreciente, para las láminas que se ven afectadas por errores no típicos en su registro por parte de dichos observadores. La Tabla 2.6.VII representa los mismos datos pero referidos ahora a los observadores con visión del color defectiva, ordenando las lecturas obtenidas para las láminas de diagnóstico según el tipo de deficiencia de los sujetos afectados.

(iii) Análisis de los resultados:

Cuando se considera el test ISHIIHARA en su totalidad de láminas, de las Tablas 2.6.IV y 2.6.V puede observarse una clara separación, por el número total de errores, entre los sujetos clasificados como normales o defectivos por el propio test; esto se manifiesta en que, de los 404 y 225 individuos que presentan,

respectivamente, tal percepción cromática, tan sólo cuatro observadores han cometido un número total de errores comprendido entre ocho y doce, que corresponde al intervalo de error que considera el editor del test como susceptible de un análisis más detallado, a fin de discernir el tipo de visión cromática subyacente.

En cuanto a las distribuciones de frecuencias de observadores en función del número de errores típicos y no típicos cometidos (Fig. 2.6.1.) puede apreciarse, para los normales al color, una también evidente diferencia entre tales distribuciones.

Esto es igualmente manifiesto en el caso de los observadores defectivos al color, tal y como recoge la Tabla 2.6.V, donde únicamente en el caso de los deutan leves cabe apreciar una aproximación entre ambos tipos de errores medios, aunque el pequeño número de observadores que presentan esta clase de deficiencia impide efectuar inferencias estadísticas significativas. Ahora la tendencia es contraria a lo observado entre individuos normales, los cuales incurrieron en mayor número de errores no típicos que típicos y, por consiguiente, este hecho favorece la validez del test ISHIHARA, en la medida en que no suele producir lecturas características de defectivo entre los individuos normales ni a la inversa.

Volviendo sobre los datos de la Tabla 2.6.V, vamos a comprobar si existen diferencias significativas, por el número total de errores cometidos, entre los defectivos protan y deutan fuertes. Para ello y, dado que las distribuciones de frecuencias de errores totales para los observadores reseñados no presentan unas varianzas equivalentes (según la prueba "F de Snedecor", para muestras independientes, resultaron ser diferentes a un nivel de significación $\alpha = 0,01$), se tuvo que recurrir al método de "COCHRAN y COX" (FERGUSON, 1971) para determinar el error estándar de la diferencia entre las dos medias, según la expresión:

$$S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{\sum_i (x_i - \bar{x}_1)^2}{N_1 \cdot (N_1 - 1)} + \frac{\sum_i (x_i - \bar{x}_2)^2}{N_2 \cdot (N_2 - 1)}} = \sqrt{S_{\bar{x}_1}^2 + S_{\bar{x}_2}^2} \quad (\text{Ec. 2.6.1})$$

que arrojó un resultado, en nuestro caso, de 0,305.

El test de hipótesis "t de Student" definido como:

$$t = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}} \quad (\text{Ec. 2.6.2})$$

ha proporcionado un valor de 4,26, que resultó ser significativo, a un nivel $\alpha > 0,01$ ($t_{0,01} = 2,65$), por lo que debe aceptarse que las medias de los errores totales en los observadores que padecen una deficiencia deutan fuerte o protan fuerte, evidenciadas por el test de ISHIHARA, son claramente diferentes y dándose el mayor promedio de dichos errores entre los observadores protan fuertes.

Siguiendo el mismo procedimiento para los errores típicos y no típicos medios, las varianzas de sus distribuciones para los observadores protan y deutan mostraron su equivalencia, sometidas al test de hipótesis "F de Snedecor" (a un nivel de significación $\alpha = 0,01$), por lo que la comparación entre ambas medias pudo efectuarse mediante la expresión habitual del test de hipótesis "t de Student" para medias correspondientes a grupos independientes (WELKOWITZ et al., 1981):

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{((N_1 - 1) \cdot S_1^2 + (N_2 - 1) \cdot S_2^2 / (N_1 + N_2 - 2)) \cdot (1/N_1 + 1/N_2)}} \quad (\text{Ec. 2.6.3})$$

que en ninguno de los dos casos adquieren un nivel de significación generalmente aceptado ($\alpha = 0,05$), por lo que no puede confirmarse la hipótesis estadística respecto a que los errores típicos y no típicos medios difieran significativamente entre los observadores protan y deutan, aunque sean los primeros los que, por término medio, incurran en mayor número de errores.

Por lo que respecta a los resultados deducidos de la lectura

de las láminas individuales del test ISHIHARA y que aparecen en las Tablas 2.6.VI y 2.6.VII posibilitan la evaluación de su eficiencia, cuya expresión máxima podría resumirse en los siguientes criterios:

(1) Para los observadores normales al color, el porcentaje de lecturas de cada lámina debiera ser de un cien por cien de lecturas típicas de normales y, lógicamente, de un 0 por ciento para el resto de posibles lecturas incluyendo el de lecturas alternativas correspondiente al apartado de errores no típicos.

(2) Para los observadores defectivos, las láminas clasificadas como de transformación, confusión y dígito oculto solamente debieran producir lecturas características de observadores defectivos rojo-verde y las láminas clasificadas como de diagnóstico, originar lecturas características de protan o de deutan, combinadas en uno y otro caso con lecturas normales en el caso de tratarse de individuos con defectos mixtos (caracterizado en el test como

Estos dos criterios de idoneidad para los fines de detección y clasificación del test ISHIHARA, nos han llevado a definir unos "índices de eficiencia" (I.E.) que tienen en cuenta tales requisitos permitiendo una jerarquización de las láminas ISHIHARA en orden a seleccionar las más adecuadas a tal fin. A continuación se relacionan las cuatro expresiones establecidas para su definición y los observadores para los que pueden ser aplicadas.

Observadores normales:

$$I.E.(1) = \frac{P.L.T.(N.) + 1}{(P.E.T.(D.R-V) + P.E.T.(C.) + 1) \cdot (P.E.N.T. + F.L.A. + 1)^{\frac{1}{2}}} \quad (\text{Ec. 2.6.4})$$

Observadores defectivos rojo-verde:

$$I.E.(2) = \frac{P.E.T.(D.R-V) + 1}{(P.L.T.(N.) + P.E.T.(C.) + 1) \cdot (P.E.N.T. + F.L.A. + 1)^{\frac{1}{2}}} \quad (\text{Ec. 2.6.5})$$

Observadores protan:

$$P.E.T.(P.) + 1$$

$$I.E.(3) = \frac{P.E.T.(P.) + 1}{(P.L.T.(N.) + P.E.T.(D.) + P.E.T.(C.) + 1) \cdot (P.E.N.T. + F.L.A. + 1)^{\frac{1}{2}}} \quad (Ec. 2.6.6)$$

Observadores deutan:

$$P.E.T.(D.) + 1$$

$$I.E.(4) = \frac{P.E.T.(D.) + 1}{(P.L.T.(N.) + P.E.T.(P.) + P.E.T.(C.) + 1) \cdot (P.E.N.T. + F.L.A. + 1)^{\frac{1}{2}}} \quad (Ec. 2.6.7)$$

donde las siglas utilizadas tienen el siguiente significado:

P.L.T.(N.): porcentaje de lecturas típicas de normales.

P.E.T.(D.R-V): porcentaje de errores típicos de defectivos rojo-verde.

P.E.T.(C.): porcentaje de errores típicos de ciego.

P.E.N.T.: porcentaje de errores no típicos.

F.L.A.: frecuencia de lecturas alternativas.

P.E.T.(P.): porcentaje de errores típicos de protan.

P.E.T.(D.): porcentaje de errores típicos de deutan.

Los índices de eficiencia (3) y (4) son aplicables exclusivamente a las láminas de diagnóstico, el (2) al resto de las láminas y el (1) a su totalidad. Para cualquiera de los cuatro índices de eficiencia así definidos, la dependencia es directa respecto del porcentaje de lecturas características del tipo de observadores analizados e inversas respecto del porcentaje de lecturas características de otros tipos de observadores, del de errores no típicos y del número de lecturas alternativas, aunque respecto a estos dos últimos parámetros la contribución en la función definitoria de los índices de eficiencia se ha reducido a través de la radicación de su suma ya que, por una parte, un alto porcentaje de errores no típicos en la lectura de una lámina indica cierta dificultad a la hora de interpretar sus resultados y, por otra, un gran número de lecturas alternativas evidencia un estimable grado de ambigüedad en dicha labor.

La razón de haber añadido a cada uno de los factores de los índices de eficiencia la unidad, ha sido para evitar cualquier

indeterminación en su cálculo que provocaría la nulidad de uno, o varios, de los porcentajes utilizados. Tal y como han sido definidos en las ecuaciones (2.6.4-2.6.7) los índices de eficiencia (1)-(4), los valores máximos teóricos que podrían adquirir serían de 101.

Su cálculo a partir de los datos recogidos en las Tablas 2.6.VI y 2.6.VII ha proporcionado los resultados mostrados en las Tablas 2.6.VIII y 2.6.IX, para las diversas clases de láminas ISHIHARA analizadas.

Estos datos últimamente reseñados permiten obtener algunas deducciones en cuanto a la eficiencia de las láminas ISHIHARA en su función de detección y diagnóstico de las deficiencias en la visión del color:

(1) La eficiencia de las láminas es mayor al intentar analizar individuos con visión del color normal que al analizar individuos con visión del color defectiva.

(2) En el caso de los primeros, existe una analogía de los índices de eficiencia medios entre las láminas de transformación y de diagnóstico, por un lado, y de confusión y de dígito oculto por otro.

(3) Para los observadores defectivos, aparecen claras diferencias entre los índices de eficiencia medios según el tipo de láminas al que se refieran presentando, por ejemplo, una eficiencia prácticamente nula las láminas de dígito oculto para todos los observadores, o bien una mejor eficiencia de las láminas de diagnóstico para los observadores clasificados como deutan que para los clasificados como protan.

La siguiente decisión a adoptar sería la de seleccionar las mejores láminas en su doble función de satisfacer los requisitos de eficiencia en la separación entre observadores normales-anómalos y protan-deutan y en la generación de respuestas

correctamente unívocas, para cualesquiera de ellos. Para lograr este objetivo se requiere el establecimiento de unos "órdenes de eficiencia", en cada caso, a partir de los valores de los índices de eficiencia, y de cuya combinación surjan las láminas más adecuadas.

Esto es lo que se ha realizado sobre la Tabla 2.6.X, en donde se ha establecido un número de orden de eficiencia en un sentido decreciente (1º, 2º, 3º...) para las láminas de transformación, confusión y dígito oculto, por un lado, y de diagnóstico, por el otro, obtenidos, en ambos casos, como la media aritmética de los números de orden asignados para las diferentes clases de observadores. Así, por ejemplo, la lámina de transformación número 5 presenta un número de orden de eficiencia global 11º ya que al hallar la media en sus números de orden de eficiencia correspondientes a los índices (1) y (2), su resultado ocupó este lugar en comparación con los obtenidos para el resto de las láminas no pertenecientes al grupo de diagnóstico.

Estos números de orden de eficiencia global, calculados del modo mencionado para las láminas ISHIHARA, permiten escoger, con las mejores garantías de éxito, una serie limitada de aquellas de acuerdo con las necesidades del examinador.

Si se persiguen objetivos de detección y diagnóstico se requerirá la utilización de las cuatro láminas de diagnóstico que, en caso de estricta necesidad, podrán quedar reducidas a dos (láminas 23 y 24).

Si sólo se persiguen objetivos de detección y se precisan, por ejemplo, un total de nueve láminas (de las veintiuna posibles, incluyendo la primera para simuladores), deberían elegirse las siguientes, ordenadas en un sentido de eficiencia decreciente: 14, 6, 10, 15, 2, 3, 16, 7 y 11.

Por último, y como cálculo complementario, se llevó a cabo la determinación de los coeficientes de correlación de PEARSON

entre el número de errores típicos y no típicos, tanto para los observadores normales como defectivos, arrojando unos valores respectivos de: 0,115 y -0,762, siendo el primero significativo a un nivel $\alpha = 0,05$ y el segundo a un nivel $\alpha = 0,01$.

(b) Estudio test-retest en individuos normales y defectivos.

Los procedimientos de validación de cualquier test de capacidad o aptitud suelen incluir el estudio de la fiabilidad test-retest, es decir, la facultad de dicha prueba de producir idénticos resultados sobre la misma muestra de individuos examinados en análogas condiciones de realización.

En nuestro caso hemos evaluado tal característica tanto en individuos con visión del color normal, como en aquellos que padecen visión anómala.

(i) Método experimental:

Una muestra de cuarenta y cinco alumnos varones pertenecientes al "Colegio Nacional de Prácticas" (Masculino) con una percepción cromática normal (medida con el propio test ISHIHARA) y cursando entre cuarto y séptimo curso de E.G.B., fueron sometidos a examen con la misma edición del test ISHIHARA (1979) mediando un intervalo de tiempo aproximado de un año, en semejantes condiciones experimentales de iluminación (habitación orientada al norte de un día despejado y entre las catorce y dieciseis horas p.m.). Su distribución de edades en el primer examen se muestra en la Tabla 2.6.XI.

Por otra parte, una muestra de cuarenta alumnos varones de los colegios "Nacional de Prácticas" (Masculino) y "Virgen de Gracia", localizados ambos en la ciudad de Granada, presentando una percepción cromática defectiva (medida con el propio test ISHIHARA en el primer ensayo) y estudiando entre tercero y octavo curso de E.G.B., fueron examinados en su visión del color con la misma edición (1979) del test ISHIHARA en un intervalo de

tiempo comprendido entre los siete y nueve meses, en condiciones de examen análogas en uno y otro caso. Su distribución de edades en el primer examen se relaciona en la Tabla 2.6.XII.

(ii) Resultados:

En la Tabla 2.6.XIII se ha representado el número medio de errores totales por individuo, los cuales corresponden prácticamente en su totalidad a errores de naturaleza atípica (sólo un individuo incurrió en su primer examen en un error típico), así como su desviación típica para el ensayo inicial y posterior. En la figura 2.6.2. se muestran las distribuciones de frecuencias para ambos exámenes.

En lo que se refiere a los observadores con visión del color defectiva, en la Tabla 2.6.XIV aparecen las frecuencias absolutas de las diferentes clasificaciones de dicha visión, tal y como se produjeron en una y otra prueba, y en la Tabla 2.6.XV las discrepancias de diagnóstico entre ambas.

Por otra parte, la Tabla 2.6.XVI proporciona la misma información que la Tabla 2.6.XIII (correspondiente a observadores normales al color) y ampliándola, en esta ocasión, para reflejar también los errores típicos y no típicos cometidos.

(iii) Análisis de los resultados:

Los datos de la Tabla 2.6.XIII ponen de manifiesto una gran analogía, en cuanto al número medio de errores totales sobre el test ISHIHARA, en los dos ensayos.

Por lo que respecta al análisis de la equivalencia de sus varianzas, dado que las frecuencias de error corresponden a una muestra apareada, se hace preciso el conocimiento previo de su coeficiente de correlación de PEARSON r_{12} . Su cálculo arrojó un valor de 0,171 (no significativo a un nivel $\alpha = 0,05$). La expresión para la tipificación de la diferencia, entre dos varianzas correspondientes a grupos apareados (SARRAMONA, 1980), es la siguiente:

$$t = \frac{\sigma_1^2 - \sigma_2^2}{\sqrt{4 \cdot \frac{\sigma_1^2 - \sigma_2^2}{N-2} (1 - r_{12}^2)}} \quad (\text{Ec. 2.6.8})$$

cuya utilización conduce, en nuestro caso, a un resultado de 1,545, lo que permite aceptar la hipótesis de equivalencia entre ambas varianzas ($\alpha = 0,02$). Es decir, el segundo ensayo no ha influido significativamente en el número medio de errores totales del grupo de individuos normales examinado, ni tampoco parece haberse modificado sustancialmente su distribución entre los diferentes elementos de la muestra.

En cuanto a los datos obtenidos a partir de individuos con visión del color defectiva, debemos detenernos en principio en las clasificaciones que el test ISHIHARA produjo en los dos ensayos y que se muestran en la Tabla 2.6.XIV.

De los cuarenta pares de diagnósticos, en once de ellos no existió coincidencia, tal y como se observa en la Tabla 2.6.XV, destacando el hecho de que en cuatro casos los individuos sean clasificados en el retest como normales, en dos se produjo el paso de una deficiencia fuerte a otra leve y en los cinco restantes perdieron la clasificación diferencial previa. Sin embargo, no tuvo lugar ningún cambio de protan a deutan o viceversa, lo que pone de manifiesto la consistencia temporal de tales clasificaciones.

Por último, realizaremos un análisis de las distribuciones para las diversas clases de errores en los dos ensayos de visión cromática, tal y como se refleja en la Tabla 2.6.XV. Siguiendo el mismo procedimiento estadístico anterior, se deben determinar en primer lugar los coeficientes de correlación de PEARSON para dichos errores, que han sido expuestos en la Tabla 2.6.XVII y resultando ser todos significativos a un nivel $\alpha = 0,01$. El paso siguiente consiste en comprobar la equivalencia, o no, entre sus respectivas varianzas, para lo cual de la aplicación de la ecuación (2.6.8) se han obtenido los siguientes valores:

$$t \text{ (errores típicos)} = 0,502$$

$$t \text{ (errores no típicos)} = 0,905$$

$$t \text{ (errores totales)} = 3,503$$

que conduce a afirmar que sólo en el caso de los errores totales puede rechazarse la hipótesis nula (a un nivel de significación $\alpha = 0,01$) y, por consiguiente, aceptar que las varianzas no son equivalentes.

Para comprobar la significación en la diferencia de medias puede utilizarse la fórmula del estadístico "t de Student" válido para grupos apareados, dada por la ecuación siguiente (SARRAMONA, 1980):

$$t = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sqrt{\frac{S_d^2}{N}}} \quad (\text{Ec. 2.6.9})$$

siendo S_d^2 la varianza de las diferencias entre los pares de valores apareados conservando sus signos. Una vez aplicada tal ecuación a los datos referentes a los errores típicos y no típicos, hemos obtenido unos valores respectivos de "t": 0,172 y 2,207, que permiten aceptar la hipótesis nula de equivalencia entre las medias de las distribuciones de errores típicos y rechazarla (con un nivel de significación $\alpha = 0,05$) para los errores no típicos. En el caso de los errores totales, el valor obtenido para "t" ha sido de 3,480, lo que permite de nuevo rechazar la hipótesis nula (a un nivel $\alpha = 0,01$).

TABLA 2.6.I.- Sexo y edad de los individuos examinados con el test ISHIHARA que presentan visión del color normal.

Sexo	Edad								
	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Varones (N =233)	3	31	38	36	35	37	45	7	1
Hembras (N=171)	3	20	17	37	23	30	27	12	2
Total (N=404)	6	51	55	73	58	67	72	19	3

TABLA 2.6.II.- Distribución por deficiencias y edad de los individuos defectivos al color (entre paréntesis se indican las frecuencias correspondientes a sujetos de sexo femenino) según el test ISHIHARA.

Deficiencias	Edad																N	Porcentaje
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16							
Deutan (L)	-	-	2	2	2	2	1	-	1	-	-	-	-	-	-	10	4,4	
Deutan (F)	-	1	10(1)	14	12	19	13	21	6	1	1	1	1	1	1	99	44,0	
Protan (L)	-	-	-	-	-	-	1	-	1	1	-	-	-	-	-	3	1,3	
Protan (F)	1	-	3	4	7	11	12	5	4	2	-	-	-	-	-	49	21,8	
Ciego	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0,9	
Sin Clasificar	-	-	6	6	14	8(2)	10	8	2	3(1)	-	-	-	-	-	62	27,6	
Total	2	1	23	28	35	42	37	34	14	8	1	1	8	1	225	100,0		

Relación Protan/Deutan = 0,48

TABLA 2.6.III.- Clasificación adoptada para las posibles lecturas realizadas sobre las láminas ISHIHARA.

Observador	Lecturas					Errores no Típicos
	Lecturas Típicas					
	Errores Típicos					
	Normal	Defectivo	Ciego (C)	Protan (P)	Deutan (D)	
	Rojo-Verde (DRV)		Leve(L) Fuerte(F)	Leve(L) Fuerte(F)		

TABLA 2.6.IV.- Distribución de frecuencias de individuos normales al color en función del número de errores típicos, no típicos y totales cometidos en la lectura del Test ISHIHARA.

Número de errores	Frecuencia de observadores que cometen errores		
	Típicos	No Típicos	Totales
0	384	194	187
1	15	104	105
2	1	58	58
3	2	33	33
4	-	9	11
5	-	5	6
6	-	1	1
7	1	-	2
8	-	-	-
9	1	-	-
10	-	-	-
11	-	-	-
12	-	-	1



TABLA 2.6.V.- Número medio y desviación típica (o estimada) de los errores típicos, no típicos y totales por observador sobre el test ISHIHARA en función de la clase de deficiencia cromática.

Deficiencia	N	Errores por observador					
		Típicos		No típicos		Totales	
		\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
Deutan (L)	10	8.9	4.31	8.2	3.70	17.1	2.85
Deutan(F)	99	14.0	2.99	6.1	3.38	20.1	2.16
Protan(F)	49	14.7	3.61	6.7	4.01	21.4	1.46
Sin Clasif.	62	11.0	5.29	6.7	4.05	17.7	3.27

TABLA 2.6.VI.- Porcentajes y frecuencias respectivas de lecturas típicas y no típicas para las láminas individuales del test ISHIHARA obtenidos para observadores normales al color (entre paréntesis se indican tales lecturas, habiendo eliminado en el caso de las lecturas no típicas aquellas con una frecuencia de aparición igual a la unidad).

Clase	Láminas N. de orden	Porcentaje de lecturas típicas			Porcent. de E. no típica.	Lecturas alternativas y su frecuencia					
		lecturas típicas				Lecturas alternativas y su frecuencia	Porcent. de E. no típica.	Lecturas alternativas y su frecuencia			
		N	DRV	C							
Transformación	2	(8) 100.0	(3) -	(-) -	-						
	3	(6) 100.0	(5) -	(-) -	-						
	4	(29) 92.1	(70) -	(-) -	7.9	(20) 28					
	5	(57) 98.0	(35) -	(-) -	2.0	(27) 3	(59) 2				
	6	(5) 99.5	(2) -	(-) 0.5	-						
	7	(3) 97.3	(5) -	(-) -	2.7	(8) 10					
	8	(15) 97.8	(17) -	(-) 0.5	1.7	(14) 2	(25) 2				
	9	(74) 87.6	(21) 0.5	(-) 0.8	11.1	(71) 32	(24) 4	(75) 2			
	10	(2) 99.0	(-) -		1.0	(8) 3					
	11	(6) 98.5	(-) 0.5		1.0	(5) 2					
	12	(97) 83.4	(-) 1.3		15.3	(87) 38	(37) 9	(57) 8	(27) 4	(97) 2	
Confusión	13	(45) 87.9	(-) 1.0		11.1	(46) 28	(15) 9	(16) 3			
	14	(5) 99.8	(-) 0.2		-						
	15	(7) 99.5	(-) 0.3		0.2						
	16	(16) 98.5	(-) 0.3		1.2	(10) 2					
	17	(73) 75.5	(-) 1.7		22.8	(23) 52	(13) 18	(78) 13	(79) 4		
	18	(-) 93.8	(5) -		6.2	(49) 9	(40) 5	(48) 3	(28) 2		
	19	(-) 98.8	(2) -		1.2	(84) 2					
	20	(-) 95.5	(45) -		4.5	(4) 5	(40) 3	(3) 2	(49) 2		
	21	(-) 98.3	(73) -		1.7	(38) 3	(2) 2				
	Diagnóstico	22	(26) 95.8(6) -	(2) -	(-) -	4.2	(28) 15				
		23	(42) 99.8(2) -	(4) 0.0	(-) -	-					
24		(35) 99.3(5) -	(3) -	(-) -	0.7	(36) 2					
25		(96) 98.3(6) -	(9) -	(-) -	1.7	(46) 2	(95) 2	(98) 2			
			N	P	D	C					

TABLA 2.6.VII.- Porcentajes y frecuencias respectivas de lecturas típicas y no típicas para las láminas individuales del test ISHIHARA obtenidas para observadores defectivos al color (entre paréntesis se indican tales lecturas, habiendo eliminado las lecturas no típicas con una frecuencia de aparición igual a la unidad).

Láminas	Porcentaje de lecturas típicas			Porcentaje de errores no tip.	Lecturas alternativas y su frecuencia								
	Clase	Nº. de orden	C		N	DRV	C						
Transformación	2	(8) 32.0	(3) 36.0	(-) 25.3	6.7	(2) 5	(6) 2	(13) 2	(23) 2	(15) 2	(19) 2		
	3	(6) 40.9	(5) 20.9	(-) 26.2	12.0	(8) 15	(0) 3	(3) 3	(2) 2				
	4	(29) 6.2	(70) 4.4	(-) 27.5	61.8	(20) 72	(10) 37	(22) 4	(12) 3	(2) 2	(13) 2	(15) 2	
						(21) 2	(82) 2						
	5	(57) 11.1	(35) 4.4	(-) 43.1	41.3	(67) 11	(7) 9	(37) 9	(52) 7	(65) 6	(5) 5	(67) 5	
Confusión	6	(5) 5.8	(2) 29.3	(-) 37.8	27.1	(65) 4	(17) 3	(32) 3	(62) 3	(8) 2	(20) 2	(51) 2	
	7	(3) 8.9	(5) 21.6	(-) 40.9	28.5	(82) 2	(85) 2						
	8	(15) 9.3	(17) 25.3	(-) 30.2	35.1	(8) 2	(9) 13	(3) 5	(2) 4	(13) 4	(6) 2	(19) 2	
						(8) 26	(5) 21	(2) 3	(4) 3	(25) 3			
	9	(74) 0.4	(21) 50.7	(-) 28.4	20.5	(19) 17	(12) 10	(22) 9	(11) 8	(7) 7	(1) 4	(18) 4	
Dígito oculto	10	(2) 14.7	(-) 77.3		8.0	(6) 2	(13) 2	(16) 2	(20) 2	(27) 2	(28) 2	(8) 2	
	11	(6) 7.5	(-) 73.8		18.7	(11) 9	(27) 7	(10) 5	(91) 4	(71) 3	(1) 2	(6) 2	
	12	(97) 0.4	(-) 62.3		37.3	(12) 4	(3) 3						
						(4) 5	(5) 4	(8) 4	(3) 3	(13) 3	(14) 2	(16) 2	(22) 2
	13	(45) 0.9	(-) 73.3		25.8	(25) 2	(32) 2	(35) 2					
Dígito oculto	14	(5) 3.6	(-) 83.1		13.3	(5) 18	(15) 13	(87) 11	(3) 7	(25) 5	(2) 3	(9) 3	(13) 3
	15	(7) 12.5	(-) 67.1		20.4	(4) 2	(27) 2	(81) 2					
	16	(16) 3.6	(-) 65.8		19.7	(15) 18	(16) 5	(10) 4	(20) 3	(25) 3	(6) 2	(8) 2	(12) 2
						(13) 2	(18) 2	(29) 2	(40) 2				
	17	(73) 0.0	(-) 72.0		28.0	(7) 6	(3) 3	(13) 3	(0) 2	(8) 2	(18) 2	(3) 2	(3) 2
Dígito oculto	18	(-) 54.7	(5) 8.0		37.3	(1) 6	(9) 5	(5) 4	(6) 3	(10) 3	(35) 3	(2) 2	(3) 2
	19	(-) 62.6	(2) 1.8		35.6	(23) 2	(37) 2	(41) 2					
						(35) 13	(15) 16	(18) 8	(9) 3	(19) 3	(26) 3	(38) 3	(1) 2
						(6) 2	(8) 2	(10) 2	(25) 2	(26) 2	(29) 2	(2) 2	(3) 2
						(4) 6	(5) 3	(12) 3	(13) 3	(22) 3	(27) 3	(2) 2	(3) 2
					(6) 2	(8) 2	(9) 2	(15) 2	(23) 2	(24) 2	(31) 2	(33) 2	
					(41) 2	(83) 2							
					(11) 20	(17) 11	(21) 10	(6) 8	(31) 6	(4) 5	(8) 4	(2) 3	
					(20) 3	(15) 2	(27) 2	(27) 2	(7) 2	(11) 2	(28) 2		
					(8) 50	(12) 7	(22) 4	(5) 2	(7) 2	(11) 2	(28) 2		

Clase	Láminas Nº. de orden	Porcentaje de lecturas típicas			Porcentaje de errores no tip.	Lecturas alternativas y su frecuencia											
		N	DRV	C		(4) 3	(7) 6	(25) 7	(9) 2	(8) 3	(11) 3	(15) 3	(17) 3	(1) 2			
	20	(-) 71.1	(45)	5.3	23.6	(9) 2	(6) 2	(2) 2	(31) 2	(8) 3	(7) 6	(25) 7	(4) 3	(11) 3	(15) 3	(17) 3	(1) 2
	21	(-) 57.6	(73)	0.0	42.2	(4) 2	(31) 3	(21) 31	(27) 5	(25) 8	(2) 10	(29) 3	(25) 8	(8) 4	(20) 4	(23) 4	(28) 4

TABLE 2.6.VII.- (continuación). Porcentajes y frecuencias respectivas de lecturas típicas y no típicas para las láminas de diagnóstico obtenidas para observadores defectivos al color en función del tipo de deficiencia evidenciado por el test ISHIIHARA (entre paréntesis se indican tales lecturas, habiendo eliminado las lecturas no típicas con una frecuencia de aparición igual a la unidad).

Deficiencia las láminas	Número de orden de lecturas típicas				Porcentaje de lecturas típicas				Porcentaje de errores no típicos				Lecturas alternativas y su frecuencia				
	N	P	D	C	N	P	D	C	N	P	D	C	N	P	D	C	
Deutan	22	(26)	0.9	(6)	0.9	(2)	89.9	(-)	-	9.3	(21)	?	(25)	2	(28)	2	
	23	(42)	3.7	(2)	-	(4)	87.1	(-)	1.8	7.3	(1)	2					
	24	(35)	3.7	(5)	2.7	(3)	61.5	(-)	2.7	29.4	(9)	21	(2)	4			
	25	(96)	1.8	(6)	-	(9)	75.2	(-)	4.6	18.3	(8)	11	(3)	2	(98)	2	
Protan	22	(26)	1.9	(6)	21.1	(2)	1.9	(-)	42.3	32.7	(8)	11					
	23	(42)	-	(2)	50.0	(4)	-	(-)	30.8	19.2	(9)	5					
	24	(35)	-	(5)	71.1	(3)	-	(-)	21.2	7.7							
	25	(96)	1.9	(6)	57.7	(9)	-	(-)	21.1	19.2	(8)	3	(5)	2			
Sin clasificar	22	(26)	21.0	(6)	-	(2)	1.6	(-)	37.1	40.3	(28)	14	(20)	4			
	23	(42)	40.3	(2)	-	(4)	-	(-)	32.3	27.4	(22)	3	(28)	2	(48)	2	
	24	(35)	21.0	(5)	1.6	(3)	-	(-)	30.6	46.8	(36)	4	(30)	3	(95)	3	
											(85)	2	(96)	2	(9)	2	
	25	(96)	24.2	(6)	-	(9)	-	(-)	37.1	38.7	(98)	4	(26)	3	(86)	2	
														(90)	2	(95)	2

TABLA 2.6.VIII.- Índices de eficiencia para las láminas individuales del test de ISHIHARA.

Clase	L á m i n a s		Índice de eficiencia			
	Número de orden		I.E.(1)	I.E.(2)	I.E.(3)	I.E.(4)
Transformación	2		101.00	0.292		
	3		101.00	0.117		
	4		24.97	0.082		
	5		35.00	0.053		
	6		67.67	0.695		
	7		41.17	0.357		
	8		23.74	0.344		
	9		8.19	5.803		
	Confusión	10		50.00	1.088	
11			29.66	1.588		
12			7.77	5.683		
13			9.91	5.598		
14			84.00	3.268		
15			52.12	0.766		
16			30.74	1.928		
17			4.94	9.125		
Dígito oculto	18		22.86	0.021		
	19		40.08	0.006		
	20		24.51	0.012		
	21		38.36	0.002		
Diagnóstico	22		33.80		0.07	8.58
	23		84.83		0.32	3.58
	24		52.66		0.95	1.00
	25		38.36		0.48	2.01

TABLA 2.6.IX.- Índices de eficiencia medios según las clases de láminas ISHIHARA analizadas.

Clases de láminas	Índices de eficiencia medios			
	I.E.(1)	I.E.(2)	I.E.(3)	I.E.(4)
Transformación	50.342	0.968		
Confusión	33.642	3.630		
Dígito oculto	31.452	0.010		
Diagnóstico	52.412		0.455	3.792

TABLA 2.6.X.- Números de orden de eficiencia global para las láminas ISHIHARA obtenidos a partir de la media aritmética de los números de orden de eficiencia correspondientes a cada índice y su comparación relativa posterior.

Clase	Láminas		Números de orden de eficiencia						
	Nº. de orden		I.E.(1)	I.E.(2)	Global	I.E.(1)	I.E.(3)	I.E.(4)	Global
Transformación	2		1º	13º	3º				
	3		1º	14º	4º				
	4		12º	15º	13º				
	5		9º	16º	11º				
	6		3º	10º	2º				
	7		6º	11º	6º				
	8		14º	12º	12º				
	9		17º	2º	8º				
	Confusión	10		5º	8º	2º			
11			11º	7º	7º				
12			18º	3º	10º				
13			16º	4º	9º				
14			2º	5º	1º				
15			4º	9º	2º				
16			10º	6º	5º				
17			19º	1º	9º				
Dígito oculto	18		15º	17º	16º				
	19		7º	19º	12º				
	20		13º	18º	15º				
	21		8º	20º	14º				
Diagnóstico	22					4º	4º	1º	2º
	23					1º	3º	2º	1º
	24					2º	1º	3º	1º
	25					3º	2º	4º	2º

TABLA 2.6.XI.- Edad de los individuos examinados en el test y retest ISHIHARA que presentan visión del color normal.

	Edad					
	8	9	10	11	12	13
Observadores (N = 45)	2	30	1	7	3	2

TABLA 2.6.XII.- Edad de los individuos examinados en el test y retest ISHIHARA que presentan visión del color defectiva.

	Edad					
	8	9	10	11	12	13
Observadores (N = 40)	5	6	8	11	5	5

TABLA 2.6.XIII.- Número medio y desviación típica de los errores totales por observador normal al color en el test y retest ISHIHARA.

Examen	N	Errores totales por observador	
		\bar{x}	σ
Test	45	0.64	0.85
Retest	45	0.71	1.07

TABLA 2.6.XIV.- Clasificación de las deficiencias cromáticas del grupo de observadores defectivos al color producida por el test y retest ISHIHARA.

Examen	N	Visión del color					
		Normal	Protan		Deutan		Sin clasif.
			Fuerte	Leve	Fuerte	Leve	
Test	40	-	6	-	22	1	11
Retest	40	4	4	1	16	2	13

TABLA 2.6.XV.- Frecuencia de discrepancias entre los diagnósticos generados por el test y retest ISHIHARA para los observadores defectivos.

Retest Test	Normal		Protan		Deutan		Sin
	Normal	Fuerte	Leve	Fuerte	Leve	Clasif.	
Normal							
Protan (F)			1				1
Protan (L)							
Deutan (F)	1				1		4
Deutan (L)							
Sin Clasif.	3						
							11

TABLA 2.6.XVI.- Número medio y desviación típica de los errores típicos, no típicos y totales por observador defectivo en el test y retest ISHIHARA.

Examen	N	Errores por observador					
		Típicos		No Típicos		Totales	
		\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
Test	40	12.0	5.21	6.9	4.20	18.9	2.84
Retest	40	12.1	5.49	5.6	3.72	17.7	3.87

TABLA 2.6.XVII.- Coeficientes de correlación de PEARSON entre las mismas clases de errores para la muestra de defectivos al color en el test y retest ISHIHARA.

Retest	Test	Errores Típicos	Errores no Típ.	Errores Totales
	Errores Típicos		0.766	
Errores no Típ.			0.560	
Errores Totales				0.833

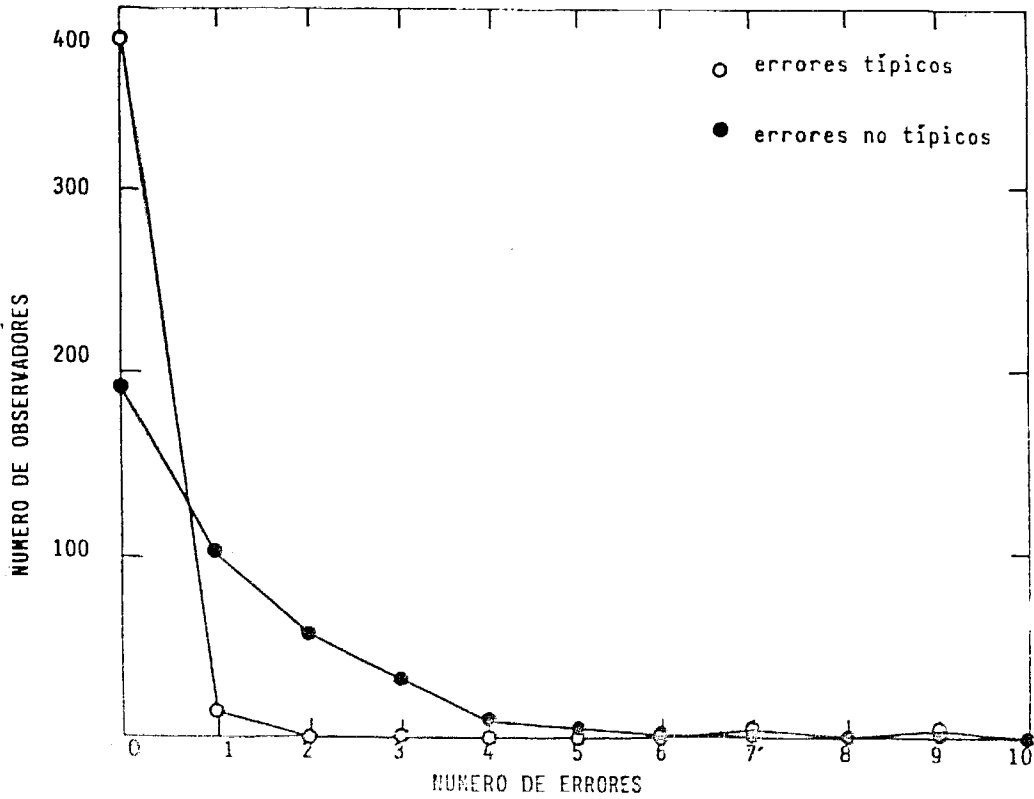


FIG. 2.6.1. Polígono de frecuencias de observadores normales al color en función del número de errores típicos y no típicos en que han incurrido sobre el test ISHIHARA.

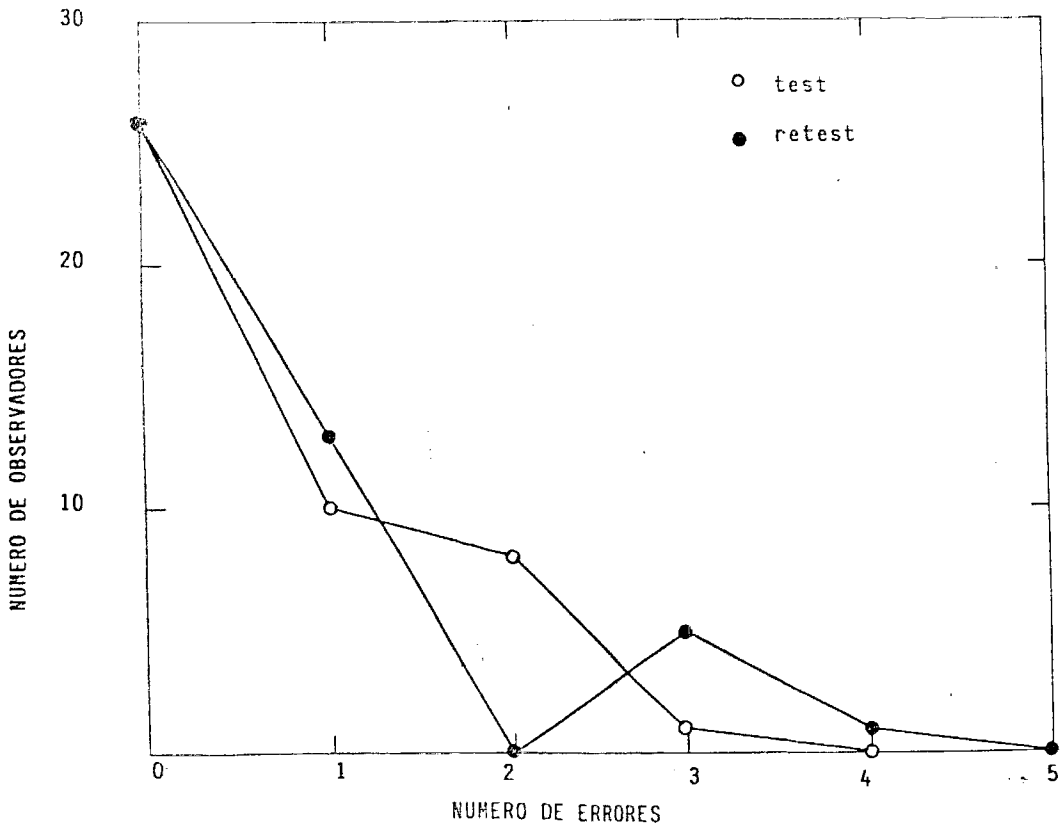


FIG. 2.6.2. Polígono de frecuencias de observadores normales al color en función del número de errores totales en que han incurrido en los dos ensayos con el test ISHIHARA.

2.6.2. Evaluación comparativa de la eficiencia de cuatro ediciones del test ISHIHARA.-

(a) Introducción.

Diversos autores (BELCHER et al., 1958; BABEL, 1965; VERRIEST, 1968), han expuesto la existencia de sensibles diferencias en las propiedades de detección y diagnóstico del test ISHIHARA a través de sus numerosas ediciones. Este test es hoy día la prueba de visión del color pseudoisocromática más difundida en el mundo, lo que se pone de manifiesto en la aparición prácticamente anual de nuevas ediciones. Estas diferencias se han atribuido a cambios en las tintas y procesos de impresión o a la descomposición de los colores en las láminas más antiguas a causa de una prolongada exposición a la luz (HARDY et al., 1945; HANSEN, 1963; BIRCH, 1974). No obstante, la literatura especializada ha dedicado una escasa atención a los estudios experimentales que evaluaran estadísticamente tales discrepancias. A este respecto, destacan los trabajos efectuados por HARDY et al. (1945) y por OKAJIMA (1981).

Los primeros examinaron las ediciones japonesas quinta (1925) y séptima del test ISHIHARA, así como una reimpresión británica de la novena edición japonesa (1940). La conclusión principal que puede extraerse de su trabajo es que las tres ediciones del test generaban el mismo resultado a pesar de los cambios sufridos en el número de láminas y en su propia composición. Sin embargo, las láminas destinadas a la sola detección de los defectivos rojo-verde eran más efectivas en las ediciones más modernas, al contrario de lo que ocurría con las láminas de diagnóstico. Las láminas insertas en el test de la American Optical Company eran, de cualquier forma, de una pobre reproducción lo que hacía inferiores a cualquiera de las otras tres ediciones del test revisadas.

OKAJIMA estudió las ediciones 1959 y 1978 del test ISHIHARA motivado por las variaciones experimentadas por sus tintas de impresión, utilizando como criterio de referencia para comparar su eficiencia de diagnóstico el anomaloscopio. Como resultado más

destacable, el autor señaló la atenuación de la capacidad selectiva de los defectivos rojo-verde en base al número de errores cometidos en la última edición con respecto a la primera, lo que podría estar originado por un diseño más adecuado en las láminas 6-9 y 17-20 de esta edición.

El inicio de nuestra investigación se produjo al haberse constatado el hecho de que algunos observadores con visión del color defectiva leían mejor las láminas de "dígito oculto" en la edición de 1973 del test ISHIHARA que en la edición de 1979, así como el hecho de que individuos clasificados como defectivos cromáticos con la primera edición, no lo eran, sin embargo, con el último test al ser sometidos a un segundo examen y aparecían como normales al color. De esta forma, y para lograr una generalización de tales observaciones se procedió a ampliar la experimentación a otras dos ediciones del test, en concreto las de los años 1954 (11ª edición revisada) y 1982.

(b) Método experimental.

Las cuatro ediciones del test ISHIHARA mencionadas, es decir, 1954, 1973, 1979 y 1982, con sus láminas distribuidas en un orden aleatorio para evitar efectos memorísticos en sus respuestas consecutivas, fueron aplicadas a una muestra de individuos con visión del color normal y a otra con visión defectiva, diagnosticada en ambos casos en un ensayo previo con la edición de 1979. La primera muestra fue obtenida por selección aleatoria y constó de treinta y nueve alumnos de E.G.B. cursando entre cuarto y octavo nivel en el "Colegio Nacional de Prácticas" (Masculino), mostrándose su distribución de edades en la Tabla 2.6.XVIII. La segunda muestra estaba compuesta de cuarenta alumnos varones de E.G.B. y primer curso de B.U.P. pertenecientes a los Colegios "Nacional de Prácticas" (Masculino) y "Virgen de Gracia", su distribución de edades aparece en la Tabla 2.6.XIX. Esta segunda muestra fue también probada en su visión cromática con ayuda de los tests Panel D-15 estándar y desaturado, en las condiciones señaladas por sus manuales de instrucciones.

(c) Resultados.

Por lo que se refiere a los observadores normales al color, la Tabla 2.6.XX proporciona los estadísticos número medio de errores típicos, no típicos y totales para los observadores y desviación típica de los mismos, en las cuatro ediciones de las láminas ISHIHARA utilizadas. Por otra parte, las figuras 2.6.3., 2.6.4. y 2.6.5., incluyen los polígonos de frecuencias de observadores en función del número de errores típicos, no típicos y totales cometidos en las cuatro ediciones del test. Asimismo, la Tabla 2.6.XXI representa las frecuencias de lecturas típicas y no típicas junto con el número de lecturas alternativas para los cuatro tests dadas por los observadores normales.

En cuanto a los observadores que padecen deficiencias en su percepción cromática, la Tabla 2.6.XXIII presenta las frecuencias de las mismas que se detectan por cada uno de los tests utilizados, la Tabla 2.6.XXIII suministra los estadísticos número medio de errores típicos, no típicos y desviación típica de los mismos para dichos tests y, por último, la Tabla 2.6.XXIV muestra las frecuencias de lecturas típicas y no típicas, junto con el número de lecturas alternativas generadas por estos observadores sobre todas las láminas, excepto las de diagnóstico, en las cuatro ediciones del test ISHIHARA.

(d) Análisis de los resultados.

El procedimiento seguido para el análisis de los resultados, tanto para los observadores con visión del color normal como para aquellos con visión del color defectiva, será análogo a los ya utilizados en los apartados precedentes. En el caso de los primeros observadores, todos fueron clasificados en dicha forma por los cuatro tests, excepto en la edición más antigua que estimó a cuatro individuos como posibles anómalos, lo que se concretó en que dos incurrieran en ocho errores totales, leyendo como defectivos rojo-verde algunas láminas de la serie de dígito oculto.

Refiriéndonos a estos sujetos y a los datos recogidos en la Tabla 2.6.XX y en las figuras 2.6.3, 2.6.4 y 2.6.5, referidos a las puntuaciones de error globales para las diferentes ediciones del test ISHIHARA, puede deducirse en una primera aproximación una clara diferenciación, por el número medio de errores entre la edición de 1954 y el resto, en el sentido de producir aquella más lecturas erróneas, por término medio, que las otras tres, siendo entre éstas la edición de 1979 quien genera un menor valor para dicho parámetro, dato que adquiere una mayor significación para los errores no típicos y totales.

El cálculo de los coeficientes de correlación de PEARSON entre los errores totales de cada par de tests se muestra en la Tabla 2.6.XXVI, donde puede apreciarse que todas las combinaciones comparativas establecidas entre cada dos ediciones presentan un alto grado de dependencia lineal (todos los coeficientes que allí se recogen son estadísticamente significativos a un nivel $\alpha = 0,01$), destacando entre ellos la relación entre las ediciones de 1973 y 1982. Para evaluar la equivalencia de varianzas entre las parejas de tests estudiados, haciendo uso de la ecuación 2.6.8. se han obtenido los siguientes valores:

$$t_{1954-1973} = 5,076; \quad t_{1954-1979} = 5,401; \quad t_{1954-1982} = 3,600;$$

$$t_{1973-1979} = 0,653; \quad t_{1973-1982} = 1,272; \quad t_{1979-1982} = 1,697;$$

en donde sólo en las tres últimas comparaciones entre tests puede aceptarse la equivalencia entre sus varianzas, es decir, aquellas en las que no interviene el test de edición más antigua (en el resto de las comparaciones debe rechazarse tal equivalencia a un nivel de significación $\alpha = 0,01$). De nuevo la comparación entre las medias de los errores totales deberá hacerse mediante la ecuación (2.6.9). Los correspondientes cálculos han proporcionado los siguientes resultados:

$$t_{1954-1973} = 8,118; \quad t_{1954-1979} = 9,895; \quad t_{1954-1982} = 8,642;$$

$$t_{1973-1979} = 3,914; \quad t_{1973-1982} = 1,624; \quad t_{1979-1982} = 1,430;$$

siendo todas las diferencias de medias estadísticamente significativas (a un nivel $\alpha = 0,01$), excepto las correspondientes a las ediciones 1973-1982 y 1979-1982.

Por último, y con objeto de evaluar la eficiencia de las láminas individuales de las cuatro ediciones del test ISHIHARA para observadores normales al color, se aplicó la ecuación (2.6.4) a fin de obtener el índice de eficiencia I.E.(1), donde los porcentajes de lecturas son ahora reemplazados por frecuencias absolutas, dado que el tamaño de la muestra es considerablemente inferior al utilizado en aquella sección; esta modificación introducida sólo afectará en el sentido de que el valor máximo de dicho índice se sitúa ahora en cuarenta unidades. Los cálculos correspondientes, junto con el resto de los índices de eficiencia, se muestran en la Tabla 2.6.XXI.

A continuación se efectuó el análisis de los resultados obtenidos para los observadores con una percepción cromática defectiva. En primer lugar vamos a referirnos a las clasificaciones de las deficiencias dadas por cada una de las ediciones del test y que aparecen en la Tabla 2.6.XX II. En dicha Tabla se aprecia fundamentalmente: (1) el alto grado de deficiencias "sin clasificar" producidas por la edición 1954; (2) el bajo índice de clasificaciones protan generadas por la edición 1982; y (3) la detección de algunos observadores como normales en la edición 1979 que no lo son para el resto de las ediciones. En otro orden de cosas cabe decir que en siete ocasiones alguna de dichas ediciones proporcionó lecturas simultáneas protan y deután en sus láminas de diagnóstico, distribuyéndose este hecho de la siguiente forma: tres veces para la edición 1982 y dos veces para cada una de las ediciones 1973 y 1979.

En la Tabla 2.6.XXVII se establecen las clasificaciones comparadas de las deficiencias entre las ediciones examinadas. Debe resaltarse que:

(1) Las mayores coincidencias de diagnóstico se han producido entre las siguientes ediciones: 1973-1982 (30), 1954-1973 (29); 1973-1979 (29) y 1973-1982 (29).

(2) Sólo en dos ocasiones se produjeron diagnósticos protan-deutan contradictorios.

(3) En veinte individuos se produjo una coincidencia unánime en el diagnóstico dado por los cuatro tests y en catorce la de tres tests, lo que da lugar a un total de treinta y cuatro casos, de los cuarenta analizados, restando seis individuos (15 por ciento) cuyos resultados no gozaron de tales apreciaciones. Con el objeto de dilucidar estos casos que ofrecen duda, se ha optado por compararlos con los datos proporcionados por los tests Panel D-15, tal y como muestra la Tabla 2.6.XXVIII y que han servido de base para la clasificación de las deficiencias utilizadas en la Tabla 2.6.XXV.

El diagnóstico, definitivamente adoptado, para estos observadores se ha confeccionado a partir de la presencia de resultados característicos de deficiencia protan o deutan con una frecuencia igual o mayor de dos, a partir de los seis tests utilizados. A este respecto debe resaltarse que las coincidencias parciales de cada edición del test ISHIMURA con relación a este diagnóstico (cuando no tenía lugar una coincidencia total entre los resultados de las cuatro ediciones) ha sido de: diez, veinte, once y quince para las ediciones respectivas a los años: 1954, 1973, 1979 y 1982.

En cuanto al estudio de los errores típicos, no típicos y totales que cada edición generó sobre los individuos examinados, reiteramos el método anteriormente utilizado, es decir, verificación de la homogeneidad de las varianzas y del número medio de errores totales entre cada par de tests. En la Tabla 2.6.XXIII pueden apreciarse los estadísticos que hacen referencia a tales observaciones. Iniciamos este análisis con la determinación de los coeficientes de correlación de PEARSON para el número total

de errores entre las parejas de ediciones que pueden establecerse y que han quedado registrados en la Tabla 2.6.XXIX. Todos los coeficientes así obtenidos indican una fuerte correlación lineal positiva entre los errores de cada dos tests (a un nivel de significación $\alpha = 0,01$). Destaca entre ellos el que resulta de la comparación entre las ediciones de 1973 y 1982. Una vez conocidos estos datos se puede proceder al cálculo de la significación en la diferencia de sus varianzas y de su número medio de errores. Para el primer caso aplicamos nuevamente la ecuación (2.6.8), obteniendo los siguientes resultados:

$$t_{1954-1973} = 1,363; \quad t_{1954-1979} = 3,362; \quad t_{1954-1982} = 2,517;$$

$$t_{1973-1979} = 1,734; \quad t_{1973-1982} = 1,546; \quad t_{1979-1982} = 0,460;$$

entre los cuales, los que presentan varianzas significativamente diferentes corresponden a la comparación de ediciones: 1954-1979 ($\alpha = 0,01$) y 1954-1982 ($\alpha = 0,05$). La aplicación de la ecuación (2.6.9) para la comparación de medias entre grupos apareados ha arrojado los siguientes valores:

$$t_{1954-1973} = 0,636; \quad t_{1954-1979} = 6,903; \quad t_{1954-1982} = 1,052;$$

$$t_{1973-1979} = 6,097; \quad t_{1973-1982} = 0,635; \quad t_{1979-1982} = 5,964;$$

las parejas de ediciones cuyas diferencias de medias ponen de manifiesto mayor significación estadística son: 1954-1979, 1973-1979 y 1979-1982 ($\alpha = 0,01$, en los tres casos), poseyendo las otras combinaciones errores medios equivalentes ($\alpha = 0,01$, en los tres casos).

Para finalizar, podemos determinar los índices de eficiencia (2), (3) y (4) para las láminas individuales de las cuatro ediciones del test ISHIHARA, de acuerdo a las ecuaciones (2.6.5), (2.6.6) y (2.6.7) sometidas a las modificaciones enunciadas con anterioridad. Los resultados de tales cálculos, junto con los del índice de eficiencia (1), se recogen en la

Tabla 2.6.XXX. Asimismo, en la Tabla 2.6.XXXI se han determinado los índices de eficiencia medios para cada tipo de lámina en las cuatro ediciones analizadas. A partir de estos datos se pueden confeccionar unos números de orden de eficiencia de cada edición sumando, por un lado, los valores de los índices de eficiencia (3) y (4), con lo cual se asignarán los números de orden de eficiencia 1º, 2º, 3º y 4º a los que adquieran valores de dichos índices decrecientes, respectivamente. Una vez efectuados estos cálculos puede procederse a combinarlos para separar las funciones de detección y clasificación de las ediciones del test ISHIHARA. La primera función será evaluada a partir de los órdenes de eficiencia correspondientes a los índices (1) y (2) y la segunda a partir de los índices (3) y (4). El resultado de tales determinaciones aparece en la Tabla 2.6.XXXII.

TABLA 2.6.XVIII.- Edad de los individuos examinados con las cuatro ediciones del test ISHIHARA que presentan visión del color normal.

	Edad						
	8	9	10	11	12	13	14
Observadores (N = 39)	2	8	6	7	8	7	1

TABLA 2.6.XIX.- Edad de los individuos examinados con las cuatro ediciones del test ISHIHARA que presentan visión del color defectiva.

	Edad					
	8	9	10	11	12	13
Observadores (N = 40)	5	6	8	11	5	5

TABLA 2.6.XX.- Número medio y desviación típica de los errores típicos, no típicos y totales por observador normal al color para las cuatro ediciones del test ISHIHARA.

<u>Edición</u>	Errores por observador					
	Típicos		No Típicos		Totales	
	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
1954	2.1	1.69	2.4	1.94	4.5	2.66
1973	0.2	0.38	1.5	1.28	1.7	1.43
1979	0.0	0.00	0.9	1.31	0.9	1.31
1982	0.1	0.53	1.3	1.34	1.4	1.65

TABLA 2.6.XXI.- Frecuencias absolutas de lecturas típicas y no típicas (se han suprimido estas últimas, así como tales lecturas, con una frecuencia igual a la unidad) para las cuatro ediciones del test ISHIHARA obtenidas para observadores normales al color.

<u>Láminas</u>		Edición	<u>Frecuencias de lecturas típicas</u>			<u>Frecuencias E. no típ.</u>	<u>Lecturas altern. y su frec.</u>
<u>Clase</u>	<u>Nº. orden</u>		<u>N</u>	<u>DRV</u>	<u>C</u>		
Transformación	2	1954	38	1	-	-	
		1973	39	-	-	-	
		1979	39	-	-	-	
		1982	39	-	-	-	
	3	1954	39	-	-	-	
		1973	39	-	-	-	
		1979	39	-	-	-	
		1982	39	-	-	-	
	4	1954	23	-	-	16	(20) 16
		1973	29	-	1	9	(20) 8
		1979	39	-	-	-	
		1982	34	-	-	5	(20) 5
	5	1954	38	-	-	1	
		1973	38	-	-	1	
		1979	39	-	-	-	
		1982	38	-	-	1	
	6	1954	29	1	6	3	(8) 2
		1973	39	-	-	-	
		1979	39	-	-	-	
		1982	39	-	-	-	
7	1954	23	6	2	8	(8) 7	
	1973	36	-	-	3	(8) 3	
	1979	38	-	-	1		
	1982	38	-	-	1		

(continúa)

TABLA 2.6.XXI.- (continuación)

	8	1954	39	-	-	-	
		1973	39	-	-	-	
		1979	39	-	-	-	
		1982	39	-	-	-	
	9	1954	-	20	-	19	(71) 18
		1973	16	2	-	21	(71) 21
		1979	30	-	-	9	(71) 8
		1982	24	1	-	14	(71) 12
Confusión	10	1954	27	10	-	2	
		1973	39	-	-	-	
		1979	39	-	-	-	
		1982	39	-	-	-	
	11	1954	30	7	-	2	
		1973	39	-	-	-	
		1979	39	-	-	-	
		1982	39	-	-	-	
	12	1954	17	2	-	20	(87) 15
		1973	35	-	-	4	(87) 4
		1979	35	-	-	4	(87) 2 (57) 2
		1982	35	-	-	4	(87) 4
	13	1954	30	2	-	7	(15) 4
		1973	34	1	-	4	(15) 4
		1979	38	-	-	1	
		1982	36	-	-	3	(46) 2
	14	1954	39	-	-	-	
		1973	39	-	-	-	
		1979	39	-	-	-	
		1982	39	-	-	-	
	15	1954	39	-	-	-	
		1973	38	-	-	1	
		1979	39	-	-	-	
		1982	38	-	-	1	

(continúa)

TABLA 2.6.XXI.- (continuación)

	16	1954	39	-	-		
		1973	36	-	3		
		1979	39	-	-		
		1982	39	-	-		
	17	1954	34	-	5 (23)	3 (78)	2
		1973	35	-	4	(13)	2
		1979	31	-	8 (23)	3 (78)	3
		1982	32	1	6 (13)	2 (23)	2
Dígito oculto	18	1954	29	10	-		
		1973	35	-	4		
		1979	35	-	4		
		1982	34	1	4		
	19	1954	28	6	3	(8)	3
		1973	32	3	4	(8)	3
		1979	34	-	5	(8)	2
		1982	35	2	2	(8)	2
	20	1954	30	4	5	(47)	2
		1973	36	-	3		
		1979	37	-	2		
		1982	32	2	5	(41)	2
	21	1954	31	-	8	(21)	6
		1973	39	-	-		
		1979	36	-	3	(21)	2
		1982	36	-	3	(21)	2
				<u>P</u>	<u>D</u>		
Diagnóstico	22	1954	39	-	-		
		1973	38	-	-	1	
		1979	39	-	-	-	
		1982	36	-	-	3	(28) 3
	23	1954	37	-	-	2	
		1973	39	-	-	-	
		1979	38	-	-	1	
		1982	39	-	-	-	

(continúa)

TABLA 2.6.XXI.- (continuación)

24	1954	39	-	-	-
	1973	39	-	-	-
	1979	39	-	-	-
	1982	38	-	-	1
25	1954	39	-	-	-
	1973	39	-	-	-
	1979	39	-	-	-
	1982	39	-	-	-

TABLA 2.6.XXII.- Frecuencias absolutas en la clasificación de la visión del color para la muestra de defectivos en las cuatro ediciones del test ISHIHARA.

Edición	Visión del color					Sin Clasif.
	Normal	Protan		Deutan		
		Fuerte	Leve	Fuerte	Leve	
1954	-	5	1	13	-	21
1973	-	7	-	18	2	13
1979	3	4	1	17	2	13
1982	-	2	-	20	2	16

TABLA 2.6.XXIII.- Número medio y desviación típica de los errores típicos, no típicos y totales por observador defectivo al color para las cuatro ediciones del test ISHIHARA.

Edición	Errores por observador					
	Típicos		No Típicos		Totales	
	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
1954	14.9	4.52	5.5	3.22	20.4	2.54
1973	14.7	4.93	5.5	3.51	20.2	2.95
1979	12.4	5.43	5.6	3.60	18.0	3.53
1982	13.1	5.27	6.9	3.53	20.0	3.38

TABLA 2.6.XXIV.- Frecuencias absolutas de lecturas típicas y no típicas (se han suprimido las lecturas no típicas con una frecuencia igual a la unidad) para las cuatro ediciones del test ISHIHARA obtenidas por observadores defectivos al color.

Clase	Láminas		Edición	Frecuencias de lecturas típicas			Frecuen. ENT	Lecturas alternativas y su frecuencia					
	Nº de orden			N	DRV	C							
Transformación	2		1954	17	20	-	3	(9)	3				
			1973	16	14	2	5	(9)	6				
			1979	10	12	15	3	(6)	2				
			1982	10	19	8	3						
	3		1954	34	4	1	1						
			1973	8	24	4	4	(8)	2				
			1979	17	8	6	9	(8)	8				
			1982	9	13	10	8	(8)	7				
	4		1954	2	6	-	32	(20)	25	(70)	3	(10)	2
			1973	2	4	2	32	(10)	19	(20)	7	(15)	2
			1979	8	1	11	20	(28)	2				
			1982	1	1	4	34	(20)	9	(10)	5	(12)	2
	5		1954	17	3	1	19	(20)	16	(10)	11	(19)	2
			1973	1	5	15	18	(25)	2				
			1979	4	-	21	15	(37)	11	(55)	5	(87)	2
			1982	4	4	8	24	(55)	6	(25)	3		
	6		1954	1	25	11	3	(37)	3	(27)	2	(55)	2
			1973	1	11	25	3	(15)	2	(17)	2	(55)	2
			1979	6	8	13	13	(65)	2				
			1982	6	8	16	10	(8)	7	(9)	4		
7		1954	3	19	13	5	(8)	6	(6)	2			
		1973	4	16	15	5	(8)	11	(6)	2			
		1979	6	6	14	14	(8)	6	(8)	6			
		1982	4	18	6	12	(6)	6	(8)	6			
8		1954	2	26	6	6	(11)	2					
		1973	2	14	10	14	(19)	3	(1)	2	(12)	2	
		1979	5	11	10	14	(27)	2					
		1982	5	20	3	12	(19)	6	(1)	2	(11)	2	
9		1954	-	31	5	4	(1)	3	(11)	3	(12)	3	
		1973	-	25	9	6	(1)	3	(11)	3	(12)	3	
		1979	-	20	11	9	(11)	2	(81)	2			
		1982	-	32	3	5	(11)	2	(91)	2			
Confusión	10		1954	3	36								
			1973	4	36								
			1979	9	29		2	(12)	2				
			1982	7	29		4						

(continúa)

TABLA 2.6.XXIV.- (continuación)

11	1954	-	38	2				
	1973	2	34	4				
	1979	-	31	9	(0)	2	(8)	2 (9) 2
	1982	-	34	6				
12	1954	-	29	11	(15)	2	(25)	2
	1973	-	32	8	(81)	2		
	1979	2	26	12	(15)	2		
	1982	-	19	21	(5)	8 (25)	(57)	4 (81) 2 (15) 3
13	1954	-	34	6	(15)	2		
	1973	2	35	3				
	1979	1	26	15	(15)	5		
	1982	2	30	8	(15)	2		
14	1954	6	31	3	(8)	2		
	1973	1	37	2	(6)	2		
	1979	2	36	2				
	1982	4	33	3	(6)	2		
15	1954	5	30	5				
	1973	3	31	5	(2)	2	(9)	2
	1979	5	27	8	(9)	3		
	1982	6	29	5	(1)	3		
16	1954	5	26	9	(18)	2	(28)	2
	1973	2	33	5				
	1979	5	29	6	(15)	2		
	1982	3	27	10	(5)	2	(15)	2 (25) 2
17	1954	-	36	4				
	1973	-	35	5				
	1979	-	36	4				
	1982	-	29	11				
Dígito oculto 18	1954	4	36	-				
	1973	15	19	6	(6)	4		
	1979	33	3	4				
	1982	17	18	4	(11)	2		
19	1954	10	23	7	(8)	6		
	1973	22	3	15	(8)	13	(12)	2
	1979	30	-	10	(8)	10		
	1982	14	6	20	(8)	18		
20	1954	6	19	15	(15)	7	(41)	3 (11) 2
	1973	15	12	13	(15)	3	(25)	2
	1979	39	-	1				
	1982	18	9	13	(15)	8		
21	1954	12	2	26	(23)	8	(13)	2 (21) 2
					(25)	2	(27)	2 (75) 2
					(78)	2		
	1973	23	-	17	(22)	3	(21)	2 (23) 2
				(25)	2	(28)	2 (29) 2	
1979	31	-	9	(21)	7	(2)	2	
1982	18	-	22	(2)	5	(21)	5 (25) 5	
				(27)	2	(29)	2	

TABLA 2.6.XXV.- Frecuencias de lecturas típicas y no típicas obtenidas sobre las láminas de diagnóstico para las cuatro ediciones del test ISHIHARA en función del tipo de deficiencia evidenciado por tales ediciones y por los tests Panel D-15 (entre paréntesis se indican las lecturas no típicas, habiéndose suprimido las de frecuencia igual a la unidad).

Deficiencia	Nº. orden de láminas	Edic.	Frecuencias de lecturas típicas				Frecuen. ENT	Frecuencias de lecturas alter.
			N	P	D	C		
Deutan (N=20)	22	1954	-	-	9	5	6	(8) 2 (25) 2
		1973	1	-	17	1	1	
		1979	-	-	17	-	3	(28) 3
		1982	-	-	19	-	1	
	23	1954	1	-	9	5	5	(8) 2
		1973	-	-	18	-	2	
		1979	1	-	16	-	3	
		1982	1	-	17	-	1	
	24	1954	-	-	5	6	9	(8) 2 (33) 2
		1973	1	2	5	1	11	(9) 9
		1979	2	-	9	1	8	(9) 7
		1982	2	1	9	1	7	(9) 6
	25	1954	-	-	7	6	7	(3) 2 (8) 2
		1973	1	-	14	2	3	
		1979	-	-	15	1	4	(95) 2
		1982	-	1	16	1	2	
Protan (N=10)	22	1954	1	1	-	4	4	
		1973	1	4	-	2	3	
		1979	1	2	-	3	4	(28) 3
		1982	3	1	1	3	2	
	23	1954	2	3	-	5	-	
		1973	2	7	-	1	-	
		1979	2	2	1	2	3	(9) 2
		1982	2	-	1	5	2	
	24	1954	2	3	-	3	2	
		1973	1	6	-	1	2	
		1979	2	3	-	3	2	
		1982	2	1	-	5	2	
	25	1954	-	1	-	4	5	
		1973	1	4	-	3	2	
		1979	2	2	1	3	2	(8) 2
		1982	2	2	-	4	2	
Sin clasificar (N=10)	22	1954	-	-	-	2	8	(28) 4
		1973	2	-	-	1	7	(28) 5
		1979	1	-	-	-	9	(28) 5
		1982	1	-	-	1	8	(28) 6 (25) 2
	23	1954	4	-	-	2	4	(52) 2
		1973	7	-	-	1	2	
		1979	5	1	1	-	3	(28) 2
		1982	7	-	1	-	2	

(continúa)

TABLA 2.6.XXV.- (continuación)

24	1954	3	1	-	1	5	(26) 2
	1973	3	-	-	1	6	(9) 2
	1979	5	1	1	-	3	
	1982	5	-	-	-	5	(25) 2
25	1954	2	-	-	1	7	(95) 2
	1973	4	-	-	-	6	
	1979	4	-	2	-	4	
	1982	5	-	1	-	4	(95) 2

TABLA 2.6.XXVI.- Coeficientes de correlación de PEARSON entre el número de errores totales por individuo normal al color para cada pareja de ediciones del test ISHIHARA.

Edición	1954	1973	1979	1982
1954	1.000	0.610	0.500	0.546
1973		1.000	0.577	0.727
1979			1.000	0.551
1982				1.000

TABLA 2.6.XXVIII.-

Comparación de diagnósticos entre las cuatro ediciones del test ISHIIHARA y los tests Panel D-15 y diagnóstico adoptado para los observados con menos de cuatro coincidencias en los resultados del examen con dichas ediciones.

Observador (N=21)	TEST ISHIIHARA					TEST PANEL D-15			Adoptado
	Diagnósticos					Estándar	Desaturado		
	1954	1973	1979	1982	1982				
P. D. R.	Sin clasificar	Deutan (F)	Sin clasificar	Deutan (L)	Deutan (L)	Normal	Sin clasificar	Sin clasificar	Deutan
S. H. R.	Sin clasificar	Sin clasificar	Deutan (L)	Sin clasificar	Sin clasificar	Normal	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar
I. M. C.	Protan (L)	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar	Normal	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar
J.S. R. M.	Protan (F)	Protan (F)	Protan (F)	Deutan (F)	Deutan (F)	Normal	Protan	Protan	Protan
N.J. G. O.	Sin clasificar	Deutan (F)	Deutan (F)	Deutan (F)	Deutan (F)	Deutan	Sin clasificar	Sin clasificar	Deutan
A. M. M.	Sin clasificar	Sin clasificar	Protan (F)	Deutan (F)	Deutan (F)	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar
F. O. L.	Sin clasificar	Deutan (F)	Deutan (F)	Deutan (F)	Deutan (F)	Normal	Deutan	Deutan	Deutan
J.C. V. G.	Sin clasificar	Protan (F)	Sin clasificar	Protan (F)	Protan (F)	Protan	Protan	Protan	Protan
R. M. P.	Sin clasificar	Sin clasificar	Normal	Sin clasificar	Sin clasificar	Normal	Normal	Normal	Sin clasificar
A. C. R.	Sin clasificar	Deutan (F)	Deutan (F)	Deutan (F)	Deutan (F)	Deutan	Sin clasificar	Sin clasificar	Deutan
F. O. R.	Sin clasificar	Protan (F)	Protan (F)	Protan (F)	Protan (F)	Normal	Protan	Protan	Protan
J. A. C.	Sin clasificar	Sin clasificar	Normal	Sin clasificar	Sin clasificar	Normal	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar
C.A. I. G.	Deutan (F)	Deutan (F)	Deutan (F)	Deutan (L)	Deutan (L)	Normal	Normal	Normal	Deutan
E. F. R.	Deutan (F)	Deutan (L)	Deutan (L)	Deutan (F)	Deutan (F)	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar	Deutan
J. L. F.	Protan (F)	Protan (F)	Protan (L)	Sin clasificar	Sin clasificar	Normal	Protan	Protan	Protan
F.J. G. R.	Protan (F)	Protan (F)	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar	Protan	Protan	Protan	Protan
A. I. G.	Sin clasificar	Deutan (L)	Sin clasificar	Deutan (F)	Deutan (F)	Normal	Normal	Normal	Deutan
P.L. N. I.	Sin clasificar	Deutan (F)	Deutan (F)	Deutan (F)	Deutan (F)	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan
J.M. M. G.	Protan (F)	Protan (F)	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar	Protan	Protan	Protan	Protan
I. F. G.	Sin clasificar	Sin clasificar	Normal	Sin clasificar	Sin clasificar	Normal	Protan	Protan	Protan
L.G. R. A.	Sin clasificar	Deutan (F)	Deutan (F)	Deutan (F)	Deutan (F)	Deutan	Sin clasificar	Sin clasificar	Deutan

TABLA 2.6.XXVIII.-- (Continuación). Comparación de diagnósticos entre las cuatro ediciones del test ISHIHARA y los test Panel D-15 y diagnóstico adoptado para los observadores con una coincidencia total en los resultados del examen con dichas ediciones.

Observador (N=19)	Diagnósticos			Adoptado
	Test ISHIHARA	Test Panel D-15	Desaturado	
	Estandar			
R. C. R.	Deutan (F)	Deutan	Sin clasificar	Deutan
M. M. F.	Deutan (F)	Deutan	Deutan	Deutan
J.C. Z. A.	Protan (F)	Protan	Protan	Protan
S. J. M.	Sin clasificar	Normal	Protan	Protan
S. M. S.	Deutan (F)	Deutan	Deutan	Deutan
L.M. P. G.	Sin clasificar	Normal	Normal	Sin clasificar
M. R. E.	Sin clasificar	Normal	Normal	Sin clasificar
S. B. G.	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar
E. F. R.	Deutan (F)	Sin clasificar	Deutan	Deutan
J.E. M. D.	Sin clasificar	Protan	Sin clasificar	Protan
J.C. P. E.	Deutan (F)	Deutan	Sin clasificar	Deutan
J. U. F.	Deutan (F)	Deutan	Deutan	Deutan
J.M. J. C.	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar
J.L. M. T.	Deutan (F)	Sin clasificar	Sin clasificar	Deutan
S. S. J.	Deutan (F)	Deutan	Sin clasificar	Deutan
G. D. R.	Sin clasificar	Normal	Normal	Sin clasificar
P. A. C.	Deutan (F)	Deutan	Deutan	Deutan
P. C. A.	Deutan (F)	Deutan	Sin clasificar	Deutan
C. G. M.	Deutan (F)	Normal	Normal	Deutan

TABLA 2.6.XXIX.- Coeficientes de correlación de PEARSON entre el número de errores totales por individuo defectivo al color para cada pareja de ediciones del test ISHIHARA.

Edición	1954	1973	1979	1982	
1954	1.000	0.734	0.789	0.705	
1973		1.000	0.767	0.839	
1979			1.000	0.813	
1982				1.000	

TABLA 2.6.XXX.- Índices de eficiencia para las láminas individuales de las cuatro ediciones del test ISHIHARA.

Clase	Láminas		Índices de eficiencia			
	Nº. de orden	Edición	I.E.(1)	I.E.(2)	I.E.(3)	I.E.(4)
Transformación	2	1954	19.5	0.52		
		1973	40.0	0.23		
		1979	40.0	0.20		
		1982	40.0	0.40		
	3	1954	40.0	0.08		
		1973	40.0	0.70		
		1979	40.0	0.11		
		1982	40.0	0.21		
	4	1954	5.7	0.40		
		1973	4.3	0.16		
		1979	40.0	0.02		
		1982	13.2	0.05		
	5	1954	22.5	0.04		
		1973	22.5	0.06		
		1979	40.0	0.01		
		1982	22.5	0.05		
	6	1954	11.5	0.75		
		1973	40.0	0.18		
		1979	40.0	0.11		
		1982	40.0	0.11		
	7	1954	0.8	0.37		
		1973	16.5	0.30		
		1979	27.6	0.08		
		1982	40.0	0.45		
	8	1954	40.0	0.87		
		1973	40.0	0.24		
		1979	40.0	0.16		
		1982	40.0	0.53		

(continúa)

TABLA 2.6.XXX.- (continuación)

	9	1954	0.01	1.78
		1973	1.2	0.78
		1979	8.9	0.42
		1982	2.9	2.61
Confusión	10	1954	1.1	5.34
		1973	40.0	7.40
		1979	40.0	1.25
		1982	40.0	1.25
	11	1954	1.7	17.44
		1973	40.0	3.89
		1979	40.0	1.25
		1982	40.0	9.71
	12	1954	1.1	6.55
		1973	14.7	8.25
		1979	13.6	1.84
		1982	14.7	3.71
	13	1954	3.0	9.24
		1973	7.1	4.53
		1979	22.5	2.81
		1982	15.1	2.58
	14	1954	40.0	1.87
		1973	40.0	9.50
		1979	40.0	5.52
		1982	40.0	2.78
	15	1954	40.0	1.56
		1973	22.5	2.75
		1979	40.0	1.20
		1982	22.5	1.43
	16	1954	40.0	1.16
		1973	16.5	3.42
		1979	40.0	1.44
		1982	40.0	1.65

(continúa)

TABLA 2.6.XXX.- (continuación)

	17	1954	12.4	12.33		
		1973	12.7	10.85		
		1979	8.9	12.33		
		1982	5.0	6.25		
Dígito oculto	18	1954	2.7	7.40		
		1973	12.0	0.39		
		1979	12.0	0.04		
		1982	5.0	0.37		
	19	1954	1.4	0.69		
		1973	3.1	0.04		
		1979	11.1	0.01		
		1982	6.0	0.10		
	20	1954	2.0	0.61		
		1973	14.0	0.17		
		1979	17.0	0.01		
		1982	3.5	0.12		
	21	1954	9.2	0.04		
		1973	40.0	0.01		
		1979	15.1	0.01		
		1982	15.1	0.01		
Diagnóstico	22	1954	40.0	0.111	0.502	
		1973	22.5	0.472	3.464	
		1979	40.0	0.212	8.050	
		1982	16.5	0.112	11.547	
	23	1954	17.0	0.500	0.452	
		1973	40.0	2.000	8.497	
		1979	22.5	0.204	3.212	
		1982	40.0	0.050	5.196	
	24	1954	40.0	0.298	0.208	
		1973	40.0	1.043	0.310	
		1979	40.0	0.298	0.754	
		1982	22.5	0.112	0.632	

(continúa)

TABLA 2.6.XXX.- (continuación)

25	1954	40.0	0.121	0.317
	1973	40.0	0.447	1.417
	1979	40.0	0.247	2.828
	1982	40.0	0.192	2.534

TABLA 2.6.XXXI.- Índices de eficiencia medios según las clases de láminas y ediciones analizadas del test ISHIHARA.

Clases de láminas	Edición	Índices de eficiencia medios			
		I.E.(1)	I.E.(2)	I.E.(3)	I.E.(4)
Transformación	1954	16.251	0.601		
	1973	25.562	0.304		
	1979	34.562	0.139		
	1982	29.825	0.552		
Confusión	1954	17.412	6.936		
	1973	24.187	6.324		
	1979	30.625	4.330		
	1982	27.162	3.670		
Dígito oculto	1954	3.825	2.185		
	1973	17.275	0.152		
	1979	13.800	0.017		
	1982	7.400	0.150		
Diagnóstico	1954	34.250		0.257	0.370
	1973	35.625		0.990	3.422
	1979	35.625		0.240	3.711
	1982	29.750		0.116	4.955

TABLA 2.6.XXXII.- Números de orden de eficiencia para las ediciones del test ISHIHARA en sus funciones de detección y clasificación de las anomalías cromáticas.

Edición	Número de orden de eficiencia	
	Detección	Clasificación
1954	2º	3º
1973	1º	1º
1979	1º	2º
1983	3º	2º

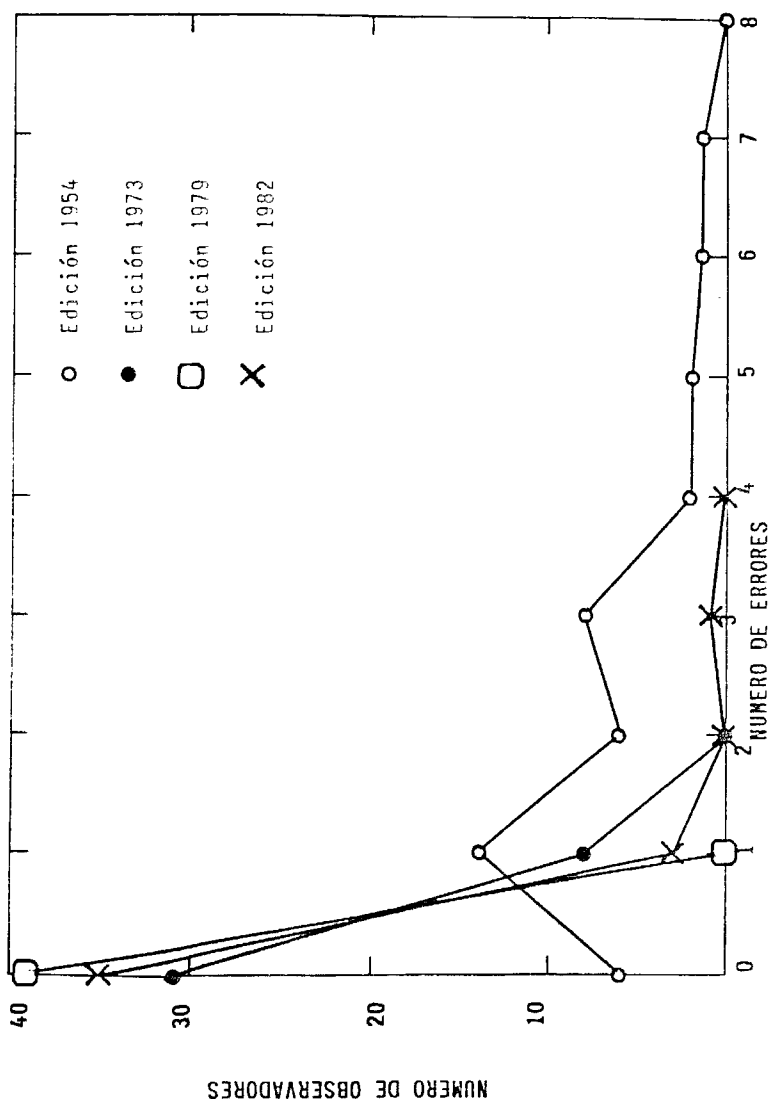


FIG. 2.6.3. Polígonos de frecuencias de observadores normales al color en función del número de errores típicos en que han incurrido sobre las cuatro ediciones del test ISHIMARA.

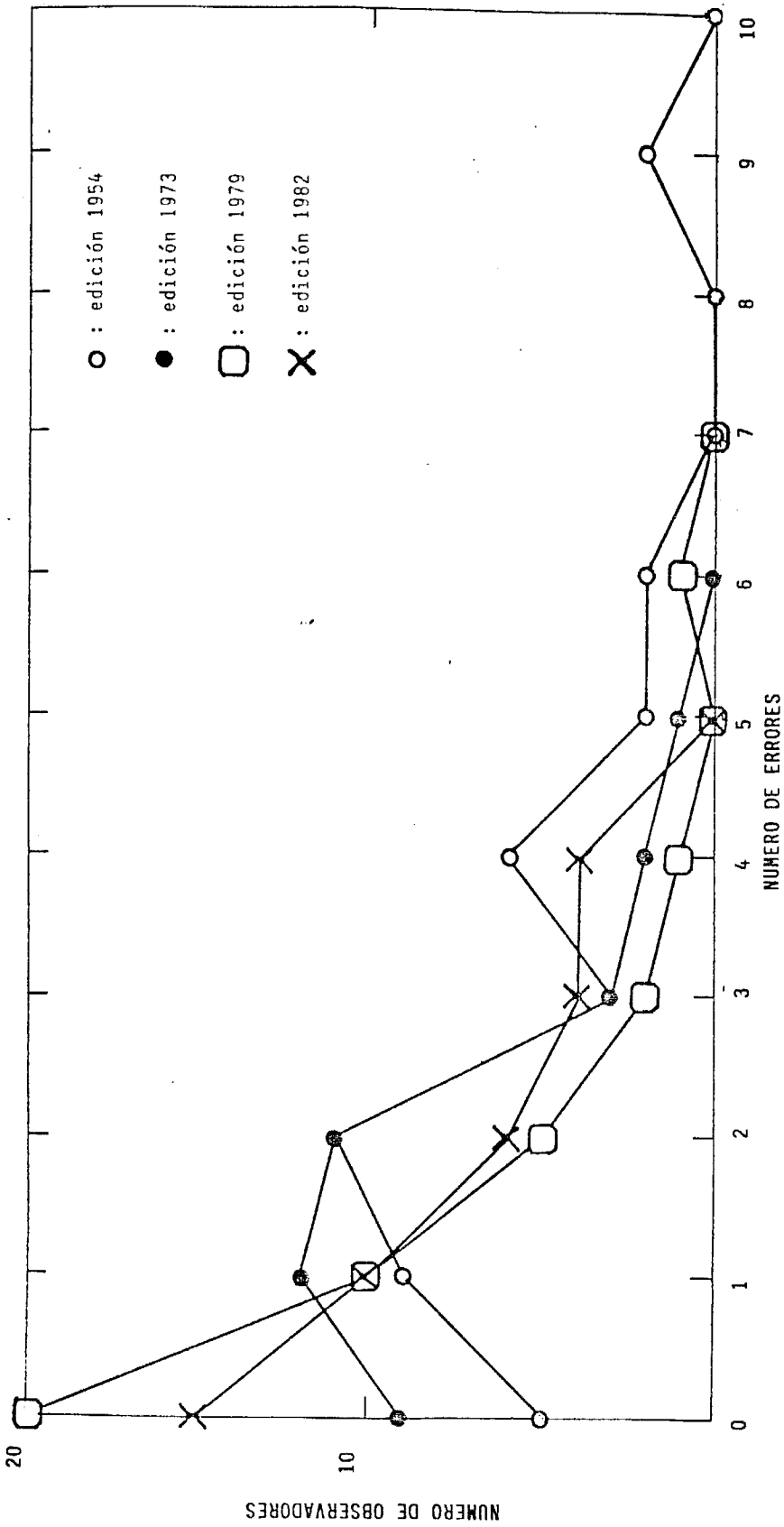


FIG.2.6.4. Polígonos de frecuencias de observadores normales al color en función del número de errores no típicos en que han incurrido sobre las cuatro ediciones del test ISHITHARA.

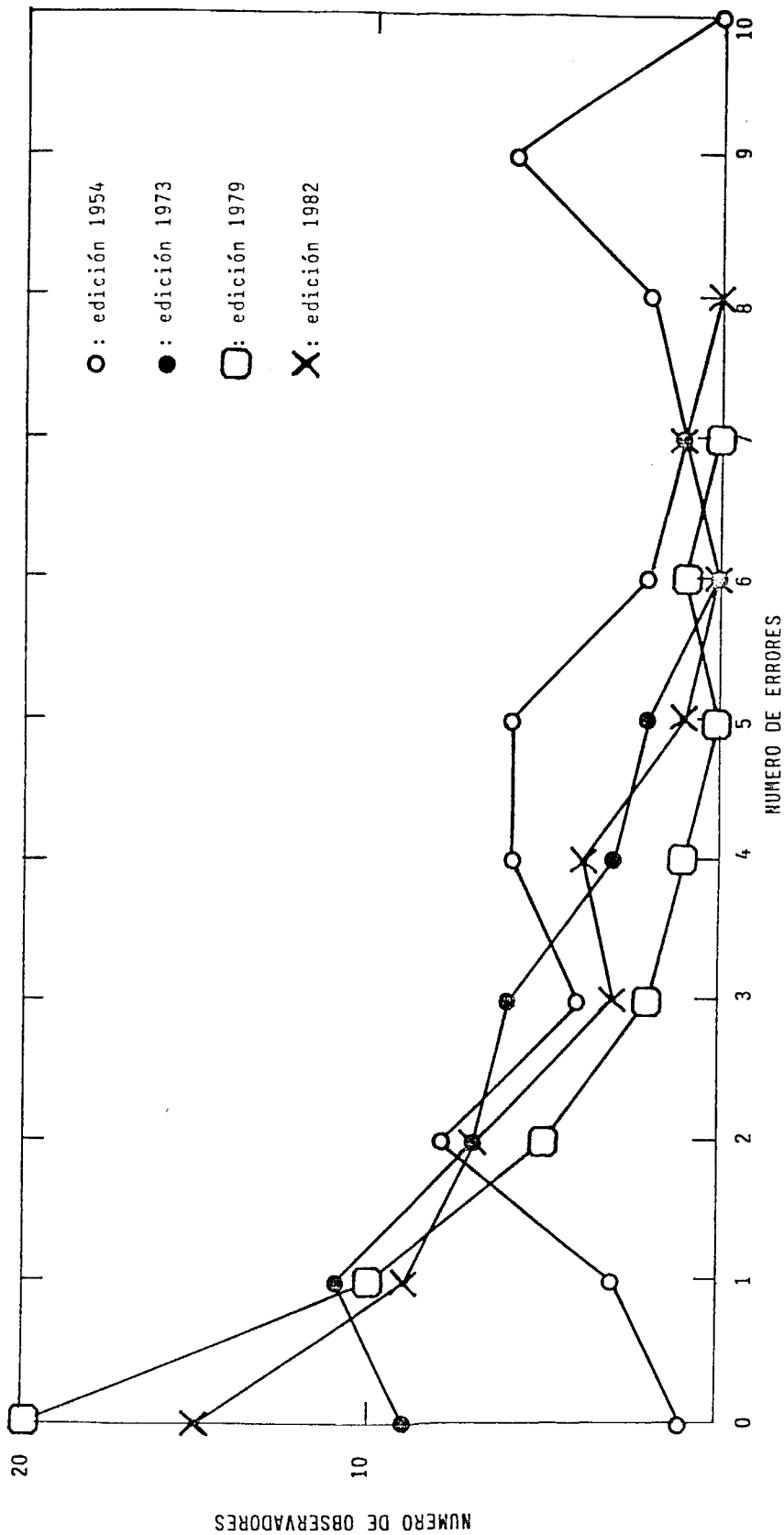


FIG.2.6.5. Polígonos de frecuencias de observadores normales al color en función del número de errores totales en que han incurrido sobre las cuatro ediciones del test ISHIHARA.

2.6.3. Evaluación comparativa de la eficiencia de los tests ISHIHARA (1979), Colegio Médico de Tokyo y Ulloa.-

(a) Introducción.

En este apartado se pretende cubrir dos objetivos fundamentalmente:

(1) Validar, con los métodos ya utilizados para el test ISHIHARA, los tests Colegio Médico de Tokyo (CMT) y Ulloa, el primero en cuanto que se trata de un test de ambicioso diseño que intenta detectar y diagnosticar deficiencias de la percepción cromática en los tipos protan, deutan y tritan, así como cuantificarlas en tres niveles de incidencia (grados primero, segundo y tercero, en un sentido de gravedad creciente); y el segundo en la medida que constituye una prueba de uso relativamente extendido en el ámbito de la selección profesional española.

(2) Comparar los resultados obtenidos por ambos tests, con referencia al test ISHIHARA, cuando son aplicados simultáneamente a muestras de individuos que presentan visión cromática normal o defectiva (HITA et al., 1982).

(b) Validación del test Colegio Médico de Tokyo.

(i) Método experimental:

El test CMT ha sido empleado con una muestra de 404 observadores con visión del color normal medida según el test ISHIHARA (1979) y cuyas edades y sexo han sido ya descritas (Tabla 2.6.I), en las condiciones establecidas por su manual de instrucciones (Apéndice A). Por otra parte, el test CMT ha sido aplicado a una muestra de sesenta y cinco estudiantes varones cursando entre tercero y octavo de E.G.B., en cuatro centros escolares de la ciudad de Granada: "Colegio Nacional de Prácticas" (Masculino), "Sierra Elvira", "Juan XXIII-Zaidín" y "Juan XXIII-Cartuja" que habían incurrido, en al menos, ocho errores (límite inferior de "normalidad") sobre el test ISHIHARA (1973) en el curso de un muestreo previo; las edades de estos se



recogen en la Tabla 2.6.XXXIII.

(ii) Resultados:

La clasificación de lecturas efectuadas por los observadores sobre esta prueba de visión del color se muestra en la Tabla 2.6.XXX V.

Por otra parte, las Tablas 2.6.XXXIVy 2.6.XXXVI incluyen las distribuciones de frecuencias de errores típicos, no típicos y totales en que incurrieron los observadores normales y defectivos al color, respectivamente; las figuras 2.6.6 y 2.6.7 representan gráficamente los polígonos de frecuencias de ambos tipos de observadores en función del número de errores típicos y no típicos cometidos.

En la Tabla 2.6.XXXVII se recogen los porcentajes de las distintas clases de lecturas llevadas a cabo por los individuos normales sobre las láminas individuales del test CMT, así como las lecturas alternativas y sus frecuencias en las láminas que se ven afectadas por errores no típicos en su registro, por parte de dichos observadores. La Tabla 2.6.XXXVIII presenta los mismos resultados para los observadores con deficiencias en su visión del color, sustituyendo los porcentajes de lecturas por frecuencias absolutas, dado el reducido tamaño de la muestra analizada.

(iii) Análisis de los resultados:

A continuación se definen los índices de eficiencia para la evaluación de las láminas individuales del test CMT. En concreto, los denotados por I.E.(1) y I.E.(2) para el test ISHIHARA y que venían dados por las ecuaciones (2.6.4) y (2.6.5), adquirirán, respectivamente las siguientes expresiones:

$$I.E.(1) = \frac{P.L.T.(N.,P.,D., 1^{\circ}) + 1}{(P.E.T.(P.,D.,C.,2^{\circ},3^{\circ}) + 1) \cdot (P.E.N.T. + F.L.A. + 1)^{\frac{1}{2}}}$$

(Ec.2.6.10)

$$F.E.T. (P.,D., 1^{\circ}, 2^{\circ}, 3^{\circ}) + 1$$

$$I.E.(2) = \frac{(F.L.T.(N.) + F.E.T.(C.) + 1) \cdot (F.E.N.T. + F.L.A. + 1)^{\frac{1}{2}}}{(Ec. 2.6.11)}$$

donde las siglas utilizadas tienen el siguiente significado:

P.L.T.(N.,P.,C., 1^º): porcentaje de lecturas típicas de normal, protan, deutan y grado 1^º, respectivamente.

P.E.T.(P.,D.,C., 2^º, 3^º): porcentaje de errores típicos de protan, deutan, ciego, grado segundo y tercero, respectivamente.

P.E.N.T.: porcentaje de errores no típicos.

F.L.A.: frecuencias de lecturas alternativas.

Las abreviaturas que comienzan con F. tienen la misma interpretación sustituyendo el porcentaje por la frecuencia absoluta.

En la Tabla 2.6.XXXIX se muestran los resultados obtenidos en su aplicación para los observadores con visión del color normal y para aquellos con visión cromática defectiva, así como sus valores medios según la clase de láminas consideradas, debiéndose tener en cuenta que dichos valores no son comparables entre sí dado que en un caso, I.E.(1), se ha hecho uso de las frecuencias relativas en tanto por ciento de lecturas y en el otro, I.E.(2), de las frecuencias absolutas. En la Tabla 2.6.XL se han determinado los números de orden de eficiencia parciales en función de los diferentes valores de los índices de eficiencia (1) y (2), así como los números de orden de eficiencia globales a partir de la media aritmética de éstos.

Detengámonos ahora en el examen de los datos recogidos en las Tablas 2.6.XXXIV y 2.6.XXXVI. A simple vista parece como si la separación, por el número total de errores cometido, entre los individuos normales y defectivos fuese perfecta, ya que los primeros no cometen más de ocho errores y los segundos no menos de nueve. No obstante, estos resultados deben ser tomados con

precaución ya que las láminas clasificadas como de diagnóstico cuantitativo pueden, cuando producen lecturas de grado primero, ser acumuladas a las lecturas normales o al número total de errores según evidencie ser la visión cromática del individuo en función de su respuesta al resto de las láminas del test, en cuyo caso tal separación entre individuos normales y defectivos no es ya tan clara, dado este margen fluctuante de tres errores.

De hecho y con nuestra muestra de individuos con percepción cromática anormal, si se les resta del número total de errores cometidos (Tabla 2.6.XXXVI) los correspondientes a las lecturas típicas de grado primero, aparecen dos individuos con seis errores totales, tres con siete y otros tres con ocho errores totales, que se solapan con el número total de errores propios de los observadores normales (Tabla 2.6.XXXIV). Un problema análogo se presenta a la hora de contabilizar las lecturas de las láminas especificadas como de Detección II y que pueden ser asignadas tanto a observadores normales tanto como a los protan o deutan; no obstante, esta disyuntiva puede ser resuelta en función de las lecturas efectuadas sobre las láminas de Detección I; si son leídas normalmente se acumularían al número de lecturas normales y, en caso contrario, serían añadidas al número de errores típicos de observadores protan o deutan.

Otros datos de interés vienen constituidos por la determinación de los coeficientes de correlación de PEARSON para los errores típicos y no típicos en el caso de la muestra de observadores normales, por una parte y de los defectivos, por la otra; los cuales toman los valores, respectivamente, de: 0,123 y -0,879, siendo el primero significativo a un nivel $\alpha = 0,05$ y el segundo a un nivel $\alpha = 0,01$.

(c) Validación del test Ulloa.

(i) Método experimental:

Las muestras de individuos con visión del color normal y visión del color defectiva a los que fue aplicado el test Ulloa

en las condiciones de examen señaladas por su manual de instrucciones (Apéndice A), coinciden con las ya descritas para el test CMT.

(ii) Resultados:

La clasificación que el test Ulloa establece para la visión del color de los observadores sometidos a él viene representada en la Tabla 2.6.XLI. Igualmente hemos estimado conveniente agrupar sus láminas en los tipos definidos del modo siguiente:

(1) Láminas de detección (números de orden: 6, 7, 8, 9) que pretenden separar a los individuos defectivos y normales a través de lecturas diferentes.

(2) Láminas de clasificación parcial (2, 3) que intentan una clasificación diferencial en protan y deutan mediante lecturas comunes al normal y al protan en un caso, y al normal y al deutan en el otro.

(3) Láminas de clasificación diferencial (4, 5) en donde los observadores normales, protan y deutan deben generar lecturas distintas entre sí. La lámina número 1 está destinada a simuladores y la lámina número 10 a detectar defectos tipo tritan, separándolos en su grado tricromático (tritanomalía) y en su grado dicromático (tritanopia), sin embargo el gran porcentaje de errores que se producen por parte de los observadores normales y defectivos a la hora de representar en su hoja de respuesta los triángulos que en ella se muestran, y el hecho de que no haya sido detectado ningún observador con este defecto en el test CMT, nos ha conducido a eliminarla de esta experiencia, por lo que el número total de láminas analizadas ha sido exclusivamente de ocho.

En las Tablas 2.6.XLII y 2.6.XLIII se muestran las distribuciones de errores típicos, no típicos y totales en que han incurrido los observadores normales y anómalos al color, respectivamente. Sus correspondientes polígonos de frecuencias se representan en las figuras 2.6.8 y 2.6.9.

La Tabla 2.6.XLIV muestra los porcentajes de las distintas clases de lecturas efectuadas por los observadores normales al color sobre las láminas individuales del test Ulloa, así como la frecuencia de lecturas alternativas. Esto mismo se ha registrado en la Tabla 2.6.XLV para los observadores defectivos al color, sustituyendo ahora los porcentajes por frecuencias absolutas.

(iii) Análisis de los resultados:

En línea con los procedimientos seguidos con anterioridad sobre el test CMT, en esta ocasión redefiniremos nuevamente los índices de eficiencia (1) y (2) que adquirirán las expresiones siguientes:

$$I.E.(1) = \frac{P.L.T.(N., N. \text{ ó } P., N. \text{ ó } D.) + 1}{(P.E.T.(A.R-V, P., D.) + 1) \cdot (P.E.N.T. + F.L.A. + 1)^{\frac{1}{2}}}$$

(Ec. 2.6.12)

$$I.E.(2) = \frac{F.E.T.(A.R-V, N. \text{ ó } P., N. \text{ ó } D., P. \text{ ó } D.) + 1}{(F.L.T.(N.) + 1) \cdot (F.E.N.T. + F.L.A. + 1)^{\frac{1}{2}}}$$

(Ec. 2.6.13)

donde las siglas utilizadas tienen el siguiente significado:

P.L.T.(N., N. ó P., N. ó D.): porcentaje de lecturas típicas de normal, normal o protan, normal o deutan, respectivamente.

P.E.T.(A.R-V, P., D.): porcentaje de errores típicos de anómalo rojo-verde, protan o deutan, respectivamente.

P.E.N.T.: porcentaje de errores no típicos.

F.L.A.: frecuencia de lecturas alternativas.

Las abreviaturas que comienzan con F. tienen la misma interpretación sustituyendo el porcentaje por la frecuencia absoluta.

De acuerdo con estas definiciones, en la Tabla 2.6.XLVI se han determinado los valores de ambos índices de eficiencia para las láminas individuales del test Ulloa y en la Tabla 2.6.XLVII sus correspondientes números de orden de eficiencia parciales y globales.

Por lo que se refiere a la capacidad de separación de las láminas Ulloa entre observadores con visión de color normal y anómala, en función del número total de errores cometido, ocurre algo parecido al test CMT, al existir dos láminas (números de orden 2 y 3) cuya lectura es ambivalente para el observador normal y protan, por un lado, y para el observador normal y deutan por el otro. Esto permitiría una fluctuación de ± 1 en el cómputo total de errores, según se trate de un observador defectivo o normal, respectivamente. En cualquier caso, de los resultados que se muestran en las Tablas 2.6.XLII y 2.6.XLIII cabe deducir que un número de cuatro cinco errores totales resulta especialmente crítico por el solapamiento que se produce entre los individuos clasificados por criterios externos en defectivos o normales.

Por otra parte, el coeficiente de correlación de PEARSON para la relación entre los errores típicos y no típicos ha proporcionado unos valores, para ambas muestras de observadores de: 0,181 (observadores normales) y -0,621 (observadores defectivos), siendo ambos significativos a un nivel $\alpha = 0,01$.

(c): Evaluación comparativa entre los test ISHIHARA (1979), Colegio Médico de Tokyo y Ulloa.

(i) Método experimental:

Consideraremos conjuntamente los datos obtenidos de la aplicación de los tests ISHIHARA (1979), CMT y Ulloa, tanto para la muestra de observadores normales como para la muestra de defectivos cromáticos que ya han sido descritas con antelación.

(ii) Resultados:

En el caso de los individuos con una visión del color normal se han considerado los errores típicos, no típicos y totales de cada uno de los tests. Para los observadores con una visión del color defectiva, en las Tablas 2.6.XLVIII, 2.6.XLIX, 2.6.L y 2.6.LI se recogen las frecuencias absolutas de las diferentes clases de deficiencias que proporcionan, según sus propias notaciones, los tests ISHIIHARA, CMT y Ulloa, tanto conjuntamente como en sus comparaciones relativas dos a dos. Con el propósito de intentar un establecimiento lo más preciso posible de la relación entre sus diagnósticos, hemos introducido algunos criterios previos:

(1) La categoría de deficiencias "sin clasificar" para el test ISHIIHARA se ha desglosado en "defectivo rojo-verde" (tricrómatos probable), es decir aquel observador que lee correctamente algunas de las láminas de diagnóstico y "sin clasificar" cuando ésto no ocurre.

(2) En el test CMT se ha procedido del mismo modo pero definiendo ahora la categoría "super-leve" ya propuesta por PINCKERS (1980) para aquellos sujetos que erraban la lectura de las láminas de Clasificación I, respondiendo el resto sin incurrir en errores típicos; en cuanto a la cuantificación del defecto, se ha determinado asignar la graduación primero, segundo o tercero cuando la incidencia de uno de ellos predomina sobre los otros grados y, en caso de igualdad, no se consignaba tal graduación.

(3) En el test Ulloa sólo se han considerado tres posibilidades de clasificación: normal cuando se producían cuatro errores o menos y no existían errores de protan o de deutan; protan o deutan cuando se producían, al menos, un error típico de protan o deutan, respectivamente; y sin clasificar en el resto de los casos.

(iii) Análisis de los resultados:

Para los sujetos con visión al color normal, se ha determinado la matriz de correlación de PEARSON para los errores típicos y no típicos registrados de los tres tests, según puede observarse en la Tabla 2.6.LII. Todos los coeficientes así calculados son estadísticamente significativos para un nivel $\alpha < 0,05$, excepto en cuatro de ellos.

Por lo que respecta a los observadores con visión del color defectiva destaca la manifiesta incapacidad de los tests CMT y Ulloa para diagnosticar defectos protan, utilizando para ello, como criterio externo de validación, los resultados del test ISHIHARA que en la literatura especializada concuerdan con los estudios de frecuencias relativas protan/deutan y con otros de fiabilidad de tal diagnóstico, usando como referencia otros métodos como el anomaloscopio. En cuanto al estudio por pares de tests se pueden resaltar algunas consecuencias:

Test ISHIHARA-CMT:

(1) Más de la mitad de los observadores clasificados como protan por el test ISHIHARA no han podido ser clasificados en manera alguna por el test CMT.

(2) Ninguno de los observadores considerados como normales en el test ISHIHARA, ha manifestado una deficiencia de grado segundo o tercero en el test CMT, destacando el hecho de que aproximadamente la mitad de ellos lo fueran como "super-leves".

(3) En la Tabla 2.6.LIII se muestran los estadísticos: errores totales medios y su desviación estimada por el test ISHIHARA, así como los del Ulloa, para los observadores clasificados por el CMT como defectivos de grado primero, segundo y tercero, respectivamente; de aquí puede apreciarse una clara diferencia entre los errores medios del grupo de grado primero, por un lado, y los grupos de grado segundo y tercero, por el otro.

(4) El uso conjunto de los dos tests permitió una clasificación (con los inconvenientes ya anunciados) en todos los casos analizados, excepto en dos de ellos.

Test ISHIHARA-ULLOA:

(1) El test Ulloa clasificó como deutan todos los casos (menos uno) considerados como protan por el ISHIHARA.

(2) Con objeto de indagar en la posibilidad de que algunas de las láminas de clasificación diferencial (4 y 5) del test Ulloa pudieran originar alguna lectura alternativa común a los clasificados como protan por el test ISHIHARA, distribuimos dichas lecturas de acuerdo con la clasificación que, de los individuos que las realizaban proporcionó dicho test; de esta forma comprobamos cómo entre los quince protan detectados, catorce no leían nada sobre la lámina 4 del test Ulloa, aunque tampoco se producía ninguna lectura en dos observadores clasificados como deutan y en seis sin clasificar, en ambos casos, con ayuda del test ISHIHARA.

(3) El uso simultáneo de los dos tests permitió clasificar todos los individuos, excepto tres.

Tests CMT-ULLOA:

(1) Dada la nula presencia de casos tipificados como deficiencia protan en estos tests, no se presentan graves contradicciones entre ellos, debiendo mencionarse que, también ahora, sólo tres observadores no pudieron ser clasificados por los dos tests simultáneamente.

(2) Teniendo en cuenta que el test CMT es el único que intenta graduar las deficiencias detectadas, hemos relacionado los grados primero, segundo y tercero con el número total de errores cometidos por los observadores afectados sobre el test Ulloa (Tabla 2.6.LIII), habiendo observado que los sujetos

clasificados por el test CMT como de primer grado cometieron, por término medio, menos errores que los clasificados como de segundo y tercer grado, quienes incurrieron en un promedio de errores bastante similar.

TABLA 2.6.XXXIII.- Edad de los individuos examinados con el test Colegio Médico de Tokyo que presentan visión del color defectiva.

	Edad							
	8	9	10	11	12	13	14	15
Observadores (N=65)	1	6	10	9	15	17	6	1

TABLA 2.6.XXXIV.- Distribución de frecuencias de individuos normales al color (N=404) en función del número de errores típicos, no típicos y totales cometidos en la lectura del test Colegio Médico de Tokyo.

Número de errores	frecuencia de observadores que cometen errores		
	Típicos	No Típicos	Totales
0	247	174	
1	63	110	
2	36	68	
3	19	33	58
4	12	12	27
5	26	6	33
6	1	-	13
7	-	-	2
8	-	1	2
9	-	-	-
10	-	-	-

TABLA 2.6.XXXV.- Clasificación adoptada para las posibles lecturas realizadas sobre las láminas del Colegio Médico de Tokyo.

Observador	Lecturas				
	Normal(N)	Lecturas Típicas			E. no Típicos
		Protan(P)	Deutan(D)	Tritan(T)	
		Grado(1º)	Grado (2º)	Grado (3º)	

TABLA 2.6.XXXVI.- Distribución de frecuencias de individuos defectivos al color en función del número de errores típicos, no típicos y totales en la lectura del test Colegio Médico de Tokyo.

<u>Número de errores</u>	<u>Frecuencia de individuos que cometen errores</u>		
	<u>Típicos</u>	<u>No típicos</u>	<u>Totales</u>
0	-	5	-
1	1	9	-
2	-	11	-
3	2	4	-
4	4	13	-
5	6	8	-
6	3	7	-
7	9	3	-
8	9	3	-
9	8	-	
10	9	1	
11	7	-	9
12	6	1	13
13	1	-	31

TABLA 2.6.XXXVII.- Porcentaje y frecuencias respectivas de lecturas típicas y no típicas para las láminas individuales del test Colegio Médico de Tokyo obtenidas por observadores normales al color (entre paréntesis se indican tales lecturas, habiendo eliminado las lecturas no típicas con una frecuencia de aparición igual a la unidad).

Clase	Láminas Nº de orden	Porcentaje de lecturas típicas						3º	Porcentaje de errores no típicos	Lecturas alternativas y su frecuencia
		N	P	ó	D	P	D			
Detección I	1	(9)	60.6	(-)	21.0				18.3	(8) 52 (5) 7 (4) 3
	2	(5)	77.7	(-)	10.7				11.6	(5) 47
	3	(8)	49.0	(-)	24.5				29.5	(6) 44 (2) 32 (3) 13 (0) 8 (5) 6 (9) 3
	4	(2)	80.5	(-)	16.3				3.2	(0) 9 (7) 3 (3) 2
	5	(3)	58.7	(-)	20.3				21.0	(5) 32 (6) 29 (8) 9 (7) 8 (0) 2 (9) 2
Detección II	6	(5)	96.3						3.7	(6) 10 (9) 5
	7	(2)	100.0						-	
Diagnóstico cualitativo	8	(22)	88.0	(-2)	(-2)	0.5			1.5	(25) 2 (29) 2
	9	(66)	92.8	(-6)	(-6)	0.3			6.9	(68) 11 (86) 10 (60) 3 (65) 2
	10	(58)	96.5	(-5)	0.3	(5-)	-		3.2	(56) 9 (65) 3
Diagnóstico cuantitativo	11						(59) 91.8	(5)	8.2	(58) 20 (50) 3 (54) 3 (55) 2
	12						(12) 99.2	(1)	0.5	(2) 2
	13						(60) 96.5	(6)	1.5	(80) 5

TABLA 2.6. XXVIII.- Frecuencias de lecturas típicas y no típicas para las láminas individuales del test Colegio Médico de Tokyo obtenidas por observadores con deficiencias en su visión cromática (entre paréntesis se indican tales lecturas, habiendo eliminado las lecturas no típicas con una frecuencia de aparición igual a la unidad).

Clase	Láminas Nº de orden	Frecuencia de lecturas típicas										Frecuencia de e. no típicos	Lecturas alternativas y su frecuencia
		N	P	D	C	1*	2*	3*					
Detección I	1	(9) 3	(-) 40									16	(5) 8 (4) 3 (2) 2
	2	(5) 10	(-) 46									9	(6) 4 (8) 2
	3	(8) 3	(-) 46									16	(4) 3 (1) 2 (2) 2 (3) 2 (7) 2 (10) 2
	4	(2) 3	(-) 49									13	(7) 3 (0) 2 (4) 2
	5	(3) -	(-) 45									20	(5) 6 (4) 4 (6) 4 (8) 2
Detección II	6	(5) 48			(-) 3							14	(6) 6 (9) 4 (8) 3
	7	(2) 57			(-) 2							6	
Diagnóstico cualitativo	8	(22) 15	(-2) -	(2-) 32	(-) 2							16	(20) 6 (25) 2
	9	(66) 16	(-6) -	(6-) 16	(-) 4							29	(8-) 11 (60) 3 (68) 2 (86) 3 (-5) 2 (65) 2
	10	(55) 20	(-5) -	(5-) 27	(-) 3							15	(95) 4 (9-) 2 (50) 2
Diagnóstico cuantitativo	11					(59) 11	(5) 9	(-) 13				32	(58) 7 (9) 5 (6) 3 (50) 3 (99) 3 (56) 2 (94) 2
	12					(12) 15	(1) 10	(-) 23				17	(9) 3 (4) 2 (10) 2 (11) 2
	13					(60) 17	(6) 8	(-) 13				22	(8) 5 (80) 4 (9) 3 (0) 2 (61) 2

TABLA 2.6.XXXIX.- Valores de los índices de eficiencia (1) y (2) para las láminas del test Colegio Médico de Tokyo.

Láminas		Índice de eficiencia			
Clase	Nº. de orden	I.E.(1)	I.E.(2)	I.E.(1)	I.E.(2)
Detección I	1	0.57	2.45		
	2	1.82	1.10		
	3	0.33	2.30	1.00	3.40
	4	1.76	2.61		
	5	0.50	8.54		
Detección II	6	37.59	2.81		
	7	101.00	5.36	69.29	4.08
Diagnóstico cualitativo	8	25.89	0.35		
	9	19.35	0.13	24.40	0.24
	10	27.95	0.23		
Diagnóstico cuantitativo	11	21.75	4.96		
	12	48.75	8.95	39.13	7.12
	13	46.90	7.44		

TABLA 2.6.XL.- Números de orden de eficiencia parciales y globales de las láminas del test Colegio Médico de Tokyo.

Láminas		Números de orden de eficiencia		
Clase	Nº de orden	I.E.(1)	I.E.(2)	Global
Detección I	1	11º	8º	8º
	2	9º	10º	8º
	3	13º	9º	10º
	4	10º	7º	7º
	5	12º	2º	6º
Detección II	6	4º	6º	4º
	7	1º	4º	2º
Diagnóstico cualitativo	8	6º	11º	7º
	9	8º	13º	9º
	10	5º	12º	7º
Diagnóstico cuantitativo	11	7º	5º	5º
	12	2º	1º	1º
	13	3º	3º	3º

TABLA 2.6.XLI.- Clasificación adoptada para las posibles lecturas realizadas sobre las láminas Ulloa.

		Lecturas			
		Lecturas Típicas			E. no Típicos
		Errores Típicos			
Observador	Normal (N)	Anómalo	Protan(P)	Deutan(D)	
		Rojo-Verde (ARV)			

TABLA 2.6.XLII.- Distribución de frecuencias de individuos normales al color (N = 404) en función del número de errores típicos, no típicos y totales cometidos en la lectura del test Ulloa.

Número de errores	Frecuencia de individuos que cometen errores		
	Típicos	No Típicos	Totales
0	259	63	52
1	133	83	66
2	12	146	112
3	-	85	104
4	-	24	53
5	-	3	15
6	-	-	2
7	-	-	-
8	-	-	-

TABLA 2.6.XLIII.- Distribución de frecuencias de individuos defectivos al color (N = 65) en función del número de errores típicos, no típicos y totales cometidos en la lectura del test Ulloa.

Número de errores	Frecuencia de individuos que cometen errores		
	Típicos	No Típicos	Totales
0	-	2	-
1	4	9	-
2	13	12	-
3	22	18	1
4	14	14	4
5	7	6	10
6	3	3	10
7	2	1	32
8	-	-	8

TABLA 2.6.XLIV.- Porcentajes de lecturas típicas y no típicas (de estas últimas no se han registrado aquellas que presentan una frecuencia de aparición igual a la unidad) para las láminas individuales del test Ulloa producidas por observadores normales al color.

Láminas	Porcentaje de lecturas típicas				Porcentaje de errores no tip.	Número de lecturas alter.	Lecturas alternativas y su frecuencia	
	Clase	Nº de orden	N	ARV				N
Clasificación parcial	2	(-)	9.4	(65)	36.1	54.5	14	(66)133 (06)36 (6)18 (05)11 (5)7 (68)3 (86)3 (8)2 (85)2
	3	(-)	-	(5)	99.8	0.2	1	
Clasificación diferencial	4	(34)	87.4	(4)	-	12.6	1	(84)51
	5	(RZ)	63.6	(R)	-	32.9	14	(AZ)39 (BZ)36 (-)33 (82)11 (0Z)3 (DZ)2 (PZ)2
Detección	6	(CH)	37.2	(31)	0.2	62.4	26	(OH)93 (-)43 (O14)24 (O11)17 (O4)10 (6H)10 (O1)8 (64)8 (61)5 (H)4 (14)4 (614)4 (0)3 (611)3 (OM)2 (CM) 2 (4)2 (69)2 (13)4 (-)3 (18)3
	7	(3)	69.8	(8)	27.2	3.0	5	
	8	(8)	100.0	(2)	-	-	-	
	9	(-)	86.1	(16)	-	13.9	26	(24)7 (25)6 (26)6 (286)5 (29)3 (2)2 (22)2 (28)2 (245)2 (255)2 (265)2 (266)2 (284)2

TABLA 2.6.XLV.- Frecuencias de lecturas típicas y no típicas para las láminas individuales del test Ulloa producidas por observadores defectivos al color (no se han registrado las últimas lecturas cuya frecuencia de aparición es igual a la unidad).

Clase	Láminas Número de orden	Frecuencia de lecturas típicas				Frecuencia de e. no tip. lecturas alt.		Número de lecturas alt.	Lecturas alternativas y su frecuencia
		N	ARV	N Ó P	N Ó D				
Clasificación parcial	2		P (-)	D 53	(65)-	12	8	(66)4 (10)2	
	3		(-)	11	(5)59	5	3	(3)3	
Clasificación diferencial	4	(34)15	(4)-	(3)11		39	9	(-)22 (8)5 (84)4 (6)3	
	5	(RZ) 1	(R)-	(Z)23		41	10	(2)18 (-)9 (82)4 (7)2 (32)2 (82)2	
Detección	6	(CH) 1		(31)12		52	16	(-)15 (61)9 (01)5 (1)4 (21)2 (34)2 (37)2 (39)2 (51)2	
	7	(3)12	(8)39			14	7	(-)8	
	8	(8)30	(2)21			14	4	(-)8 (0)4	
	9	(-)45	(16) -			20	10	(25)6 (24)3 (1)2 (2)2 (26)2	

TABLA 2.6.XLVI.- Valores de los índices de eficiencia (1) y (2) para las láminas del test Ulloa.

Láminas		Índice de eficiencia			
Clase	Nº. de orden	I.E.(1)	I.E.(2)	I.E.(1)	I.E.(2)
Clasificación parcial	2	0.43	11.78		
	3	67.96	20.00	34.19	11.89
Clasificación diferencial	4	23.13	0.11		
	5	2.07	1.66	12.60	0.88
Detección	6	3.37	0.78		
	7	0.83	0.66		
	8	101.00	0.16	29.70	0.40
	9	13.62	0.004		

TABLA 2.6.XLVII.- Números de orden de eficiencia parciales y globales de las láminas del test Ulloa.

Láminas		Números de orden de eficiencia		
Clase	Nº. de orden	I.E.(1)	I.E.(2)	Global
Clasificación parcial	2	8º	2º	4º
	3	2º	1º	1º
Clasificación diferencial	4	3º	7º	4º
	5	6º	3º	3º
Detección	6	5º	4º	3º
	7	7º	5º	5º
	8	1º	6º	2º
	9	4º	8º	5º

TABLA 2.6.XLIX.- Comparación de diagnósticos entre los test ISHIHARA y CMT.

CMT \ ISHIHARA	Normal	Deutan				Protan				Superleve	Sin clasif.			
		1º	2º	3º	Sin	1º	2º	3º	Sin		1º	2º	3º	Sin
Normal		3			1					5				2
Deutan Leve														
Deutan Fuerte		3	5	10	2					1				2 2 1 1
Protan Leve														1
Protan Fuerte			2	4	1									1 1 1 4
Defectivo														
Rojo-Verde			1							2			1 1	
Sin clasificar			1	3	1									2

TABLA 2.6.L.- Comparación de diagnóstico entre los test ISHIHARA y Ulloa.

ISHIHARA \ ULLOA	Normal	Deutan	Protan	Sin clasif.
Normal	1	10		
Deutan Leve				
Deutan Fuerte		25		2
Protan Leve				
Protan Fuerte		14		1
Defectivo				
Rojo-Verde	1	3		1
Sin clasificar		4		3

TABLA 2.6.1 Comparación de diagnósticos entre los test CMT y Ulloa.

Ulloa \ CMT	Normal	Deutan				Protan				Super leve	Sin clas.
		1º	2º	3º	Sin	1º	2º	3º	Sin		
Normal		1									1
Deutan		5	8	15	5					7	16
Protan											
Sin clasifi			1	2						1	3

TABLA 2.6.1 Coeficientes de correlación de PEARSON entre las diferentes categorías de errores típicos, no típicos y totales correspondientes a los tests ISHIHARA, CMT y Ulloa, cometidos por observadores al color (el asterisco simple indica un nivel de significación $\alpha = 0.05$ y el asterisco doble un nivel de significación $\alpha = 0.01$).

Test	Errores	Test					
		ISHIHARA		CMT		ULLOA	
		Típ.	No T. Tot.	Típ.	No T. Tot.	Típ.	No T. Tot.
ISHIHARA	Típicos			0.106*	0.042	0.136**	0.038
	No típicos			0.144**	0.220**	0.096	0.267**
	Totales				0.268**		0.232**
CMT	Típicos					0.285**	0.173**
	No típicos					0.077	0.118*
	Totales						0.271**

TABLA 2.6.LIII.- Errores totales medios y su desviación típica estimada para los tests ISHIHARA y Ulloa en relación con las diferentes graduaciones de las deficiencias efectuadas por el test CMT.

Test CMT	Test ISHIHARA			Test Ulloa		
	N	X	σ_{n-1}	N	X	σ_{n-1}
1º	18	13.12	5.83	18	5.50	1.25
2º	12	20.54	2.33	12	6.92	0.51
3º	22	20.95	1.59	22	6.82	1.05

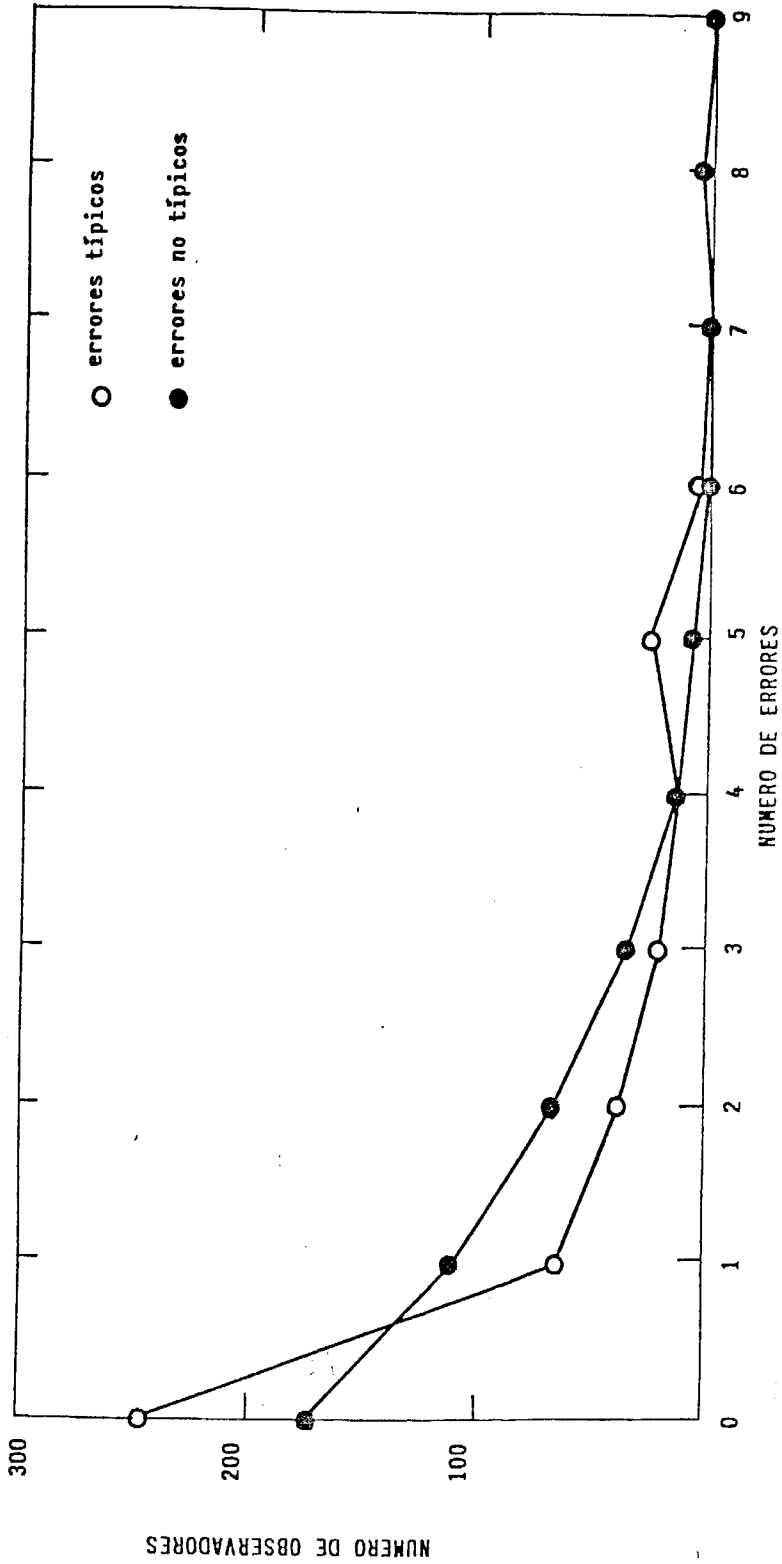


FIG.2.6.6. Polígonos de frecuencias de observadores normales al color en función del número de errores típicos y no típicos en que han incurrido sobre el test Colegio Médico de Tokyo.

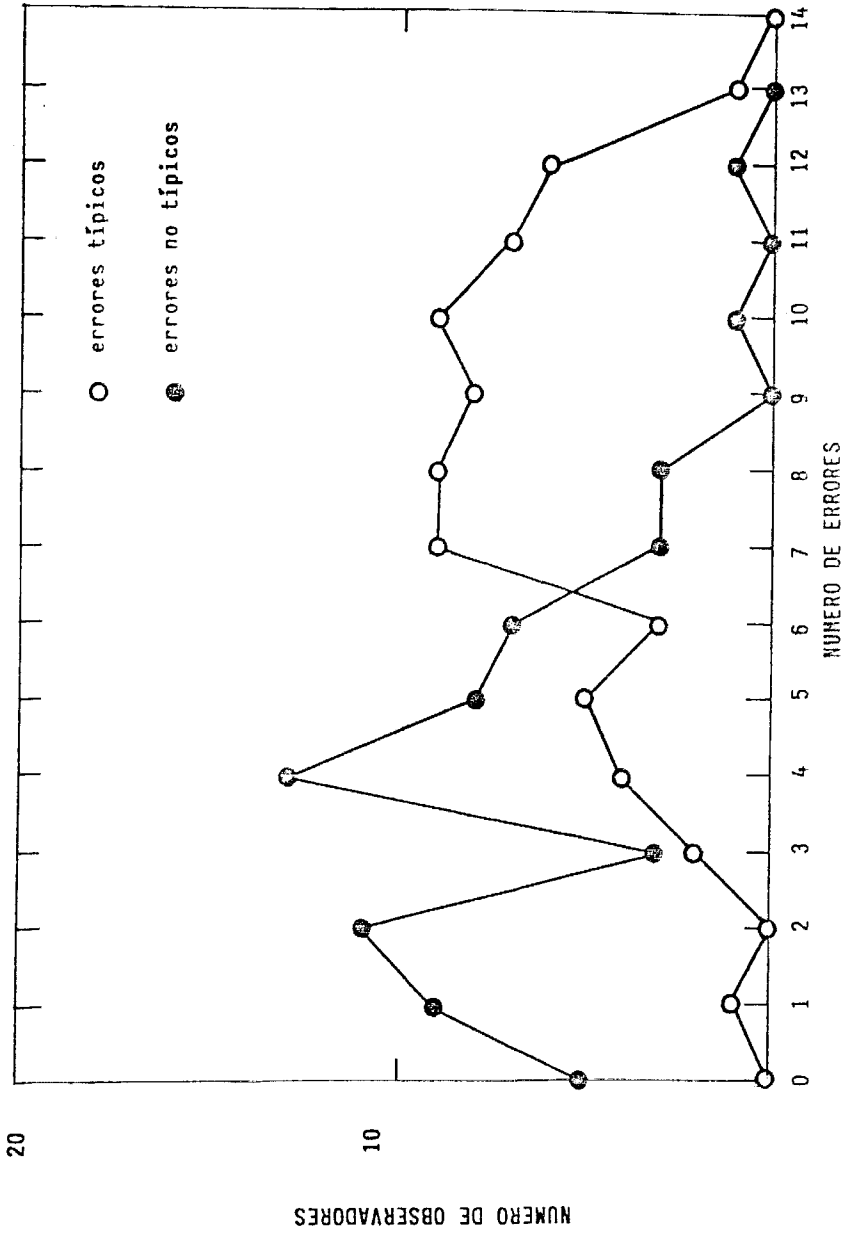


FIG.2.6.7. Polígonos de frecuencias de observadores defectivos al color en función del número de errores típicos y no típicos en que han incurrido sobre el test Colegio Médico de Tokyo.

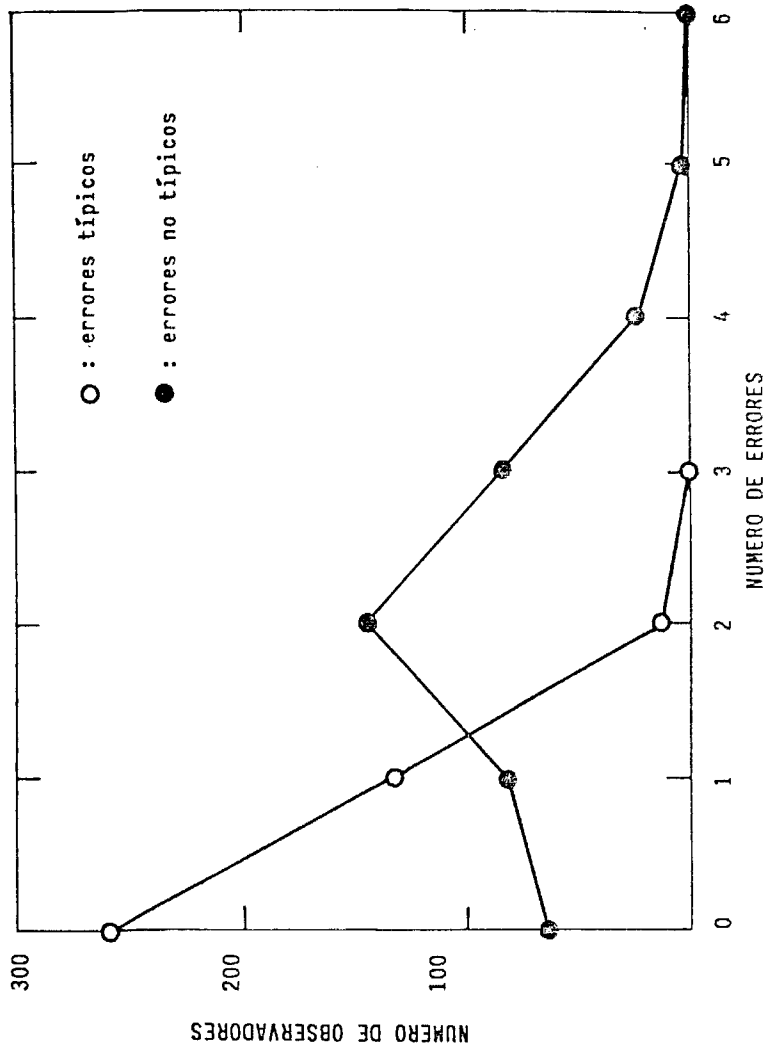


FIG.2.6.8. Polígonos de frecuencias de observadores normales al color en función del número de errores típicos y no típicos en que han incurrido sobre el test Ulloa.

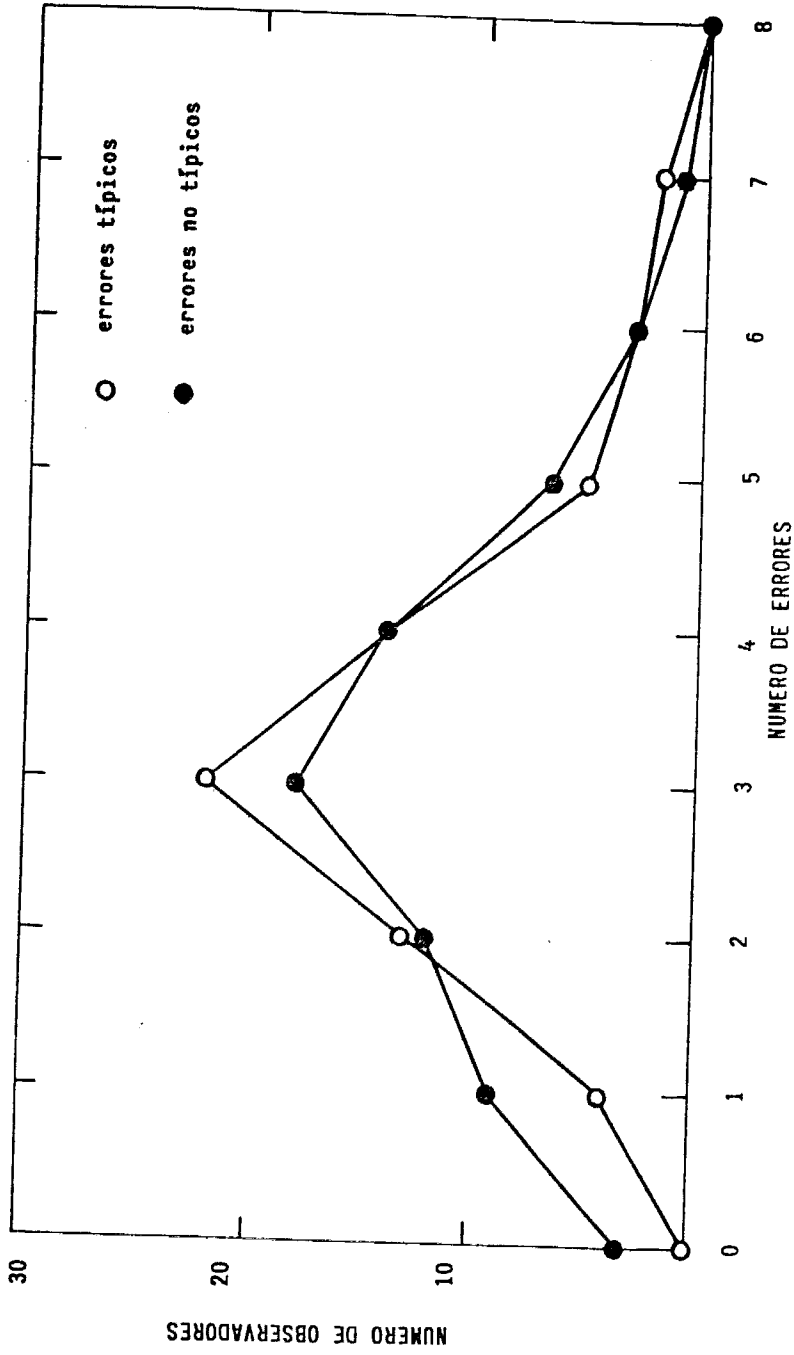


FIG.2.6.9. Polígonos de frecuencias del número de observadores defectivos al color en función del número de errores típicos y no típicos en que han incurrido sobre el test Ulloa.

2.6.4. Estudio de la posibilidad de detección y clasificación de las anomalías cromáticas mediante la reproducción fotográfica de los tests pseudoisocromáticos.-

(a) Las diapositivas del test ISHIHARA como método de detección y clasificación de las anomalías cromáticas.

El uso de diapositivas como medio de reproducción de un test de visión del color, tal como el ISHIHARA, viene impuesto (según se señaló anteriormente) por motivos de economía temporal y de personal en el proceso de examen de la percepción cromática de grandes muestras de individuos, como es el caso de nuestra investigación, e incluso para conseguir la menor interferencia posible en la marcha normal de los centros escolares donde se llevan a cabo tales pruebas, o en cualquier otro centro de trabajo. Estos objetivos justifican, de por sí tales procedimientos; no obstante, se hacía preciso desde un primer momento conocer con certeza su validez para nuestros propósitos de detección y clasificación de las anomalías cromáticas.

(i) Método experimental:

Para evaluar las variables últimamente enunciadas en la reproducción del test ISHIHARA, se utilizó un proyector de diapositivas con una lámpara halógena de iodo (24 V, 150 W) sobre la misma pantalla (luminancia = $1\ 370\ \text{cd.m}^{-2}$) y una película fotográfica "Agfachrome Professional, 100 A.S.A." que había mostrado comportarse eficazmente en experiencias de laboratorio con un reducido número de defectivos cromáticos.

Estas diapositivas fueron expuestas a dos grupos de observadores, uno compuesto por doce con visión del color anómala y otro por treinta y cuatro normales seleccionados al azar, según resultó de un estudio previo con las láminas ISHIHARA en lectura directa. En ambos casos los observadores eran alumnos del "Colegio Nacional de Prácticas" (Masculino), cursando entre tercer y octavo nivel de EGB y los segundos, cuarto nivel de EGB. El intervalo temporal que separó uno y otro examen de la

visión cromática (test directo y test diapositivado) fué aproximadamente de quince días y en el caso de la exposición de diapositivas se efectuó también en análogas condiciones de iluminación, suficiente sólo para que los observadores pudieran escribir sus anotaciones sobre la hoja de respuestas. El tiempo de exposición de cada diapositiva fué de tres segundos, cuidando entre tanto los examinadores de que no se produjesen miradas de los alumnos hacia las hojas de respuestas de los compañeros.

En otro orden de cosas y, una vez conocidos los datos referentes al uso del test diapositivado, se procedió a utilizarlo en la detección masiva de defectivos cromáticos en los colegios de la provincia de Granada relacionados en el próximo apartado (2.6.5) a lo largo de los cursos escolares 1981-1982 y 1982-1983, cuidando respetar las condiciones de examen fijadas en el párrafo anterior.

Este procedimiento permitió la detección de un total de 178 observadores defectivos a los que, mediante un ensayo posterior con el test ISHIHARA en uso directo les fue confirmada y clasificada tal deficiencia. Otros observadores que habían incurrido en cuatro o más errores sobre las láminas diapositivadas fueron descartados como defectivos; generalmente esta circunstancia tenía diversos orígenes, tales como haberse retrasado en la anotación de sus lecturas, ocupar algún lugar en el aula de difícil acceso visual a la pantalla, baja agudeza visual, no comprensión de las instrucciones, etc. Dichos observadores constituían por término medio la tercera parte de los observadores que eran remitidos, tras la corrección de su hoja de respuestas a las diapositivas, al segundo examen con el test ISHIHARA.

(ii) Resultados:

A las muestras iniciales de observadores normales y defectivos les fueron anotados los errores típicos, no típicos y totales cometidos en su identificación directa del test y de su

reproducción fotográfica, a fin de establecer su comparación relativa y, a su vez, los últimos fueron clasificados en el tipo de deficiencia que padecían. En la Tabla 2.6.LIV se representan los errores medios y su desviación típica para los observadores normales en los ensayos de la visión cromática con ambos métodos. Igualmente, la Tabla 2.6.LV muestra dichos parámetros para los observadores defectivos examinados; por otra parte, la Tabla 2.6.LVI expone los diagnósticos comparados de la visión cromática tal como pusieran de manifiesto los procedimientos experimentales referidos.

Por lo que respecta a la muestra de defectivos detectados por el método combinado: test diapositivado/test directo en el ensayo masivo de la visión del color, la Tabla 2.6.LVII recoge los porcentajes de diagnósticos producidos por el primer método en función de la clase de deficiencia evidenciada por el uso posterior del test ISHIMARA original.

(iii) Análisis de resultados:

En cuanto a la primera parte de la experiencia realizada cabe apreciar que, tanto para los observadores defectivos como para los normales, tiene lugar una estrecha semejanza entre los estadísticos determinados para los diferentes errores en que incurrieron cuando fueron examinados con ambos métodos, es decir, las láminas ISHIMARA directas y su reproducción en diapositivas. Sólo en el caso de los observadores normales, este segundo método genera un promedio de errores algo mayor que el primero. Esta analogía se mantiene de forma unánime en lo que respecta a la clasificación de las anomalías detectadas; tan sólo debe mencionarse que, en general, esta clasificación se logró de una forma más evidente en el caso del test directo ya que sus láminas de diagnóstico fueron más eficientes que las equivalentes de la versión diapositivada.

Como análisis de datos complementario, se han determinado los coeficientes de correlación entre errores para ambas clases de observadores. En el caso de los normales y para los errores no

típicos en los dos exámenes (en los típicos no hubo variación apreciable entre ellos y, por tanto, los errores totales manifiestan una correlación semejante a la de los errores no típicos), dicho coeficiente arrojó un valor de 0,284 (no significativo para los grados de libertad correspondientes). En los observadores defectivos, los valores obtenidos para la comparación entre errores típicos, no típicos y totales fueron, respectivamente, de: 0,776; 0,059; y 0,768, presentando el primero y el último un nivel de significación $\alpha = 0,01$, no siendo significativo el segundo.

Refiriéndonos ahora a la segunda parte de la experiencia, puede reseñarse una pobre capacidad de clasificación, por sí misma, de la versión diapositivada del test ISHIHARA en comparación con el test de uso directo, lo que se manifiesta de una forma más clara en el caso de las anomalías tipo protan.

El resultado más positivo de dicha versión sería la posibilidad de clasificar al 17,3 por ciento de los observadores "sin clasificar" con el test original y, por otra parte, los bajos porcentajes de clasificación contradictoria respecto a éste último. La aparente discrepancia entre esta pobreza de capacidad diagnosticadora y la encontrada en la experiencia anterior, sólo puede ser justificada en función de la introducción de variables, tanto psíquicas como físicas, perturbadoras del alumnado y de las condiciones idóneas de examen (como las utilizadas en el ensayo de los doce observadores defectivos previos), cuando debe efectuarse tal examen en aulas escolares de muy heterogéneas características materiales y humanas, tales como nivel de iluminación, distribución topográfica del alumnado en el aula, grado de atención, etc.

(b) Evaluación comparativa de diversas películas fotográficas.

(i) Método experimental:

En este estudio se han utilizado siete películas fotográficas

de uso extendido en el mercado actual, cuyas marcas comerciales así como las características de sensibilidad y siglas adoptadas para su referencia, se relacionan en la Tabla 2.6.LVIII. Junto a estos datos aparecen otros referidos a las condiciones de toma fotográfica, debiéndose añadir que ésta fue efectuada en todos los casos con luz natural difusa en una habitación orientada al norte y durante días de cielo despejado. Por último, cabe señalar que el proceso de revelado fue realizado por las propias casas comerciales responsables del mismo, a fin de que la evaluación de la eficiencia de dichas películas, en relación con la reproducción del test, se llevara a cabo en las circunstancias normales con las que podría enfrentarse el futuro examinador de la visión cromática mediante este procedimiento. La cámara fotográfica utilizada fue de la marca "Canon" modelo "AE-1" con un objetivo f 1,2/50 mm.

Una vez reproducido el test ISHIHARA (1979) con las diversas películas, se procedió a seleccionar un número de diez diapositivas de cada una de las marcas, correspondientes a otras tantas láminas cuyo índice de eficiencia había evidenciado ser superior al resto (Tabla 2.6.X), incluyendo a tal fin tres del grupo de transformación, otras tantas del grupo de confusión, y las cuatro de diagnóstico por lo relevante de tal función. De este modo, las diez láminas escogidas corresponden a los números de orden en el test ISHIHARA siguientes: 2, 3, 6, 10, 14, 15, 22, 23, 24, 25. Por lo tanto, el número total de diapositivas presentadas a los observadores fue de setenta para lo cual se distribuyeron al azar.

Se llevaron a cabo dos sesiones experimentales, una destinada a los observadores con visión cromática normal y otra para los defectivos. En ambos casos se utilizó el mismo proyector (marca "Agfa", modelo "Diamator"), equipado con una lámpara de halógeno (24 V/ 150 W) y proyectándose sobre la misma pantalla (luminancia = 1370 cd.m^{-2}) en sendas salas con unas condiciones de iluminación mínimas para poder cumplimentar la hoja de respuestas.

Las setenta diapositivas fueron pasadas de forma ininterrumpida a intervalos regulares de tres segundos. En todos los casos se cuidó de que los observadores no visualizaran las respuestas de su compañero y de que su orientación respecto a la pantalla fuese adecuada para la percepción de las láminas proyectadas.

Los observadores con visión cromática normal examinados constituyeron un total de treinta y ocho individuos de sexo masculino, cursando quinto nivel de EGB en el "Colegio Nacional de Prácticas". Su distribución de edades se muestra, junto con las de los observadores defectivos, en la Tabla 2.6.LIX. Estos últimos conformaban una muestra de treinta y siete varones cursando entre séptimo de EGB y primero de BUP en el colegio "Virgen de Gracia". Su distribución de frecuencias de anomalías, tal y como evidenció el test ISHIHARA (1979) original y según se adoptó, a partir de los diagnósticos dados por las otras tres ediciones del test ISHIHARA y los tests Panel D-15, estándar y desaturado (Tabla 2.6.XXVIII), aparece en la Tabla 2.6.LX.

(ii) Resultados:

En primer lugar se procedió a registrar las distintas lecturas efectuadas sobre el conjunto de láminas para las dos muestras de observadores, según los criterios de clasificación de aquellas en errores típicos y no típicos, ya adoptados previamente. En la Tabla 2.6.LXI se ha representado la distribución de frecuencias de estos errores y de los totales para cada marca de película en función del número de observadores normales que incurrieron en ellos. Esto mismo se muestra en la Tabla 2.6.LXII para el caso de los observadores con una percepción del color defectiva.

En la Tabla 2.6.LXIII aparecen los errores típicos, no típicos y totales promediados para los grupos de diez láminas que constituyen cada película analizada, así como sus desviaciones estimadas en las dos muestras de individuos (siendo su tamaño respectivo y, el límite máximo de lecturas de cualquier

signo, de treinta y ocho para los individuos con visión del color normal y de treinta y siete para los de visión del color defectiva).

(iii) Análisis de los resultados:

Atendiendo en primer lugar a la función detectora de las anomalías cromáticas por parte de los diferentes modelos de películas fotográficas aquí evaluadas, destaca la clara separación entre los errores medios obtenidos para la muestra de observadores normales y para la muestra de observadores defectivos (Tabla 2.6.LXIII). De hecho, y refiriéndose tan sólo a los errores totales, la película simbolizada por P100 presenta un promedio sobre las diez diapositivas y los treinta y ocho observadores de 1,20 que es el valor máximo obtenido en el conjunto de películas analizadas. Por otra parte, el mínimo valor para estos errores, en el caso de los treinta y siete observadores defectivos, se alcanza con la película E200P, es decir 29,10.

Si se trata de buscar el número de errores totales que, sobre las diez diapositivas que constituyen cada película analizada, puede resultar crítico para la separación entre los observadores según su visión del color, es preciso detenerse en los datos suministrados por las Tablas 2.6.LXI y 2.6.LXII.

Como puede observarse, en la primera de ellas, el número máximo de errores totales que cometió un observador normal en cualquiera de las películas, fue de dos errores (debe destacarse que ésto ocurrió fundamentalmente sobre un sólo observador de los treinta y ocho estudiados, el cual podría presentar alguna forma de "debilidad" cromática). Por el contrario, tal número de errores fue, al menos, de tres en su lectura por parte de los deficientes; en concreto: cuatro (ACT18), cinco (AP100), cinco (E64), cuatro (E200), cuatro (E200P), cinco (K64) y tres (P100), respectivamente, para las películas en el orden relacionado en las tablas.

En la función de clasificación de las anomalías cromáticas, han sido analizadas las cuatro láminas de cada película destinadas a tal fin. Para ello se hizo uso del criterio empleado hasta ahora, consistente en considerar que cada película produce una clasificación del defecto en protan o deutan cuando, al menos, una de estas láminas lo clasifica como tal y, en el caso de que otra lámina produzca una lectura propia de la otra clase de deficiencia, se considera que el defectivo padece aquella que manifiesta un mayor número de lecturas características. Para concretar los resultados sólo se han tenido en cuenta las deficiencias protan, deutan o sin clasificar; así la Tabla 2.6.LXIV representa las distribuciones de frecuencias de las anomalías según proporcionó cada película fotográfica y las Tablas 2.6.LXV, 2.6.LXVI y 2.6.LXVII las especifican comparándolas entre sí y en relación con las producidas por el test original y las adoptadas con ayuda del resto de pruebas de visión del color utilizadas.

Esta última Tabla permite discernir las películas que mejor verifican la función de diagnóstico de las anomalías cromáticas. Si, por ejemplo, se opta por sumar los diagnósticos coincidentes entre cada película y los tests directos y restarles los discrepantes (frecuencias simbolizadas en esta Tabla, respectivamente, por uno y dos asteriscos), obtendríamos: cuarenta y nueve (ACT10), cincuenta y cinco (AP100), cuarenta y ocho (E64), cuarenta y cinco (E200), treinta y cinco (E200P), cincuenta y cinco (K64) y cuarenta y nueve (P100). Este criterio produce una ordenación de las películas, según su eficiencia de clasificación de las anomalías cromáticas, que puede concretarse siguiendo un orden decreciente de tal propiedad como sigue:

- 1º (AP100 y K64)
- 2º (ACT18 y P100)
- 3º (E64)
- 4º (E200)
- 5º (E200P)

TABLA 2.6.LIV.- Errores medios y desviación típica para los observadores normales al color (N = 34) en su examen por el test ISHIHARA directo y por su reproducción mediante diapositivas (ET: errores típicos; ENT: errores no típicos; T: errores totales).

	Test directo			Test diapositivado		
	ET	ENT	T	ET	ENT	T
\bar{X}	0.000	0.529	0.529	0.059	1.118	1.176
σ	0.000	0.776	0.776	0.235	1.450	1.464

TABLA 2.6.LV.- Errores medios y desviación típica para los observadores defectivos al color (N = 12) en su examen por el test ISHIHARA directo y por su reproducción mediante diapositivas.

	Test directo			Test diapositivado		
	ET	ENT	T	ET	ENT	T
\bar{X}	13.2	5.5	18.7	13.4	5.6	19.0
σ	4.93	2.93	4.50	3.40	1.83	4.26

TABLA 2.6.LVI.- Comparación de diagnósticos de las anomalías cromáticas (N = 12) entre el test ISHIHARA directo y su reproducción mediante diapositivas.

Test directo	Test diapositivado		
	Deficiencia		
	Deutan (F)	Protan (F)	Sin clasificar
Deutan (F)	6		
Protan (F)		1	
Sin clasificar			5

TABLA 2.6.LVII.~ Clasificación de deficiencias cromáticas producidas por la versión diapositivada del test ISHIHARA en función de la clasificación posterior generada por el test directo (N = 178).

Test directo		Test diapositivado		
Deficiencia	N	Deficiencia	N	Porcentaje de clasificación
Deutan	87	Deutan	34	39.1
		Protan	3	3.4
		Sin clasificar	50	57.5
Protan	37	Deutan	1	2.7
		Protan	2	5.4
		Sin clasificar	34	91.9
Ciego	2	Ciego	2	100.0
Sin clasificar	52	Deutan	9	17.3
		Protan	1	1.9
		Sin clasificar	42	80.8

TABLA 2.6.LVIII.- Marcas y características de sensibilidad de las películas fotográficas analizadas así como variables de exposición fotográfica: apertura de diafragma, velocidad e iluminación de las láminas ISHIHARA en el momento de la toma fotográfica.

Marca y Siglas	Sensibilidad	Exposición		
		Apertura del diafragma	Velocidad obturador	Iluminación -lux-
Agfachrome CT18 -ACT18-	18 DIN	4	1/15	700
Agfachrome Prof. -AP100-	100 ASA	5.6	1/15	700
Ektachrome 64 -E 64-	64 ASA	4	1/15	800
Ektachrome 200 -E 200-	200 ASA	5.6	1/30	1 000
Ektachrome Prof. -E 200 P-	200 ASA	5.6	1/30	900
Kodachrome 64 -K 64-	64 ASA	4	1/15	700
Peruchrome 100 -P 100-	100 ASA	5.6	1/15	900

TABLA 2.6.LIX.- Distribución de edades de los observadores con visión del color normal y defectiva examinados con las diversas películas fotográficas del test ISHIHARA.

Observadores	Edad					
	9	10	11	12	13	14
Normales (N = 38)	2	26	8	2	-	-
Defectivos (N=37)	5	6	7	10	4	5

TABLA 2.6.LX.- Distribución de frecuencias de deficiencias cromáticas que padecen los observadores defectivos según el test ISHIHARA (1979) y según el resto de las ediciones de éste y los test Panel D-15 (conjunto).

Test	Deficiencia		
	Deutan	Protan	Sin clasificar
ISHIHARA (1979)	18	7	12
Conjunto	20	8	9

TABLA 2.6.LXIII.- Errores medios típicos, no típicos y totales y sus desviaciones estimadas cometidos sobre las diapositivas constituyentes de cada película analizada, para los observadores normales y defectivos al color.

Película	Observadores normales						Observadores defectivos					
	E. Típicos		E. no Típ.		E. Totales		E. Típicos		E. no Típ.		E. Totales	
	\bar{X}	σ_{n-1}	\bar{X}	σ_{n-1}	\bar{X}	σ_{n-1}	\bar{X}	σ_{n-1}	\bar{X}	σ_{n-1}	\bar{X}	σ_{n-1}
ACT18	0.40	0.52	0.30	0.67	0.70	0.67	22.30	6.02	7.90	5.70	30.20	4.10
AP100	0.10	0.31	0.20	0.42	0.30	0.48	21.10	7.35	10.00	6.09	31.10	4.25
E64	0.20	0.42	0.70	1.15	0.90	1.10	22.20	8.38	8.30	4.40	30.50	6.26
E200	0.20	0.42	0.40	0.52	0.60	0.70	22.40	9.58	8.00	5.35	30.40	6.64
E200P	0.20	0.42	0.40	0.84	0.60	0.84	21.80	8.61	7.30	5.33	29.10	6.69
K64	0.20	0.42	0.60	1.07	0.80	1.03	22.80	8.69	8.90	6.45	31.70	5.23
P100	0.40	0.52	0.80	2.20	1.20	2.10	23.00	6.85	8.30	7.24	30.20	4.10

TABLA 2.6.LXIV.- Clasificación de las deficiencias cromáticas del grupo de observadores defectivos por cada película analizada.

Deficiencia	Película						
	ACT 18	AP 100	E 64	E 200	E 200 P	K 64	P 100
Deutan	18	18	19	19	21	17	18
Protan	6	6	3	1	-	5	5
Sin clasificar	15	13	15	17	16	15	14

Tabla 2.2.2. Diagnósticos producidos por el test ISHIHARA (1979) original y el adoptado en función de la lectura en el resto de sus ediciones y de la respuesta a los test Panel D-15 (conjunto) en relación con los obtenidos a partir de los resultados correspondientes a las diferentes películas analizadas.

Observador	Diagnóstico									
	Conjunto					Película				
ISHIHARA -1979-	ACT 18	AP 100	E 64	F 200	E 200 P	K 64	P 100			
3	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan
4	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan
5	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan
6	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan
7	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan
10	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan
13	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan
15	Deutan	Sin clasificar	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan
18	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan
20	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan
24	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan
27	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan
29	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan
30	Deutan	Sin clasificar	Deutan	Sin clasificar	Sin clasificar	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan
31	Deutan	Deutan	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar	Deutan	Deutan	Sin clasificar	Sin clasificar
34	Deutan	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar	Deutan
36	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Sin clasificar	Sin clasificar
37	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan
1	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan
8	Sin clasificar	Deutan	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar
2	Protan	Deutan	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar
	Protan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan	Deutan

(continua)

TABLA 2.6.LXVII.- Comparación de diagnósticos entre el test ISHIHARA (1979) y el conjunto de tests (resto de ediciones más los tests Panel D-15) en relación con los obtenidos con las diversas películas fotográficas estudiadas (el asterisco simple corresponde a la suma de las frecuencias de los diagnósticos coincidentes entre cada película y los tests, y el asterisco doble indica las frecuencias de diagnóstico discrepante-protan-deutan).

Película	Diagnóstico	Test					
		ISHIHARA -1979-			Conjunto		
		Deutan	Protan	S.C.	Deutan	Protan	S.C.
ACT 18	Deutan	15	1**	-	15	1**	-
	Protan	1**	3	3	1**	4	1
	Sin clas.	3	3	8	4	3	8
				26*			27*
AP 100	Deutan	16	2**	-	16	1**	1
	Protan	-	4	2	-	5	1
	Sin clas.	2	1	10	4	2	7
				30*			28*
E 64	Deutan	16	2**	1	16	1**	2
	Protan	-	1	2	-	2	1
	Sin clas.	2	4	9	4	5	6
				26*			25*
E 200	Deutan	15	2**	2	15	2**	2
	Protan	-	1	-	-	1	-
	Sin clas.	3	4	10	5	5	7
				26*			23*
E 200 P	Deutan	14	5**	2	14	5**	2
	Protan	-	-	-	-	-	-
	Sin clas.	4	2	10	6	3	7
				24*			21*
K 64	Deutan	16	1**	-	16	1**	-
	Protan	-	3	2	-	4	1
	Sin clas.	2	3	10	4	3	8
				29*			28*
P 100	Deutan	16	2**	-	16	1**	1
	Protan	-	2	3	-	3	2
	Sin clas.	2	3	9	4	4	6
				27*			25*

2.6.5. Frecuencia de las anomalías cromáticas medidas a través del test ISHIHARA.-

(a) Método experimental.

En la selección de individuos con una visión del color defectiva para los fines de la investigación que aquí se persiguen, se ha utilizado el método combinado: diapositivas del test ISHIHARA (1979) y el test original, cuyas condiciones de ejecución se han indicado con anterioridad.

La detección masiva de la visión cromática que aquí se describe se llevó a cabo a lo largo de los cursos lectivos: 1981-82 y 1982-83, para los alumnos cuyo centro escolar, sexo y edad se muestran en la Tabla 2.6.LXVIII.

(b) Resultados.

La Tabla 2.6.LXIX incluye los mismos datos anteriores pero referidos ahora a los defectivos cromáticos detectados, así como los porcentajes de aparición parciales y globales respecto a la muestra estudiada, estando determinados los primeros en función del centro al que pertenecen y de las diferentes edades de la muestra.

(c) Análisis de los resultados.

Tomando como referencia esta última Tabla, se pueden hacer diversas consideraciones:

(1) No se detecta una variación constante de los porcentajes de deficiencia con la edad, como parecía desprenderse de los trabajos de SMITH (1943) y SYNOLDS y PRONKO (1949) (ambos citados en SALVIA, 1969).

(2) Existe una apreciable diferencia de dichos porcentajes según los centros escolares de que se trate, oscilando entre un 3,1 por ciento y un 8,8 por ciento de defectivos.

(3) El porcentaje de mujeres defectivas puede ser obtenido por consideraciones genéticas a partir de la siguiente expresión teórica:

frecuencia relativa de mujeres defectivas = (frecuencia relativa de hombres defectivos)² - (frecuencia relativa de hombres con deficiencia protan) . (frecuencia relativa de hombres con deficiencia deutan)

(Ec. 2.6.14)

Sustituyendo los datos de la Tabla 2.6.LXIX y teniendo en cuenta que la Tabla 2.6.II había informado ya acerca de la relación entre las frecuencias de observadores protan y deutan encontradas (0,48), es posible deducir el valor de la expresión anterior en nuestra experiencia de la forma siguiente:

frecuencia relativa de mujeres defectivas = $0,0533^2 - 0,017 \cdot 0,036 = 0,00223 = 0,223\%$

que se aproxima bastante bien a nuestro porcentaje empírico, 0,248.

TABLA 2.6. LXVIII.- Frecuencias de individuos normales al color de uno y otro sexo examinados en su visión cromática en función de la edad y del centro al que pertenecen (entre paréntesis se indican las frecuencias de individuos de sexo femenino).

Centro Escolar	Edad																Total	
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Varones	Hembras					
Fuentenueva	-	-	28(25)	56(36)	55(35)	63(26)	47(22)	39(25)	21(13)	5(2)	1	309						
El Doncel	-	-	13	17	27	34	33	32	23	5	1	185						
Reyes Católicos	-	-	(1)	(5)	-	(13)	(31)	(31)	(25)	(7)	-		(128)					
Primo de Rivera	7(22)	22(21)	34(21)	45(19)	14(11)	31(17)	29(25)	26(25)	26(15)	4(7)	-	192	(178)					
Ave María V.	-	-	5	21	17	23	33	35	38	19	5	192						
Ave María S.J.	-	-	22(13)	34(32)	31(31)	43(22)	36(9)	30(13)	22(12)	8(5)	-	226	(138)					
San Agustín	-	-	25(21)	40(27)	35(31)	43(20)	33(24)	34(33)	16(20)	4(3)	-	230	(179)					
C.N. de Prácticas	-	3(3)	32(29)	39(17)	39(37)	39(23)	39(30)	45(27)	10(13)	1(2)	-	244	(172)					
Gómez Moreno	-	-	21(19)	12(26)	22(14)	27(24)	28(15)	17(18)	11(5)	2(3)	-	135	(124)					
La Inmaculada	-	-	18(1)	17(10)	19(14)	24(13)	41(12)	26(24)	8(4)	(2)	-	153	(90)					
Virgen de Gracia	-	-	65	67	68	66	74	80	36	13	-	489						
Sierra Nevada	-	-	(2)	59(35)	68(29)	64(32)	53(34)	60(28)	27(12)	10(1)	1	415	(209)					
28 de Febrero	-	3(4)	59(28)	45(33)	30(23)	31(34)	42(35)	31(39)	5(16)	4(2)	(1)	250	(215)					
La Paz (Montefrío)	-	-	30(25)	60(53)	63(54)	57(52)	78(83)	73(54)	57(45)	30(19)	2(2)	450	(397)					
Total	7(22)	28(31)	412(239)	498(296)	487(279)	545(286)	565(319)	528(307)	284(186)	106(46)	10(3)	3470	(2014)					

N = 5484

Este estudio se realizó en el laboratorio de psicología de la Universidad de Chile, en Santiago, Chile, durante el mes de octubre de 1970. El experimento se realizó en un salón de clases con una capacidad de 20 personas. Se utilizó un cuestionario de personalidad tipo MMPI y un test de pseudoisocromáticos. Los datos se analizaron mediante el método de correlación de Pearson.

3. ESTUDIO DE ALGUNOS FACTORES RELACIONADOS CON LA UTILIZACION DE TESTS PSEUDOISOCROMATICOS

Este estudio se realizó con el propósito de determinar si existen relaciones entre algunos factores de personalidad y el uso de tests pseudoisocromáticos. Para ello se utilizó un cuestionario de personalidad tipo MMPI y un test de pseudoisocromáticos. Los datos se analizaron mediante el método de correlación de Pearson.

El estudio se realizó en el laboratorio de psicología de la Universidad de Chile, en Santiago, Chile, durante el mes de octubre de 1970. El experimento se realizó en un salón de clases con una capacidad de 20 personas. Se utilizó un cuestionario de personalidad tipo MMPI y un test de pseudoisocromáticos. Los datos se analizaron mediante el método de correlación de Pearson.

3.1. VISION DEL COLOR, SEXO Y EDAD. ESTUDIO EXPERIMENTAL.

3.1.1. Introducción.-

Desde que comenzaron a realizarse determinaciones masivas de la visión del color en grupos heterogéneos de individuos, pudo estudiarse de un modo sistemático la variación en las respuestas respecto al sexo y a la edad de los observadores probados.

Casi paralelamente a la constatación de este hecho, los investigadores hubieron de indagar en las causas que motivaban la evolución de la visión cromática con la edad. Esto se ha plasmado históricamente en la formulación de diversas hipótesis que han tratado de ser verificadas experimentalmente.

Los métodos de examen de la visión del color utilizados a tal fin han pertenecido a los grupos de tests ya enunciados, aunque también en otros casos se han medido las funciones de respuesta de los observadores, por lo que la presentación y tratamiento de los datos pueden requerir diversas interpretaciones.

3.1.2. Edad y visión del color.-

(a) *Métodos de detección.*

(i) Tests pseudoisocromáticos. La primera verificación empírica de la influencia de la edad sobre los resultados de un test de este tipo fue obtenida por TIFFIN (1942), quien en un total de 7 000 empleados industriales encontró una disminución progresiva de los porcentajes de sujetos que leían correctamente el test, a medida que la edad de aquellos crecía, para lo que el autor había considerado grupos de cinco años que abarcaban un intervalo de edad comprendido entre veinte y sesenta y cinco años. Sin embargo, BOICE (1948) y CHAPANIS (1950) (citados ambos en VERRIEST, 1962) no encontraron una correlación positiva entre los datos de estos tests y la edad; el primero analizó 236 sujetos entre veinte y cincuenta y nueve años a través de los tests de ISHIHARA y de la American Optical Company (1940), y el segundo lo hizo con 574 sujetos entre siete y setenta y siete años de edad con los tests ISHIHARA, BOSTROM-KUGELBERG, DVORINE,

Americal Optical Company y un test original del autor. Estos últimos datos hicieron pensar a VERRIEST (1962) que los tests pseudoisocromáticos eran demasiado imprecisos como para poder apreciar variaciones significativas con la edad de los observadores.

LAKOWSKI (1958) probó una muestra de 500 individuos (250 varones y 250 hembras) con edades entre cinco y noventa años de edad, agrupados en intervalos de diez años y de cinco años para los individuos más jóvenes, por medio de los tests ISHIHARA, DVORINE y las láminas de FARNSWORTH y WILLMER para los defectos amarillo-azul. Aunque sus resultados no fueron evaluados estadísticamente, los histogramas de frecuencias mostraban una menor incidencia de errores en el grupo de edad entre los veintiseis y treinta y cinco años, decreciendo hacia los extremos. Asimismo, el autor estudió una muestra de individuos anómalos que evidenciaron una gran variación en sus respuestas para los tests utilizados, pese a lo cual el intervalo de edad en que su percepción cromática mostraba mayor rendimiento estaba comprendido entre los once y los cincuenta y cinco años. Respecto a las láminas para la evaluación de los defectos tipo tritan, el mayor índice de respuestas correctas en los individuos con visión del color normal, correspondió al intervalo de edad entre los dieciseis y veinticinco años. El mismo LAKOWSKI (1965), refiriéndose exclusivamente a la legibilidad de las láminas ISHIHARA, mostró que el efecto de la edad era especialmente evidente en las láminas de dígito oculto.

THULINE y BUCKLEY (1964) en un ensayo masivo de la visión del color entre niños de edad escolar con láminas pseudoisocromáticas, no encontraron diferencias significativas en los porcentajes de deficientes cromáticos en el intervalo de edad considerado. Al contrario, SALVIA (1969) y SCHEIN y SALVIA (1969) detectaron una interacción muy significativa entre el nivel escolar y la proporción de ceguera al color entre una muestra de niños deficientes mentales.

(ii) Tests de ordenación. La puesta a punto del test FARNSWORTH-MUNSELL 100-Hue (1957) permitió cuantificar la discriminación cromática en el espectro visible y, por lo tanto, evaluar su variación con la edad. VERRIEST (1962) administró dicho test a un grupo de 480 sujetos con una percepción cromática normal y cuyas edades oscilaban entre los diez y sesenta y cuatro años, de los cuales 248 eran varones y 232 hembras, distribuidos en grupos de cinco años. Las conclusiones extraídas por el autor pueden enunciarse: (1) la discriminación cromática del tono era indiscutiblemente mejor en el caso de los jóvenes que en los niños o adultos; y (2) este empeoramiento afectó muy particularmente a la distinción de los tonos azul-verde y a los rojos (tendencia tritán).

LAKOWSKI (1974) investigó el efecto de la edad sobre los resultados (en puntuaciones de error) del test 100-Hue en el caso de defectivos rojo-verde de naturaleza congénita, encontrando una correlación muy significativa con respecto a la edad y, si bien las series de errores en sujetos de avanzada edad eran similares a las presentadas por los sujetos con deficiencias adquiridas, los contornos sobre la hoja de respuesta para los primeros observadores parecían mantener esencialmente su carácter deutan o protan, distinguiéndose así de los característicos de los deficientes de origen adquirido.

BARCA (1977; 1978) confirmó los datos de VERRIEST y estudió de forma particular las puntuaciones 100-Hue en individuos ancianos, entre cincuenta y ochenta y ocho años, encontrando un deterioro de su discriminación cromática especialmente acusado comparado con el de individuos más jóvenes.

(iii) Tests anomaloscópicos. LAKOWSKI (1958), usando el anomaloscopio PICKFORD-NICHOLSON, probó la visión cromática de sujetos normales y defectivos al color mediante las ecuaciones: rojo-verde, amarillo-azul y violeta-azul/verde, resultando

edad óptima para la discriminación en la primera ecuación comprendida entre veintiseis y treinta y cinco años (en individuos normales y anómalos), el intervalo entre diecinueve y veinticinco años lo fue para la segunda ecuación (en individuos normales y anómalos) y el intervalo entre once y veintiseis años para la tercera ecuación en individuos normales y veintiseis y treinta y cinco años para los deficientes.

WEST (1962), citando a diversos autores, destacó el desplazamiento sufrido por la ecuación RAYLEIGH hacia el rojo en sujetos de más de sesenta años.

YAMAMOTO y KATO (1977) han estudiado también las variaciones con la edad de la capacidad de discriminación al color sobre las ecuaciones del test PICKFORD-NICHOLSON, detectando un aumento con la edad variable según las ecuaciones utilizados los intervalos de edad considerados, lo que era también aplicable a la discriminación en la luminancia.

BLAND (1978) clasificó las variaciones temporales de la ecuación RAYLEIGH en: (1) longitudinales, es decir, las sufridas por un solo individuo en intervalos de tiempo más o menos largos, y (2) transversales, es decir, las sufridas por un grupo de individuos de diversas edades. Según el autor, las variaciones longitudinales parecen verse afectadas por las variaciones climatológicas, siendo en la primavera y el otoño cuando se producen unos cambios más rápidos. En su trabajo, BLAND analizó las dos variaciones temporales sobre la ecuación azul+verde = cian+amarillo en 167 individuos con visión cromática normal y cuyas edades oscilaban entre trece y ochenta años.

YAMAMOTO (1982) encontró una correlación curvilínea entre la medida del color medida por un anomaloscopio NAGEL y la edad en 102 sujetos (cuarenta y nueve mujeres y cincuenta y tres hombres) de edades comprendidas entre los once y setenta y cinco años.

años.

(iv) Otros tests. LAKOWSKI (1973) ha estudiado el efecto de la edad sobre los resultados del test de memoria del color de BURNHAM-CLARK-MUNSELL, obteniendo una correlación curvilínea entre ambas variables y concluyendo que el grupo de edad entre veinte y cuarenta años fue el que presentó un mejor rendimiento en la tarea requerida.

(v) Funciones de respuesta cromática. VERRIEST (1962) en la revisión bibliográfica efectuada en su trabajo destacó que las pruebas de umbrales diferenciales para el tono, la saturación y la luminancia muestran que dichos umbrales son mínimos para las edades comprendidas entre los veinte y treinta años, creciendo para los individuos con mayor y menor edad, lo que afecta especialmente a los tonos azul-verde, azul y violeta.

RUDDOCK (1965 a y b) midió las funciones colorimétricas: discriminación de tono, luminosidades relativas del estímulo de igualación y las coordenadas de cromaticidad de una longitud de onda espectral, sobre 400 observadores. Los resultados apenas pusieron de manifiesto un cambio con la edad del observador, que sólo parecía estar débilmente correlacionada con la discriminación de la longitud de onda. En la segunda parte de su trabajo evaluó el comportamiento de la función de eficiencia luminosa relativa de una serie de longitudes de onda preseleccionadas, la cual sí mostró una dependencia significativa respecto a la edad del individuo.

VERRIEST (1977) usó la técnica de los umbrales incrementales acromáticos para individuos comprendidos en tres grupos de edad, 10-15 años, 16-41 años y 60-76 años, obteniendo una variación de dichos umbrales con la edad muy significativa. Este mismo autor (1977) extendió este estudio a sujetos defectivos donde como conclusiones más destacables están el que los observadores protan y deutan mostraban una evolución con la edad muy diferente, semejándose la de los primeros a la variación

obtenida previamente con sujetos de visión cromática normal.

WARCA (1979) prestó su atención en la función de respuesta a la saturación que, según sus datos, sería máximamente sensible en el intervalo de edad entre los veinte y los treinta años deteriorándose progresivamente hacia la senectud.

(b) Hipótesis explicativas.

El conocimiento logrado a través de diversas investigaciones de las variaciones con la edad de la percepción cromática humana, ha conducido al enunciado de diversas hipótesis de índole fisiológica con el objeto de justificar tales cambios.

VERRIEST (1962) se hacía eco de la opinión de varios autores en el sentido de que el declive sufrido por la discriminación cromática hacia la edad senil de los individuos, se ha atribuido a un aumento de la concentración del pigmento amarillo macular, a una progresiva opacidad del cristalino o a una combinación de ambos efectos. Otros factores también podrían influir en tal fenómeno, como la miosis o contracción permanente de la pupila senil, con efectos similares. VERRIEST mencionó a su vez la posibilidad de simular este deterioro con filtros que absorbiesen longitudes de onda cortas.

LEOWSKI (1962) probó tres grupos de individuos con diversos tests de visión del color, un grupo comprendía personas con visión del color normal (entre cinco y noventa y cinco años), otro en el que simuló mediante filtros cambios de densidad en el cristalino y en la mácula y un tercer grupo de sujetos "afacos", es decir, que carecían de cristalino. Este estudio le llevó a enunciar diversas conclusiones: (1) la variación con la edad en el grupo normal podía explicarse por el aumento de la densidad óptica del cristalino junto con el incremento de la pigmentación macular, aunque existían algunas respuestas que no podían ser justificadas exclusivamente en tales términos; (2) en el grupo de simulación parte del declive sufrido por su discriminación cromática podía ser atribuido a cambios en la densidad del cristalino que debería afectar preferentemente a los colores

violetas del extremo espectral; y (3) algunos individuos afacos habían manifestado una mejoría de su visión cromática cuando les fué extirpado el cristalino, lo que podría interpretarse como una evidente influencia de éste sobre las variaciones con la edad de la discriminación de color.

VERRIEST (1963) utilizó tres filtros de diferente capacidad selectiva para longitudes de onda cortas sobre ojos de sujetos jóvenes normales al color, observando una disminución de la discriminación cromática parecida a la característica de individuos de edad avanzada y a la deficiencia congénita del tipo tritan. Este efecto provocado por tales filtros era más acusado que el que podría esperarse de la simple disminución de la iluminación retiniana.

RUDDOCK (1965 a y b) expuso la ausencia de conclusiones definitivas sobre este problema, puesta de manifiesto en los trabajos de VERRIEST y LAKOWSKI anteriormente citados. En la primera parte de su artículo, el autor al obtener las respuestas colorimétricas de observadores normales evitando la influencia de las variaciones pre-receptorales en la transmisión luminosa, como ya hemos referido, no encontró una variación significativa de la discriminación de longitudes de onda con la edad. En la segunda parte, al determinar otras funciones de respuesta cromática con respecto a la edad, sugirió pérdidas de luz en algún otro medio ocular, aparte del cristalino, aunque aquellas debieran ser débiles, excluyendo la posibilidad de que se produjeran cambios en el pigmento macular con la edad del individuo. Para RUDDOCK el fenómeno físico que llevaría implícito el envejecimiento del cristalino sería la dispersión de la luz y cuyas consecuencias más inmediatas serían la pérdida de agudeza visual y el deterioro en la calidad de la imagen.

ONG (1976) centró su atención en la relación existente entre los datos obtenidos por VERRIEST (1962), utilizando el test 100-Hue con sujetos de diferentes edades, y la curva de desarrollo intelectual para el mismo intervalo de edad (entre

diez y sesenta y cuatro años), encontrando una correlación positiva significativa entre ambas variables.

VERRIEST (1977), en las conclusiones a su trabajo sobre los umbrales incrementales acromáticos en grupos de diferentes edades, separó los que tenían lugar en los niños y en los ancianos, ambos referidos a la visión cromática normal de los adultos.

Respecto a los primeros, su mayor sensibilidad en la periferia de la retina podría interpretarse como una evolución del cristalino que se va ensanchando a partir de la pubertad; en cuanto a su sensibilidad foveal disminuída, presumiblemente estaría relacionada con unos cambios postreceptores de sus mecanismos antagónicos (en el marco de la teoría de HERING) que serían más activos que en los adultos. Respecto a los adultos de edad avanzada, su baja sensibilidad en el área periférica de la retina sería consecuencia de los cambios producidos en el cristalino ya apuntados.

3.1.3. Estudio experimental: los tests pseudoisocromáticos como método de detección.-

(a) Introducción.

De los trabajos reseñados con anterioridad pueden extraerse algunas conclusiones referentes al papel de los tests pseudoisocromáticos como detectores de las variaciones, con la edad; de la visión cromática de los individuos examinados:

(1) Estos tests no parecen apreciar diferencias significativas en los grupos de edad que se extienden desde la juventud a la senectud.

(2) En la infancia y adolescencia existen frecuentes

dificultades de aplicación que podrían estar relacionadas con factores psicológicos ajenos a la propia visión del color de los sujetos probados.

(3) Los intervalos de edad comprendidos entre los cinco y quince años, aproximadamente, muestran peor discriminación que los correspondientes a jóvenes adultos.

Estos resultados nos han llevado a verificar el papel de los tests pseudoisocromáticos en su función de detección de posibles variaciones con la edad, tanto para individuos con visión del color normal como para los que padecen una visión cromática defectiva.

(b) Observadores con visión del color normal.

(i) Muestra examinada:

El grupo de observadores analizados constaba de 404 varones y hembras (ver Tabla 3.1.I) cursando entre tercero y octavo de E.G.B. en el "Colegio Nacional de Prácticas" de Granada. La muestra inicial constaba de 419 alumnos, pero quince de ellos fueron excluidos al presentar algún tipo de deficiencia cromática (PERALES e HITTA, 1983).

(ii) Método experimental:

Los sujetos fueron examinados con los tests: ISHIHARA, Colegio Médico de Tokyo (CMT) y Ulloa en las condiciones señaladas por sus manuales y bajo luz diurna, en una habitación orientada al norte, entre las horas 1,00 p.m. y 3,00 p.m. El orden de presentación fue, en todos los casos, el siguiente: (1º) Ulloa, (2º) ISHIHARA y (3º) CMT. Los errores detectados en la lectura de los tests fueron agrupados en errores típicos, no típicos y totales para cada individuo. Los datos así obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza respecto a la variable edad (programa BMDP-P7D, "Biomedical Computer Pro-

grams"-Universidad de California).

(iii) Resultados.

Las figuras 3.1.1, 3.1.2 y 3.1.3, muestran las distribuciones de frecuencias absolutas de errores típicos y no típicos medios (suma de errores dividida por el número de individuos de cada edad) por edades en cada test individual utilizado (hemos excluido las edades límite, siete y quince años, debido a la pequeña frecuencia de individuos con dichas edades). Las figuras 3.1.4 y 3.1.5 representan lo mismo para los errores típicos medios, no típicos medios y totales medios del conjunto de tests considerado como una batería de tests pseudoisocromáticos.

(iv) Análisis de los resultados:

Considerando cada test por separado se aprecia que, en general, existe una disminución de los errores típicos y no típicos medios con el incremento de la edad de los sujetos; esto se manifiesta de una forma más significativa en el caso de los errores típicos, lo cual se ve confirmado cuando dichos errores se representan globalmente para el conjunto de los tres tests. En cualquier caso, esta tendencia se mantiene cuando los errores representados se obtienen sumando los típicos y no típicos para conseguir los errores totales medios, según se deduce de los niveles de significación a partir de la prueba "F de SNEDECOR" representados en las lecturas de las figuras 3.1.1-3.1.5.

(c) Observadores con visión del color defectiva.

(i) Muestra examinada:

El grupo analizado estuvo compuesto por 225 sujetos, de los cuales cuatro eran de sexo femenino y el resto de sexo masculino (ver Tabla 3.1.III), cursando entre tercero y octavo de E.G.B. en diversos colegios de Granada y provincia que ya han sido descritos en otros apartados de este trabajo.

(ii) Método experimental:

Las respuestas dadas por los observadores al test de ISHIHARA (1979) fueron agrupadas, como en casos anteriores, en errores típicos, no típicos y totales y, posteriormente, contabilizadas en función de la edad de los individuos constituyentes de la muestra. Estos datos fueron analizados (en función de la edad de los individuos de la muestra), del mismo modo anterior, según un método de análisis de la varianza.

(iii) Resultados:

En las figuras 3.1.6 y 3.1.7 se han representado las distribuciones de frecuencias absolutas de errores medios típicos y no típicos, por una parte, y totales, por otra, respectivamente, en función de las edades de la muestra, eliminando las edades de seis, siete, quince y dieciseis años dada la baja frecuencia de individuos pertenecientes a ellas, quedando el tamaño de la muestra reducido a 213 individuos. Junto a las figuras aparecen los niveles de significación obtenidos del análisis de la varianza a partir del test de hipótesis "F de Snedecor".

(iv) Análisis de los resultados:

A primera vista, según muestran las figuras últimamente mencionadas, se deduce una evolución con la edad de los errores típicos y no típicos de distinta naturaleza. Los primeros evidencian una ligera disminución con el aumento de la edad y lo contrario ocurre con los errores no típicos. De la suma de ambas gráficas surge una evolución de los errores totales en un sentido creciente con la edad de los individuos con deficiencias en su visión cromática estudiados. No obstante, en ningún caso tales variaciones evidencian una significación estadística.

3.1.4. Sexo y visión del color.-

Las variaciones de la visión cromática respecto al sexo pueden concretarse en la diferencia de frecuencias de incidencia de las anomalías cromáticas entre varones y hembras; y respecto a los sujetos con una visión del color normal, en una hipotética y ligera modificación de dicha percepción en las mujeres heterocigóticas, que ha sido reiteradamente puesta en entredicho.

Para OUELLETTE (1955) no existían diferencias significativas entre la visión cromática del hombre y de la mujer. En cambio, SMITH (1943) opinaba, por el contrario, que tales diferencias tenían lugar aunque en un grado ligero y cambiando de signo respecto a la edad.

PICKFORD (1957) se refirió a la creencia generalizada de que la mujer goza de una percepción del color superior a la del hombre, gracias a la frecuencia que aquel suele realizar en el hogar y en el vestir, pero que no se correspondía con la realidad. Recientemente, TOMEI (1982), mediante el examen de individuos de ambos sexos con el anomaloscopio NAGEL, informó de los resultados de correlación entre la edad y las proporciones de errores de colores rojo y verde que diferían respecto a la muestra.

VERRIEST (1963), a través del test 100-Hue, ha estudiado esta variable en niños de uno y otro sexo, con edades comprendidas entre los seis y trece con una visión del color normal, obteniendo como conclusión que los chicos más jóvenes mostraron una realización significativamente mejor que las chicas.

En cuanto a las diferencias por sexo entre individuos defectivos del color, chocan con el obstáculo de la escasez de observadores de sexo femenino que permitan su comparación relativa con amplios grupos de observadores del otro sexo. VERRIEST (1963), al informar de los resultados deducidos de la

aplicación del anomaloscopio NAGEL y de una batería de tests, detectó que la protanomalia y la deuteranomalia afectaban de una forma más benigna a las mujeres que a los hombres.

3.1.5. Estudio experimental. Los tests pseudoisocromáticos como método de detección.-

(a) Muestra examinada y método experimental.

Hemos probado las hipótesis anteriormente enunciadas sobre las diferencias de visión cromática entre niños y niñas en edad escolar (Tabla 3.1.I) con percepción del color normal. Teniendo en cuenta que en el apartado previo se ha puesto de manifiesto la existencia de correlación entre los errores típicos y no típicos con la edad de los sujetos examinados, se hace preciso verificar su homogeneidad en cuanto a la variable edad antes de comparar la realización de los tests pseudoisocromáticos entre los grupos de uno y otro sexo. En la Tabla 3.1.III se ha representado el tamaño de las muestras de varones y hembras, sus edades medias y sus correspondientes desviaciones típicas. Al aplicar el estadístico "t de STUDENT" para la diferencia de medias en muestras normales y varianzas equivalentes, hemos obtenido un valor que no manifiesta significación estadística entre dichas medias ($\alpha = 0,10$). Por lo tanto, puede confirmarse la homogeneidad en cuanto a la variable edad entre los individuos de uno y otro sexo.

(b) Resultados.

La Tabla 3.1.IV muestra los errores típicos y no típicos medios para cada test y para su conjunto, en función del sexo de la muestra, así como el nivel de significación obtenido a través del test de hipótesis "F de Snedecor" en su análisis de la varianza.

(c) Análisis de los resultados.

Los datos recogidos en la Tabla 3.1.IV permiten hacer algunas consideraciones referentes a la respuesta de los individuos de uno y otro sexo tal y como se aprecia por los errores típicos y no típicos contabilizados. Si admitimos como cota inferior para el nivel de significación: $\alpha = 0,05$, las diferencias por sexo entre los errores típicos y no típicos presentan gran variabilidad en lo que concierne a los tipos de error y al test utilizado. Si tomamos en consideración los valores de los errores típicos y no típicos medios para el conjunto de los tests, los varones aventajan de un modo significativo a las hembras para la primera clase de error (aquellos cometen menos errores que éstas) y ocurre lo contrario para los errores no típicos, aunque en este último caso tal significación sea bastante menos acusada y careciendo de ella cuando la comparación se establece para los errores totales.

TABLA 3.1.I.- Edad y sexo de los individuos examinados con los tests ISHIHARA, CMT y Ulloa que muestran una visión del color normal.

Sexo	Edad									
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Varones (N=233)	3	31	38	36	35	37	45	7	1	
Hembras (N=171)	3	30	17	37	23	30	27	12	2	
Total (N=404)	6	51	55	73	58	67	72	19	3	

TABLA 3.1.II.- Distribución de edad de los individuos examinados con el test ISHIHARA que exhiben visión del color defectiva.

	Edad										
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Observadores (N=225)	2	1	24	27	35	42	36	35	14	8	1

TABLA 3.1.III.- Edades medias y desviación típica para los individuos de uno y otro sexo examinados con los tests ISHIHARA, CMT y Ulloa que muestran una visión del color normal.

Sexo	N	Edad	
		\bar{x}	σ
Varones	233	10.72	1.84
Hembras	171	10.91	1.89

TABLA 3.1.IV.- Distribución de errores típicos (ET), no típicos (ENT) y totales (E) medios por sexo de la muestra y nivel de significación (α) en su análisis de varianza para los tests de visión analizados.

	Test								
	ISHIHARA		C M T		Ulloa		Conjunto		
	ET	ENT	ET	ENT	ET	ENT	ET	ENT	E
\bar{X} (Varones)	0.094	1.077	0.717	1.155	0.386	1.833	1.159	4.069	5.189
\bar{X} (Hembras)	0.099	0.813	1.222	0.965	0.398	1.830	1.678	3.655	5.333
α	0.938	0.027	0.001	0.132	0.836	0.985	0.005	0.087	0.656

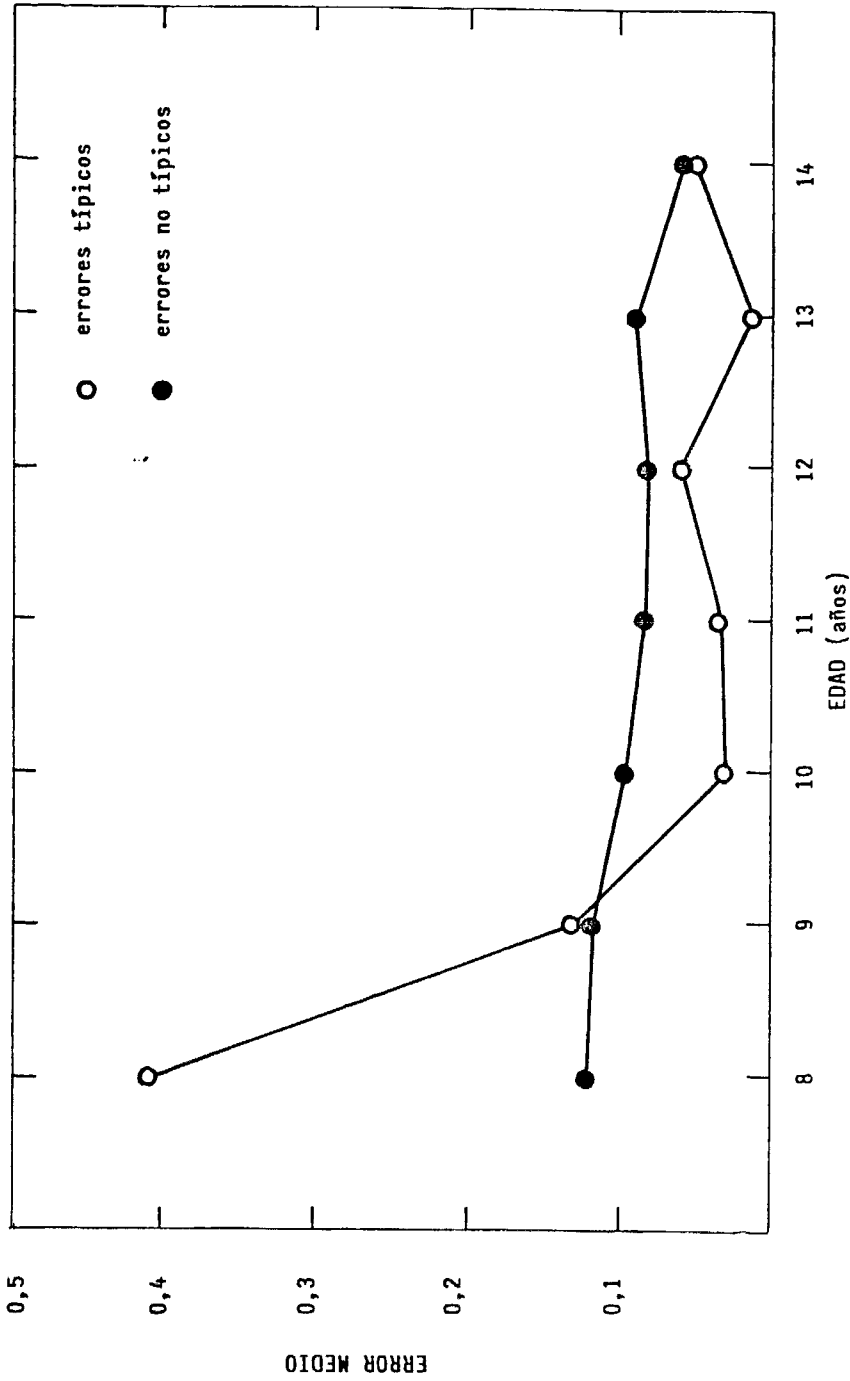


FIG.3.1.1. TestISHIHARA: variaciones de los errores típicos ($\alpha = 0,04$) y no típicos ($\alpha = 0,07$) medios con la edad de los observadores normales.

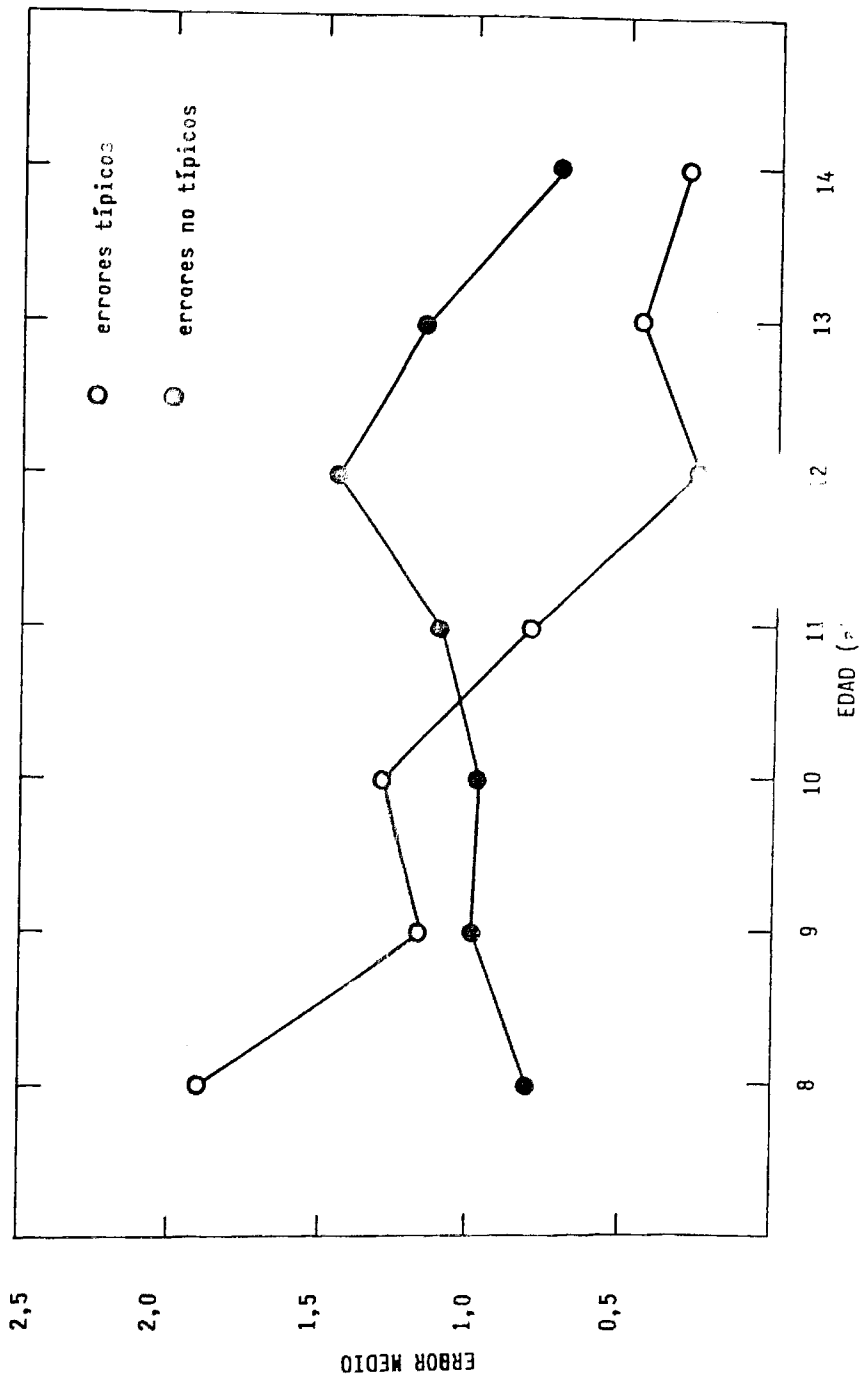


FIG.3.1.2. Test Colegio Médico de Tokyo: variaciones de los errores ($\alpha=0,00$) y no típicos ($\alpha=0,10$) medios con la edad de los observadores normales.

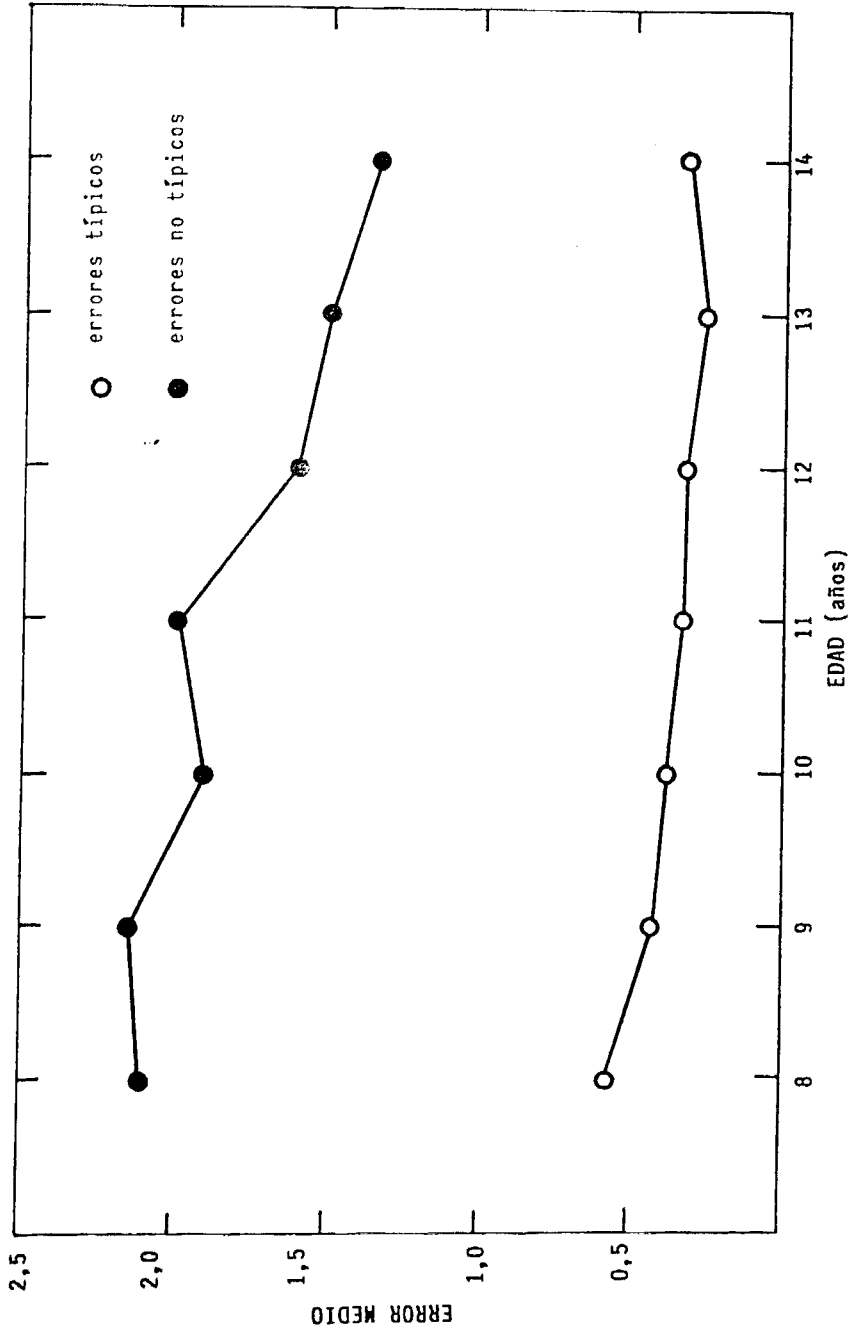


FIG.3.1.3. Test Ulloa: variaciones de los errores típicos ($\alpha = 0,00$) y no típicos ($\alpha = 0,04$) medios con la edad de los observadores normales.

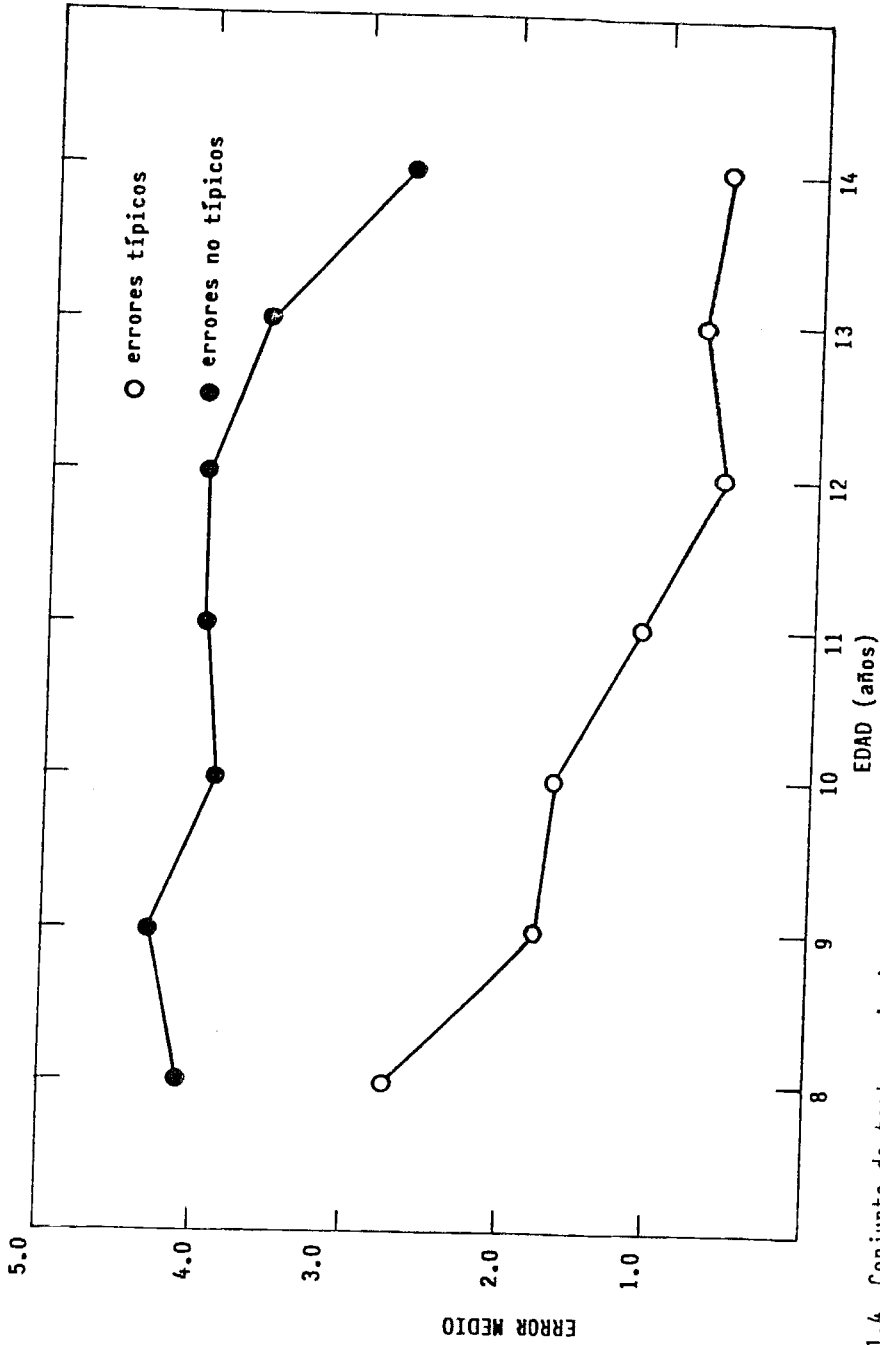


FIG. 3.1.4. Conjunto de test: variaciones de los errores típicos ($\alpha = 0.00$) y no típicos ($\alpha = 0.96$) medios con la edad de los observadores normales.

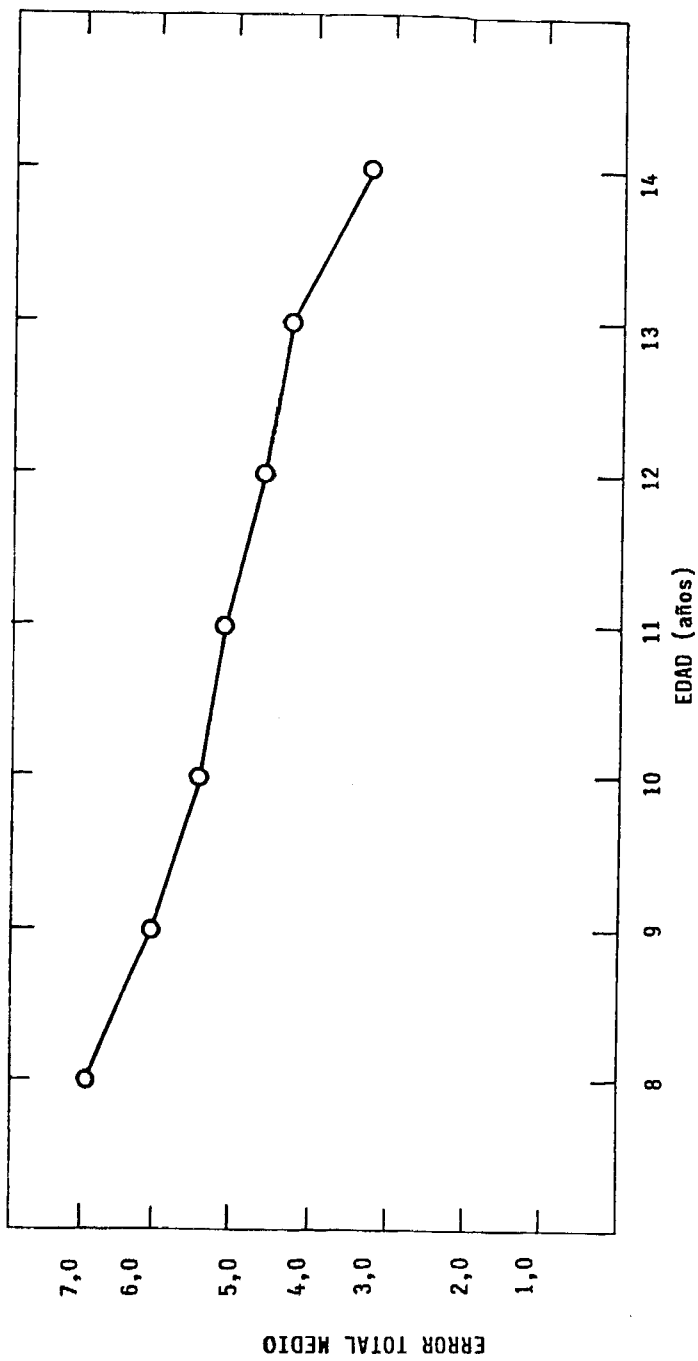


FIG.3.1.5. Conjunto de tests: variaciones de los errores totales medios ($\alpha = 0,00$) en función de la edad de los observadores normales.

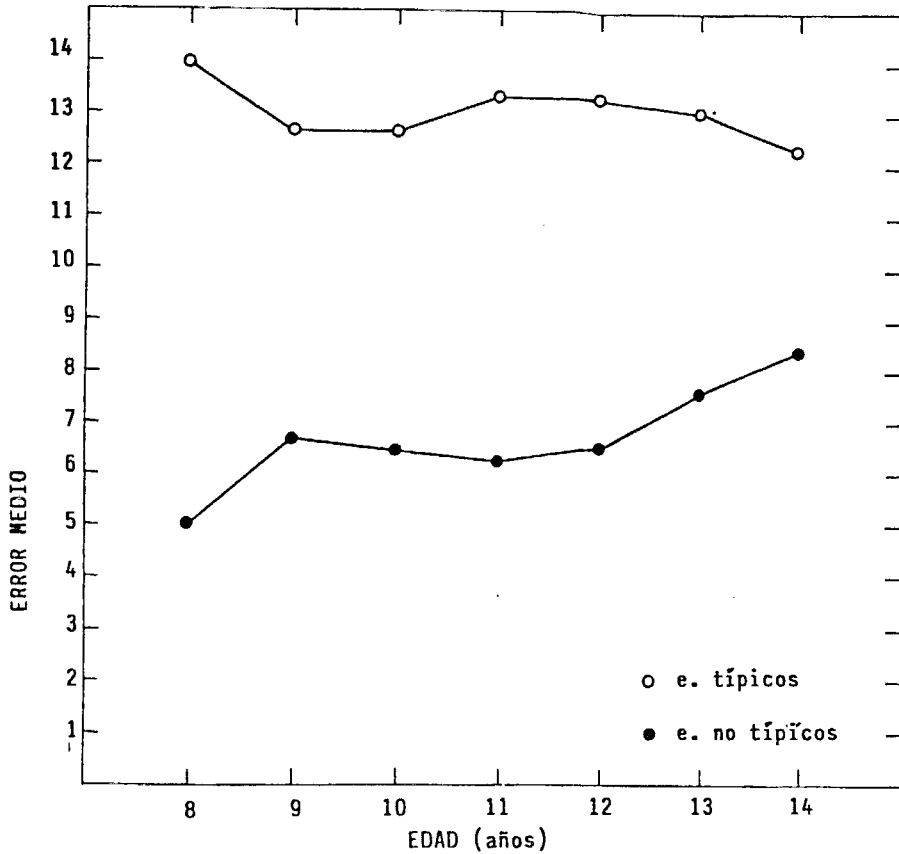


FIG.3.1.6. Test ISHIHARA: variaciones de los errores típicos ($\alpha > 0,05$) y no típicos ($\alpha > 0,05$) medios con la edad de los observadores defectivos.

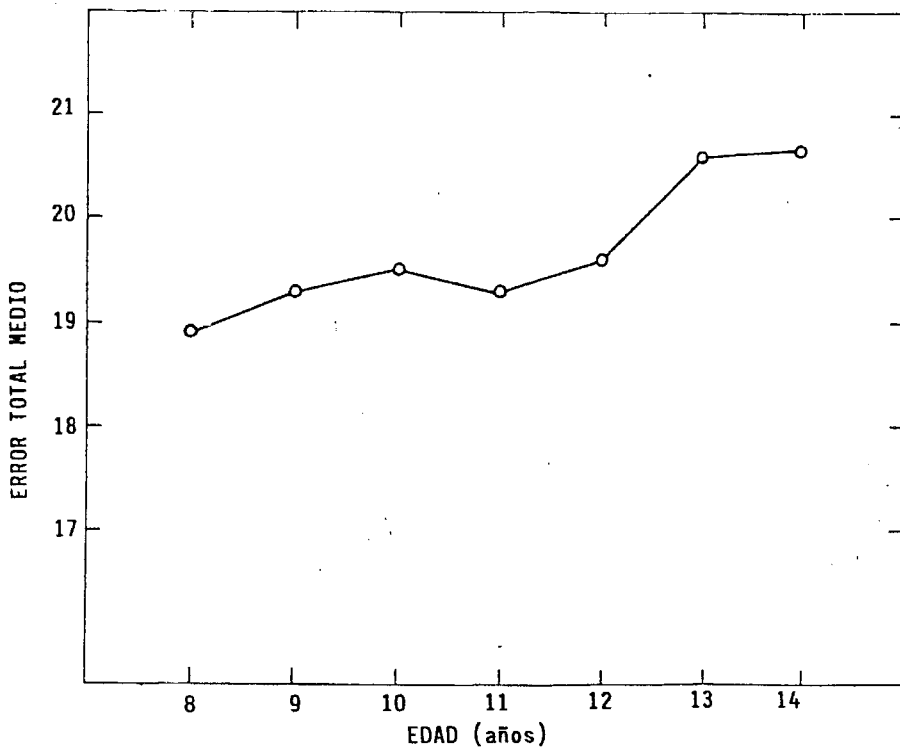


FIG.3.1.7. Test ISHIHARA: variaciones de los errores totales, ($\alpha > 0,05$) con la edad de los observadores defectivos.

3.2. VISION DEL COLOR Y ORIENTACION PROFESIONAL .ESTUDIO EXPERIMENTAL

3.2.1. Introducción. Antecedentes históricos.-

La detección de la anormalidad o normalidad de la visión cromática a una edad temprana se justifica, entre otros motivos, por la necesidad de una orientación adecuada en la vocación profesional de los individuos. El hecho probable de que un sujeto defectivo haya de reconducir sus perspectivas de empleo, en base a la incompatibilidad entre su anomalía y el desempeño correcto de las funciones implícitas a su elección, resultará tanto más traumático cuanto más retraso se produzca en su verificación. Un conocimiento previo de sus limitaciones sensitivas y la correspondiente labor de búsqueda de actividades alternativas por parte de los organismos competentes en la orientación vocacional, permitirán reducir el impacto que tal información puede causarle.

Es el propósito de esta sección revisar la labor investigadora desarrollada en este campo a nivel internacional, proporcionar información acerca de la situación actual de esta materia en España y proponer una serie de medidas que, en el marco de los distintos apartados de este trabajo, puedan concienciar a los organismos correspondientes en la necesidad de concentrar esfuerzos en este aspecto de la sanidad escolar.

WILSON (1855) fue el primer científico que consideró las implicaciones negativas que podría tener la visión del color

defectiva en las tareas que requerían la identificación de señales luminosas coloreadas (KISTNER, 1934), mencionando casos concretos en los que previsiblemente había sido ésta la causa de accidentes (TAYLOR, 1971). A esta información, el autor añade una serie de situaciones anecdóticas que evidencian las dificultades en las que un dicrómata puede verse sumido en la vida diaria (HURVICH, 1981).

En el año 1875, una colisión entre dos barcos sucedida en las costas de Virginia (U.S.A.) fue atribuída a la confusión de dos luces coloreadas por parte del capitán de uno de los barcos y que pudo comprobarse posteriormente que padecía daltonismo (MONTAUFFIER, 1958). Este caso y otros relacionados con la influencia de la visión cromática anormal en el tráfico son mencionados por EDRIDGEGREEN (1891). En la misma línea se sitúa el trabajo de NETTLESHIP (1913):

TIFFIN y KUHN (1942) llevaron a cabo un interesante trabajo con una muestra de 7 000 empleados en una industria metalúrgica, a los que clasificaron por su rendimiento laboral y tipo de oficio desempeñado. Sometidos a un test de visión del color (probablemente de tipo pseudoisocromático, pero lamentablemente sin especificar), llegaron a unas conclusiones que podrían resumirse en los siguientes puntos: (a) el grupo de empleados clasificados como mejores en la realización de su trabajo de taller, leía significativamente mejor el test de visión del color que los grupos restantes; y (b) de las siete categorías de empleos, los capataces y oficinistas eran los que mejor rendimiento presentaban en la prueba de su visión cromática. Los autores ofrecen explicaciones alternativas a estas dos interesantes conclusiones. Destacan asimismo la variación de la visión cromática con la edad, lo que debería ser tenido en cuenta a efectos del desempeño de funciones que requieran buena percepción del color en individuos de edad avanzada.

A partir de la década de los cuarenta y hasta nuestros días ha existido un interés creciente sobre las repercusiones de la

visión cromática anormal sobre diversas profesiones, pero quizás las que han merecido una mayor atención por parte de los investigadores hayan sido las actividades relacionadas con el transporte (marítimo, terrestre y aéreo) y la identificación de componentes electrónicos.

3.2.2. Requisitos de visión del color en diversas profesiones.-

(a) Aspectos generales.

Han sido multitud de profesiones las mencionadas por diversos autores como afectadas por las deficiencias cromáticas. Relacionaremos algunas de ellas a título ilustrativo en la Tabla 3.2.I., confeccionada a partir de diversas citas bibliográficas recogidas en esta investigación. Quizás la relación más completa de profesiones y de las aptitudes visuales adecuadas para su desempeño, haya sido publicada por VERRIEST y HERMANS (1975) recogiendo los datos aportados por especialistas en la materia de Bélgica y por tratados específicos. El importante papel que desempeña la visión del color puede ponerse de manifiesto diciendo que del conjunto de las casi mil profesiones relacionadas, alrededor del cincuenta por ciento precisan de observadores tricrómatas normales, aunque para algunas de ellas puede admitirse la presencia de deuteranómalos.

En el apartado 3.2.3. de esta sección profundizaremos en algunas de estas profesiones y en las tareas específicas que se ven afectadas por tal anomalía.

(b) Tráfico.

(i) Terrestre. HARDY et al. (1945), a partir de los datos de la función de eficiencia luminosa relativa, preveen que los protanopes serían más aptos para distinguir las luces de señalización roja, ámbar y verde que los deuteranopes ya que aquéllos verían el verde con mayor luminancia que los normales y el rojo más oscuro. Por el contrario, los protanopes estarían en peores condiciones para ver las luces rojas de frenado en conducción diurna. BALLY (1954, citado por PICKFORD, 1957) examinó a 1 000 chicos de escuelas primarias con tests

TABLA 3.2.I.- Relación de algunas profesiones que precisan de un sentido cromático normal.

Sector de Actividad	Profesión
Servicios	Conducción (terrestre, marítima y aérea); mecánica del automóvil; pintura industrial, fotografía; comercio textil; decoración; televisión; tapicería; restauración de muebles; filatelia; peletería; maquillaje...
Industria	Electrónica y electricidad; tipografía; manufacturación de papel; textil; pintura y tinte; metalurgia; química...
Agricultura y Pesca	Comercialización de productos agrícolas; jardinería; vinicultura; floristería; horticultura...
Liberal y Técnica	Pintura, arquitectura...
Administración	Histología, odontología, dermatología, análisis clínicos, química (volumetría), edafología, geografía, meteorología...
Fuerzas Armadas	Aviación, marina, artillería, policía...

pseudoisocromáticos y el anomaloscopio. De setenta y seis chicos defectivos, diecisiete no cometieron ninguna falta en el reconocimiento de señales de tráfico, cuarenta y cinco cometieron errores que no resultaban peligrosos y catorce sí incurrieron en este tipo de errores. PICKFORD (1959) puso de manifiesto la perturbación adicional que puede suponer para los defectivos al color el reconocimiento de señales de tráfico en condiciones meteorológicas adversas (bruma, niebla, lluvia intensa, etc.) y/o aquellos se encuentren bajos los efectos de intoxicación etílica. NORMAN (1960) destacó la ausencia de datos fiables que permitieran asegurar una incidencia de accidentes de tráfico superior en los observadores anómalos que en los normales, opinión corroborada por la Organización Mundial de la Salud (1956) y por la Asociación Médica Americana (1959). Este autor realizó un estudio experimental sobre un grupo de 149 conductores de autobuses urbanos londinenses que padecían daltonismo. Revisando su frecuencia de accidentes con respecto a la de un grupo de control de conductores con visión cromática normal, no encontró diferencias significativas entre ambos grupos, ni siquiera entre los conductores afectados por las anomalías de mayor severidad; asimismo resultó infructuosa la búsqueda en el tipo de accidentes como, por ejemplo, los resultantes de una identificación errónea de las señales de tráfico por parte de los defectivos. No obstante, este estudio se ve condicionado por el carácter profesional de los conductores y por el reducido tamaño de la muestra analizada. GRAMBERG-DANIELSEN (1961) encontró la misma proporción de accidentes entre un grupo de observadores cromáticos normales y otro de observadores cromáticos anormales, aunque cita casos de accidentes atribuidos primariamente a conductores protan que no vieron las luces rojas. HAGER (1961) revisó la visión de 1 761 conductores encontrando que, entre los que habían sufrido algún accidente de tráfico, existía una proporción de defectivos de un 8,1 por ciento y entre los que no los habían sufrido, había una proporción de defectivos de un 4,7 por ciento.

NATHAN et al. (1964) analizaron las especificaciones interna-

cionales sobre los colores utilizados en las luces de señalización y destacaron la variable, tiempo de reacción, como un medio adecuado de medir la respuesta de los observadores normales y anormales ante la visión de tales señales. Los autores concluyen que los observadores normales fueron significativamente más rápidos y cometieron menos errores en la identificación de las señales coloreadas que los defectivos, de los cuales los protanopes eran los más perjudicados en esta prueba; las medidas anomaloscópicas de los deficientes no mostraban correlación con dicha capacidad de respuesta, cosa que sí ocurría entre los tiempos de reacción y las ejecuciones erróneas. Por lo tanto, recomendaron la medida de los tiempos de reacción como la más conveniente en este tipo de tareas además de proporcionar algunas sugerencias sobre el uso de colores en las señales que ayudarían a su mejor identificación por los defectivos.

COLE y BROWN (1966) centraron su atención en la visión de las señales de tráfico sobre un cielo de alta luminancia, determinado la intensidad óptima de la señal roja para observadores normales y protanopes.

DREYER (1969) comentó lo desafortunado de haber elegido los colores rojo y verde como los elementos básicos para la señalización del tráfico, pero que se justificaría con las dificultades técnicas que impidieron el uso de señales azules. La combinación rojo-azul hubiera solventado el problema por dos razones básicas: (1) habría permitido su discriminación a los dicrómatas y (2) habría eludido el problema de la tritanopia foveal que se produce en la visión de los objetos de tamaño reducido, con un tratamiento adecuado de sus luminancias respectivas.

El Servicio de Salud Pública norteamericano preparó una monografía con el propósito de establecer una serie de recomendaciones acerca de los requisitos funcionales que debían satisfacer los aspirantes de la obtención del permiso de conducir. En ella se desaconsejaba la expedición de tal licencia

a los sujetos incapaces de distinguir entre sí las señales roja, verde y amarilla, en el caso de transporte de viajeros o de carga. En el caso de los conductores de vehículos privados no se exigiría tal condición excepto si su deficiencia estuviera asociada al deterioro de otras funciones visuales (LIGHT et al., 1970).

MARRE (1973) reclamó la necesidad de efectuar exámenes regulares en la visión del color para profesionales del transporte, en la busca de la existencia de deficiencias adquiridas que, por su especial etiología, poseen unas características variables con el tiempo.

PHILLIPS y KONDING (1975) justificaron la falta de datos concluyentes que permitieran asignar mayor proporción de accidentes a los observadores daltónicos, con las modificaciones introducidas en las especificaciones de color de las señales de tráfico que han producido una separación clara entre los colores rojo y ámbar, por una parte, y de aquellos con el verde por la adición de azul a ésta señal, por otra. En su trabajo estudió las tolerancias de color con que son observadas las señales de tráfico cuando se interponen diversos filtros como los usados en las gafas de sol.

VERRIEST y HERMANS (1975; 1981) destacaron las desventaja que, en la identificación de las señales rojas, sufren los observadores con deficiencias protan frente al resto; esto es debido a su pobre discriminación en tono y a la reducción de su función de luminosidad en esta región del espectro, lo cual perjudicaría a su vez a la percepción de las luces de frenado de los vehículos que circularan ante ellos. En general, los observadores anómalos precisarían fuentes luminosas de mayor tamaño (como últimamente se viene realizando en algunas señales rojas), de mayor luminancia o presentadas durante un tiempo más largo. Estos autores pusieron en entredicho los resultados obtenidos en el trabajo de HAGER (1961) -que es virtualmente el único que parece atribuir mayor porcentaje de accidentes entre

los individuos defectivos- en razón a lo reducido del tamaño de su muestra analizada y a la ausencia de información sobre la proporción de hombres y mujeres en cada grupo.

VERRIEST et al. (1979; NEUGAUER et al., 1978) han efectuado un extenso estudio en colaboración con el gobierno austríaco (que impedía el acceso al tráfico rodado a los protanopes) sobre la identificación en carretera de diversas señales de tráfico en condiciones diversas de iluminación y velocidad. En general, la identificación era peor para los deficientes que para los normales, sin embargo no existían distinciones claras en este comportamiento para las diversas clases de deficiencias. El análisis efectuado en la visión cromática de 2 058 conductores de la República Democrática Alemana produjo algunos resultados interesantes: (1) los protan intervinieron en una proporción significativamente mayor de accidentes contra vehículos que circulaban delante de ellos; (2) los deutan cometían relativamente más accidentes que los normales en los cruces provistos de luces de señalización, así como en los giros hacia la izquierda; mientras que esto no ocurría cuando los accidentes se producían contra vehículos que circulaban hacia ellos y en los giros hacia la derecha. Los protan incurrían en más accidentes en los firmes húmedos y deslizantes que los deutan, pero esto no ocurría frente a los conductores normales. Esta circunstancia se explicaría fácilmente en función del alargamiento relativo que se produce en el tiempo de frenado.

Como conclusión respecto a las implicaciones psicológicas de este estudio, los autores establecieron que los dicrómatas reconocían peor algunos objetos de la seguridad en carretera pero, sin embargo, no ocasionaban globalmente mayor número de accidentes que los normales, lo que podría justificarse por los mecanismos de compensación de otros sentidos en aras de atenuar el efecto de su deficiencia visual cromática (ver sección 3.3.). Las conclusiones de tipo práctico son resumidas en los siguientes puntos: (1) los defectivos en la visión del color no deben ser excluidos del tráfico rodado privado; (2) es útil que

conozca su defecto; (3) la señal de tráfico roja ha de ser mayor que las otras; (4) las luces de posición y de "stop" rojas de los vehículos deben ser suficientemente intensas y evitarse el uso de filtros que transmitan sólo el color rojo extremo.

(ii) Marítimo. Además del accidente marítimo acaecido en 1 875 y que ya ha sido reseñado, el naufragio de un paquebote francés en 1 953 ha sido también atribuido a la confusión del color verde con el blanco a causa de la bruma existente en el lugar (MONTAUFFIER et al., 1958). Para estos últimos autores, ambas catástrofes marítimas conducen a plantear el problema bajo una doble perspectiva: (1) necesidad de una selección rigurosa del personal encargado de los puestos de seguridad; y (2) determinación de las señales coloreadas que presentan el máximo de certeza de ser reconocidas en toda circunstancia. VERRIEST y HERMANS (1975) recogen la opinión de los especialistas en el sentido de que las deficiencias en la visión del color son mucho más peligrosas en la navegación fluvial o marítima que en el tráfico rodado.

KINNEY et al. (1979) llevaron a cabo un estudio experimental sobre reconocimiento de señales luminosas en situaciones prácticas con una muestra de observadores defectivos cuidadosamente diagnosticados y clasificados. Los resultados obtenidos pusieron de manifiesto unas diferencias individuales muy significativas en la ejecución de tales tareas que no pudieron ser justificadas como diferencias en la agudeza visual, experiencia, inteligencia y motivación.

(iii) Aéreo. DREYER (1969) resaltó el adelanto que supuso para la aviación la sustitución de la señalización óptica por la señalización a través de radio, aunque persiste el uso de luces coloreadas en los aeropuertos y en las cabinas de los aviones. VERRIEST y HERMANS (1975) insistían en este aspecto haciendo notar que el peligro de accidentes, por causa de una visión cromática anormal, es casi nulo en la navegación aérea profesional, a menos que se dé la circunstancia excepcional de

tener que utilizar señales coloreadas por ausencia de enlaces por radio. En cambio, este hecho resulta más frecuente entre los vuelos aficionados, cuyos pilotos debieran poseer, por lo tanto, un sentido cromático normal.

(c) Electrónica.

Las dificultades que puede suponer el uso de cables y componentes electrónicos (resistencias y condensadores) codificados en color, para su identificación por parte de observadores con una percepción anormal del color, han sido puestas de manifiesto en diversas ocasiones (HARDY et al., 1945; 1954). WALRAVEN y LEEBEEK (1960) en el reconocimiento de resistencias bajo diversos niveles de iluminación obtuvieron que, en niveles bajos la realización de los defectivos al color llegaba a ser equivalente a la de los observadores normales con un nivel de iluminación seis veces menor.

En esta misma línea de la visión del color en la electrónica se han desarrollado los trabajos de VOKE (1976; 1978 a y b). La comparación entre los colores especificados internacionalmente, BS 1852 (1967), y los usados por los fabricantes de componentes electrónicos, mostró importantes discrepancias lo que originaba confusiones de lectura para observadores normales y anómalos, que estaban significativamente correlacionadas con la distribución de sus coordenadas de cromaticidad en las zonas de confusión características de los últimos sujetos. Un estudio de los errores y los grados de deficiencia mostró un porcentaje de aquellos más elevado para los dicrómatas y menor para los tricrómatas anómalos; en los casos en que se esperaba confusión por parte de los defectivos en base a la identificación de las cromaticidades utilizadas y, sin embargo, aquella no tenía lugar, era debido a diferencias de luminancia en los colores utilizados. VOKE (1978 a) concluyó su trabajo recomendando un código internacional para resistencias y condensadores basado en colores que no son confundidos por los defectivos rojo-verde.

VERRIEST y UVIJLS (1979) resumieron las tres actividades

electrónicas que resultan incompatibles con una deficiencia en la visión de los colores: (1) la regulación visual de los flujos de los tres colores primarios en la reparación de un televisor; (2) distinción, denominación y emparejamiento de hilos eléctricos coloreados, esto no parece plantear graves problemas en los cables de los aparatos electrodomésticos (de colores marrón, azul, amarillo y verde), ni en los de radio y televisión y sí, en cambio, parece ocurrir ésto en los cables telefónicos, especialmente cuando los observadores son dicrómatas (VOKE, 1979); y (3) identificación de resistencias y condensadores con ayuda del código internacional de colores, tarea que se ve particularmente afectada por el reducido tamaño con que aquellos se fabrican en la actualidad. VERRIEST y UVIJLS llevaron a cabo su experiencia con componentes electrónicos de formato antiguo y nuevo; sus resultados mostraron que: (1) las resistencias nuevas son confundidas más frecuentemente que las antiguas por parte de los observadores defectivos; (2) los condensadores son identificados mejor que las resistencias; (3) los observadores protan son los que cometen más errores; y (4) no existe una mejora significativa en los resultados cuando se aumenta el nivel de iluminación. Como conclusión final señalaron a las profesiones de reparación de radio y televisión, como contraindicadas con personas con defectos en su visión cromática, salvo que aquellos sean extremadamente ligeros.

(d) Legislación.

Las normas legales sobre esta materia son, evidentemente, extensas tanto por la diversidad de países a los que afectan como por la variedad de profesiones implicadas. En general inciden sobre la concesión de permisos de conducir y la admisión en las Fuerzas Armadas. Por ejemplo, los requisitos médicos adoptados internacionalmente para el personal de aviación establecen que los poseedores de licencias "precisarán demostrar su capacidad para percibir fácilmente aquellos colores que son necesarios para la segura realización de su deber" (DREYER, 1969).

VERRIEST y HERMANS (1975) mencionaron algunos de tales requisitos en diversos organismos y destacaron la disparidad de criterios que, para una misma profesión establecen diferentes países e incluso las diferentes administraciones de un mismo país (ver "Official Colour Vision Requirements", publicado en Daltoniana: Apéndice B). Existe una tendencia general a rechazar a todos los deficientes en la navegación aérea y marítima, así como en la conducción de ferrocarril, siendo tales disposiciones más indulgentes cuando se trata del tráfico por carretera. Las disposiciones del gobierno belga pueden encontrarse en la referencia ultimamente mencionada (pp. 284-337).

(e) La detección de las deficiencias cromáticas.

La detección de las deficiencias cromáticas en los aspirantes a ocupar puestos de trabajo que requieren una visión cromática normal presenta una problemática específica, en parte distinta a la que persigue el diagnóstico clínico de tales anomalías. En este último caso el objetivo primordial es establecer un diagnóstico diferencial (deficiencias congénitas o adquiridas) y, a continuación, el tipo de anomalía (protan, deutan, tritan) y sus grados (simple, extremo, dicrómata). Sin embargo, en la orientación profesional sólo se pretende descubrir qué individuos se encuentran capacitados para desempeñar una tarea concreta con unas exigencias de percepción del color determinadas que, en ocasiones estarán correlacionadas negativamente con su deficiencia y en otras, no necesariamente. De aquí que en la actualidad se desarrollen y recomienden tests específicos que reproducen las situaciones prácticas en las que se va a desenvolver el futuro operario.

(f) El uso de tests en diversas profesiones.

La relación y descripción de los tests de visión del color de tipo profesional son dadas en la sección 2, correspondiente a los métodos de detección en general; no obstante, aquí trataremos someramente de las razones que aducen diversos autores para

su implantación en la orientación y selección laborales. En bastantes ocasiones, ha sido ésta la causa que ha impulsado la construcción de tests de visión del color (LAKOWSKI, 1968), como es el caso de las láminas ISHIHARA (1917) diseñadas para evitar la contratación de personal defectivo al color en los ferrocarriles japoneses (PICKFORD, 1950) o el del test dicotómico de FARNSWORTH-MUNSELL, B-20, (FRANSWORTH, 1943).

HARDY et al. (1945) asignaron dos funciones a los tests de detección de las deficiencias cromáticas: (1) para algunos propósitos, el test de detección simple es adecuado y su sencillez de operación e interpretación representa una ventaja; y (2) para propósitos tales como empleo industrial, guía vocacional, y de otra parte la adaptación al entorno del defectivo al color para servir mejor a sus necesidades estéticas y prácticas, es importante conocer el grado de anomalía que se presenta y la percepción de color existente.

JUDD (1954) advirtió que ha existido una tendencia a diseñar tests de visión del color para detectar también a observadores tricrómatas anómalos y excluirlos así de tareas que podrían haber ejecutado de forma satisfactoria.

MONTAUFFIER et al. (1958) destacaron el uso del test de linterna en la marina francesa (de BEYNE), norteamericana (de FARNSWORTH) e inglesa (GILLES-ARCHER). La marina francesa distribuyó a los aspirantes según su visión cromática en los grupos: (1) con un sentido cromático normal, lo que se traducía en no cometer error ninguno en el test ISHIHARA ni en la linterna de LE MEHAUTE (sustituída más tarde por la de BEYNE); (2) con un sentido cromático satisfactorio o sujetos que cometían algunos errores en el test ISHIHARA pero que reconocían perfectamente las luces coloreadas; y (3) daltonismo claro o sujetos que fallaban en el test ISHIHARA y en el reconocimiento de los colores de la linterna. El uso del anomaloscopio permitió clasificar en el grupo (2) a los deuteranómalos y en el grupo

(3) a los protanómalos y dicrómatas. Sin embargo, este instrumento no proporcionaba un índice de la aptitud de los individuos para la identificación de señales luminosas, recomendando los autores el uso de la linterna tipo BEYNE en estas tareas.

WALRAVEN y LEEBEEK (1960) encontraron las láminas AO H-R-R más adecuadas que las ISHIHARA en su relación con la identificación del código de color de resistencias eléctricas, por parte de individuos con visión del color anormal. DREYER (1969) rechazó el valor de las láminas pseudoisocromáticas como determinantes de las posibilidades, que un defectivo al color, puede poseer en tareas que requieren de una discriminación cromática. COPELLO y CHARA (1975) pusieron de manifiesto la desventaja de usar sólo las láminas ISHIHARA en la selección laboral, en base a que el aspirante podría aprenderlas de memoria, a su incapacidad para detectar defectos del tipo tritan y a la ambigüedad en su diagnóstico del grado de deficiencia.

TAYLOR (1974, 1977) consideró deseable que un test representase el trabajo en color que el aspirante debía realizar si era aceptado como, por ejemplo, sucede con el "FAA colour signal light gun" de las Fuerzas Aéreas norteamericanas y estableció algunos requisitos recomendables para un test de detección de tal naturaleza: (1) las condiciones del test deberían ser similares a las encontradas en los trabajos; (2) el test no tiene por qué indicar si la persona es o no ciega al color; (3) no debe permitir un proceso de puntuación para el examinado, sino sólo un "apto" o "no apto"; (4) si se requiere una medida objetiva, sus resultados deberán ser comparados con los obtenidos con una muestra de observadores normales; y (5) el efecto de la edad debería ser considerado.

VERRIEST y HERMANS (1975) hacían referencia al uso generalizado y casi exclusivo del test ISHIHARA en gran parte de la Europa Occidental, del test de STILLING-VELHAGEN en Alemania y del test de BOSTROM-KUGELBERG en los países Escandinavos (BOS-

TROM y KUGELBERG, 1947). Estos autores reiteraron las argumentaciones de COPELLO en contra de dicho test ISHIHARA, añadiendo la incertidumbre existente en la respuesta a algunas de sus láminas por parte de observadores normales. Recomendaron la selección y control del personal donde una correcta visión del color sea esencial, a través de la aplicación combinada de las pruebas: ISHIHARA, AO H-R-R, Panel D-15 y anomaloscopio; o con las pruebas 100-Hue y el "Color Aptitude Test". Para aquellos trabajos en los que una visión cromática normal sea preferible pero no esencial, aconsejaron el uso de tests profesionales o específicos. Para el desempeño de profesiones donde medie el transporte aconsejaron el uso de test de linterna donde se juzgan variables como el tamaño y el tiempo de presentación del estímulo. En otro trabajo, VERRIEST y UVIJLS (1977) reclamaron la medición de los umbrales de percepción cromática en situaciones prácticas de carretera para los conductores profesionales.

VOKE (1977) encontró adecuada una batería de seis tests de visión del color estándar en su función de predicción de aptitudes en el trabajo industrial sobre el color.

KINNEY (1979) resumió los trabajos realizados por diversos autores sobre este tema afirmando que "los intentos para correlacionar los resultados de una tarea de color específica con las puntuaciones o clasificaciones obtenidas en diversos tests de visión del color, se han visto frecuentemente frustrados". Este punto de vista es confirmado en su trabajo donde recomendó el uso de la linterna de FARNSWORTH como el mecanismo más útil para predecir el comportamiento de los individuos en la identificación de señales luminosas en el mar. VERRIEST y UVIJLS (1979) se reafirmaron en una adecuada correspondencia entre los datos proporcionados entre los tests AO H-R-R y PANEL D-15 y los errores cometidos en la identificación de resistencias eléctricas codificadas en color.

FLETCHER (1981) en su trabajo monográfico dedicado a los tests de linterna, defendió una utilización más frecuente y

correcta de dichos tests y mencionó que la linterna de EDWARDS-GREEN (1891, 1933) sigue utilizándose en bastantes marinas de guerra y en compañías de ferrocarril.

COLEBRANDER y ADAMS (1982), al informar sobre una encuesta acerca de las distintas ocupaciones que requieren el uso del color, establecieron la necesidad de que un test vocacional óptimo debiera probar la respuesta del observador a todo el rango espectral. Para los autores el test Panel D-15 respondía satisfactoriamente como prueba de visión del color para trabajos que incluyen la realización de tareas sensibles al color (por ejemplo, trabajos de laboratorio). En otras ocupaciones, donde las igualaciones de color precisas sean críticas (por ejemplo, la impresión de color y el trabajo textil), debería adoptarse algún test que detectase igualmente las deficiencias menores en la percepción del color.

(g) La detección para propósitos de orientación profesional.

Ya hemos establecido la necesidad de una detección precoz de las deficiencias cromáticas en los individuos, que permita una adecuada reconducción de sus expectativas vocacionales para aquellos defectivos que manifestaran deseos de ejercer profesiones incompatibles, total o parcialmente, con tal anomalía. En este mismo sentido se han pronunciado diversos autores.

LAKOWSKI (1965) estableció que la edad adecuada para los propósitos de diagnóstico de la visión cromática debería estar comprendida entre los catorce y los dieciseis años. Para los propósitos de guía vocacional debería también contarse con los conocimientos y exigencias del empresario sobre este tipo de aptitudes. También deberían ser tenidas en cuenta otras circunstancias, tales como la variación de la visión cromática con la edad y la posibilidad de adquirir dichas deficiencias.

En un interesante artículo, TAYLOR (1971, 1977) probó la visión del color de unos 20 000 niños escoceses a lo largo de

diversas promociones, seleccionando a los que padecían algún tipo de deficiencia y encuestándoles sobre su interés profesional futuro. Las actividades elegidas por estos niños fueron posteriormente clasificadas en válidas o inadecuadas para tales defectivos mediante tres grados (obstáculo menor, mayor y completo). TAYLOR destacó que el consejo que debería dársele a estos niños anómalos debería recoger las siguientes puntualizaciones: (1) el efecto de la anomalía sobre la escolarización; (2) el efecto durante el periodo de formación; (3) el efecto sobre la realización de la tarea actual; y (4) el factor de seguridad (conducción de automóvil o navegación en la oscuridad). Este autor (1971) abogó por un sentido de prudencia en dichas labores de consejo en la medida de que, excepto en las situaciones extremas de incompatibilidad entre el defecto y el empleo a desempeñar, no existe evidencia de fracaso por parte de los daltónicos. No obstante, el defecto debería ser comunicado al niño y a sus padres, así como los problemas que le puede plantear la actividad elegida y las posibles alternativas a dicha elección. Por último, el autor destacó que sólo un tercio de las elecciones de profesión efectuadas por los deficientes fueron consideradas adecuadas.

OLSON (1971), tras haber hecho uso de filtros de color con estudiantes de Medicina para mejorar sus rendimientos en las prácticas de Histología, recomendó la necesidad de examinar la visión del color de los estudiantes que accedían a tales centros con el fin de proporcionarles la asistencia antes reseñada.

HEATH (1974) defendió igualmente la conveniencia de informar al chico(a) de su defecto y aconsejarle en sus aspiraciones profesionales tanto como de los problemas que dicho defecto pueden plantearle en la vida diaria.

VERRIEST y HERMANS (1975) consideraron que los dos momentos claves de la vida del individuo en que debería ser probada su percepción del color serían, uno en la transición de la enseñanza primaria a la secundaria y otro en la etapa de la

admisión en el puesto de trabajo (una tercera ocasión podría ser la del examen médico previo a la incorporación al servicio militar).

En una encuesta efectuada entre oftalmólogos japoneses (OHTA y KOGRUE, 1977), éstos se mostraron mayoritariamente partidarios de realizar la detección de las personas defectivas en los primeros años de la edad escolar y en el ingreso al periodo de enseñanza media alta (equivalente a nuestro Bachillerato Unificado Polivalente). MARUYAMA (1977) defendió igualmente la necesidad de administrar un test de detección en el cuarto grado de la escuela primaria, tras el cual el niño debería ser sometido a un examen más minucioso de su deficiencia y, a continuación, se le entregaría una guía sobre los defectos de la visión del color.

OHBA et al. (1977) han mostrado cómo los diversos criterios que rigen en Japón el acceso a las carreras universitarias para los defectivos cromáticos, han provocado una incidencia de tales individuos significativamente variable entre las diferentes clases de estudios superiores, lo que podría implicar una serie de problemas discutidos por los autores.

3.2.3. Estudio experimental: La visión del color y la orientación profesional en España.-

(a) Introducción.

Los diversos aspectos de la visión cromática que se relacionan con las actividades laborales humanas, puestos de manifiesto de un modo genérico en los anteriores apartados, nos van a servir ahora para estudiar la situación concreta actual de este tema en España y para proponer una serie de medidas que, a nuestro juicio, permitirían asumir la tarea de detectar estas anomalías perceptivas y orientar a los individuos afectados hacia las tareas más idóneas de acuerdo con sus propias capacidades y aptitudes.

TABLA 3.2.II.- Resultados de la encuesta efectuada entre empresas y organismos españoles sobre el uso de pruebas de visión del color entre sus operarios o aspirantes.

Empresa u organismo	Sector de actividad	¿Prueban la visión cromática?	Test empleado	Profesión	Deficientes rechazados
- Fuerzas Armadas (Ejército de Tierra)	Administración pública (Ministerio de Defensa)	SI	Pseudoisocromático (versión del ISHIHARA)	Oficiales	Todos
(Ejército del Aire)		SI	Pseudoisocromático (ISHIHARA)	Pilotos y controladores Mecánicos y auxiliares	Todos
(Marina)		SI	De ordenación (100-Hue) De linterna (BEYNE) Pseudoisocromático (ISHIHARA) De linterna (BEYNE)	de vuelo Helicópteros y arma aérea Resto con responsabilidad en tareas de navegación. Sin responsabilidad en tareas de navegación.	Dicrómatas y acrómatas
- Cuerpo Superior de Policía y Policía Nacional	(Ministerio del Interior)	SI	De denominación (de bandas coloreadas)	Inspectores y Policía Nacional	Todos
- Dirección General Tráfico (Instituto de orientación profesional)	(Ministerio de Transportes y Comunicaciones)	SI	Pseudoisocromático (STILLING) De igualación (lanas de HOLMGREN)	Conductores de camiones y autobuses	Ninguno
- Iberia		SI	Los mismos que el Ejército del Aire más una prueba práctica de vuelo.	Pilotos, controladores y auxiliares de vuelo	Todos
- Instituto Nacional de Meteorología		NO			

(continúa)

TABLA 3.2.II.- (continuación)

	SI	Pseudoisocromático (Ulloa/ISHIHARA)	Responsables del tráfico	Todos
- Red Nacional de Ferrocarriles Españoles (RENFE)	SI	Pseudoisocromático (Ulloa)	Todos	Todos
- Compañía Telefónica Nacional de España (CTNE)	SI	Espefífico (Identificación de cables coloreados).		
- Radiotelevisión Española (RTVE)	SI	Pseudoisocromático (¿Ulloa?)	Técnicos, decoradores y maquilladores	Todos
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene y Seguridad Social	SI	Visiotest (ENOSA, reproducción de algunas láminas ISHIHARA)	Trabajadores en em- presas con menos de 100 empleados	Ninguno (el resultado del examen es confidencial)
- ANEL (Granada)	Se rige por el examen del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo.			
- Empresas Privadas (Impresión y Tipografía)				
- Refinería de Escom- breras (Cartagena)	NO			
- Asociación Empresa- rial Química de Tarragona (15 empresas)				
		<u>Después de la admisión</u>		
		7 empresas- SI		
		8 empresas- NO		
- Compañía Sevillana de Electricidad	SI	Pseudoisocromático (Ulloa)	Técnicos en reparación de redes eléctricas	Todos
- CITESSA (Málaga) (Standard Eléctrica)	NO			

(b) Requisitos de visión del color en diversas profesiones.

(i) Introducción, metodología y resultados. Aquí resumimos los datos recogidos en un sondeo realizado entre diversos organismos públicos y privados que desarrollan actividades que, "a priori", pensamos que podrían estar afectadas por una visión cromática anormal por parte de las personas que las desempeñan. Para ello establecimos contacto por escrito con los responsables de dichos organismos, recabando su información sobre la eventual existencia de mecanismos de selección para los trabajadores en este aspecto de la percepción visual, así como de las pruebas utilizadas a tal efecto en caso de que así ocurriese. Cuando fue posible, el contacto tuvo lugar directamente mediante visitas personales a los centros. Es de destacar la colaboración de D. José Sánchez Real, gracias a la cual la "Asociación Empresarial Química de Tarragona" llevó a cabo una encuesta entre sus empresas afiliadas (quince con una plantilla de 4 095 trabajadores), a fin de conocer la existencia de tales exámenes de la visión del color.

Los datos obtenidos de la forma mencionada han sido ordenados y presentados en la Tabla 3.2.II; para ello hemos considerado que se conseguiría una exposición más clara de esta información estableciendo la empresa u organismo como núcleo de integración de las diferentes profesiones implicadas en una visión cromática defectiva.

(ii) Análisis de los Resultados. De la información obtenida en este muestreo, cabe efectuar algunas inferencias de índole práctico. (1) Al parecer, sólo los organismos públicos evidencian algún interés en el ensayo de la visión cromática de los aspirantes a ser empleados. (2) Este interés aparente no está sustentado por una normativa legal unitaria y duradera que especifique tales requisitos, los tests de visión del color más idóneos y los tipos y grados de deficiencias compatibles con el ejercicio de las distintas profesiones. (3) El uso mayoritario de una sola prueba del tipo pseudoisocromático en el examen de la visión del color, sin tener en cuenta otros tests que,

utilizados conjuntamente con los primeros, podrían proporcionar un diagnóstico más en consonancia con los objetivos propuestos y permitir a los individuos con deficiencias leves desempeñar unas funciones para las que están capacitados. Y (4) para poder paliar tal eventualidad, aconsejamos la introducción de pruebas específicas en tareas que no impliquen un peligro para personas y bienes derivado de una percepción cromática defectiva.

(c) El uso del color en actividades varias.

En la tabla 3.2.I del apartado 3.2.3 se relacionaron algunas de las actividades profesionales en las que una percepción cromática normal suele ser un requisito importante. Ahora vamos a desarrollar con más detalle ciertas actividades de las allí recogidas en relación con el uso del color que efectúan, como fruto de las indagaciones llevadas a cabo en los organismos competentes y que pueden ayudar a esclarecer el esencial papel desempeñado por el color en numerosos ámbitos de la sociedad moderna.

(i) El color en Química. El color constituye hoy día un importante codificador de información. Destaquemos algunas de sus aplicaciones:

(1) Sirve para identificar elementos y compuestos.

(2) En volumetría de neutralización, los indicadores ácido-base proporcionan el medio de conocer el cambio de pH en la disolución mediante un viraje del color que podría, hipotéticamente, no ser discriminado con precisión por un defectivo al color, especialmente cuando éste es un dicrómata. Citemos con este propósito los indicadores siguientes así como los virajes de color correspondientes que previsiblemente afectarían a los defectivos rojo-verde: naranja de metilo y rojo neutro (rojo-amarillo anaranjado), amarillo de alizarina (amarillo-amarillo pardo) y rojo de bromoferol (amarillo anaranjado-púrpura) (los defectivos amarillo-azul también podrían sufrir estas consecuencias pero, dada su baja incidencia en la población, no hemos considerado tal implicación).

En volumetría de oxidación-reducción los indicadores que plantearían hipotéticamente problemas para los mismos defectivos serían: dimetil-glioxima ferrosa (pardo claro-rojo) (indicadores tomados de CASAS y GARCIA, 1978).

(3) Puede construirse un termómetro a base de un cristal líquido "nást cholesteric" que mide la temperatura a través de un cambio de color de forma reversible (WILFORD et al., 1981); las transiciones cromáticas producidas podrían verse influidas negativamente por una visión defectiva rojo-verde (verde-amari-
llo, amarillo-naranja y naranja-rojo).

(4) Se ha propuesto un sistema de color para la enseñanza de los polímeros, en la que mediante una escala de cambios de color dados, pueden ponerse de manifiesto diversas reacciones típicas de tales compuestos (PATEL y YANG, 1983).

(ii) El color en los Análisis Clínicos. El uso del color está hoy día muy extendido en la práctica de los análisis bioquímicos y bacteriológicos.

(1) Respecto a los primeros, esencialmente dicha utilización se centra en la determinación de bilirrubina y glucosa en suero, plasma y orina, mediante indicadores que sufren un cambio de color (en tono o saturación), que deben ser comparados con una escala que suministra el fabricante; nuestra observación sobre tal escala ha constatado la confusión producida entre colores adyacentes para un observador defectivo, especialmente cuando el único atributo cromático que se varía es la saturación (estos tests son comercializados por los laboratorios Boehringer y Merck).

(2) Respecto a los análisis microbiológicos, las aplicaciones del color son aún más extensas que en el caso anterior: cuando el análisis se centra en la detección de los anticuerpos, una de las técnicas de inmunofluorescencia, la "taxoplasmosis", debe

visualizar el parásito con la membrana fluorescente (de color verde) rodeando al citoplasma (de color rojo); cuando el análisis es de diagnóstico directo (crecimiento en medio de cultivo y posterior identificación del microorganismo), el primer paso a realizar es la tinción de la muestra con colorantes a fin de poderlas visualizar en el microscopio, distinguiéndose dos grupos de bacterias principales: las grampositivas (teñidas de color violeta) y las gramnegativas (teñidas de color rosa), cuando la tinción es del tipo Gram; o un grupo de color rosa y otro de color azul, cuando la tinción es de Ziehl-Neelsen (las dos clases de tinciones más utilizadas actualmente). En este último caso de análisis microbiológico, aún resta una fase en la que el producto debe sembrarse e incubarse en medios de cultivo para originar colonias visibles macroscópicas, en cuyo caso deberían identificarse nuevamente por su color (p.ej., las bacterias aeromonas son de color marrón); en otras ocasiones este hecho se produce sobre medios diferenciales, en los que, o bien se produce una variación del pH detectada nuevamente por indicadores (de cambios de color: rojo-amarillo, amarillo-púrpura y amarillo-azul), o bien el producto resultante se identifica por su color característico (PERALES, A.; comunicación personal).

(iii) El color en Histología. En este caso el uso que se hace del color también es a través de tinciones sobre muestras de tejidos que producen fundamentalmente coloraciones rojas y azules.

(iv) El color en Edafología. Uno de los métodos utilizados en la identificación de diferentes tipos de suelos es su color, para lo cual se emplean una adaptación de la escala MUNSELL (Munsell color charts-Soil color charts). Esta caracterización de los suelos por su color puede ser particularmente confusa para los defectivos rojo-verde dada la abundancia de colores rojos y marrones.

(d) La detección para propósitos de orientación profesional.

Es notoria la escasa atención que los organismos competentes han prestado al problema de la orientación profesional y sus requisitos específicos, en el marco de la Educación General Básica. Afortunadamente existen indicios recientes que parecen apuntar hacia un cambio de esta desafortunada situación, aunque tan sólo sea a un nivel puramente informativo.

La Ley General de Educación (Ley 14/1970 de 4 de agosto) marcó ya unas pautas sobre lo que debiera ser el papel del educador y de la evaluación en el propósito de la orientación vocacional. El artículo 9.4. dice: "la orientación educativa y profesional deberá constituir un servicio continuado a lo largo de todo el sistema educativo, atenderá a la capacidad, aptitud y vocación de los alumnos y facilitará su elección consciente y responsable". Más específicamente relacionado con nuestra investigación son los párrafos siguientes de la O.M. (16-11-1970):

"La evaluación continúa responde a las siguientes finalidades:

Llevar a una acertada valoración del aprovechamiento educativo de los alumnos y obtener los datos necesarios para poder ayudarles a orientarse en sus estudios y en la elección de una profesión."

"...El profesor antes de empezar su programación, recabará información sobre estos cuatro sectores:

- (1) Datos personales, familiares y ambientales.
- (2) Antecedentes académicos.
- (3) Datos psicológicos.

(4) Datos médicos, serán proporcionados por el médico y quedarán consignados en la correspondiente ficha médica de cada alumno. En los casos en que exista alguna anormalidad, el médico proporcionará las eventuales medidas terapéuticas y los ejercicios físicos adecuados. Asimismo determinará qué alumnos deberán someterse a un nuevo reconocimiento".

Recientemente, el Ministerio de Educación y Ciencia ha comenzado la publicación de una interesante colección sobre requisitos y perspectivas de empleo en diversos sectores de la actividad económica (Colección: Estudios y experiencias educativas.- Serie Orientación Escolar y Vocacional n^{OS} 3, 4, 5 y 6. Dirección General de Educación Básica. Servicio de Publicaciones del M.E.C., Madrid, 1980-81). De las áreas profesionales analizadas en los volúmenes aparecidos, sólo se hace referencia explícita a la exigencia de una visión cromática normal en el campo de "Artes Gráficas e Industria Papelera", en el de la "Automoción" y en el de "Estética y Peluquería". Sin embargo, dichos volúmenes marcan la pauta de lo que debiera ser una labor coordinada y eficaz en la orientación profesional del alumno de EGB. En esta misma línea, la Inspección Provincial de Educación General Básica del Estado, a través de su Servicio de Orientación Escolar y Vocacional, ha preparado un documento (Orientación Vocacional en EGB, Granada, Curso 1980-81) que resume los presupuestos básicos para tal labor; entre las exigencias sensoriales de las diversas profesiones dedica un apartado a la visión y, en concreto, hace mención a la visión cromática.

Estos tímidos conatos nos permiten abrigar algunas esperanzas de que se produzcan mejoras en los aspectos tratados y que, para nuestro parecer precisaría apoyarse en los siguientes presupuestos: (1) El análisis de la visión cromática en la escuela debería realizarse, como muy tarde, en el curso octavo de EGB y constaría de una etapa de detección simple (por métodos de grupo, como los utilizados en nuestro trabajo) y otra de diagnóstico personal, que serían cumplimentadas por la Inspección Provincial de Educación Básica o por el Servicio Médico Escolar. (2) Los datos así obtenidos serían anotados en la ficha personal del alumno al que, junto con sus padres, se le comunicaría dicha información (en caso de indicar la presencia de alguna anomalía cromática) y se le referiría al Servicio de Orientación Escolar y Vocacional para su asesoramiento en materia de profesiones no afectadas por las deficiencias en la

visión del color, así como sobre las implicaciones en la vida diaria de aquellos. Esto preferiblemente debería ponerse en práctica antes de la incorporación del alumno a otros niveles educativos o profesionales.

3.3. IMPLICACIONES PSICOPEDAGOGICAS DE LA VISION DEL COLOR.

ESTUDIO EXPERIMENTAL.

3.3.1. Introducción.-

(a) El color en la educación General Básica.

El papel desempeñado por el color en el ámbito de la Educación General Básica (E.G.B.) puede enmarcarse en una doble vertiente: (1) el aprendizaje del color como atributo de los objetos por parte del niño y que reviste especial importancia en el nivel educativo de Preescolar; y (2) la percepción cromática experimentada por el niño y cuyas repercusiones sobre el aprendizaje escolar será el motivo principal de esta sección de la investigación.

En cuanto al aspecto (1) del color, en la Tabla 3.3.I. se reproducen las referencias explícitas que, sobre el concepto cromático, se hacen en los actuales Programas Renovados de Educación Preescolar y General Básica.

(b) La percepción del color en el niño.

La evidencia de visión cromática en el niño de corta edad ha sido constatada desde los inicios del presente siglo. PICKFORD resumía en 1951 las experiencias previas en este campo, donde algunos autores estimaban que el niño discriminaba colores a los quince días de su alumbramiento y otros, en cambio, fijaban esta circunstancia en torno al tercer mes de edad. El método experimental usado a tal efecto consistía esencialmente en la medida de tiempos de fijación del niño hacia los objetos coloreados o de asimiento manual de los mismos. No obstante, PICKFORD reclamaba el control de la luminancia de los colores usados en tales experiencias, con objeto de eliminar la

TABLA 3.3.1.- Referencias sobre el concepto de color en los Programas de Educación Preescolar y General Básica.

Nivel Educativo	Bloque Temático	Tema de Trabajo	Objetivos	Actividades
Preescolar	1. Conocimiento de sí mismo.	1.1. Conocimiento del cuerpo.	1.1.4. Descubrir semejanzas y diferencias físicas y clasificar un grupo de personas según características dadas.	- Observar a todos los niños puestos en pié y colocados en círculo. Agruparlos según el color del pelo, de los ojos, etc. - Ejercicios con la vista: identificar objetos de la clase que tengan el color amarillo. Asociar y hacer conjuntos de cosas que tengan el mismo color, o tamaño, o forma...
				- Hacer una seriación de tres o cuatro matices en cada color: así, ordenar de más oscuro a más claro cuatro tonos de azul, etc.
	2. Conocimiento del medio.	2.1. Conocimiento de la Naturaleza.	2.1.1. Conocer algunas plantas del entorno, nombrarlas, conocer las partes esenciales, su utilidad, necesidades y germinación. Aprender a cuidarlas y respetarlas.	- Comparar plantas y diferencias por su forma, olor, color, etc.
			2.1.3. Descubrir experimentalmente algunas propiedades del agua y su utilidad.	- Comprobar y explicar si el agua tiene sabor, olor, color, etc.

(continúa)

<p>2.1.4. Conocer experimentalmente que la tierra es elemento de vida y de interacción de los seres vivos en el medio.</p>	<p>- Realizar ejercicios sensoriales con diferentes tipos de tierra en frasquitos: olería, tocaría, observar sus colores diferentes. Modelar el barro.</p>
<p>2.1.3. Conocer el agua como elemento fundamental de la vida.</p>	<p>- Descubrir experimentalmente que el agua no tiene forma y adopta la de la vasija que la contiene. Que el agua no tiene color, no tiene sabor, ni olor.</p>
<p>2.1. Descubrimiento de la Naturaleza.</p>	<p>2. Conocimiento del medio.</p>
<p>Ciclo Inicial</p>	<p></p>

influencia que tal variable pudiera ejercer sobre los observadores y, por tanto, producir un enmascaramiento de los efectos buscados.

A lo largo de los diez últimos años la investigación en esta materia ha sido especialmente exhaustiva. En este sentido, BORNSTEIN (1981) ha revisado y estructurado de un modo coherente los principales estudios sobre este aspecto de la percepción infantil. Según el autor, se puede considerar como seguro que el niño de tres o cuatro meses percibe el color de un modo tricromático que permanece prácticamente estable hasta la vejez. Sin embargo, BORNSTEIN incide de nuevo sobre el problema de la luminancia planteando una cierta separación entre los conceptos de percepción y sensación del color a partir de la cuestión siguiente: "Si el niño prefiere, discrimina, agrupa o recuerda colores particulares, ¿lo hace sobre la base de su tono o de su luminancia?". Quizás la conclusión que más nos interese de su artículo de revisión, sea que los colores de composición espectral simple son preferidos, asimilados y recordados con más facilidad que los de composición compleja, lo que para el autor podría tener influencia sobre el aprendizaje infantil.

Por el contrario, en niños menores de dos meses la discriminación en tono no ha podido ser demostrada (HAMER et al., 1982). Estos autores estimaban recientemente las posibilidades de justificar la visión cromática infantil y su desarrollo en los términos siguientes: "(1) los receptores y elementos neurales que intervienen en la visión cromática del individuo estarían completos desde su nacimiento; (2) unos receptores sufrirían retraso en su desarrollo con respecto a otros, o podrían contener algún pigmento anómalo; y (3) los receptores serían funcionalmente normales desde el nacimiento del niño, siendo el procesamiento neural de las señales cromáticas el que experimentaría una fase de maduración en el desarrollo infantil". Según los autores, la segunda hipótesis es la que ha concentrado la mayor parte de la investigación sobre este particular. A través de las igualaciones RAYLEIGH desarrolladas

por los autores sobre niños con edades comprendidas entre uno y tres meses, les permitió inclinarse por la hipótesis que considera la visión del color de los niños de corta edad comparable a la que tiene lugar en la periferia de la retina adulta.

En las experiencias recientes sobre la visión cromática infantil, los autores, en general, han prestado especial cuidado en el control de la luminancia de los colores utilizados. Así, FAGAN (1974, 1975) usando muestras coloreadas igualadas en luminancia con niños entre cuatro y seis meses de edad, puso de evidencia que el grado de atención visual de aquellos estaba positivamente correlacionado con la diferencia en tono de los colores empleados. En estas experiencias, el autor no detectó diferencias significativas en sus resultados por lo que se refería al sexo y la edad de los observadores controlados. BORNSTEIN et al. (1976) dedujeron de su investigación que los niños de cuatro meses respondían de forma diferente cuando se les presentaban tonos correspondientes a colores distintos separados por un intervalo de longitudes de onda prefijado, que si este intervalo pertenecía a un mismo color. Para ello, BORNSTEIN et al. ampliaron las técnicas experimentales usadas con anterioridad, incluyendo medidas de habituación y deshabituación, a los colores. Como conclusión más significativa, BORNSTEIN et al. pusieron de manifiesto que los niños de esta edad respondían al color de forma análoga a los adultos, tanto en los tonos básicos (azul, verde, amarillo y rojo), como en los tonos de transición entre los anteriores, destacando el hecho de que los tonos de longitudes de ondas largas ejercían una singular atracción sobre la atención infantil. Según los autores, estos datos permitirían afirmar que la percepción (cromática en este caso) prevalece sobre el lenguaje, cuestión ésta que ha sido muy debatida en el ámbito antropológico-lingüístico.

Por otra parte, la ordenación de los diversos colores según su posición espectral parece ser dominante sobre su luminancia o

saturación en la memoria del individuo, según han puesto de manifiesto las experiencias de FILLEBAUM y RAPPOPORT (1971; citados en COHEN, 1983). Esta ordenación espectral tendría que ser aprendida por el niño, cosa que podría ocurrir alrededor de los ocho años (TAYLOR, 1970), siendo probablemente asimilable al concepto de seriación de PIAGET e INHELDER (1958) y por consiguiente, estaría sometido a un proceso de maduración, desarrollo y aprendizaje. Sin embargo, los intentos realizados para comprobar si las actividades que implican, en los adultos, un uso continuado del color, aceleran o mejoran su discriminación, parecen haber resultado infructuosas (VERRIEST, 1962).

Tal y como ocurre entre otras dimensiones de los sentidos humanos, también existe evidencia de interacción entre la percepción cromática y los sentidos auditivo, olfativo y gustativo que es, esencialmente, de orden fisiológico ("sines-tesia"), afectiva o psicológica (KHERUMIAN et al. 1956; DERIBERE, 1974). No obstante, parece lógico afirmar que las asociaciones más importantes surgen dentro del propio sentido visual, lo que puede plasmarse en la dualidad forma-color, aspecto que adquiere una singular importancia en la edad infantil. Las investigaciones en este apartado parecen apuntar hacia que el niño a partir de los tres-cinco años, aproximadamente, comienza a utilizar preferentemente la forma para igualar objetos que son comparables en forma o en color; pero hasta esa edad el color prevalece en el niño sobre la forma (MANDOLA, 1969; TAYLOR, 1970). CORAH y GOSPODINOFF (1966) han partido como hipótesis de trabajo en sus experiencias, de la equivalencia entre la igualación de color en niños de pocos años y el proceso de "centración" de PIAGET (1950), a fin de justificar así la evolución con la edad de la elección de la forma sobre el color ya apuntada.

(c) La visión del color en relación con la inteligencia y la personalidad.

En la historia de la investigación científica dedicada a la visión cromática normal y defectiva, se han realizado diversos

intentos de relacionarla con las variables de inteligencia y personalidad de los individuos probados.

Respecto a la hipotética relación entre la percepción de color y la inteligencia, destacaremos algunas importantes contribuciones a su conocimiento.

PIERCE (1934; citado en LAKOWSKI, 1968) observó una correlación positiva entre inteligencia, experiencia en color y capacidad de discriminación cromática. LORENZ y MC CLURE (1935) encontraron que la puntuación media de un test psicológico era más elevada para un grupo de setenta y tres estudiantes con deficiencias en la visión del color que la de los normales, aunque tal diferencia no fue evaluada estadísticamente. SHEARRON (1965) verificó que, en niños de primer grado escolar, la inteligencia de un grupo de deficientes al color era significativamente mayor que la de el grupo con visión cromática normal elegido como control; sin embargo, en los grados superiores, tal diferencia no tuvo lugar.

Para LAKOWSKI (1969) resultaba sorprendente que en los estudios de discriminación sensorial se ignorase normalmente la influencia de los factores de conocimiento y personalidad, ya que éstos debían desempeñar un importante papel en la percepción humana. En su estudio experimental, LAKOWSKI correlacionó los resultados de diversos tests de discriminación cromática con otros de inteligencia y personalidad, para lo cual partió de las siguientes hipótesis: (1) a mayor complejidad cognoscitiva de una situación de prueba cromática, mayor será el efecto de la inteligencia sobre la ejecución del test; y (2) donde la diferencia de color en un test es o llega a ser progresivamente menor, la tarea de discriminación se hace más difícil y mayor es la influencia sobre ella de las variables de personalidad. Aunque sus resultados mostraron alguna dependencia en este sentido, no fueron lo suficientemente significativos como para poder confirmar las dos hipótesis de una forma categórica.

DANNEMAIER (1972) no halló correlación apreciable entre las anomalías cromáticas de ochenta y un estudiantes y la inteligencia, en comparación con los datos de la población normal de la que fueron extraídos. ONG (1976), utilizando los resultados de VERRIEST (1962) sobre la evolución de la visión del color con la edad (mediante el test 100-Hue) y los correspondientes al desarrollo intelectual (mediante el test "Army Alpha", obtenidos por JONES y CONRAD), en ambos casos para sujetos en edad adulta, encontró una relación significativa interpretada por el autor en el sentido de que la curva de evolución de la discriminación cromática podía ser considerada principalmente como una curva de desarrollo de la inteligencia. KINNEY (1979) no observó una relación significativa entre las respuestas dadas por deficientes cromáticos a luces coloreadas y sus puntuaciones en test factoriales de inteligencia y de aptitud.

Quando las relaciones se refieren a individuos con una inteligencia deficiente, cabe hacer diversas consideraciones. En primer lugar, parece quedar descartada la existencia de porcentajes de deficiencias cromáticas diferentes en los individuos con una inteligencia normal y los que padecen alguna deficiencia mental (COURTNEY y HEATH, 1971). La aparente inutilidad de algunas pruebas de percepción cromática en estos observadores (SALVIA, 1969) sería atribuible, esencialmente, a la dificultad para mantener la atención y cooperación requeridas para cumplimentar dichas pruebas. En cuanto a la visión del color de los deficientes mentales, parece ser que evidencia algunas confusiones, análogas a las que se producen en personas sin educar y en pueblos primitivos, por lo que este hecho no debería ser descrito como una insuficiencia perceptiva, como es el caso de los defectivos cromáticos congénitos (KRATTER et al. 1957).

A continuación revisaremos las experiencias relacionadas con las repercusiones de las deficiencias cromáticas sobre las variables de personalidad. Ya WILSON (1855; citado en JUDD, 1943) estimaba que los defectivos cromáticos podrían ser

reconocidos por una expresión de sus ojos que denotaba miedo o impaciencia. Para PICKFORD (1951), citando a ADLER, argumentaba que la personalidad debía verse afectada por la "inferioridad orgánica" que suponía la deficiencia en la visión cromática, tal y como sucedía en otras manifestaciones de tal inferioridad. Según este autor, dicha influencia podría manifestarse en dos formas de comportamiento, una en la que el individuo, al tratar de ocultar su defecto, presume de una aguda sensibilidad cromática; y otra, en la que el sujeto intenta exhibir su defecto como un elemento diferenciador de una mayoría de personas con visión del color normal.

ESPINDA (1973), haciéndose eco de investigaciones previas en las deficiencias de la visión del color, se refería a la presencia de fuertes factores emocionales inherentes, tales como ansiedad, timidez, miedo al ridículo, entre otros también significativos. Además del estudio de LAKOWSKI (1969) ya comentado y que estaba referido a observadores normales al color, PICKFORD y COBB (1974), a través de la aplicación de tests de personalidad en individuos con una percepción del color defectiva, reiteraron que éstos tienden a adoptar actitudes defensivas y extrovertidas, las primeras de las cuales se identificarían con su tendencia a mostrar una apariencia sana. En otro orden de cosas, DEN TANDT (1982) ha propuesto recientemente un método de detección, "psychochromoanalysis", de alteraciones psíquicas en niños a través del análisis de dibujos coloreados realizados por aquellos.

Quizás el aspecto más interesante de las posibles relaciones entre las variables psicológicas y la visión cromática en individuos defectivos, sea la aparición de mecanismos de "compensación" que potenciarían otros órganos sensoriales, tal y como sucede en las personas que sufren otras insuficiencias funcionales. Esta posibilidad ha sido sugerida por diversos autores. Para el defectivo SNYDER (1973), la persona con una visión anormal del color debe operar en el mundo de los normales y, por lo tanto, debe aprender a compensar tal deficiencia,

aunque la magnitud de esta compensación será menor que en el caso del individuo ciego visual.

VERRIEST (1979), en un interesante trabajo destinado a detectar la incidencia de las deficiencias congénitas en la seguridad del tráfico rodado, destacó que, aunque los dicrómatas reconocían las señales de seguridad peor que los normales, no ocasionaban mayor número de accidentes, lo cual sería atribuible a una compensación de su deficiencia mediante un incremento de sus mecanismos de vigilancia ("similar al que permite a los sordos incurrir en menos accidentes que los que disfrutaban de una audición normal"). Estos mecanismos de compensación se pusieron de manifiesto con ayuda de pruebas de personalidad y comportamiento en ruta, que produjeron una mejor respuesta de los individuos defectivos a las señales no ópticas; no obstante, existía un pequeño porcentaje de éstos con una personalidad inestable y que no compensaban su defecto, lo que previsiblemente supondría, para el autor, un peligro para la seguridad del tráfico.

Por otra parte, la elección de colores por parte de los individuos se ha considerado como la base para la construcción de un cierto número de tests de personalidad, de los que pueden destacarse los siguientes: LUSCHER (1948), RORSCHACH (1942), la Pirámide de PFISTER (1950) y el "Object Relations Technique" de PHILLIPSON. LAKOWSKI y MELHUIH (1974) y LAKOWSKI y KOZAK (1982) han evaluado estos tests mediante análisis colorimétrico y espectrofotométrico tratando de detectar si el simbolismo cromático empleado por estos tests tiene una especificación clara en sus propiedades psicofísicas, obteniendo una gran disparidad en la saturación y luminancia de los estímulos empleados a tal fin. Aunque PICKFORD (1971) opinaba que las respuestas del test LUSCHER pudieran depender de que los individuos examinados tuvieran una visión cromática normal o defectiva, LAKOWSKI y MELHUIH (1974) rechazaron tal posibilidad en base a las diferencias de luminancia entre los colores componentes. PASSIGLI (1981) insistía recientemente en la

existencia de tal influencia. Otros tests, como el "Word Color Association Test" (BECK, 1960), establecen una correspondencia entre palabras y nombres de colores con el fin de evaluar la personalidad de los individuos; dicha asociación parece ser independiente de la percepción cromática (SALVIA y SHUGERTS, 1970).

En otro ámbito, las cualidades afectivas de los colores tal y como son medidas en las experiencias de preferencias de color, parecen radicar particularmente en su tono y saturación (PICKFORD, 1957) y mostrar diferencias significativas en relación a factores biológicos o étnicos (RODRIGUEZ, 1950; YANASE, 1982). Así, este efecto ha sido recomendado como terapia en deficientes mentales (KRATTER et al., 1957) y para la rehabilitación de pacientes con disfunciones motoras (LEBIEDOWSKI, 1974). MALCHIODI (1977) ha recopilado, desde una perspectiva histórica, una amplia variedad de conceptos de esta naturaleza en los que se ve implicado el color.

(d) Las deficiencias en la visión del color como "handicap" del aprendizaje escolar.

Una vez concluida la revisión bibliográfica sobre la relación entre la percepción cromática y las variables de inteligencia y personalidad, cabe preguntarse si dichas relaciones afectarán al ámbito del aprendizaje escolar en el niño. Es lógico pensar que si el panorama anterior no está completamente clarificado, tampoco lo estará el correspondiente a este apartado.

El niño que padece anomalías en su sentido cromático va a poseer una experiencia de color sensiblemente mermada respecto a la de los individuos normales. No obstante, es previsible imaginar que su vocabulario de color no debe distar mucho del habitual, gracias a los indicios de luminancia y a la propia educación que le hace asignar nombres estándar a los colores que son percibidos por los adultos en forma distinta. En cualquier caso, siempre podrán surgir dificultades particulares entre colores de análoga luminancia y saturación y cuyos tonos

corresponden a las zonas de confusión características del deficiente. El problema estriba en averiguar si dichas dificultades son lo suficientemente frecuentes en la vida escolar, como para justificar un retraso apreciable en el aprendizaje de las materias que precisan de una utilización del color, o si, por el contrario, tal fenómeno es raro y, en cualquier caso, los mecanismos psicológicos de compensación pueden soslayar tal incidencia.

Experiencias puntuales llevadas a cabo para evaluar la dependencia entre la visión del color y factores tales como motivación, atención o rendimiento laboral en adultos (TIFFIN, 1942; VERRIEST, 1962; KINNEY, 1979), han generado resultados contradictorios.

En el campo educativo, diversos autores han especulado con la posibilidad de que las deficiencias en la visión del color constituyan un handicap en el aprendizaje del niño afectado, tanto en el intelectualmente normal como en el deficiente. Sus argumentaciones más reiteradas se centran en el uso progresivamente creciente que, del color, se hace en el aula, lo que puede provocar una actitud negativa inconsciente del alumno hacia el colegio y el profesor; de aquí que la mayoría de los autores recomienden la detección de las anomalías en una edad temprana, y su información al propio afectado, a sus padres y al profesor (GALLAGHER y GALLAGHER, 1964; THULINE y BUCKEY, 1964; LAMPE, 1968, 1973 ; OLSON, 1971; ZABA, 1974; HEATH, 1974; VERRIEST, 1981).

En todo caso, la literatura especializada en experiencias concretas de medida de aquella hipotética dependencia, es escasa y en la mayoría de los casos ha abarcado un reducido número de sujetos, con la consiguiente pérdida de significación y posibilidad de extrapolar sus resultados.

LORENZ y MC CLURE (1935) no encontraron una relación significativa entre la visión del color defectiva de setenta y

tres individuos afectados y un rendimiento escolar disminuido (frente a las puntuaciones de 811 normales), aunque observaron que eran los sujetos más jóvenes los más perjudicados en comparación con los de mayor edad. THULINE y BUCKLEY (1964) dedujeron que un porcentaje mayor de alumnos defectivos al color que de normales, eran remitidos a la oficina de psicología escolar por razones de conducta, de los cuales, los que padecían una deficiencia tipo protan eran relativamente más frecuentes que los del tipo deutan. La primera observación fue confirmada por los hallazgos de ESPINDA (1973) con respecto a los alumnos con problemas de aprendizaje y conducta, aunque la muestra analizada también era de un tamaño reducido.

SHEARRON (1965) no detectó diferencias significativas entre la actividad lectora de un grupo de defectivos cromáticos y la de un grupo de normales al color. MANDOLA (1969), tomando como referencia un grupo de veinte deficientes (diez protan y diez deutan) de grado preescolar y séptimo y otro grupo de control de normales al color, tampoco halló variaciones significativas en rendimiento escolar, inteligencia y escritura.

Mediante experiencias que implicaban la igualación de colores entre muestras de uso extendido en el aula, SALVIA y SHUGERTS (1970), probaron diez niños con visión normal y otros diez con visión anómala, todos con una inteligencia baja, sin hallar diferencias significativas en su realización.

BACON (1971) llevó a cabo la investigación, quizás más completa que conocemos, en relación con las consecuencias sobre la vida escolar de las deficiencias en la visión del color. Así el autor centró su atención en los siguientes aspectos: (1) búsqueda de situaciones en la enseñanza para las cuales se podría esperar que el niño defectivo cromático estuviese en desventaja, a través de las anotaciones del profesor; (2) ensayo de la capacidad para discriminar los colores de algunos materiales de enseñanza en los niños normales y defectivos que accedían a la escuela; (3) indagación, por medio de pruebas de

lectura y cálculo aritmético, de la existencia de un retraso por parte de los defectivos cromáticos; y (4) búsqueda de un exceso de niños defectivos en los colegios de Educación Especial.

Con respecto a cada una de las referencias, sobre las hipótesis iniciales del autor, sus resultados más destacables se pueden concretar en: (1) los niños normales confundieron algunos colores muy parecidos en los materiales de enseñanza, pero los niños deficientes al color, lo hicieron en un mayor número de ocasiones; (2) se detectó un retraso significativo en aritmética para los niños defectivos, que era la asignatura en donde se utilizaba material coloreado para ayuda a la enseñanza; y (3) al contrario de lo que cabría esperar, el porcentaje de defectivos cromáticos incluidos en los centros de Educación Especial, era menor que el característico entre la población normal.

DANNEMAIER (1972) dedujo una correlación negativa significativa, entre la presencia de deficiencias cromáticas y las calificaciones en biología (de nivel pre-universitario), para ochenta y un estudiantes anómalos, frente a las correspondientes a los alumnos con percepción del color normal.

Por último, destacaremos la contribución de LAMPE et al. (1973) quienes estudiaron las respuestas de una muestra de niños defectivos cromáticos a un test de actividad ("Stanford") en las áreas de lenguaje y matemáticas, en comparación con las de un grupo de control de alumnos normales al color, sin hallar en ningún caso diferencias significativas, entre las puntuaciones de ambos grupos, pertenecientes a los tres primeros grados escolares.

(e) Factores determinantes en la realización de los tests de visión del color.

En este apartado, nos vamos a referir a los factores ajenos a la propia discriminación cromática y que pueden influir sobre los resultados de los tests de visión del color, especialmente

sobre los de tipo pseudoisocromático, que han sido el objeto de nuestras experiencias. Es evidente que, de un modo implícito, los anteriores apartados marcan la pauta, en cuanto a la relación mútua entre tales resultados y los factores perceptivos, intelectivos, de personalidad, afectivos y de redimiento escolar; de cualquier modo, analizaremos, ahora factores específicos inherentes a las características de los tests de visión del color en cuestión. Estos factores podrían ser considerados bajo diferentes perspectivas: (i) dificultades para la ejecución de los tests de visión del color en niños; (ii) variaciones individuales en la realización de los tests; y (iii) los errores no típicos en los tests pseudoisocromáticos.

(i) SASSOON (1973) y SASSOON et al. (1977), mediante la aplicación del test Panel D-15, en niños de diversas edades y la observación de frecuentes errores del tipo tritan en los de menor edad, consideraron probable que tuviese lugar un retraso en la discriminación del color azul frente a la del color rojo-verde, lo que podría estar relacionado con dificultades de aprendizaje en dichos niños. Para ADAMS et al. (1975), este fenómeno se evitaría en el caso de modificar el sistema de puntuación del test y, en cualquier caso, los errores característicos de los niños de menor edad probablemente se deberían a una incomprensión parcial del concepto de seriación que, según PIAGET, se desarrollaría a lo largo del intervalo de edad comprendido entre los tres y diez años. Según VERRIEST (1981), por debajo de los diez u once años de edad, existen dificultades psicológicas en el niño para la ejecución de los tests y para la comprensión de sus instrucciones que, según PRONKO et al. (1949) serían atribuibles a la dificultad de separar la capacidad discriminativa de los factores perceptivos (TOMEI, 1982).

(ii) En cuanto a las variaciones individuales que se detectan en los resultados de los tests cuando se aplican a observadores dentro de una misma categoría de visión cromática, DIMMICK (1943) asignaba a las variables tiempo de ejecución del test e inteligencia de los sujetos, un cierto grado de influencia sobre

dichos resultados. HARDY et al. (1945) indicaban que la inteligencia deficiente y la ausencia de interés y concentración contribuían a una realización ineficaz de algunas pruebas de la visión del color. KHERUMIAN et al. (1956) añadían como posibles causas, el nivel cultural, de observación e incluso, las interacciones del resto de los órganos sensoriales u otras. Igualmente BABEL (1965) se pronunciaba por la influencia del sentido de observación y desarrollo intelectual. En sus experiencias con sujetos con retraso mental, SALVIA (1969) se mostró partidario de considerar que los tests de visión del color medían otra variable distinta de la discriminación cromática, que no pudo ser identificada como la edad mental o cronológica.

(iii) La verdadera naturaleza de los errores no típicos cometidos en la ejecución de los tests pseudoisocromáticos ha despertado un interés creciente durante los últimos años. No obstante, algunos investigadores, ya habían señalado su existencia y aportado algunas hipótesis explicativas. Así PICKFORD (1951), al referirse al test ISHIHARA, estimaba que los sujetos que, en lecturas sucesivas, habían respondido con cuatro o más lecturas alternativas en una sola lámina, gozaban de una visión del color particularmente buena, evidenciando imaginación y destreza en la integración espacial de formas; en otra sección de su libro, PICKFORD consideraba que, para los niños, estos errores deberían depender de la escolaridad e inteligencia.

HANSEN (1963) ha dedicado un extenso trabajo al estudio de los factores que producían incertidumbre en la respuesta a diversos tests pseudoisocromáticos. A la luz de la teoría de la "Gestalt" (WERTHEIMER, 1944) sobre la percepción de formas, estos errores podrían ser contemplados como consecuencias de algunas de sus leyes que, por ejemplo, nos dicen que la sensación visual tiende a percibir formas suaves y redondeadas, más que formas irregulares, precisando estas últimas de una mayor concentración del observador, para lograr su lectura correcta; en este sentido, para el autor, la duda del sujeto

ante la figura que presenta una lámina plasmada en un "tiempo de vacilación" puede ser considerada equivalente a una lectura errónea. Por consiguiente podríamos decir, que en general, la capacidad de discriminación (no necesariamente cromática) debe influir sobre la lectura de las láminas pseudoisocromáticas. Esta correlación fue verificada por HANSEN al obtener significación estadística entre el tiempo de respuesta a láminas reproducidas en blanco y negro y los errores cometidos en las láminas originales, en el caso de observadores con una visión cromática normal. Este mismo punto de vista había sido ya mantenido por GRUNEWALD y HAPTEN (1954), quienes apuntaban que las lecturas no típicas de las láminas pseudoisocromáticas podrían tener lugar en individuos con una visión cromática normal, aunque con una percepción de la figura y el fondo alterada como un síntoma de lesión cerebral.

LAKOWSKI (1965; 1966) ha relacionado la existencia de estos errores con una diferencia cromática crítica entre la figura y el fondo representados en las láminas de los tests.

PASSIGLI (1980; 1981) ha registrado estas respuestas en muestras de población infantil mediante el test ISHIHARA, atribuyendo su aparición a una pobre e inmadura discriminación cromática en la visión del individuo afectado.

Para SERRA (1981) estarían relacionados, posiblemente, tanto con la capacidad discriminatoria de los colores, como con su actitud de cooperación con el examen de su percepción.

PERINI (1982), utilizando también el test ISHIHARA, no pudo eludir tales errores mediante procedimientos de retest, reclamando la necesidad de registrar por separado los errores típicos y no típicos, cometidos por los observadores.

(f) El uso del color como estímulo didáctico.

Las corrientes educativas más actuales utilizan el color como medio didáctico de un modo paulatinamente creciente y para las

materias más diversas. Sus consecuencias positivas más inmediatas podrían cifrarse en facilitar la concentración de la atención, la transferencia y aprendizaje de conceptos (GATTEGNO, 1962; ERIKSON, 1963; ambos citados por SALVIA, 1969) y provocar reacciones afectivas (SCHEIN y SALVIA, 1969).

MANDOLA (1969) citó, a tal efecto, el estudio de JONES (1965) en el que se refería que el niño de nivel preescolar encontraba mayor dificultad en igualar letras negras que letras coloreadas; asimismo el autor mencionó diversos trabajos en el campo de la Educación Especial, donde se utilizó con éxito el color para diversas técnicas de aprendizaje y recuperación. Sin embargo, se piensa que en las ilustraciones de textos, la tipología es preferente respecto al color de las ilustraciones (BERNARD, 1976). En BACON (1971) puede encontrarse una referencia de material coloreado para la enseñanza, utilizado en países anglosajones. No obstante, no hemos hallado estudios en los que, de una forma sistemática, se apliquen los resultados experimentales que sobre reconocimiento, preferencia, memoria, adaptación, etc... al color, se poseen y que pueden encontrarse, por ejemplo, en la excelente recopilación de CHRIST (1975) sobre codificación de color en imágenes visuales.

3.3.2. Estudio experimental.-

(a) Los errores típicos y no típicos sobre tests pseudoisocromáticos en relación con variables intelectivas y de rendimiento escolar.

A la vista de la problemática interpretación, destacada anteriormente, sobre la auténtica naturaleza de los errores no típicos en que incurren frecuentemente los sujetos examinados mediante tests pseudoisocromáticos, se ve la necesidad de emprender una investigación que venga a resolver algunas de las cuestiones planteadas por los investigadores reseñados y que podríamos concretar en las siguientes hipótesis de trabajo,

referidas todas ellas a observadores con visión cromática normal, y a las que trataremos de dar respuesta:

- Hipótesis 1.

Si los errores no típicos son provocados por una falta de cooperación de los sujetos analizados en la tarea de examen, los tiempos de respuesta a las láminas pseudoisocromáticas de tales individuos deberían verse reducidos respecto a los que dedican mayor atención a resolver el test y, por consiguiente, los coeficientes de correlación entre las variables temporales y del número de errores no típicos de cada prueba tendrían que poseer un signo negativo.

- Hipótesis 2.

Si los errores no típicos se deben a un sentido de observación de las formas disminuido, afectarían en menor medida a los individuos que demostrasen una aguda y veloz percepción de diferencias en figuras geométricas.

- Hipótesis 3.

La influencia de otros factores individuales del observador, tales como personalidad e inteligencia, podría evidenciarse mediante el cálculo de correlaciones entre el rendimiento escolar y la variable de errores no típicos y de ésta con los factores intelectivos medidos con un test factorial.

(i) Muestra analizada y método experimental:

Para responder a los interrogantes planteados se procedió a examinar una muestra de 416 niños del "Colegio Nacional de Prácticas" de Granada, de los cuales 244 eran varones y 172 hembras. Se detectaron doce defectivos cromáticos (once varones y una hembra) que fueron separados de la muestra y, por tanto,

ésta quedó conformada tal y como se indicó en la Tabla 3.1.I. Tales sujetos fueron sometidos a examen mediante los tests de ISHIHARA (1979), Colegio Médico de Tokyo y Ulloa, en las condiciones señaladas por sus manuales de instrucciones. Asimismo, en la hoja de respuestas de cada observador se fue anotando, por parte del examinador, el tiempo empleado en cumplimentar el test de visión del color en cuestión. Por otra parte, la muestra de individuos fue examinada mediante el "Test de Aptitudes Escolares 1 y 2, TEA 1 y 2" (YELA, 1975) que mide los factores: V (verbal), C (cálculo) y R (razonamiento) que pueden ser transformados en cociente intelectual.

Diversos grupos aleatorios de la muestra fueron a su vez examinados con el "Test de percepción de diferencias Caras" (THURSTONE y YELA, 1968) y a un subgrupo de observadores se les midió la velocidad de lectura en palabras por minuto. Por último, el rendimiento escolar de los alumnos constituyentes de la muestra fue obtenido de las calificaciones correspondiente a la tercera evaluación del curso escolar 1982-83 en las siguientes áreas educativas: Lengua, Matemáticas, Expresión Plástica, Naturaleza y Social. Las calificaciones cualitativas fueron convertidas en cuantitativas según cinco niveles con el criterio siguiente: nivel cero (deficiente y muy deficiente), nivel uno (suficiente), nivel dos (bien), nivel tres (notable) y nivel cuatro (sobresaliente). El tamaño y sexo de las muestras probadas con tales métodos se relacionan en la Tabla 3.3.II.

(ii) Resultados:

Las distribuciones de frecuencias de errores típicos y no típicos sobre cada uno de los tests de visión de color y sobre el conjunto de los mismos fueron ya representadas gráficamente (fig. 2.6.1). Junto con los datos recogidos de los exámenes previamente comentados, permiten una agrupación en veinticinco variables para la muestra analizada y que se pueden relacionar del modo siguiente: sexo, edad, tres factores de inteligencia, cociente intelectual, puntuación en percepción de diferencias,

velocidad lectora, actividad escolar en las cuatro áreas educativas señaladas, tres tiempos de realización (uno por cada test de visión de color) y tiempo total, errores típicos y no típicos para cada test, errores típicos totales y no típicos totales y suma de éstos.

(iii) Análisis de los resultados:

Los datos obtenidos para estas variables en la muestra fueron sometidos a un doble análisis estadístico. En primer lugar, a un análisis de varianza (programa BMDP-P7D) utilizando como fuentes de varianza el sexo y la edad de la muestra y, cuyas conclusiones para los diferentes tipos de errores en los tests de visión del color ya han sido comentadas (sección 3.1). En segundo lugar, un análisis factorial (programa BMDP-P4M) que permite determinar la matriz de correlación entre variables y los factores principales rotados por el método "Varimax".

Del primer análisis de datos deben destacarse algunos resultados que no han podido obtenerse en el programa de análisis factorial, dado que éste no admite correlacionar variables con datos ausentes, tal y como ocurre fundamentalmente con las variables de velocidad lectora y de percepción de diferencias. Por lo tanto, dichas variables han debido ser tratadas por separado y en la Tabla 3.3.III se reproducen los coeficientes de correlación de PEARSON entre aquellas y los errores y tiempos de ejecución sobre los tests pseudoisocromáticos, indicándose los coeficientes de correlación con significación estadística (a un nivel $\alpha > 0,05$).

En cuanto a los tiempos de realización obtenidos en cada test y en su conjunto, deben destacarse sus variaciones con respecto al sexo y a la edad de la muestra; así en la Tabla 3.3.IV aparecen los tiempos medios para los subgrupos de varones y hembras y el nivel de significación obtenido en su análisis de varianza respecto al sexo. Cuando estos tiempos se analizan respecto a la edad de los sujetos examinados, se ha considerado

preferible determinar un "tiempo de realización medio por lámina", es decir, el cociente entre el tiempo de realización medio para cada grupo de edad en un test y el número de láminas de éste; así se obtiene un índice temporal independiente del número de láminas constituyentes del test y permite una comparación, en este aspecto, entre los tres tests. La evolución de dicho índice con la edad de la muestra para cada prueba cromática, aparece indicada en la fig. 3.3.1. Las variaciones temporales de los tres índices son estadísticamente significativas (a un nivel $\alpha = 0,00$) según ha evidenciado el análisis de varianza respecto a la edad.

En cuanto a los resultados del análisis factorial, en la Tabla 3.3.V se ha presentado la matriz de correlación entre los resultados del test de inteligencia y de las áreas educativas con relación a los errores y tiempos de realización para los tests de visión del color, indicándose la significación estadística de los mismos (N = 325). Por otra parte, en la Tabla 3.3.VI se han obtenido los factores principales y sus "pesos" para cada una de las variables que intervinieron, así como el porcentaje de "comunalidad" explicado por cada factor. Del análisis de la matriz de covarianza para las puntuaciones factoriales (no recogida aquí) se puede inferir la existencia de independencia entre los factores.

En último lugar, se han llevado a cabo otros cálculos adicionales que hemos estimado de interés en concreto:

(1) Medición del tiempo total empleado en responder a los tests de visión cromática para los doce niños defectivos al color detectados en el examen de la muestra, que ha sido comparado con el tiempo equivalente requerido por doce niños normales al color, constituido en grupo de control, elegidos al azar y homogéneos en sexo y edad respecto a los del grupo experimental (Tabla 3.3.VII).

(2) En el test ISHIHARA existen diez láminas que contienen un

sólo dígito (láminas 2, 3, 6, 7, 10, 11, 14, 15, 18 y 19) y otras diez (el resto, exceptuando la primera para simuladores y las cuatro últimas de diagnóstico), distribuidas equitativamente entre los grupos de láminas de transformación, confusión, y dígito oculto; a este propósito se han contabilizado los porcentajes de errores no típicos para los observadores normales (Tabla 2.6.VI) en ambas clases de láminas (uno y dos dígitos) que se han registrado, junto con las desviaciones estimadas de dichos porcentajes, en la Tabla 3.3.VIII.

Para la evaluación de resultados en el apartado (1) se ha aplicado el test de hipótesis "t de STUDENT" para muestras independientes (una vez verificada la equivalencia de sus varianzas según el test "F de SNEDECOR"), obteniéndose que los tiempos de realización medios para los observadores normales y defectivos fueron diferentes a un nivel de significación $\alpha > 0,01$. En cuanto al apartado (2) anterior, y utilizando la prueba "t de STUDENT" según la modificación de COCHRAN y COX (ecuación 2.6.1) para muestras de varianzas no equivalentes, hubo de desestimarse la significación en la diferencia entre los porcentajes medios de realización para las láminas ISHIHARA que contienen uno o dos dígitos ($\alpha > 0,05$).

TABLA 3.3.II.- Tamaño y sexo de las muestras que han sido probadas con los diversos métodos de examen.

Sexo	Tests cognitivos			Areas de Aprendizaje				
	TEA	Caras	V.Lect.	Lengua	Matem.	E.Plás.	Natur. y Natur. o Sociedad	Natur. o Sociedad
Varones	206	76	-	228	227	226	228	122
Hembras	159	55	29	148	148	148	148	55
Total	365	131	29	376	375	374	376	177

TABLA 3.3.III.- Coeficientes de correlación de PEARSON entre las variables, velocidad lectora y percepción de diferencias, con respecto a los errores típicos y no típicos y tiempos de realización, para los tests de visión del color, ISHARA, Colegio Médico de Tokyo y Ulloa (el asterisco simple indica un nivel de significación estadística $\alpha = 0.05$ y el asterisco doble un nivel $\alpha = 0.01$).

	E R R O R E S						T I E M P O S						
	TÍPICOS			NO TÍPICOS			TOTALES						
	ISH	CMT	Ulloa	ISH	CMT	Ulloa	ISH	CMT	Ulloa	ISH	CMT	Ulloa	Total
Velocidad													
Lectora(N=29)	-0.053	-0.331	-0.162	-0.290	-0.275	-0.167	-0.374*	-0.020	-0.014	-0.013	-0.014	-0.013	0.003
Percepción de													
diferencias													
(N=131)	-0.245**	-0.280**	-0.115	-0.139	-0.033	0.021	-0.082	0.027	-0.051	0.103	-0.051	0.103	0.030

TABLA 3.3.IV.- Tiempos medios de realización (en segundos) de los tests de visión del color en función del sexo de la muestra y nivel de significación en el análisis de la varianza.

	Tiempo de realización medio del test (segundos)			
	ISHIHARA	CMT	Ulloa	Conjunto
\bar{X} (Varones)	58.39	39.04	31.55	128.99
\bar{X} (Mujeres)	65.01	41.70	35.83	142.50
α	0.0001	0.0035	0.0000	0.0000

TABLA 3.3.V.- Coeficientes de correlación de PEARSON entre las variables intelectivas y de rendimiento escolar en relación con los errores típicos y no típicos y los tiempos de realización sobre los test de visión del color (el asterisco simple indica un nivel de significación estadística $\alpha = 0,05$ el asterisco doble un nivel $\alpha = 0,01$).

Test	Factores de inteligencia					Actividad Escolar					Tiempo de realización				
	Verbal Razonamiento		Cálculo	C.I.	Lengua	Mate.	E. Plást.	Nat. y Soc.	Ishihara	Ulloa	C M T	Total			
E. Típicos	0.020	0.027	0.010	0.000	0.044	0.032	0.053	0.037	0.186**	0.090	0.136*	0.085			
Ishihara E.No Típ.	0.024	0.022	0.096	0.019	0.100	0.044	0.038	0.068	0.192**	0.069	0.064	0.045			
E. Típicos	-0.046	-0.085	-0.042	-0.009	-0.058	-0.075	-0.022	-0.061	0.225**	0.174**	0.139*	0.086			
Ulloa E.No Típ.	-0.083	-0.084	-0.049	-0.056	-0.031	-0.017	-0.063	-0.048	0.232**	0.171**	0.086	0.120*			
E. Típicos	-0.114*	-0.175**	-0.004	-0.113*	-0.039	-0.039	0.001	-0.037	0.211**	0.215**	0.322**	0.140*			
C M T E.No Típ.	-0.018	0.019	0.021	-0.018	-0.114*	-0.022	0.125*	-0.090	0.046	-0.001	0.027	0.057			
E. Típicos	-0.114*	-0.189**	0.024	-0.103	-0.048	-0.070	-0.001	-0.053	0.354**	0.285**	0.359**	0.202**			
Total E.No Típ.	-0.039	-0.041	0.037	-0.026	-0.124*	-0.043	-0.046	-0.101	0.229**	0.113*	0.089	0.106			
Típ. y No Típ.	-0.099	-0.143*	0.006	-0.083	-0.114*	-0.072	-0.034	-0.105	0.373**	0.240**	0.268**	0.193**			
Ishihara Tiempo	-0.034	-0.066	-0.038	-0.043	0.009	0.027	0.097	0.067							
Ulloa Tiempo	-0.070	-0.102	-0.039	-0.053	0.015	0.031	0.067	0.050							
C M T Tiempo	-0.029	-0.066	-0.053	-0.075	-0.067	-0.040	-0.016	-0.015							
Total Tiempo	-0.072	-0.031	-0.051	-0.064	-0.036	0.005	0.072	-0.010							

TABLA 3.3.VI.- Factores rotados por el método varimax y sus "pesos" sobre cada variable (la matriz de pesos factoriales ha sido ordenada tal que las columnas aparecen en orden decreciente de la varianza por factor: los pesos menores de 0.25 han sido rechazados).

Variable	Factor				
	1	2	3	4	5
Lenguaje	0.869		0.322		
Social y Natural	0.840		0.353		
Matemáticas	0.832		0.350		
Exp. Plástica	0.812				
E.no típicos totales		0.990			
E. totales		0.778		0.639	
E.no típ. Ishihara		0.718			
E.no típ. CMT		0.675			
E. no típ. Ulloa		0.639			
C.I.			0.847		
F. de cálculo			0.808		
F. verbal			0.771		
F. de razonamiento			0.752		
E. Típicos totales				0.962	
E. Típicos CMT				0.876	
E. Típicos Ulloa				0.599	
Tiempo CMT					0.859
Tiempo Total					0.819
Tiempo Ishihara					0.802
Tiempo Ulloa					0.790
E. Típicos Ishihara				0.318	
Porcentaje de comunalidad explicado por el factor	21.23	20.25	20.05	19.40	19.00

TABLA 3.3.VII.- Tiempo de realización medio y desviación estimada sobre el conjunto de tests de visión del color para el grupo de defectivos cromáticos (N=12) y para el grupo de control de normales (N=12)

Observadores	Tiempo de realización (segundos)	
	\bar{X}	σ_{n-1}
Normales	126.83	27.89
Defectivos	161.67	20.66

TABLA 3.3.VIII.- Porcentajes medios y desviación estimada de errores no típicos sobre las láminas de uno y dos dígitos del test ISHIHARA en observadores normales al color (N = 404).

Porcentaje de errores no típicos	Número de orden de las láminas con																			
	Un dígito										Dos dígitos									
	2	3	6	7	10	11	14	15	18	19	4	5	8	9	12	13	16	17	20	21
X_i	0.0	0.0	0.5	2.7	1.0	1.5	0.2	0.5	6.2	1.2	7.9	2.0	1.7	12.4	16.6	12.1	1.5	24.5	4.5	1.7
\bar{X}	1.38																			
σ_{n-1}	1.88										7.82									

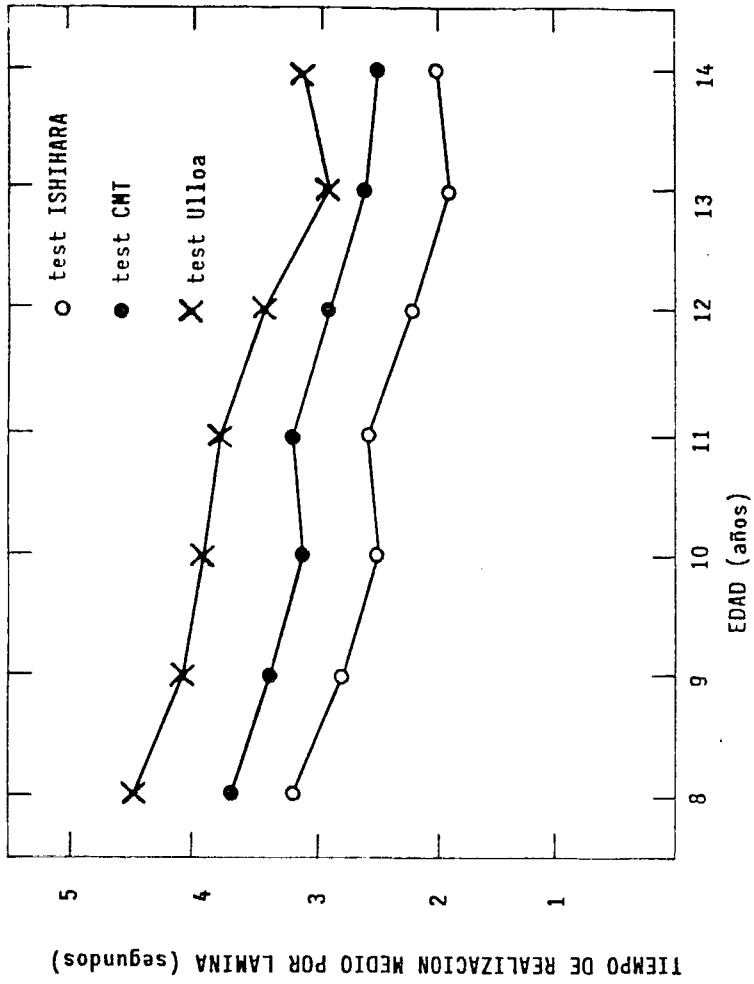


FIG.3.3.1.1. Variación con la edad del tiempo de realización medio por lámina en los test ISHIIHARA, Colegio Médico de Tokyo y Ullioa.

(b) La utilización del color en los libros de texto.

El libro de texto constituye hoy día, y en el marco de la Educación General Básica, una fuente esencial de información visual para el discente. En este contexto la mera transmisión de conocimientos ya elaborados, sea por vía oral o por vía escrita, constituye el instrumento casi exclusivo que posee el alumno para el aprendizaje escolar; el libro de texto juega un protagonismo en muchas ocasiones por encima de sus posibilidades y de las recomendaciones efectuadas por los investigadores en ciencias de la educación.

La utilización real que del color viene a hacer el alumno de E.G.B. puede adscribirse, fundamentalmente, a las siguientes actividades escolares: (1) manejo de libros de texto; (2) elaboración y/o coloración de dibujos o subrayados; (3) percepción de mapas y murales expuestos en el aula; (4) atención a las explicaciones del profesor sobre la pizarra cuando éste hace uso de tizas de colores; y (5) otras actividades más esporádicas, tales como observación de diapositivas, películas, filmi-nas, modelos anatómicos, preparaciones microscópicas, juegos didácticos, etc.

Con este propósito se efectuó una encuesta entre diecisiete profesores de E.G.B., pertenecientes a los colegios en donde se llevaron a cabo nuestras investigaciones, con el fin de conocer mediante un muestreo aleatorio cuántos hacían uso de forma habitual del color en las actividades escolares. Así resultó que diez de ellos no utilizaban normalmente el color como material de apoyo didáctico y los siete restantes sí, lo que significa un porcentaje respectivo de un 59 por ciento y 41 por ciento.

Por consiguiente y en el caso de preveer una influencia negativa sobre el aprendizaje escolar de las deficiencias en la visión del color, los libros de texto deberían constituir la principal fuente de una probable limitación para el niño con percepción del color alterada. Esta es la razón por la que hemos

intentado cuantificar estas hipotéticas confusiones.

(i) Método y muestra experimental:

Se han analizado para ello un total de cuarenta y dos libros de texto correspondientes a los niveles 1º-8º de E.G.B., y vigentes en los cursos académicos 1980-81 y 1981-82, para las siguientes áreas de aprendizaje: Lenguaje (doce), Matemáticas (ocho), Expresión Plástica (uno), Social (quince) y Natural (seis) y cuyas editoriales y niveles correspondientes se indican en la Tabla 3.3.IX.

El método de análisis se ha centrado sobre tres variables, a saber, (1) los colores utilizados en las representaciones gráficas; (2) el tipo de representación; y (3) la situación espacial de los colores en dichas representaciones. Para la primera se han seleccionado las parejas de colores rojo-verde y amarillo-azul, por tratarse de las fuentes de confusión, junto a otros colores no tan característicos, de los defectos cromáticos. Para la segunda se han establecido las siguientes formas de representación: mapas, conjuntos matemáticos, esquemas del cuerpo humano, diagramas, elementos científicos y varios. En cuanto a la tercera variable se consideraron tres posibilidades: yuxtaposición de los colores (no existe separación definida entre las dos zonas coloreadas), contacto (están separadas por medio de líneas negras) y frontera (están separadas por una banda extensa que produce una separación espacial entre las dos zonas).

(ii) Resultados:

La Tabla 3.3.IX expone las frecuencias de las posibles confusiones rojo-verde y amarillo-azul, en cada uno de los apartados correspondientes a las variables segunda y tercera. Es lógico suponer que, de las frecuencias de confusión representadas en dicha Tabla, las que pueden incidir en mayor medida sobre el aprendizaje de los alumnos defectivos serán las referidas al

par cromático rojo-verde y, en concreto, las incluídas en el apartado de yuxtaposición, a las que hemos denominado "puntuación de confusión" del libro analizado y que aparecen determinadas en esta última Tabla.

(iii) Análisis de los resultados:

En la fig. 3.3.2 se ha representado la distribución de frecuencias de confusión (exclusivamente las que hemos denominado puntuaciones de confusión) en función del número de libros afectados. Asimismo, en la Tabla 3.3.X se han calculado la media y desviación estimada de los libros de texto en función de las áreas de aprendizaje analizadas; como puede apreciarse, se produce una mayor incidencia de tales confusiones en las áreas de Social y Natural que en las de Matemáticas y Lenguaje.

TABLA 3.3.X.- Puntuaciones de confusión medias y su desviación estimada de los libros de texto en función del área de aprendizaje a que corresponden.

Area de Aprendizaje	N	Puntuación de error	
		\bar{X}	σ_{n-1}
Lenguaje	12	0.42	1.16
Matemáticas	8	0.50	1.07
Social	15	1.50	2.32
Naturaleza	6	1.80	2.14

TABLA 3.3.IX.- Frecuencias de confusión cromática para diversos libros de texto de E.G.B. y tipos de representación gráfica (R - V: rojo-verde; Am - A: amarillo-azul; los números encerrados en un círculo indican la puntuación de confusión).

Libro de texto		Colores de confusión		Representación				Situación Espacial		F. totales			
Area	Nivel	Edit.		Mapas	Conj.M.	C.Hum.	Diagra.	Elem.cient.	Varios	Yuxtapos.	Contacto	Frontera	
Lenguaje	1º	Bruño	R-V Am-A						8 6	④ 3	1 2	3 1	8 6
Matemát.	1º	Bruño	R-V Am-A		2 2			1	7 6	④ 2	1 2	8 5	9 9
Social	1º	Bruño	R-V Am-A				1		3 3	②	1 1	1 2	4 3
Lenguaje	1º	L.Vives	R-V Am-A						7 14	① 14		7	7 14
Lenguaje	2º	Bruño	R-V Am-A						7 5	① 2	3 3	3	7 5
Matemát.	2º	Bruño	R-V Am-A		2 1				1	①	1 1	1	3 1
Social	2º	Bruño	R-V Am-A	1					6 4	③ 2		4 2	7 4
Lenguaje	3º	Anaya	R-V Am-A						7 10	① 5	2 5	5	7 10
Matemát.	3º	Anaya	R-V Am-A		8 1				30 5	①	6 6	32 6	38 6

(continúa)

TABLA 3.3.IX.- (continuación)

Libro de texto			Colores de confusión		Representación				Situación Espacial			F. totales
Área	Nivel	Edit.	Mapas	Conj.M.	C.Hum.	Diagra.	Elem.cient.	Varios	Yuxtapos.	Contacto	Frontera	
Social	3º	Anaya							⊖			-
												-
Social	3º	S.M.						4	Ⓛ	1	2	4
								1		1		1
Lenguaje	4º	Santillana							⊖			-
												-
Lenguaje	4º	Anaya							⊖			-
								1			1	1
Matemát.	4º	Anaya		3				39	Ⓢ		39	42
								7			7	7
Social	4º	Anaya	33						⊖	33		-
												33
Social	4º	S.M.				1			Ⓛ		2	3
						2					6	7
Social	4º	H.S.R.			2	1	3	7	Ⓢ	4	5	17
							2	4		6	5	11
Lenguaje	5º	Santillana							⊖			-
												-
Lenguaje	5º	Anaya				1			⊖			1
						1						1

(continúa)

TABLA 3.3.IX.- (continuación)

Libro de texto		Colores de confusión		Representación					Situación Espacial		F. totales		
Area	Nivel	Edit.		Mapas	Conj.-M.	C. Hum.	Diagra.	Elec.cient.	Varios	Yuxtapos.	Contacto	Frontera	
Matemát.	5º	Anaya	R-V Am-A		3				1	⊖		4	4
Social	5º	Anaya	R-V Am-A	2						⊖	2		2
Lenguaje	6º	Bruño	R-V Am-A							⊖			-
Lenguaje	6º	Santillana	R-V Am-A							⊖			-
Matemát.	6º	Bruño	R-V Am-A							⊖			-
Social	6º	Bruño	R-V Am-A	2						⊖	2		2
Social	6º	S.M.	R-V Am-A	7					2	⊖	5	4	9
Natural.	6º	Bruño	R-V Am-A	1					10	⊖	47	9	56
Natural.	6º	S.M.	R-V Am-A						1	⊖	3	3	6
Matemát.	7º	Anaya	R-V Am-A						3	⊖	3	4	7
									1	⊖	1	1	2
									1	⊖	1	1	2
										⊖			-

(continúa)

TABLA 3.3.IX. (continuación)

Libro de texto			Colores de confusión		Representación					Situación Especial		F. totales	
Area	Nivel	Edit.	Mapas	Conj.M.	C.Hum.	Diagra.	Elem.cient.	Varios	Yuxtapos.	Contacto	Frontera		
Social	7º	Anaya	3	R-V Am-A		2			⊖	3	8	3	30
Social	7º	Vicens V.	10 25	R-V Am-A			5	1	⊖ 4	2 17	9 9	11 30	
Social	7º	Anaya	6 36	R-V Am-A					⊖ -	3 32	3 4	6 36	
Natural.	7º	Anaya	1 1	R-V Am-A		1 1		2 1	⊕ 2	2 1	1 1	4 4	
Natural.	7º	S.M.		R-V Am-A				8 2	⊕	6	1 2	8 2	
Lenguaje	8º	Santillana		R-V Am-A					⊖			-	-
Lenguaje	8º	Anaya		R-V Am-A					⊖			-	-
Matemát.	8º	Anaya		R-V Am-A					⊖			-	-
Plástica	8º	Anaya		R-V Am-A			6 1	5 4	⊕ -	8 4	1 1	11 5	
Social	8º	Anaya	10 11	R-V Am-A		1 1		4 2	⊕ 7	8 6	5 1	15 14	
Social	8º	S.M.	14 18	R-V Am-A		2 7		3 1	⊕ 12	9 8	5 6	19 26	

(continúa)

TABLA 3.3.IX.- (continuación)

Libro de texto		Colores de confusión		Representación					Situación Espacial		F. totales		
Area	Nivel	Edit.		Mapas	Conj.M.	C.Hum.	Diagra.	Elem.cient.	Varios	Yuxtapos.	Contacto	Frontera	
Natural.	8º	S.M.	R-V	5	1	6	2			⑤	6	3	14
			Am-A	1	2	8	2			8	4	3	15
Natural.	8º	Anaya	R-V	3		3	1			④	2	2	8
			Am-A	2		8	1			2	8	4	14

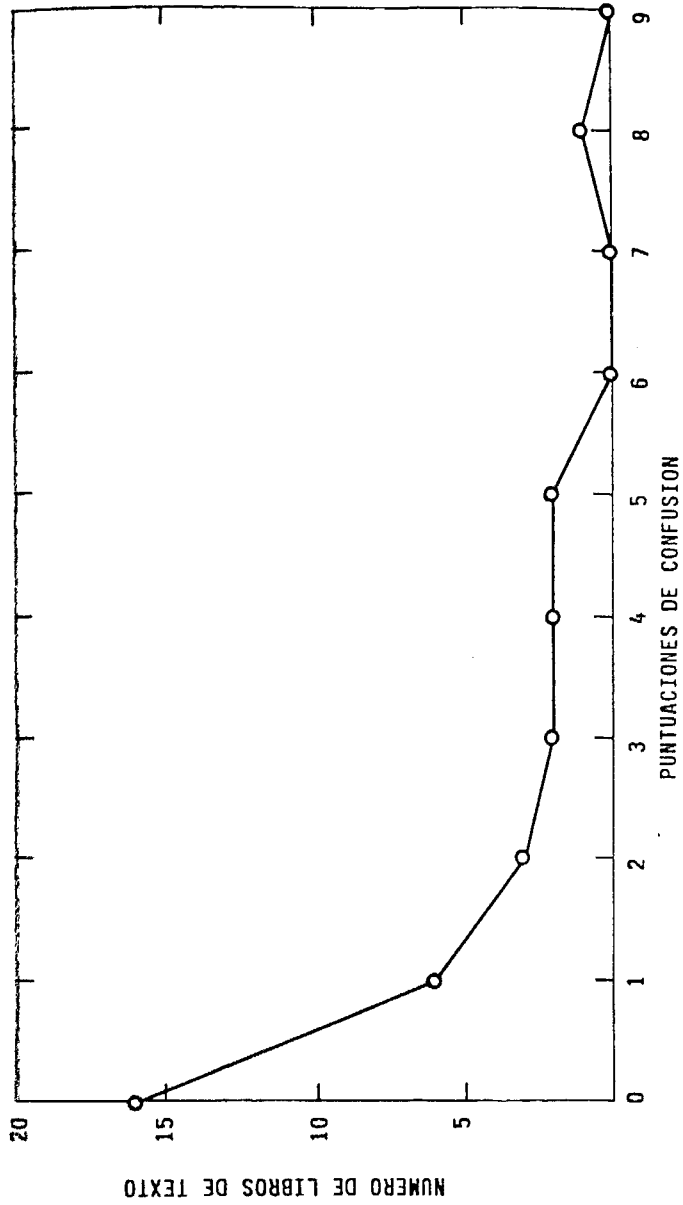


FIG.3.3.2. Polígono de frecuencias de confusión en función del número de libros de texto afectados.

(c) La visión del color defectiva como posible variable del rendimiento escolar.

(i) Antecedentes:

La experiencia aquí referida tiene su origen en otra piloto sobre detección de anomalías cromáticas y su repercusión en el aprendizaje escolar (HITA et al., 1981), llevada a cabo en el curso escolar 1980-81 en cuatro centros de la ciudad de Granada.

Los datos entonces recogidos parecían apuntar hacia un mayor porcentaje de defectivos cromáticos con una calificación de "insuficiente" frente a los alumnos con una visión del color normal. No obstante, el reducido tamaño de la muestra analizada impedía extraer inferencias estadísticas.

(ii) Método experimental:

Con objeto de evaluar la incidencia que, sobre el rendimiento escolar de los alumnos con deficiencia en su visión cromática, pudiera ejercer tal variable perceptiva, se procedió a registrar las calificaciones académicas de los alumnos afectados con miras a ser comparadas con las de los alumnos normales. Este proceso de recogida de datos no ha estado exento de dificultades de toda índole y que a "grosso modo" podríamos concretar en los siguientes aspectos:

(1) A lo largo de los cursos escolares en que tuvieron lugar estas anotaciones se introdujeron las nuevas normas de calificación previstas por los Programas Renovados de la Educación General Básica y que se reducen básicamente a un nivel apto ("progresó adecuadamente") y un no apto ("necesita mejorar"), por lo que parte de la muestra de defectivos cromáticos no pudieron ser incluidos en el conjunto total de individuos cuyo sistema de calificaciones cuantitativas, adoptado en nuestro estudio, constaba de cinco niveles (ver el apartado (a) de esta misma sección).

(2) Otro subgrupo de elementos de la muestra no tenían disponibles sus calificaciones escolares distribuidas por áreas de aprendizaje, sino tan sólo globalizadas por curso y, por consiguiente, hubieran de ser igualmente separados del resto de observadores analizados.

Estas y otras dificultades halladas podrían concretarse en la ausencia de un criterio unificado para el registro de las calificaciones de los alumnos por parte, al menos, de los centros visitados. Este hecho obligó a nuestro equipo a adoptar las siguientes normas para la toma de datos:

(1) En el caso de que el centro dispusiera, en la fecha de visita al mismo, de las calificaciones de los alumnos anómalos en más de una evaluación, serían promediadas para cada área y su resultado se tomaría como la calificación asignada a cada uno de los observadores; al mismo tiempo eran anotadas las calificaciones medias del curso al que pertenecían los individuos defectivos, en las mismas áreas de aprendizaje y promediadas de idéntica forma.

(2) Cuando el centro disponía sólo de las calificaciones de una evaluación, ésta era registrada en las condiciones referidas anteriormente.

(3) Si no concurrían ninguna de las circunstancias previas, las calificaciones asignadas eran las correspondientes a la convocatoria de Junio del curso último en que estaban incluidos dichos alumnos.

(iii) Muestra analizada:

Las observaciones últimamente hechas condujeron a disponer de una muestra global compuesta por tres subgrupos, tal y como se refiere en la Tabla 3.3.XI, condicionados por la naturaleza de sus calificaciones escolares. Asimismo, esta Tabla recoge su

distribución de edades. Como información complementaria la Tabla 3.3.XII señala la distribución por niveles de E.G.B. para la muestra más numerosa, es decir, la que posee su calificación dada por áreas de aprendizaje y que constituirá el núcleo esencial de esta investigación.

(iv) Análisis de los resultados:

El primer estudio emprendido consistió en comprobar si la visión cromática defectiva contribuía a un retraso escolar de los individuos afectados, en relación con los que disfrutaban de una percepción del color normal. Para ello se comparó la distribución de edades de éstos ($N = 189$) con la de un grupo de control ($N' = 189$) elegido al azar entre alumnos del mismo curso al que pertenecían los primeros. En la Tabla 3.3.XIII se muestra la edad media y su desviación típica para ambos grupos de observadores. Con el fin de determinar la hipotética significación de la diferencia de sus edades medias, se utilizó la ecuación (2.6.3) una vez verificada la equivalencia entre sus varianzas, proporcionando un valor de $t = 0,832$, no significativo al nivel aceptado como tal ($\alpha = 0,05$), por lo que debe rechazarse dicha significación hipotetizada en la diferencia de sus edades medias y, por tanto, en su nivel de fracaso escolar.

En cuanto a la posible influencia de las anomalías de la visión cromática sobre el rendimiento escolar, tal como se expresa por las calificaciones escolares de los observadores afectados, dada la triple forma de presentar tales calificaciones justificada anteriormente, se hace preciso tratar estas tres muestras de individuos por separado.

En todos los casos se han determinado las calificaciones medias y su desviación típica (o estimada) para los individuos defectivos y las correspondientes a las calificaciones medias de los cursos que acogían a aquellos, tomadas estas últimas como la calificación más representativa de los observadores normales.

La Tabla 3.3.XIV muestra el resultado de tales determinaciones, donde debe hacerse notar que, teniendo en cuenta que las áreas de aprendizaje, Naturaleza y Sociedad, constituyen una sola calificación en la primera etapa de E.G.B. y dos en la segunda etapa de E.G.B., en este último caso la nota correspondiente se ha considerado como su media aritmética, simbolizándose en ambos casos como Social y Natural. Como puede apreciarse a la vista de esta Tabla, las diferencias entre las calificaciones medias de los observadores defectivos y de sus cursos respectivos son mínimas, no alcanzando, excepto en el caso del área de Expresión Plástica y para la calificación según los Programas Renovados, las décimas de punto. Por consiguiente, este apartado de nuestro estudio tampoco pone de manifiesto una desventaja de los deficientes cromáticos en sus calificaciones escolares respecto a los observadores con visión del color normal.

A fin de profundizar en la posible dependencia entre las variables de rendimiento académico y otras referidas a la visión del color, se ha procedido, en primer lugar a separar a los observadores en subgrupos por el tipo de deficiencia que padecen, esto es, protan, deutan y sin clasificar, determinando en este caso las calificaciones medias y desviaciones de cada una de ellas, según el modo de registro de tales calificaciones, exceptuando las correspondientes a los Programas Renovados, dado el pequeño tamaño de la muestra, lo cual puede ser observado en la Tabla 3.3.XV. Las calificaciones medias que aquí aparecen muestran unas diferencias que, sometidas al test de hipótesis "t de Student", en ningún caso evidencian significación estadística; quizás, dentro de estas limitaciones, merezca la pena destacar el que dichas calificaciones para los defectivos sin clasificar superen en todos los casos a las de los deficientes protan o deutan, cuando se refieren por áreas de aprendizaje.

En segundo lugar, se han determinado los coeficientes de correlación de PEARSON entre las calificaciones escolares de los observadores defectivos y las distintas clases de errores en

que incurrieron en su lectura del test ISHIHARA. Así en la Tabla 3.3.XVI aparecen dichos coeficientes para las calificaciones registradas en la Tabla anterior, indicándose aquellos que muestran significación estadística para los grados de libertad y número de variables correspondientes a cada sistema de calificaciones analizados. Cabe destacar las correlaciones negativas significativas halladas entre los errores totales del test ISHIHARA y las calificaciones de Lengua, Expresión Plástica y Area Social y Natural, que parecen ser las áreas más afectadas debido sobre todo a la contribución de los errores no típicos, presentando en todos los casos correlaciones negativas con las calificaciones escolares.

Otra variable que puede ser de interés analizar es la edad de los individuos, a fin de averiguar si introduce variaciones significativas respecto a las calificaciones escolares de los alumnos defectivos en relación con los normales. Dadas las diferentes formas de recoger dichas calificaciones, han debido adoptarse también distintos modos de agrupar a los individuos según su edad. En el caso de las calificaciones por curso, los alumnos han sido distribuidos según pertenecieran a los cursos 3º-5º de E.G.B. o a los cursos 6º-8º (Tabla 3.3.XVII).

Cuando las calificaciones venían expresadas por áreas en los niveles de puntuación inicialmente adoptados, han podido establecerse subgrupos de defectivos por su edad eliminando las frecuencias marginales correspondientes a los quince y dieciseis años; en la Tabla 3.3.XVIII se muestran tales calificaciones y las variaciones en las diferencias de medias entre los alumnos defectivos y las calificaciones medias de los cursos que los acogen.

Analizando estos datos puede observarse la inferioridad, por sus calificaciones medias, mostrada por los observadores defectivos en los grupos de ocho y nueve años de edad, invirtiéndose esta tendencia entre los diez y trece años (con la única excepción estimable del área de Matemáticas en el grupo de

doce años) y reiterándose las primeras diferencias en el grupo de catorce años. Esto último podría justificarse seguramente por tratarse en parte de alumnos que sufren retraso escolar. Sometidas las diferencias de medias al test de hipótesis "t de Student" según la aproximación de COCHRAN y COX para distribuciones de varianzas distintas (ecuación 2.6.1), sólo pudo verificarse un nivel de significación estadística, $\alpha = 0,05$, para las áreas de Lengua en las edades de diez y catorce años (con signos diferentes en ambos casos) y Naturaleza y Sociedad en esta última edad (Tabla 3.3.XVIII).

TABLA 3.3.XI.- Tamaño y edad de las muestras de defectivos cromáticos en función de la forma de representación de sus calificaciones escolares.

Edad	Calificaciones Escolares		
	Por Areas	Por Curso -Globales-	Según Programas Renovados
8	17	6	8
9	24	3	4
10	30	-	5
11	36	6	2
12	37	3	-
13	27	4	-
14	14	2	-
15	3	4	-
16	1	-	-
Total	189	28	19

TABLA 3.3.XII.- Distribución por niveles de E.G.B. de la muestra de defectivos cuya calificación escolar viene expresada po áreas de aprendizaje.

	C u r s o d e E . G . B .					
	3º	4º	5º	6º	7º	8º
N	23	30	36	37	35	28

TABLA 3.3.XIII.- Edad media y desviación típica del grupo experimental de individuos defectivos (N = 189) y del grupo de control de individuos normales (N' = 189).

<u>Edad</u>	<u>Grupo experimental</u>	<u>Grupo de control</u>
\bar{x}	11.00	10.82
σ	1.97	1.86

TABLA 3.3.XIV.- Calificaciones medias y desviaciones típicas (o estimadas) de los alumnos con visión de color defectiva y de los cursos de E.G.B. a que pertenecen, según el tipo de registro de aquellas.

Calificaciones escolares	Áreas de aprendizaje	Alumnos defectivos		Cursos respectivos	
		\bar{X}	σ	(\bar{X})	σ
Por Curso		1,29	1,51	1,27	0,85
Por Áreas	Lengua	1,66	1,33	1,69	0,57
	Matemáticas	1,73	1,33	1,79	0,55
	Expresión Plást.	2,13	0,97	2,16	0,47
	Social y Natural	1,80	1,30	1,80	0,48
Por Áreas	Lengua	0,68	0,48	0,67	0,18
(Según los P.	Matemáticas	0,68	0,48	0,65	0,17
Renovados).	Expresión Plást.	1,00	0,00	0,85	0,13
	Social y Natural	0,84	0,37	0,82	0,19

TABLA 3.3.XV.- Calificaciones medias y desviaciones típicas (o estimadas) de los alumnos con visión del color defectiva según el tipo de deficiencia y de registro de aquellas.

Calificaciones escolares	Áreas de aprendiza.	Clases de deficiencias								
		Deutan			Protan			Sin clasificar		
		N	\bar{X}	σ	N	\bar{X}	σ	N	\bar{X}	σ
Por Curso		7	2.14	1.68	10	0.60	1.26	11	1.36	1.43
Por Áreas	Lengua	96	1.62	1.34	41	1.48	1.38	52	1.87	1.28
	Matemát.	96	1.64	1.36	41	1.70	1.32	52	1.91	1.25
	Expres. Plást.	96	2.01	0.93	41	2.18	1.02	52	2.19	0.96
	Social y Natural	96	1.75	1.29	41	1.69	1.28	52	2.00	1.24

TABLA 3.3.XVI.- Coeficiente de correlación de PEARSON entre los errores típicos, no típicos y totales sobre el test ISHIHARA y las calificaciones obtenidas por los mismos observadores defectivos (el asterisco indica que el nivel de significación del coeficiente es $\alpha = 0,05$)

Calificación Areas de aprendiza.		Test ISHIHARA		
		Típicos	No típ.	Totales
Por Curso		0,252	-0,420*	-0,09
Por Areas	Lengua	-0,024	-0,100	-0,172*
	Matemát.	0,034	-0,126	-0,102
	Expresión Plás.	-0,016	-0,095	-0,185*
	Social y Natural	0,014	-0,105	-0,150*

TABLA 3.3.XVII.- Variaciones de las calificaciones por curso de los observadores defectivos en función del nivel educativo.

Curso	N	Alumnos defec.		Cursos respect.	
		\bar{X}	σ_{n-1}	(\bar{X})	σ_{n-1}
3º - 5º	12	1,75	1,66	1,66	0,85
6º - 8º	16	0,94	1,34	0,97	0,75

TABLA 3.3.XVIII.- Evolución con la edad de las calificaciones escolares de los alumnos defectivos y de sus cursos respectivos para las diferentes áreas de aprendizaje (los asteriscos indican un nivel de significación $\alpha = 0.05$ en la diferencia de medias).

Edad	Area de Aprendizaje	Alumnos defectivos			Cursos respectivos		$\bar{X} - (\bar{X})$
		N	\bar{X}	σ	(\bar{X})	σ	
8	Lengua	17	2.09	1.44	2.23	0.43	-0.14
	Matemát.	17	2.02	1.56	2.37	0.42	-0.35
	E. Plást.	17	2.19	0.78	2.31	0.36	-0.12
	Soc. y Nat.	17	1.98	1.13	2.28	0.40	-0.30
9	Lengua	24	1.63	1.10	1.88	0.42	-0.25
	Matemát.	24	1.77	1.25	1.92	0.51	-0.15
	E. Plást.	24	1.79	0.88	2.04	0.45	-0.25
	Soc. y Nat.	24	1.65	1.13	1.87	0.43	-0.22
10	Lengua	30	2.61	1.08	2.12	0.38	0.49*
	Matemát.	30	2.44	1.27	2.22	0.41	0.22
	E. Plást.	30	2.54	0.94	2.39	0.45	0.15
	Soc. y Nat.	30	2.60	1.18	2.17	0.36	0.43
11	Lengua	36	1.80	1.37	1.60	0.56	0.20
	Matemát.	36	1.79	1.39	1.66	0.49	0.13
	E. Plást.	36	2.26	1.07	2.13	0.50	0.13
	Soc y Nat	36	1.76	1.47	1.69	0.53	0.07
12	Lengua	37	1.23	1.22	1.30	0.52	-0.07
	Matemát.	37	1.26	1.21	1.43	0.41	-0.17
	E. Plást.	37	1.90	0.94	1.98	0.47	-0.08
	Soc. y Nat.	37	1.59	1.22	1.54	0.36	0.05
13	Lengua	27	1.64	1.39	1.58	0.52	0.06
	Matemát.	27	1.64	1.28	1.60	0.48	0.04
	E. Plást.	27	2.20	1.08	2.13	0.47	0.07

(continua)

TABLA 3.3.XVIII.- (continuación)

	Soc. y Nat.	27	1.92	1.35	1.75	0.44	0.17
14	Lengua	14	0.48	0.53	1.46	0.42	-0.94*
	Matemát.	14	1.22	0.95	1.73	0.58	-0.51
	E. Plást.	14	1.79	0.82	2.08	0.48	-0.29
	Soc. y Nat.	14	1.04	0.75	1.70	0.53	-0.66*

(d) Elección de métodos para el uso del color en la Escuela.

Como ya se ha señalado en el apartado de introducción a esta sección, la utilización del color en la enseñanza básica no parece descansar en unos criterios experimentales de eficacia sobre el aprendizaje. Tanto los libros de texto como cualquier otra clase de material de apoyo emplean de un modo creciente tal recurso, pero nada se nos informa acerca de la elección de colores o su posible manipulación para lograr un máximo rendimiento académico en sus receptores, es decir, los alumnos.

Estimamos que, para asentar las bases de esta ejecutoria, debería procederse siguiendo las pautas relacionadas a continuación:

(1) Selección de la metodología más idónea de utilización del color en el aula, en base a su introducción en las diversas tareas escolares y de las experiencias educativas correspondientes que permitan la comparación entre el rendimiento logrado en diversas muestras de alumnos.

(2) Verificación empírica de las combinaciones de colores más adecuadas para el logro de tal objetivo.

En ambos casos los resultados deberían ser generalizados a grupos de edades variables y para las diversas áreas de aprendizaje que constituyan la etapa educativa en cuestión.

Dada la complejidad de dicha tarea y la necesidad de disponer de un amplio material humano para su ejecución, hemos iniciado la investigación educativa en este campo por la fase caracterizada en (1) por el párrafo anterior. Para ello hemos estimado de vital importancia que los métodos evaluados no alterasen de un modo significativo el discurrir normal en el aula y evitar, así, el efecto que esa circunstancia podría provocar sobre los resultados de las experiencias, enmascarando la incidencia real

de la variable cromática investigada.

En cuanto a la etapa (2) y para los dos primeros métodos descritos a continuación se tuvo en cuenta el uso de colores disponibles en el mercado a través de lápices o tizas de colores, seleccionando aquellos que manifestaban una clara discriminación para el observador normal. En los otros dos métodos, el criterio consistió, además, en utilizar el color como codificador de la información que el profesor transmitió a sus alumnos.

De esta forma y a partir de las sugerencias recibidas de los docentes participantes en este estudio, se optó por ensayar los métodos siguientes:

(A) El grupo experimental utilizó en sus actividades escolares unos "apuntes" multicopiados cuyas figuras habían sido coloreadas por personal ajeno al curso en cuestión; el grupo de control se sirvió de los mismos apuntes pero tal como fueron extraídos de la máquina de impresión, es decir, sin colorear. En ambos casos la metodología de trabajo escolar adoptada por los dos profesores fue idéntica.

(B) El grupo experimental empleó lápices de colores en sus actividades de clase mientras que el profesor impartía sus explicaciones, siguiendo sus instrucciones previas respecto de los colores a usar; el grupo de control actuaba de igual forma pero utilizando exclusivamente su instrumento de escritura único habitual.

(C) El grupo experimental recibió la información de la materia dada por el profesor a través de las tizas de colores usadas por aquel en la pizarra, verificando un convenio inicialmente adoptado e invariable a lo largo de su puesta en práctica; el grupo de control asistió a clase en análogas circunstancias pero el profesor ahora sólo manipulaba con tiza blanca. Los contenidos objeto de este método, al contrario de lo

que ocurrió en los anteriores, no correspondían a una unidad temática del programa, sino a una información complementaria al desarrollo habitual del curso.

(D) Este método es el resultado de la combinación de los métodos B y C. Es decir, el grupo experimental captó la información coloreada por el profesor y la reprodujo en sus anotaciones de clase haciendo uso de sus lápices de colores; el grupo de control, en cambio, no percibió ni manipuló con colores. Puede considerarse también esta experienciaa como una prolongación del método C, en el sentido de que los grupos analizados fueron los mismos que en dicho método y de que éste fue modificado en aras de conseguir un reforzamiento del uso del color, desarrollado en el curso escolar anterior.

En la Tabla 3.3.XIX se exponen las características materiales de tales métodos en cuanto al profesorado, alumnado, área de aprendizaje ensayada, tiempo de realización y cursos escolares afectados. Debe señalarse que, en todos los casos, las clases fueron impartidas al grupo experimental y de control en horarios correlativos. Para los cuatro métodos, excepto en el B, el tiempo dedicado por el (los) profesor(es) para la explicación de cada unidad temática a los dos grupos de alumnos fue el mismo.

Por otra parte, se procuró no alterar el desarrollo de las programaciones específicas de las unidades temáticas utilizadas en la aplicación de dichos modelos, las cuales eran utilizadas por el profesor habitualmente en sus explicaciones; dichas programaciones, las pruebas de evaluación, así como la codificación de color introducida, quedan reflejadas en el Apéndice C.

(e) Influencia del color sobre el rendimiento escolar.

Una vez descritos los modelos didácticos elegidos para el uso del color, procede evaluar los resultados obtenidos sobre los grupos de alumnos escogidos a tal efecto.

(i) Resultados:

-Método A.

Como se señala en la Tabla 3.3.XIX el grupo experimental constaba de treinta alumnos de sexto curso de E.G.B. y el grupo de control de cuarenta y nueve alumnos de idéntico nivel. La homogeneización establecida sobre los dos grupos se llevó a cabo por sus edades cronológicas y puntuaciones obtenidas en la evaluación de cinco unidades temáticas previas, correspondientes todas al área de Ciencias Naturales, motivo de nuestra experiencia didáctica. Los cálculos de la media y desviación típica para ambas variables se muestran en la Tabla 3.3.XX (en donde las calificaciones de rendimiento vienen dadas por el número de ítems acertados en cada evaluación que, por otra parte, era común a los dos grupos).

- Método B.

En este caso el grupo experimental constaba de diecisiete alumnos y el de control de quince. Por causas ajenas al deseo del equipo investigador, el primer grupo recibió sólo seis horas de clase en el desarrollo del tema objeto de la experiencia; en cambio, el grupo de control recibió nueve horas. La homogeneización de los dos grupos estuvo basada en la edad y rendimiento escolar en el área de Ciencias Naturales a través de las cuatro evaluaciones efectuadas con anterioridad a la realización de la experiencia. De esta forma, la Tabla 3.3.XXI representa, comparativamente, la media y desviación estimada de ambas variables. La evaluación de los grupos de alumnos se efectuó sobre los ítems correspondientes a los contenidos en los que se había utilizado el color para su explicación (Apéndice C). La Tabla 3.3.XXII registra la media y desviación estimada del número de aciertos logrado para los dos grupos, experimental y de control.

- Método C.

Aquí el curso investigado en el método A como grupo de control fue subdividido, a su vez, en dos subgrupos de igual tamaño en orden alfabético de apellidos, los cuales recibieron igual número de clases (media hora semanal) y en horas del día correlativas. La homogeneización por edades y por calificaciones para la primera evaluación en el área de Lengua se presentan en la Tabla 3.3.XXIII. En cuanto a la evaluación del método fue establecida a través de dos pruebas mediando un intervalo temporal de veintiún días, entre los cuales no se impartieron clases de la materia, siendo corregidas sobre una puntuación base de diez, a partir de los aciertos en sus respuestas (Apéndice C). Sus resultados se muestran en la Tabla 3.3.XXIV.

- Método D.

Como ya se ha referido, este método resulta de combinar los métodos B y C añadiendo un mayor número de horas de aplicación, en concreto se emplearon trece horas distribuidas con una periodicidad semanal para cada grupo de alumnos. Por otra parte, éstos coincidían fundamentalmente con los que habían recibido el método C durante el curso escolar anterior (1982-83). La homogeneización de los grupos se efectuó a través de sus edades cronológicas y de rendimiento en la primera evaluación del área de Lenguaje, previa al inicio del método, cuyos datos estadísticos se dan en la Tabla 3.3.XXV. La evaluación del rendimiento se hizo a base de siete pruebas de control semanales y dos evaluaciones finales distanciadas entre sí treinta días (Apéndice C), cuyos datos resumidos en media aritmética y desviación estimada aparecen en la Tabla 3.3.XXVI, donde se han utilizado tres niveles de clasificación en todas las pruebas: cero (mal), uno (regular) y dos (bien). Como elemento de interés debe destacarse que en el grupo experimental se incluyeron tres observadores con visión del color defectiva.

(ii) Análisis de los resultados:

Este proceso consta, para cada uno de los métodos didácticos experimentados, de las siguientes fases:

(1) Verificación de la homogeneidad del grupo experimental y del grupo de control respecto a las variables elegidas.

(2) Estimación de las hipotéticas variaciones sufridas por las calificaciones obtenidas por ambos grupos en los contenidos sujetos al método experimentado.

(3) Establecimiento de correlaciones entre dichas calificaciones y los errores totales cometidos sobre los tests de visión del color analizados en otras secciones.

- Método A.

(1) Para verificar la homogeneidad por edades de los grupos experimental y de control fue preciso aplicar el estadístico "t de Student" dado por la ecuación (2.6.2), una vez comprobada la no equivalencia entre las varianzas de sus distribuciones. Así resultó un valor de $t = 3,100$, con un nivel de significación $\alpha = 0,01$ para la diferencia de sus edades medias.

(2) En la determinación de la posible significación en la diferencia de medias para cada una de las unidades temáticas cuyos datos constan en la Tabla 3.3.XX, incluyendo la objeto del método A, se siguió el procedimiento de comprobar la equivalencia o no de sus varianzas, aplicando a continuación la forma del test "t" apropiada. Excepto la unidad temática I, en la que las varianzas eran diferentes a un nivel de significación $\alpha = 0,05$, el resto confirmó su equivalencia de varianzas. Una vez hechas las determinaciones correspondientes, ninguna unidad temática (incluyendo la experimental) evidenció una diferencia de calificaciones medias significativa.

(3) Por último, la Tabla 3.3.XXVII muestra los coeficientes de PEARSON obtenidos entre los valores de las variables de

calificaciones en las diferentes unidades temáticas y las de errores totales en el conjunto de tests de visión del color (ISHIHARA, Colegio Médico de Tokyo y Ulloa), ninguno de los cuales se encontró significativo con un nivel menor o igual que 0,05.

- Método B.

(1) La comparación de la equivalencia entre las varianzas para las variables edad y rendimiento en Ciencias Naturales en las evaluaciones efectuadas hasta la puesta en práctica de la experimentación, permitió confirmar tal equivalencia. La determinación de los valores del test de hipótesis "t de Student" verificó igualmente la ausencia de unas diferencias de medias estadísticamente significativas.

(2) Siguiendo los mismos cálculos que en este último punto, tampoco pudieron constatarse diferencias significativas en el rendimiento escolar de los dos grupos de alumnos sobre la unidad temática experimental.

(3) La determinación de los coeficientes de correlación lineal entre las calificaciones de la evaluación sujeta a investigación y el número total de errores en la batería de tests de visión del color, arrojó los siguientes valores para el grupo experimental y de control: -0,208 y -0,229, respectivamente, lo que en ningún caso es significativo para la muestra estudiada.

- Método C.

(1) El cumplimiento del método estadístico aplicado en los anteriores apartados para las variables de homogeneización, permitieron verificar ahora esta condición respecto a la edad y rendimiento en Lengua de los dos grupos de alumnos.

(2) Asimismo también pudo confirmarse la homogeneidad en el

caso de sus calificaciones escolares obtenidas en las dos pruebas de evaluación de los contenidos sometidos a la utilización, o no, del color en su impartición.

(3) La Tabla 3.3.XXVIII muestra el valor de los coeficientes de correlación de PEARSON entre las calificaciones obtenidas por los dos grupos de alumnos en las sucesivas evaluaciones, y los errores totales cometidos en los tests de visión del color; aunque ninguno manifiesta significación estadística, destaca el hecho de que adquiriera un valor negativo, en el caso del grupo experimental, bastante más apreciable que el, prácticamente nulo alcanzado por el grupo de control.

- Método D.

(1) Siguiendo el procedimiento de tratamiento de datos, pudo confirmarse la homogeneidad de los grupos de control y experimental para las variables de edad y rendimiento en la primera evaluación de Lengua, tanto en sus valores medios como en sus desviaciones estimadas. Con el fin de comparar los valores del test "t" para la diferencia de calificaciones medias entre el grupo experimental y de control en las diversas pruebas pasadas a ambos y el logrado en la primera evaluación de Lengua, debemos reseñar que este último valor fue de 0,56.

(2) El primer paso consistió en comprobar la equivalencia estadística de las varianzas correspondientes a las calificaciones obtenidas en las nueve pruebas en los dos grupos de alumnos mediante el estadístico "F"; de esta forma tal equivalencia (a un nivel $\alpha < 0,05$) se verificó en las pruebas parciales segunda, tercera, cuarta y séptima, además de en las dos pruebas de evaluación final y hubo de ser descartada en el resto de los casos. Por lo tanto, en la primera ocasión el valor de "t" se determinó a partir de la expresión recogida en la ecuación (2.6.3) y en la segunda se tuvo que recurrir a la ecuación (2.6.2). Así en la Tabla 3.3.XXIX se muestran los valores del test "t" en la diferencia de medias para cada prueba efectuada y

su nivel de significación en caso de ser menor de 0,05. Es de destacar primeramente la existencia de diferencias de medias fuertemente significativas, con rendimiento favorable al grupo experimental, en dos de las siete pruebas parciales y, por otro lado, el que en todos los casos los valores de "t" sean manifiestamente superiores al obtenido en su homogeneización (0,56).

(3) Por último, la Tabla 3.3.XXX recoge los valores de los coeficientes de correlación de PEARSON entre las calificaciones para las dos muestras de evaluación y los errores totales en que incurrieron las dos muestras de alumnos sobre la batería de tests pseudoisocromáticos. Como ocurrió en el método C, aunque ninguno de estos valores es significativo para los grados de libertad correspondientes, los que se refieren al grupo experimental presentan un signo negativo y positivo los que afectan al grupo de control.

En otro orden de cosas cabe decir que, analizando con más detalle los resultados de las pruebas de evaluación de este método, se constató que el uso del color había contribuido a un reforzamiento más apreciable de la categorización gramatical que de la propia sintaxis, en relación con los alumnos que no hicieron uso del método experimental.

Por otra parte, a pesar del pequeño número de defectivos cromáticos que fue posible incluir en el grupo experimental (tres), pudo apreciarse entre ellos una mayor incidencia de confusiones cromáticas en las diferentes pruebas de control realizadas, frente al resto de los sujetos estudiados.

TABLA 3.3.XIX.- Características de los grupos de alumnos de E.G.B. de la Escuela Nacional de Prácticas de Granada, sometidos a los diversos métodos de utilización del color en el aula (M: sexo masculino; F: sexo femenino).

Método	Curso	Grupo	Sexo	Tamaño	Profesor	Area de Aprendizaje	Unidad Temática	Temporalización (horas)	Curso Lectivo
A	6º	Experimental	F	30	P ₁	Ciencias Naturales	Los Sentidos	6	1982-83
		Control	M	49	P ₂			6	
B	7º	Experimental	F	17	P ₂	Ciencias Naturales	La Luz	6	1982-83
		Control	F	15	P ₂			9	
C	6º	Experimental	M	25	P ₃	Lenguaje	Análisis Sintáctico	3	1982-83
		Control	M	25	P ₃			3	
D	7º	Experimental	M	23	P ₃	Lenguaje	Análisis Sintáctico	13	1983-84
		Control	M	26	P ₃			13	

TABLA 3.3.XX.- Puntuaciones medias y desviación típicas de las variables edad y rendimiento escolar en las evaluaciones de las unidades temáticas del área de Ciencias Naturales, para la homogeneización del grupo experimental y de control, en la unidad temática objeto de experimentación según el método A (*).

Grupo	Edad		Rendimiento en unidades temáticas												
	\bar{X}	σ	I		II		III		IV		V		VI*		
			\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	
Experimental	30	11.70	0.78	9.53	2.78	9.17	3.19	10.38	4.05	13.27	4.67	16.46	6.17	9.20	2.92
Control	49	11.21	0.41	9.56	3.76	9.06	3.05	11.57	4.68	14.74	5.26	15.19	7.11	8.62	3.53

TABLA 3.3.XXI.- Puntuaciones medias y desviación estimada de las variables edad y rendimiento escolar en Ciencias Naturales para la homogeneización del grupo experimental y de control en la aplicación del método B.

Grupo	N	Edad		Rendimiento en Evaluaciones									
		\bar{X}	σ_{n-1}	1*		2*		3*		4*			
				\bar{X}	σ_{n-1}	\bar{X}	σ_{n-1}	\bar{X}	σ_{n-1}	\bar{X}	σ_{n-1}		
Experimental	17	12.67	0.91	0.88	1.22	1.29	1.40	1.47	1.42	1.47	1.47	1.47	1.54
Control	15	12.47	0.74	1.62	1.31	1.37	1.36	1.75	1.39	1.62	1.62	1.62	1.59

TABLA 3.3.XXII.- Puntuaciones medias y desviación estimada obtenidas por el grupo experimental y el grupo de control en la evaluación del método B.

Grupo	Rendimiento en la Unidad Temática	
	\bar{X}	σ_{n-1}
Experimental	2.41	1.00
Control	2.73	1.16

TABLA 3.3.XXIII.- Puntuaciones medias y desviación estimada de las variables edad y rendimiento escolar en la primera evaluación del área Lenguaje para la homogeneización del grupo experimental y de control en la aplicación del método C.

Grupo	N	Edad		Rendimiento en Lengua	
		\bar{X}	σ_{n-1}	\bar{X}	σ_{n-1}
Experimental	25	11.21	0.41	1.33	1.74
Control	25	11.16	0.37	1.72	1.72

TABLA 3.3.XXIV.- Puntuaciones medias y desviación estimada obtenidas por el grupo experimental y el grupo de control en las pruebas de evaluación sobre el método C.

Grupo	Rendimiento en las Pruebas			
	1ª		2ª	
	\bar{X}	σ_{n-1}	\bar{X}	σ_{n-1}
Experimental	3.76	4.15	2.80	3.39
Control	4.48	4.10	3.36	3.07

TABLA 3.3.XXV.- Puntuaciones medias y desviación estimada de las variables edad y rendimiento escolar en la primera evaluación del área de Lenguaje, para la homogeneización del grupo experimental y de control, en los contenidos objeto de experimentación según el método D.

Grupo	N	Edad		Rendimiento en Lengua	
		\bar{X}	σ_{n-1}	\bar{X}	σ_{n-1}
Experimental	23	12.25	0.43	1.87	1.63
Control	26	12.20	0.41	1.61	1.58

TABLA 3.3.XXVI.- Puntuaciones medias y desviación estimada obtenidas por el grupo experimental y el grupo de control en las siete pruebas parciales y en las dos pruebas finales para la evaluación del método D.

Grupo	Rendimiento en las Pruebas																	
	Parciales							Finales										
	I	II	III	IV	V	VI	VII	1*	2*	\bar{X}	σ_{n-1}	\bar{X}	σ_{n-1}					
Experimental	1.90	0.30	1.86	0.35	1.30	0.80	1.59	0.59	1.82	0.39	1.52	0.51	1.22	0.73	1.14	0.89	0.91	0.85
Control	1.52	0.59	1.77	0.51	0.92	0.80	0.87	0.80	1.54	0.72	1.28	0.84	1.00	0.80	0.76	0.78	0.61	0.80

TABLA 3.3.XXVII.- Coeficiente de correlación de PEARSON entre los coeficientes obtenidos por los grupos experimental y de control (método A) en las diferentes unidades temáticas en relación con los errores cometidos sobre el conjunto de tests de visión del color.

<u>Grupo</u>	Unidades temáticas de Lengua					
	I	II	III	IV	V	VI
Experimental	0.044	-0.280	-0.158	-0.095	-0.117	-0.274
Control	-0.158	-0.197	-0.230	-0.185	-0.249	-0.244

TABLA 3.3.XXVIII.- Coeficientes de correlación de PEARSON entre las calificaciones obtenidas por los grupos experimental y de control (método C) en las dos pruebas de evaluación de los contenidos en relación con los errores cometidos sobre el conjunto de tests de visión del color.

<u>Grupo</u>	Pruebas de evaluación de Lengua	
	1ª	2ª
Experimental	-0.260	-0.155
Control	0.033	-0.002

TABLA 3.3.XXIX.- Valores del test de hipótesis t de STUDENT y su nivel de significación α (≤ 0.05) para la diferencia de medias entre las calificaciones obtenidas por el grupo experimental y de control (método D) en las sucesivas pruebas de evaluación (n.s. : valor de t no significativo, $\alpha > 0.05$).

	Pruebas de Lengua								
	Parciales							Finales	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	1ª	2ª
t	2.71	0.72	1.60	3.49	1.42	1.13	0.92	1.55	1.27
α	0.01	n.s.	n.s.	0.01	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

TABLA 3.3.XXX.- Coeficientes de correlación de PEARSON entre las calificaciones obtenidas por los grupos experimental y de control (método D) en las dos pruebas de evaluación de los contenidos en relación con los errores cometidos sobre el conjunto de tests de visión del color.

Grupo	Pruebas de evaluación de Lengua	
	1ª	2ª
Experimental	-0.056	-0.102
Control	0.088	0.093

1971, p. 100.

1972, p. 100.

The following table shows the results of the analysis of variance for the different factors. The results are given in the form of the mean square and the corresponding F-value. The F-value is compared with the critical value of the F-distribution for the given degrees of freedom and the level of significance. If the F-value is greater than the critical value, the difference between the means is significant at the given level of significance.

TABLE I

Analysis of variance

for the different factors

and the corresponding F-values

4. CONCLUSIONS

The results of the analysis

of variance are given in

Table I. The F-values

are compared with the

critical values of the

F-distribution for the

given degrees of freedom

and the level of significance.

If the F-value is greater

than the critical value,

the difference between the

means is significant at the

given level of significance.

The results of the analysis

of variance are given in

Table I. The F-values

are compared with the

critical values of the

F-distribution for the

given degrees of freedom

4. CONCLUSIONES

SECCION 2.6.-

-2.6.1.

Los resultados obtenidos en relación con la utilización de los tests pseudoisocromáticos en la identificación de las discromatopsias, totales o parciales, se fundamentan en el estudio estadístico de la aplicación de diferentes pruebas de este tipo a una muestra suficientemente amplia de observadores, tanto normales como disminuídos en su visión del color; así como en el estudio de la influencia de diferentes parámetros sobre la capacidad de detección y diagnóstico de los tests utilizados. Igualmente se han analizado algunas consecuencias derivadas de las anomalías en la visión del color o, en general, de la percepción cromática.

Las conclusiones que se deducen de este trabajo las podemos resumir en los siguientes apartados:

(0) Se han analizado cuatro pruebas de las usualmente utilizadas para la detección de las anomalías cromáticas: test de Ishihara, test del Colegio Médico de Tokyo, test de Ulloa y los tests Panel D-15, tanto estándar como desaturado. A su vez cuatro ediciones diferentes del test de Ishihara fueron estudiadas también con miras a evaluar la influencia del envejecimiento y tintes de sus láminas sobre su capacidad de clasificación y detección.

(1) Del total de sujetos con visión del color normal y defectiva analizados con el test Ishihara (1979), sólo cuatro de ellos (0,6 por ciento), incurrieron en un número de errores considerado por el manual del test como susceptible de un análisis más detallado, con objeto de establecer si corresponden a visión cromática normal o defectiva .

(2) Los individuos con percepción cromática normal cometen, por término medio, un número mayor de errores no típicos que típicos. Lo contrario ocurre entre los observadores defectivos. Esto favorece la validez del test Ishihara en la medida en que el predominio de unos errores sobre otros cambia de signo según la clase de visión del color afectada.

La correlación lineal entre ambos tipos de errores es positiva para los observadores normales y negativa para los defectivos, aunque con bastante mayor significación estadística en el segundo caso.

(3) Los observadores que padecen una deficiencia protan fuerte cometen, por término medio, un número de errores totales significativamente mayor que los clasificados como deutan fuerte. Sin embargo, tal significación no aparece cuando se comparan los promedios de errores típicos, por un lado, y no típicos por el otro, aun cuando los primeros observadores realicen, en general, lecturas con mayor número de errores que los segundos.

(4) Los resultados de la aplicación de los índices de eficiencia introducidos para evaluar el comportamiento de las láminas pseudoisocromáticas individuales del test Ishihara, tanto en el caso de observadores normales como defectivos, indican en primer lugar un mejor comportamiento del test para los primeros que para los segundos. En cuanto a la evaluación según el grupo de láminas implicadas, se aprecian claras diferencias:

(a) Las de transformación (2-9) y de diagnóstico (22-25) responden más eficientemente que las de confusión (10-17) y de dígito oculto (18-21) cuando son leídas por los observadores normales.

(b) Las de confusión, en cambio, lo hacen mejor que las de transformación y éstas que las de dígito oculto en el caso de

los observadores defectivos y, por otra parte, las de diagnóstico son más adecuadas para identificar deficiencias deutan que para hacerlo con las protan.

Estos datos han permitido confeccionar una lista de grados de eficiencia de las veinticuatro láminas Ishihara, posibilitando la selección de un número reducido de éstas que garantice su capacidad de detección y diagnóstico dentro de unos límites aceptables.

(5) En esta edición del test Ishihara analizada (1979) resulta recomendable desechar las láminas de dígito oculto, dada su práctica inutilidad en el estudio de observadores defectivos, además de su posible inducción a considerar algunos de éstos como normales cuando incurren en un número de errores (ocho-doce), que obliga a contrastar la lectura de estas láminas con las de confusión, tal y como quedó de manifiesto al comparar la respuesta de este test con la correspondiente a otras tres ediciones del mismo.

(6) El análisis test-retest de las láminas Ishihara sobre individuos con visión del color normal, por una parte, y sobre individuos con visión del color defectiva, por otra, permitió concluir una estabilidad de los resultados para los primeros; para los segundos se encontraron variaciones apreciables en el sentido de una disminución significativa de los errores no típicos en el segundo examen y en una modificación de algunos de los diagnósticos diferenciales de las anomalías, aunque en ningún caso se produjo un intercambio protan-deutan o viceversa.

- 2.6.2.

(7) Al comparar las respuestas de ambas muestras de observadores normales y defectivos, sobre cuatro ediciones del test Ishihara, caben diversas consideraciones. Los primeros fueron detectados como tales, excepto cuatro (10 por ciento del total de observadores) a los que la edición más antigua (1954)

identificó como defectivos; por otro lado, fue ésta la edición que provocó mayor número de errores entre estos individuos, y la del año 1979 la de menor promedio de errores. La dependencia lineal entre los errores totales de cada par de tests resultó altamente significativa, destacando la existente entre las ediciones 1973-1982 y 1979-1982.

(8) Para los observadores defectivos y, en lo que respecta a la clasificación de las deficiencias sobre la muestra de anómalos cromáticos, se destaca:

(a) El alto grado de deficiencias " sin clasificar" dado por la edición 1954.

(b) El bajo índice de clasificaciones protan obtenidas con la edición 1982.

(c) La detección de algunos observadores como normales según la edición 1979 que son estimados como defectivos por el resto de las ediciones.

(d) El número de diagnósticos coincidentes entre cada par de tests resultó prácticamente estacionario para sus posibles comparaciones.

(e) Sólo el 5 por ciento de los individuos fueron clasificados de forma contradictoria por alguno de los tests, es decir, protan por uno y deutan por otro.

(f) El 15 por ciento de los observadores no pudieron ser identificados con el mismo tipo de anomalía según tres o las cuatro ediciones.

(g) La comparación de diagnósticos con respecto a los obtenidos por medio de los tests Fanel D-15 en los casos en que no existía unanimidad de diagnóstico, proporcionó un mayor número de coincidencias para la edición 1973, seguida de las

correspondientes a los años 1982, 1979 y 1954, respectivamente.

(9) En lo referente a los errores cometidos por los observadores con deficiencias en su visión del color sobre las cuatro ediciones del test Ishihara, en tres de las seis comparaciones establecidas entre cada par de tests, los errores totales medios resultaron estadísticamente equivalentes y en otras tres, distintos.

(10) de acuerdo con los índices de eficiencia definidos para el test de Ishihara y aplicados a los resultados obtenidos mediante el empleo de sus cuatro ediciones, puede concluirse que la edición 1973 cumple más satisfactoriamente con la doble misión de detectar y clasificar las anomalías cromáticas, seguida en orden decreciente por las relativas a los años 1979 y 1954-1963, respectivamente.

- 2.6.3.

(11) Cuando se analizan las lecturas obtenidas a partir del test Colegio Médico de Tokyo por observadores con visión de color normal y defectiva, respectivamente, en relación con el test Ishihara (1979), parece existir una clara separación, en base al número total de errores, entre los primeros y los segundos, pero previamente deben haberse asignado las lecturas de sus láminas de diagnóstico cuantitativo a las características del normal o del defectivo. Para ello es preciso conocer con anterioridad la normalidad o anormalidad de la visión del color mediante un criterio externo, como es en este caso el test de Ishihara.

La correlación lineal entre el número de errores típicos y no típicos para ambas muestras de observadores resultó ser positiva para los normales y negativa para los defectivos, encontrándose mayor significación estadística en este último caso.

(12) Una vez redefinidos los índices de eficiencia para las

láminas individuales del test Colegio Médico de Tokyo se observó, en general, un mejor comportamiento de las láminas para los observadores normales que para los defectivos, con la excepción de las láminas del grupo de "Detección I", en que ocurre lo contrario.

A partir de los números de orden de eficiencia global, es posible seleccionar las láminas más eficientes de este test.

(13) Sometido al mismo procedimiento anterior, el test de Ulloa condujo a un considerable solapamiento, por el número total de errores, entre las lecturas de sujetos con visión del color normal y aquellos con visión del color defectiva, todo ello según el diagnóstico previo del test de Ishihara.

De nuevo se obtuvieron correlaciones lineales entre los errores típicos y no típicos en el mismo sentido que las deducidas para el test de Ishihara y para el test Colegio Médico de Tokyo.

(14) La definición de los índices de eficiencia para el test de Ulloa condujo a verificar igualmente una mayor eficiencia de las láminas cuando son leídas por observadores normales, que cuando lo son por los defectivos; resultan ser especialmente ineficientes las láminas de detección al ser leídas por estos últimos.

Por último, quedó establecida la clasificación de las láminas según su orden de eficiencia.

(15) Cuando se comparan los resultados de la aplicación simultánea de los test Ishihara, Colegio Médico de Tokyo y Ulloa sobre una muestra de observadores con visión cromática normal, los errores típicos, no típicos y totales mostraron mayoritariamente intercorrelaciones positivas significativas.

(16) En cuanto a los diagnósticos proporcionados sobre la muestra de deficientes cromáticos por los tres tests anteriores

destaca, sobre todo, la manifiesta incapacidad de las pruebas Colegio Médico de Tokyo y Ulloa para identificar los defectos tipo protan, en comparación con el comportamiento del test de Ishihara. La cuantificación en tres grados de las deficiencias mediante el test Colegio Médico de Tokyo se corresponde con el número total de errores, en promedio, cometidos por estos observadores sobre los tests Ishihara y Ulloa, especialmente al considerar las deficiencias de grado primero, por un lado, y las de grado segundo y tercero, por otro.

-2.6.4.

(17) La utilización de diapositivas para la reproducción del test Ishihara y su posterior aplicación masiva para la detección y clasificación de anomalías cromáticas resultó muy positiva en un estudio piloto sobre un reducido grupo de observadores normales y defectivos, cuando se compararon sus resultados con los del propio test en uso directo; así, existió una clara separación entre ambos grupos de individuos por el número de errores totales y, en general, éstos mostraron una correlación lineal positiva con los del test original y, por otra parte, se mantuvo en su integridad la clasificación de las anomalías dadas por dicho test en relación con su versión diapositivada.

Por el contrario, cuando el método combinado test diapositivado/test original fue utilizado en la detección de anómalos cromáticos en diferentes centros escolares, la reproducción fotográfica perdió gran parte de su eficiencia al clasificar a un bajo número de individuos y producir algunos diagnósticos contradictorios con respecto al test directo, logrando clasificar no obstante un porcentaje significativo de los anómalos sin clasificar por este último. Esta diferencia de comportamiento con respecto al observado en el estudio piloto puede estar debida a las diferentes condiciones físicas y psíquicas del aula y alumnado, respectivamente, sometido a examen. Estos resultados apuntan la necesidad de un control rigurosos de estas variables en caso de aplicación de este procedimiento.

(18) En el estudio comparativo de las respuestas dadas, por individuos con visión cromática normal o defectiva, a la reproducción diapositivada de una selección de láminas del test Ishihara mediante películas de siete marcas comerciales distintas, todas las reproducciones condujeron a una clara separación, por el número total de errores, entre los observadores normales y defectivos, hecho éste especialmente notable en el caso de las películas: "Agfachrome Professional-100 A.S.A.", "Ektachrome-64 A.S.A." y "Kodachrome-64 A.S.A."

En cuanto a su capacidad de clasificación, se detectó, en general, mayor incapacidad para identificar deficiencias tipo protan que deutan. De la comparación de los diagnósticos obtenidos a partir de las películas y el adoptado mediante las cuatro ediciones del test Ishihara y los Panel D-15, las películas que mejor se adaptaron a aquellos fueron las: "Agfachrome Professional 100 A.S.A." y "Kodachrome-64 A.S.A."

-2.6.5.

(19) Por lo que respecta al estudio de las frecuencias de las anomalías cromáticas en la población infantil granadina estudiada, cabe hacer diversas consideraciones:

(a) Los porcentajes obtenidos resultan ser intermedios entre los identificados por otros autores en países centroeuropeos y estadounidenses y los correspondientes a Japón o países hispanoamericanos.

(b) La frecuencia observada entre la población femenina se corresponde, con buena aproximación, a la esperada según argumentos genéticos.

(c) No se aprecia una dependencia entre la edad de la población y el porcentaje de deficientes encontrados entre los distintos intervalos cronológicos.

(d) Se encontró una gran variabilidad en dichos porcentajes según los centros escolares a los que pertenecían.

SECCION 3.1.

(20) Cuando se analiza la dependencia entre la edad y el número de errores cometidos por individuos con visión del color normal sobre los tests pseudoisocromáticos: Ishihara, Colegio Médico de Tokyo y Ulloa, pueden extraerse algunas conclusiones:

(a) Los resultados que proporcionan estos tests en forma de errores típicos y no típicos se ven influenciados por la edad en el caso de individuos jóvenes con percepción cromática normal según tales pruebas.

(b) Los errores típicos parecen manifestar más acusadamente esta dependencia, lo que podría indicar una mejoría de la discriminación en tono a medida que la edad aumenta dentro del intervalo estudiado.

(c) Estas variaciones son específicas de cada test, por lo que se recomienda el uso de una batería de tests para su evaluación, representando la suma total de los errores cometidos en función de las edades de los individuos analizados.

(d) Los tiempos de realización de cada test dependen también significativamente de la edad, disminuyendo a medida que ésta crece, siendo el Ulloa el que precisa mayor tiempo medio para su ejecución seguido del Colegio Médico de Tokyo e Ishihara, respectivamente.

En el caso de los individuos con visión del color defectiva no existe confirmación estadística para la hipótesis que supone una dependencia significativa entre la edad de los mismos y los diferentes tipos de errores en que incurrían cuando son examinados solamente con el test Ishihara, como era el caso de

los sujetos normales sometidos a una batería de test pseudoisocromáticos.

(21) Por lo que respecta a la relación entre la visión del color y el sexo de los observadores analizados con una percepción cromática normal, cabe hacer ciertas consideraciones:

(a) Los errores típicos y no típicos medios surgidos en el ensayo de la visión del color en observadores de uno y otro sexo, equivalentes en edad, difieren en significación según el test utilizado.

(b) Cuando los tests son considerados en su conjunto, se cometen menos errores típicos por los varones que por las hembras, lo que permitiría inferir una mejor discriminación cromática para los primeros; en cambio los varones cometen más errores no típicos que las mujeres de forma significativa.

(c) Cuando los errores típicos y no típicos medios son acumulados en la batería de tests, no existe verificación estadística para poder concluir una realización diferente entre los individuos de uno y otro sexo.

(d) Por el contrario, los varones realizaron, en promedio, cada uno de los tests y su conjunto en menor tiempo que las hembras.

SECCION 3.2.

(22) Las implicaciones de la visión defectiva del color sobre la orientación profesional han sido revisadas de cara a intentar la clasificación de su hipotética influencia sobre el desempeño de diversas tareas laborales, así como la utilidad de las pruebas para el examen de la percepción cromática usadas a tal efecto en diversos países.

En cuanto al ámbito exclusivamente nacional de esta problemá-

tica, se han aportado datos recogidos de una muestra de empresas y organismos en los que una percepción del color normal sería previsiblemente deseable, lo que de hecho facilitará la difusión de estos requisitos, hasta ahora no establecidos de una forma explícita en la literatura nacional o internacional. Por otra parte, se plantean posibles soluciones a la orientación profesional de los defectivos cromáticos en el marco de la Educación General Básica.

SECCION 3.3.

(23) El estudio de la relación existente entre los errores típicos y no típicos con respecto a diversas variables intelectivas y de rendimiento escolar para observadores con visión del color normal, desembocó en una serie de conclusiones referentes a las hipótesis estadísticas de partida:

(a) Los tiempos de realización de los tests Ishihara, Colegio Médico de Tokyo y Ulloa mostraron coeficientes de correlación lineal positivos, con relación a los errores típicos y no típicos cometidos sobre los correspondientes tests; por otro lado, los defectivos cromáticos precisaron significativamente mayor tiempo para resolver los tests que los normales.

(b) Aunque, en general, los coeficientes de correlación lineal entre las variables de error y las intelectivo-académicas tuvieron un signo negativo prácticamente en todos los casos, sólo en unos pocos tales coeficientes fueron estadísticamente significativos; en cambio, sí se apreció tal significación en su relación con la velocidad lectora y con la percepción de diferencias de los individuos.

(c) No pudo confirmarse significativamente que los errores no típicos se concentraran en mayor proporción sobre las láminas Ishihara formadas por dos dígitos que sobre aquellas en las que se puede leer un solo dígito.

(24) Al realizar un estudio de la frecuencia de aparición de posibles colores confusos para individuos con visión cromática anómala en una muestra de libros de texto de Educación General Básica, se encuentra que éstos aparecen con mayor incidencia en las áreas educativas de Social y Natural.

(25) La posible repercusión de las deficiencias en la visión del color sobre el rendimiento escolar de los sujetos afectados frente al rendimiento de los que disfrutaban de una visión del color normal, fue analizada en diversos aspectos, lo que condujo a diferentes conclusiones:

(a) Los observadores con deficiencias sin clasificar, entre los cuales es de preveer un alto porcentaje de tricrómatas anómalos, manifestaron un mayor rendimiento, aunque no significativo, que los protan o deutan.

(b) Las calificaciones de los defectivos estuvieron correlacionadas negativamente con los errores registrados aquellos en el test Ishihara, siendo significativos coeficientes para las áreas de Lengua, Expresión Plástica, Social y Natural.

(c) El análisis de la evolución con la edad de las calificaciones escolares para los individuos afectados mostró una modificación de signo, en el sentido de aparecer, en general, por debajo de las medias de los normales cuando aquellos pertenecían a los grupos de edad de ocho y nueve años, para invertirse esta tendencia en los grupos de mayor edad, lo que podría justificarse en base a la aparición de mecanismos de compensación de la deficiencia padecida a medida que evoluciona el individuo.

(d) En cualquier caso y para la muestra analizada, al considerar las calificaciones en las distintas áreas de aprendizaje de los defectivos y las promedio de los cursos escolares en los que se integran, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre ambas.

(e) Finalmente, de la distribución de edades para la muestra de defectivos cromáticos, en relación con la correspondiente para observadores normales no parece inferirse que la visión defectiva del color pueda relacionarse directamente con el retraso escolar.

(26) El uso de cuatro posibles modelos de utilización del color en el aula como estímulo didáctico permitió extraer algunas conclusiones a partir de las diferentes variables introducidas en unos y otros:

(a) Aunque, en una primera fase no se detectaron diferencias significativas en el rendimiento escolar de los grupos de alumnos que hicieron uso, tanto manual como visual, del color (métodos A, B y C) con respecto a los que no lo emplearon, no obstante, cuando tal utilización se llevó a cabo durante un tiempo más prolongado, era codificadora de información y se reprodujo por los propios alumnos, aparecieron cambios positivos más destacables y parcialmente significativos, a pesar de lo reducido del tamaño de las muestras analizadas.

(b) Este último método sirvió también como refuerzo del aprendizaje para los conceptos a los que se asoció su utilización.

(c) Los tres observadores defectivos incluidos en el grupo experimental sometido a este último método incurrieron, como era lógico esperar, en mayor número de confusiones cromáticas que el resto de los alumnos intervinientes en esta experiencia.

(27) Del análisis de las últimas conclusiones referentes al estudio del rendimiento escolar en función del tipo de visión cromática así como de la utilización del color como estímulo didáctico, parece desprenderse la necesidad de estudiar con detalle los diferentes parámetros que pudieran influir en estos aspectos e igualmente esclarecer aquellas dependencias que requieran niveles de significación más altos que los encontrados en base a escoger muestras más amplias.

Parece evidente también la necesidad de recomendar a las compañías editoriales eviten, en lo posible la yuxtaposición de colores confusos en la impresión de sus textos.

Para finalizar y en base a nuestros resultados, parece recomendable la utilización del color como estímulo didáctico lo que, por otra parte, repercutiría lógicamente en los resultados que se obtuviesen en las dependencias aquí analizadas si es que la utilización del color se generaliza, debiéndose entonces extremar las recomendaciones apuntadas.

... ..
... ..
... ..

... ..

... ..

5. BIBLIOGRAFIA

... ..
... ..

... ..
... ..

... ..
... ..

... ..
... ..

... ..
... ..

BIBLIOGRAFIA

- ADAM A., DOBSON R. y HODAM R.
Frequency of protan and deutan alleles in some israeli communities and a note of the selection-relaxation hypothesis.
Am. J. Anthropol. 26, 297-306 (1967)
- ADAMS A. J. y SPIVEY B.E.
Color vision.
Harper y Row, Maryland (1979)
- ADAMS A.J., BALLIET R. y MC ADAMS M.
Color vision: blue deficiencies in children?
Invest. Ophthalmol. 14, 620-625 (1975)
- AMERICAN MEDICAL ASSOCIATION
Medical guide for physicians in determining fitness to drive a motor vehicle.
J. Am. Med. Ass. 16, 1195 (1959)
- AMERICAN OPTICAL COMPANY
Pseudo-isochromatic plates for testing color perception.
Beck Engraving Company, New York (1940)
- AMOS J.F. y PIANTANIDA T.P.
The Roth 28-Hue test.
Am. J. Optom. Physiol. Opt. 54, 171-177 (1977)
- BABEL J.
Diagnostic des dyschromatopsies congenitales et acquises.
Ophtalmologica 149, 277-294 (1965)
- BACON L.
Colour vision defect - an educational handicap.
Med. Officer 125, 199-209 (1971)
- BALLY C.Z.
Untersuchungen über die Verkehrstüchtigkeit farbsinngestörter knaben.
Z. Unfallmed. Berufskr. 47, 100-109 (1954)
- BARCA L. y VACCARI G.
A report on normal response to the F. M. 100-hue test.
Atti. Fond. G. Ronchi 32, 273-280 (1977)
- BARCA L. y VACCARI G.
Anarchic versus random 100-hue responses.
Atti Fond. G. Ronchi 33, 759-763 (1978 a)
- BARCA L. y VACCARI G.
Color discrimination in old people. A report on 30 cases.
Atti Fond. G. Ronchi 33, 279 (1978 b)
- BARCA L. y VACCARI G.
L'ondata di desaturazione e l'ondata di decolorazione: un nuovo modo di inquadrare le deficienze acquisite della visione dei colori.
Atti Fond. G. Ronchi 34, 477-494 (1979)

- BECK H.I.
The relationship of colors to various concepts.
J. Educ. Res. 53, 194-196 (1960)
- BELCHER S.J., GREENSHIELDS K.W. y WRIGTH W.D.
Colour vision survey using the Ishihara, Dvorine, Boström and Kugelberg, Boström and A. O. HRR tests.
Br. J. Ophthal. 42, 355-359 (1958)
- BERENS C. y STEIN L.
Group color vision tests.
J. Am. Med. Assoc. 113, 1563 (1939)
- BERGEN S.F.
Mass screening for color vision deficiencies.
Colour 81, Berlin (1981)
- BERNAD J.A.
Guía para la valoración de textos escolares.
Teide, Barcelona (1976)
- BEYNE J.
L'aptitude á percevoir les signaux colorés. Comment l'évaluer de façon certaine.
Clin. Ophthal. 3, 2-8 (1956)
- BIRCH J.
Isochromatic lines and the design of colour vision tests.
Mod. Probl. Ophthal. 13, 8-13 (1974)
- BIRCH J.
Colour vision tests and colour vision advice.
Br. J. Physiol. Opt. 29, 1-29 (1975)
- BIRCH J.
Design of diagnostic tests for congenital and acquired colour vision defects.
Mod. Probl. Ophthal. 17, 196-201 (1976)
- BOICE M.L., TINKER M.A. y PATERSON D.G.
Color vision and age.
Am. J. Psychol. 61, 520-526 (1948)
- BORNSTEIN M.H., KESSEN W. y WEISKOPF S.
The categories of hue in infancy.
Science 191, 201-202 (1976)
- BORNSTEIN M.H.
Psychological studies of color perception in human infants: habituation, discrimination and categorization, recognition, and conceptualization.
Advances in Infancy Research (Vol. 1, pp. 1-39). Ablex Publishing Corporation, New Jersey (1981)
- BOSTROM C.G.
Tabulae pseudo-isochromaticae: Tavlor för ultrömande av rubbningar i färgsinnet.
Kifa, Stockholm (1935)

- BOSTROM C.G. y KUGELBERG I.
Tabulae pseudo-isochromaticae: Tavlor för färgsinnespröving.
Kifa, Stockholm (1944)
- BOSTROM C.G. y KUGELBERG I.
Official colour sense control in Sweden.
Arch. Ophthal. 38, 378-380 (1947)
- BOWMAN K.J.
The Farnsworth dichotomous tests - the Panel D-15.
Austral. J. Optom. 56, 13-24 (1973)
- BOYNTON R.M. y WAGNER M.
Two - color threshold as test of color vision.
J. Opt. Soc. Am. 51, 429-440 (1961)
- BOYNTON R.M.
The two - color threshold as a test of color deficiency.
Die Farbe 11, 93-102 (1962)
- BURNHAM R.W. y CLARK J.R.
A color memory test.
J. Opt. Soc. Am. 44, 658-659 (1954)
- CASAS J.M. y GARCIA T.
Técnicas de laboratorio que (FP2). Análisis cualitativo y cuantitativo.
Don Bosco, Barcelona (1978)
- CHAPANIS A.
Diagnosing types of color deficiency by means of pseudoisochromatic tests.
J. Opt. Soc. Am. 39, 242-249 (1949).
- CHAPANIS A.
Relationships between age, visual acuity and color vision.
Human Biol. 22, 1-33 (1950)
- CHRIST R.E.
Review and analysis of colour coding research for visual displays.
Human Factors 17, 542-570 (1975)
- COBB S.R.
Exchange threshold colorimeter and analytical anomaloscope of class I and class II subjects and colour defectives.
Percept. Motor Skills 53, 523-544 (1981).
- COHEN G.
Psicología cognitiva.
Alhambra, Madrid (1983)
- COLE B.L. y BROWN B.
Optimum intensity of red road-traffic signal lights for normal and protanopic observers.
J. Opt. Soc. Am. 56, 516-522 (1966)

- COLE B.L. y WINGRYS A.J.
A survey and evaluation of lantern tests of color vision.
Am. J. Optom. Physiol. Opt. 59, 346-374 (1982)
- COLENBRANDER y ADAMS A.J.A.
Vocational color vision requirements.
Ergophthalmological Symposium, San Francisco (1982)
- COLLINS M.
Colour blindness.
Keagan Paul, Londres (1925)
- COPELLO D. y CHARA A.
Deficiencias en la visión cromática de muestras escolares.
Arch. Soc. Esp. Oftal. 33, 1023-1030 (1973)
- CORAH N. y GOSPODINOFF E.J.
Color-forms and whole-part perception in children.
Child Development 37, 837-842 (1966)
- CORRONS A.
Análisis estadístico de la visión cromática de varones españoles.
Opt. Pur. Apl. 6, 139 (1973)
- COURTENY G.R. y HEATH G.G.
Colour vision deficiency in the mentally retarded: prevalence and a method of evaluation.
Am. J. Mental Defic. 76, 48-52 (1971)
- COX J.
Unilateral color deficiency, congenital and acquired.
J. Opt. Soc. Am. 51, 992-999 (1961)
- CRONE R.A.
Clinical study of colour vision.
Br. J. Ophthal. 39, 170-173 (1955)
- CRONE R.A.
Quantitative diagnosis of defective color vision. A comparative evaluation of the Ishihara test, the Farnsworth dichotomous test and the Hardy-Rand-Rittler polychromatic plates.
Am. J. Ophthal. 51, 298-305 (1961)
- CRONE R.A.
Incidence of known and unknown colour vision defects.
Ophthalmologica 155, 37-55 (1968)
- DANNEMAIER W.
The effect of color perception on success in high school biology.
J. Exp. Educ. 41, 15-17 (1972)
- DEN TANDT J.B.
Psychochromoanalysis and children.
Color 81, Berlín (1981)

- DERIBERE M.
La couleur dans les activités humaines.
Dunod, Paris (1959)
- DIMMICK F.L.
The Inter-Society Council Color Aptitud test.
J. Opt. Soc. Am. 32, 745 (1942)
- DIMMICK F.L.
Methodology in test preparation.
J. Opt. Soc. Am. 33, 308-315 (1943)
- DIMMICK F.L.
Color aptitude test.
J. Appl. Psychol. 30, 10-22 (1946)
- DONALDSON G.B.
Instrumentation for the Farnsworth-Munsell 100-hue test.
J. Opt. Soc. Am. 67, 248-249 (1977)
- DOSTER M.E.
Vision screening in shools - why, what, how and when?
Clin. Pediat. 10, 662-665 (1971)
- DREYER V.
Occupational possibilities of colour defectives.
Acta Ophthal. 47, 523-534 (1969)
- DVORINE I.
A new diagnostic method of testing and training color perception.
Am. J. Optom. and Arch. Am. Acad. Optom. 21, 225 (1944 a)
- DVORINE I.
Colour perception testing charts and colour perception training charts.
Waverley Press, Baltimore (1944 b)
- DVORINE I.
Dvorine pseudo-isochromatic plates.
Waverley Press, Baltimore (1953)
- EBEL R.
Measuring eductional achievement.
Prentice Hall, Nueva York (1965)
- EDIRDGE-GREEN F.W.
Colour blindness and colour perception.
Keagan Paul, Londres (1891)
- ERICKSON R.L.
Relational isolation as a means of producing the von Restorff effect in
paired-associate learning.
J. Exp. Psychol. 66, 111-119 (1963)
- ESPINDA S.D.
Color vision deficiency: A learning disability ?
J. Learn. Disab. 6, 163-166 (1973)

- FAGAN J.F.
 Infant color perception.
 Science 183, 973-975 (1974)
- FAGAN J.F.
 Infant hue discrimination ?
 Science 187, 277 (1975)
- FARNSWORTH D.
 The Farnsworth-Munsell 100-hue and Dichotomous Tests for color vision.
 J. Opt. Soc. Am. 33, 568-578 (1943)
- FARNSWORTH D. y FOREMAN P.
 Development and trial of new London Navy Lantern as a selection test for
 serviceable color vision.
 U.S. Submarine Base, Med. Res. Dept. Color Vision Report nº 12, Project
 X-457, New London (1946)
- FARNSWORTH D.
 A polychromatic plate for detecting congenital tritanomalous color vision.
 U.S. Submarine Base, Med. Res. Dept., New London (1955).
- FARNSWORTH D.
 Test dichotomique de Farnsworth. Serie D-10 Manuel.
 Centre Psychologie Appliquée, Paris (1956)
- FARNSWORTH D.
 The Farnsworth-Munsell 100-Hue Test Manual.
 Munsell Color Co., Baltimore (1957)
- FERGUSON G.
 Statistical Analysis in Psychology and Education.
 Mc Graw-Hill, Nueva York (1971)
- FILLENBAUM S. y RAPPOPORT A.
 Studies in the subjective lexicon.
 Academic Press, Nueva York-Londres (1971)
- FLETCHER R.
 The City University Colour Vision Test.
 Keeler Instr., Londres (1975)
- FLETCHER R.
 Colour test decisions in practice.
 The Optician 181, 17-18 (1981 a)
- FLETCHER R.
 Lantern tests in optometric routines.
 The Ophthalmic Optician 21, 172-174 (1981 b)
- FLETCHER R.
 Childrens tests - further applications.
 Docum. Ophthal. Proc. Series 33, 189-190 (1982)

- FRANÇOIS J. y VERRIEST G.
On acquired deficiency of colour vision.
Vision Res. 1, 201-219 (1961)
- FREEMAN E.
The Illuminant Stable Color Vision Test.
Freeman Techn. Assoc., Sarasota (1949, 2ª ed.)
- GALLAGHER J.R. y GALLAGHER C.D.
Color vision screening of preeschool and first grade children.
Arch. Ophthal. 72, 200-211 (1964)
- GARDINER P. y SEREDA M.
Diagnosis of colour-vision defects in young children.
Lancet 1, 569 (1970)
- GATTEGNO C.
Words in color, teacher's guide.
Learning Materiales, Chicago (1962)
- GILES G.H.
Clinical application of colour vision tests.
The Refractionist (1934)
- GILES E., HANSEN A.T., MC CULLOUGH J.M., METZGER D.G. y WOLPOFF M.H.
Hydrogen cyanide and phenylthiocarbamide sensitivity, mild-phalangeal hair
and color blindness in Yucatán, México.
An. J. Phys. Anthropol. 28, 203-212 (1968)
- GOETHLIN G.V.
Svenska Läkaresällskapetets Handlingar 42, 1665 (1916)
- GORDON I.E. y FIELD D.
A possible explanation as to why the newly sighted commonly perform well on
pseudoisochromatic colour vision tests.
Perception 7, 119-122 (1978)
- GRANBERG-DANIELSEN B.
Untersuchungen über die Unfallhäufigkeit von Farbenuntüchtigen im Strassen-
verkehr.
Klin. Monatsbl. Augenheilk 139, 677-682 (1961)
- GREEN M.
Results of testing a group of colour defective subjects with several tests
of colour vision and colour aptitude.
Die Farbe 11, 87-92 (1962)
- GRUNFELD K. y HAPTEN K.
On Gestaltpsychology as a clue to a possible source of error in examination
of the colour sense.
Acta Ophthal. 31, 425-429 (1954)
- GRUTZNER P.
Acquired color vision defects.
Handbook of Sensory Physiology. Vol. VII/4, pp. 643-659, Springer-Verlag,
Berlin-Heilderberg-Nueva York (1972)

- HAGER G.
Die bedeutung von sehbehinderungen für die unfallgefährdung.
Ber. Deut. Ophthal. Ges. 64, 572-574 (1961)
- HAMER R.D., ALEXANDER K.R. y TELLER D.Y.
Rayleigh discriminations in young human infants.
Vision Res. 22, 575-587 (1982)
- HANSEN E.
Factors causing uncertainty when conducting colour discrimination tests. An evaluation of the Ishihara, Boström-kugelberg and Stilling tests on a basis of anomaloscope examination.
Am. Inst. Barraquer 4, 250-292 (1963)
- HARDY L.H.
Simple judgment test for red-green discrimination.
J. Opt. Soc. Am. 33, 512-514 (1943)
- HARDY L.H., RAND G. y RITTNER M.C.
Tests for the detection and analysis of color-blindness. I The Ishihara test: an evaluation.
J. Opt. Soc. Am. 35, 268-275 (1945 a)
- HARDY L.H., RAND G. y RITTNER M.C.
Tests for the detection and analysis of color-blindness. II The Ishihara test: comparison of editions.
J. Opt. Soc. Am. 35, 350-356 (1945 b)
- HARDY L.H., RAND G. y RITTNER M.C.
Tests for the detection and analysis of color-blindness. III The Rabkin test.
J. Opt. Soc. Am. 35, 481-491 (1945 c)
- HARDY L.H., RAND G. y RITTNER M.C.
A screening test for defective red-green vision.
Arch. Ophthal. 38, 442-449 (1947)
- HARDY L.H., RAND G. y RITTNER M.C.
H-R-R polychromatic plates.
J. Opt. Soc. Am. 44, 509-523 (1954 a)
- HARDY L.H., RAND G. y RITTNER M.C.
The H-R-R polychromatic plates. I.
Arch. Ophthal. 51, 216-228 (1954 b)
- HARDY L.H., RAND G. y RITTNER M.C.
The H-R-R polychromatic plates. II.
Arch. Ophthal. 52, 353-368 (1954 c)
- HARDY L.H., RAND G. y RITTNER M.C.
Pseudo-isochromatic plates for detecting, classifying and estimating the degree of defective colour vision.
Am. Opt. Co., Nueva York (1955)
- HAYES S.P.
Color defects: measurement, classification, heredity.
Psychol. Bull. 23, 565-568 (1926)

- HEATH G.G.
The handicap of color blindness.
J. Am. Optom. Assoc. 45, 62-69 (1974)
- HIGGINS K.E. y KNOBLAUCH K.
Validity of Pinckers 100-hue version of the Panel D-15.
Am. J. Optom. and Physiol. Opt. 54, 165-170 (1977)
- HIGGINS K.E., MOSKOWITZ-COOK A. y KNOBLAUCH K.
Colour vision testing: an alternative "source" of illuminant C.
Mod. Probl. Ophthal. 19, 113-121 (1978)
- HITA E. y SAENZ O.
La ceguera al color y la enseñanza.
Bordon 231, 51-66 (1980)
- HITA E.
La visión del color y sus anomalías.
I.C.E. Serie E.G.B. nº 42, Granada (1981)
- HITA E., NUÑEZ E., PERALES J. e IGLESIAS E.
Estudio estadístico del rendimiento académico de escolares con deficiencias en la visión del color.
II Encuentros de Didáctica de la Física y la Química, Almería (1981)
- HITA E., PERALES J. y CRUZ A.
Estudio comparativo de diferentes tests para la detección de las anomalías en la visión del color.
Opt. Pur. Apl. 15, 87-92 (1982)
- HOLMGREN F.
De la cécité des couleurs dans ses rapports avec les chemins de fer et la Marine.
Masson, Paris (1877)
- HOLMGREN F.
Color-blindness in its relation to accidents by rail and sea.
Centr. Bl. F. Prakt. Augenheilk 2, 201 (1878)
- HUKAMI K.
Studies on Tokyo Medical College color vision test for school children.
Folia Ophthal. Jap. 11, 842-845 (1960)
- HUKAMI K.
Color vision test for children under 6 years of age.
Folia Ophthal. Jap. 12, 590-594 (1961)
- HUKAMI K. y IWATA C.
Color discrimination test for children aged from 4 to 7 years.
Folia Ophthal. Jap. 18, 1067-1071 (1967)
- HUKAMI K., ICHIKAWA H. y TANABE S.
Evaluation of the Standard Pseudo-Isochromatic Plates (first edition).
Colour Vision Deficiencies V, pp. 200-203, Adam Hilger, Bristol (1980)

- HURVICH L.M.
Color Vision.
Sinauer Associates, Massachusetts (1981)
- ISHIHARA S.
Test for colour blindness.
Kanehara Shuppan Co., Tokyo (1917)
- ISHIHARA S.
Ishihara color blind test book (children): 12 plates.
Kanehara Shuppan Co., Tokyo (1970)
- JONES J.K.
Colour as an aid to visual perception in early reading.
Br. J. Educ. Psychol. 35, 21-27 (1965)
- JUDD D.B.
Facts of color blindness.
J. Opt. Soc. Am. 33, 294-307 (1943)
- JUDD D.B.
Standard response functions for protanopic and deuteranopic vision.
J. Opt. Soc. Am. 35, 199-221 (1945)
- JUDD D.B.
Problemas actuales del color.
Instituto de Optica Daza de Valdés - C.S.I.C., Madrid (1954)
- KEELY E.
The formulation and assessment of the Keely/Bristol colour vision test.
Mod. Probl. Ophthal. 19, 159 (1978)
- KHERUMIAN R., BAUDRY C., LACORNE J. y MOULLEC J.
La fréquence des dyschromatopsies en France.
Press Méd. 64, 303-304 (1956)
- KINNEY J.A.S., PAULSON H.M. y BEARE A.N.
The ability of color defectives to judge signal lights at sea.
J. Opt. Soc. Am. 69, 106-113 (1979)
- KISTNER A.
Historia de la Física.
Barcelona (1934)
- KOZAKI M., HARADA K., YAMAZAKI Y., KOYAMA K., NAKAGISHI H., INAT H., SATO T. y FURUI H.
Statistical observation on deficient color vision at the Children's Medical Center of Osaka City.
Jap. J. Clin. Ophthal. 29, 1217-1223 (1975)
- KRATTER F.E.
Color blindness in relation to normal and defective intelligence.
Am. J. Mental Defic. 22, 436-441 (1957)

- LAFOURCADE
Evaluación de los aprendizajes.
Cincel, Madrid (1972)
- LAKOWSKI R.
Age and colour vision.
Advanc. Sci. 59, 231-236 (1958)
- LAKOWSKI R.
Is the deterioration of colour discrimination with age due to lens or
retinal changes ?
Die Farbe 11, 69-86 (1962)
- LAKOWSKI R.
Colorimetric and photometric data for the 10th edition of the Ishihara
plates.
Br. J. Physiol. Opt. 22, 195-207 (1965 a)
- LAKOWSKI R.
La vision des couleurs. Examen des futurs apprentis imprimeurs et problèmes
posés par leur sélection.
Couleurs 55, 11-25 (1965 b)
- LAKOWSKI R.
A critical evaluation of color vision tests.
Br. J. Physiol. Opt. 23, 186-209 (1966 a)
- LAKOWSKI R.
Colour vision tests; what do they test ?
J. Colour Group 8, 76-78 (1966 b)
- LAKOWSKI R.
Colour-matching ability - Can it be measured ?
J. Soc. Dyers and Colourist 84, 3-9 (1968)
- LAKOWSKI R.
Theory and practice of color vision testing: a review. I.
Br. J. Ind. Med. 26, 173-189 (1969 a)
- LAKOWSKI R.
Theory and practice of colour vision testing. II.
Br. J. Ind. Med. 26, 265-288 (1969 b).
- LAKOWSKI R.
Psychological variables in colour vision testing.
Color 69 pp. 79-86, Master - Schmidt, Göttingen (1970)
- LAKOWSKI R.
The Pictorial-Nicolson anomaloscope as a test for acquired dyschromatopsias.
Mod. Pr. Ophthalm. 11, 25-33 (1972 a)
- LAKOWSKI R. SPINALL P.A.
Transformation of arbitrary anomaloscope data to the C.I.E. system of
specifications.
Optica 9, 399-402 (1972 b)

- LAKOWSKI R. y DE BECK J.A.
Age effect in the Burnham-Clark-Munsell colour memory test.
Die Farbe 22, 231-238 (1973 a)
- LAKOWSKI R. y MELHUISE P.
Objective analysis of the Luscher colour test.
Die Farbe 22, 239-250 (1973 b)
- LAKOWSKI R. y KINNEAR P.R.
Diagnosis of congenital red-green anomalies in patients with clinical conditions.
Mod. Probl. Ophthalm. 13, 369-374 (1974 a)
- LAKOWSKI R.
Effects of age on the 100-hue scores of red-green deficient subjects.
Mod. Probl. Ophthalm. 13, 124-129 (1974 b)
- LAKOWSKI R. y OLIVER K.
Effect of pupil diameter on colour vision test performance.
Mod. Probl. Ophthalm. 13, 307-311 (1974 c)
- LAKOWSKI R.
Objective analysis of de Stilling tables.
Mod. Probl. Ophthalm. 17, 166-171 (1976)
- LAKOWSKI R. y KOZAK Y.F.
The use of colorimetry in projective personality tests.
Color 81, Berlin (1981)
- LAMPE J.M.
An evaluative study of color-vision tests for kindergarten and first grade pupils.
J. School Health 39, 311-314 (1969)
- LAMPE J.M., DOSTER M.E. y BEAL B.B.
Summary of a 3-year study of academic and school achievement between color-deficient and normal primary age pupils: phase two.
J. School Health 43, 309-311 (1973)
- LANTHONY P.
New color test de Lanthony selon Munsell.
Luneau Ophthalmologie, Paris (1975 a)
- LANTHONY P.
Test 15 Hue désaturé de Lanthony selon Farnsworth-Munsell.
Luneau Ophthalmologie, Paris (1975 b)
- LEBIEDOWSKI M.J.
The part of colour in rehabilitation after injuries causing motor dysfunction.
Colour 73 pp. 485-486, Adam Hilger, Londres (1973)
- LE MEHAUTE.
Instruction définitive pour l'examen de l'acuité visuelle et du sens chromatique à l'aide du chromoptomètre de Le Méhauté.
Arch. Méd Navale 89, 312-320 (1908)

- LIGHT W.O., BURG F.D., STOCK M.S. y DOUGLAS J.M.
Guide - lines for examining the driver with visual difficulty.
Am. J. Ophthal. 69, 1019-1022 (1970)
- LINKSZ A.
The Farnsworth Panel D-15 test.
Am. J. Ophthal. 62, 27-37 (1966)
- LORENZ A.B. y MC CLURE W.E.
The influence of color blindness on intelligence and achievement of college men.
J. Appl. Psychol. 19, 320-330 (1935)
- LUSCHER M.
Anleitung und fabtafeln. Klinischer test zur psychosomatischen personlich keitdiagnostik.
Test - Verlag, Basel (1948)
- MAIONE M.
Fisiopatologia e clinica del senso cromatico.
Maccari, Parma (1965)
- MALCHIODI P.
Considerazione sul simbolismo cromatico e sul "colore preferito".
Atti. Fond. G. Ronchi 32, 1000-1023 (1977)
- MANDOLA J.
Color vision anomalies and elementary school achievement.
J. Assoc. Study of Perception 2, 21-25 (1967)
- MANDOLA J.
The role of color vision anomalies in elementary school achievement.
J. School Health 39, 633-636 (1969)
- MARUYAMA M.
Defectiveness of colour vision and school health.
Folia Ophthal. Jap. 28, 881-886 (1977)
- MEYROWITZ E.B.
Pseudo-isochromatic plates for testing color perception (edición americana).
E. B. Meyrowitz Surgical Instruments Co., Nueva York (1940)
- MIYAMOTO T., SHIMIZU K., OHTA Y. y YAMAGUCHI T.
Clinical usefulness of new Okuma plates for color deficiency.
Jap. J. Clin. Ophthal. 35, 1787-1792 (1981)
- MOLLON J.D.
Color vision.
Am. Rev. Psychol. 33, 41-85 (1982)
- MONTAUFFIER, RIU, CAMO y HERBERT
Le sens chromatique dans la marine.
Ann. Ocul. 191, 420-457 (1958)

- MORELAND J.D.
Temporal variations in anomaloscope equations.
Mod. Probl. Ophthal. 19, 167-172 (1978)
- MORELAND J.D. y KERR J.
Optimization of a Rayleigh-tipe equation for the detection of tritanomaly.
Vision Res. 19, 1369-1375 (1979)
- MORELAND J.D.
Validation of a new colour perception lantern.
Colour 81, Berlin (1981)
- MURAKAMI S.
Japanesse Colour charts.
Die Farbe 10, 145-160 (1961)
- MURRAY E.
Evolution of color vision tests.
J. Opt. Soc. Am. 33, 316-334 (1943)
- MURRAY E.
Review of Dvorine's colour perception charts.
Am. J. Psychol. 48, 276-279 (1945)
- NAGEL W.A.
Zwei apparate für die augenärztliche funktionsprüfung. Adaptometer und
kleines spektralphotometer (Anomaloskop).
Z. F. Augenheilk 17, 201-222 (1907)
- NATHAN J., HENRY G.H. y COLE B.L.
Recognition of colored road traffic light signals by normal and color-
vision-defective observers.
J. Opt. Soc. Am. 54, 1041-1045 (1964)
- NETTLESHIP E.
On cases of accident to shipping and on railways due to defect of sight.
Adlard and Son, Londres (1913)
- NEUBAUER O., HARRER S., MARR M. y VERRIEST G.
Color vision deficiencies in road traffic.
Mod. Probl. Ophthal. 19, 77-81 (1978)
- NORMAN L.G.
Medical aspects of road safety.
Lancet 1, 1039-1045 (1960)
- Van NORREN D. y WENT L.N.
New test for detection of tritan defects evaluated in two surveys.
Vision Res. 21, 1303-1306 (1981)
- OHBA N., FUJINO T., TANINO T., YANO M., TOTSUKA S. y INABA Z.
Incidence of vision color defective in university students, deviation due
to social factors.
Acta Soc. Ophthal. Jap. 81, 248-250 (1977)

- OHTA Y.
The improvement of 40 hue test.
Acta Soc. Ophthalm. Jap. 70, 798-801 (1966)
- OHTA Y. y KATO H.
Colour perception changes with age. Test results by P-N anomaloscope.
Mod. Probl. Ophthalm. 17, 345-352 (1976)
- OHTA Y. y KOGURE S.
Report on the common concept and the method of color vision test by ophthalmologists referring to the color deficient at employment and school entrance.
Folia Ophthalm. Jap. 28, 879-881 (1977)
- OKAJIMA O.
Studies on the printing color and the screening efficiency of the Ishihara test for color blindness. I Evaluation of the screening efficiency of the Ishihara test published in 1959 and 1978.
Acta Soc. Ophthalm. Jap. 85, 1784-1790 (1981)
- OKUMA T., MASUDA H., KAWADA C. y SHINJO U.
Ishihara - Okuma's new test-plates for colour defectives.
Acta Soc. Ophthalm. Jap. 77, 1359-1365 (1973)
- OLSON I.A.
The use of colour filters by students with congenital colour defects in the learning of histology.
Med. Biol. Illus. 21, 52-53 (1971)
- ONG J.
Trait analysis of colour discrimination and intellectual development.
Austral. J. Optom. 59, 54-56 (1976)
- PASSIGLI G.
Errori tipici e non tipici in risposta al test di Ishihara.
Annali Ottal. e Clin. Ocul. 106, 1079-1094 (1980 a)
- PASSIGLI G.
Some remarks on the tritan-like anomaly in children.
Atti. Fond. G. Ronchi 35, 620-625 (1980 b)
- PASSIGLI G.
Color in childhood, a preliminary report.
Atti Fond. G. Ronchi 36, 468-474 (1981)
- PATEL G.M. y YANG M.L.
Polydiacetylenes. An ideal color system for teaching polymer science.
J. Chem. Educ. 60, 181-185 (1983)
- PERALES J. e MITA E.
Influence of some factors on not-typical responses to three tests of colour vision in children.
Docum. Ophthalm. (en prensa)
- PERINI P.P.
Further study about colour discrimination from the ergo-ophthalmological stand point.
Atti. Fond. G. Ronchi 37, 97-106 (1982)

- PFISTER M.
Der Farbpolyramidentest.
Psychol. Rundschau 1, 192-194 (1950)
- PHILLIPS R.A. y KONDING W.
Recognition of traffic signals viewed through coloured filters.
J. Opt. Soc. Am. 65, 1106-1113 (1975)
- PIAGET J.
The psychology of intelligence.
Routledge and Kegan Paul, Londres (1950)
- PIAGET J. e INHELDER B.
The growth of logical thinking.
Routledge and Kegan Paul, Londres (1958)
- PIANTANIDA T.P.
A portable filter anomaloscope.
Opt. Eng. 15, 325-327 (1976)
- PICKFORD R.W.
An item-analysis of the Ishihara test.
Br. J. Psychol. 41, 52-62 (1950)
- PICKFORD R.W.
Individual differences in colour vision.
Routledge and Kegan Paul, Londres (1951)
- PICKFORD R.W.
Vision.
Ann. Rev. Psychol. 8, 1-28 (1957)
- PICKFORD R.W.
The inheritance and frequency of colour blindness.
Surgo 26, 29-32 (1954)
- PICKFORD R.W. y LAKOWSKI R.
The Pickford-Nicolson anomaloscope.
Br. J. Pshysiol. Opt. 17, 131-150 (1960)
- PICKFORD R.W.
Natural selection an colour blindness.
Eugen. Rev. 55, 97-101 (1963)
- PICKFORD R.W.
Colour vision research in Scotland in the first part of the 20th Century.
Contemporary Research in Psychology of Perception pp. 1-23, Jaakko
Järvinen, Porvoo (1969)
- PICKFORD R.W.
Review article: the Luscher colour test.
Occup. Psychol. 45, 151-154 (1971)
- PICKFORD R.W. y COBB S.R.
Personality and colour vision deficiencies.
Mod. Probl. Ophthal. 13, 225-230 (1974)

- PICKFORD R.W., BOSE J., JOARDAR B.S. y SEN R.N.
Colour vision tests and colour naming by thirteenth incomplete achromats in bishnupur.
Br. J. Physiol. Opt. 33, 1-10 (1979)
- PICKFORD R.W.
Pickford-Nicolson anomaloscope.
Rayner of Rayner and Keeler, Londres
- PIERCE W.O.D.
The selection of colours workers.
Sir Isaac Pitman and Sons, Londres (1934)
- PINCKERS A.
Combined Panel D-15 and 100 Hue recording.
Ophthalmologica 163, 232-234 (1971)
- PINCKERS A.
The Umazume-Ohta test.
III Symposium of IRGCVD, Amsterdam (1975)
- PINCKERS A., NABBE B. y BOGAARD P.
Le test 15 Hue désaturé de Lanthony.
Ann. Ocul. 209, 731-738 (1976)
- PINCKERS A.
Lanthony's new color test. II Clinical Evaluation.
Ophthalmologica 177, 311-316 (1978)
- PINCKERS A.
Lanthony's new color test. III The neutral zone.
Ophthalmologica 1, 179-183 (1979)
- PINCKERS A.
Tokyo Medical College test in acquired dyschromatopsia.
Ophthalmologica 181, 7-12 (1980)
- PINCKERS A.
Colour vision as a diagnostic aid.
Docum. Ophthal. 52, 393-396 (1982)
- PITT F.H.G.
Characteristics of dichromatic vision.
Med. Res. Council Sepec. nº 200, Londres (1935)
- POLACK A.
Pseudo-isochromatic plates for testing color perception.
Nueva York (1940)
- RABKIN E.B.
Polychromatic plates for testing colour vision.
Kief and Khrakof, State Medical Publishing (1936)
- RAYLEIGH LORD
Experiments on colour.
Nature 25, 64-66 (1881)

- RODRIGUEZ J.
Las preferencias de color en los niños de edad escolar.
Rev. Psicol. Gen. Apl. 5, 59-67 (1950)
- RORSCHACH H.
Psychodiagnosis.
Huber, Berna (1942)
- ROSNER R.S.
Self-testing device for screening color vision.
Am. J. Ophthal 54, 139-141 (1962)
- ROTH A.
Le test 28 hue selon Farnsworth.
Bull. Soc. Ophthal. Fr. 66, 231-238 (1966)
- ROTH A., REPIQUET C., RENAUD J.C. y VIENOT J. Ch.
The Besançon-Anomalometer.
Colour Vision Deficiencies V pp. 172-180, Adam Hilger (1980)
- ROWLAND L.S. y HEAGAN R.V.
An abridged edition of the A.O. Co. pseudo isochromatic plates for testing colour perception: comparison with other screening tests.
AAF School of Aviation Medicine Project 68, Report 3, Texas (1945)
- RUDDOCK K.H.
The effect of age upon colour vision. I.
Vision Res. 5, 37-45 (1965 a)
- RUDDOCK K.H.
The effect of age upon colour vision. II.
Vision Res. 5, 47-58 (1965 b)
- SALVIA J.A.
Four tests of colour vision: a study of diagnostic accuracy with the mentally retarded.
Am. J. Ment. Defic. 74, 421-427 (1969)
- SALVIA J.A. y SHUGERTS J.
Colour related behavior of mentally retarded children with colour blindness and normal colour vision.
Excep. Children 37, 37-38 (1970)
- SARRAMONA J.
Investigación y Estadística aplicada a la educación.
Ceac, Barcelona (1980)
- SASSOON H.F. y WISE J.B.
Diagnosis of colour-vision defects in very young children.
Lancet 1, 419-420 (1970)
- SASSOON H.F.
Blue vision in children. What is the clinical significance of diminished acuity?
Clin. Ped. 12, 351-354 (1973)

- SASSOON H.F., DAVIS M. y O'CONNELL E.M.
Vision Test as predictions of learning disabilities.
J. Am. Optom. Assoc. 48, 49-55 (1977)
- SCHEIN J.D. y SALVIA J.A.
Color blindness in mentally retarded children.
Excep. Children 35, 609-613 (1969)
- SCHMIDT I.
Effect of illumination in testing color vision with pseudo-isochromatic plates.
J. Opt. Soc. Am. 42, 951-955 (1952)
- SCHMIDT I.
On congenital tritanomaly.
Vision Res. 10, 712-743 (1970)
- SEEBECK A.V.
Über den bei manchen personen vorkommenden Mangel an Farbensinn.
Pogg. Ann. Phys. Chem. 42, 177-233 (1837)
- SERRA A., MASCIA C., DESSY C. y CASTI R.
Congenital color defectives across young sardinian population.
Atti Fond. G. Ronchi 33, 700-705 (1978)
- SERRA A.
Il problema delle deficiencie ed anomalie nel quadro delle teorie della visione dei colori. I.
Atti Fond. G. Ronchi, 36, 366-379 (1981 a)
- SERRA A.
Il problema delle deficiencie ed anomalie nel quadro delle teorie della visione dei colori. II.
Atti Fond. G. Ronchi 36, 474-529 (1981 b)
- SHEARRON G.F.
Color vision deficiency in primary school children.
Sight Sav. Rev. 35, 148-151 (1965)
- SLABY D. y ROBERTS J.
Color vision deficiencies in youths 12-17 years of age, USA.
Nat. Health Survey, Series 11, nº 134, Washington (1974)
- SLOAN L.L.
An improved screening test for red/green colour deficiency composed of available pseudo isochromatic plates.
J. Opt. Soc. Am. 35, 761-766 (1945)
- SLOAN L.L. y HABEL A.
Tests for colour deficiency based on the pseudoisochromatic principle.
Arch. Ophthalm. 53, 229-239 (1956)

- SLOAN L.L.
Evaluation of the Tokyo Medical College colour vision test.
Am. J. Ophthal. 52, 650-659 (1961)
- SMITH H.C.
Age differences in color discrimination.
J. Gen. Psychol. 29, 191-226 (1943)
- SNYDER C.
The psychological implications of being color blind.
J. Special Educ. 7, 51-54 (1973)
- STILLING J.
Tafeln zur bestimmung des blau - gelbblindheit
Fischer Cassel (1887)
- SYNOLDS D.L. y PRONKO N.Y.
An exploratory study of color discrimination in children.
J. Gen. Psychol. 74, 17-21 (1949)
- TAYLOR S.P. y WOODHOUSE J.M.
Blur pseudo-isochromatic tests.
Perception 8, 351-353 (1979)
- TAYLOR S.P.
A century of pseudo-isochromatic plates.
Atti Fond. G. Ronchi 35, 323-332 (1980)
- TAYLOR W.O.G.
An advisory clinic for colour defective children.
Trans. Ophthal. Soc. 86, 591-607 (1966)
- TAYLOR W.O.G.
Diagnosis of colour vision defects in very young children.
Lancet 1, 781-782 (1970)
- TAYLOR W.O.G.
Effects on employment of defects in colour vision.
Br. J. Ophthal. 55, 753-760 (1971)
- TAYLOR W.O.G.
Standardisation of conditions for colour vision testing.
J. Colour Group 17, 289-295 (1974)
- TAYLOR W.O.G.
The Mackenzie Memorial Lecture, 1977. Of divers colours.
Trans. Ophthal. Soc. 97, 768-780 (1977)
- THULINE H.C. y BUCKLEY M.D.
Color vision defects in american school children.
J. Am. Med. Assoc. 188, 142-146 (1964)
- TIFFIN J. y KUHN H.S.
Color discrimination in industry.
Arch. Ophthal. 28, 851-859 (1942)

- TOKYO MEDICAL COLLEGE
Tokyo Medical College color vision test.
Tokyo Medical College, Tokyo (1957)
- TONEI F. y BORRAZZO G.
Correlazione statistica tra senso cromatico, età e sesso.
Atti Fond. G. Ronchi 37, 71-84 (1982)
- TOPLEY H.
Sight testing for the merchant navy.
Br. J. Physiol. Opt. 16, 36-47 (1959)
- TRENDELENBURG W.
Verfahren zur festellung der form von abweichenden farbenninn mittels
farbenflescken.
Kli. Mbl. Augenheilk 106, 537 (1940)
- TRENDELENBURG W.
Ein anomaloskop zur untersuchung von tritoformen der farbenfehlsicht mit
spektraler blaugleichung.
Kli. Mbl. Augenheilk 106, 537-546 (1941)
- ULLOA OPTICO
Láminas para determinar los defectos cromáticos de la visión.
Ulloa Optico, Madrid (1972)
- UMAZUME K. y MATSUO H.
Tokyo Medical College colour vision test.
Die Farbe 11, 45-47 (1962)
- VERRIEST G., VANDEVYVERE R. y VANDERDONCK R.
Nouvelles recherches se rapportant à l'influence du sexe et de l'âge sur la
discrimination chromatique, ainsi qu'à la signification pratique des
resultats du test 100-hue de Farnsworth-Munsell.
Rev. Opt. 41, 499-509 (1962)
- VERRIEST G., BUYSENS A. y VANDERDONCK R.
Etude quantitative de l'effet qu'exerce sur les résultats de quelques tests
de la discrimination chromatique une discrimination non selective du niveau
d'un éclairage C.
Rev. Opt. 42, 105-119 (1963)
- VERRIEST G.
Further studies on acquired deficiency of color discrimination.
J. Opt. Soc. Am. 53, 185-195 (1963)
- VERRIEST G.
Les deficiences acquises de la discrimination chromatique.
Mem. Acad. Roy. Méd. Belg. Ser. 2, 4 pp. 35-327 (1964)
- VERRIEST G.
Etude comparative des efficacités de quelques tests pour la reconnaissance
des anomalies de la vision des couleurs.
Arch. Mal. Profess., Méd. Trav. Séc. Soc. 29, 293-314 (1968)

- VERRIEST G.
Vision des couleurs.
Ophthalmologica 169, 82-89 (1974)
- VERRIEST G. y HERMANS G.
Les aptitudes visuelles professionnelles.
Soc. Belg. Ophthal., Bruselas (1975)
- VERRIEST G. y UVIJLS A.
Central and peripheral increment thresholds for white and spectral lights on a white background in different kinds of congenitally defective colour vision.
Atti Fond. G. Ronchi 32, 213-254 (1977 a)
- VERRIEST G. y UVIJLS A.
Spectral increment thresholds on a white background in different age groups of normal subjects and in acquired ocular diseases.
Docum. Ophthal. 43, 217-248 (1977 b)
- VERRIEST G. y UVIJLS A.
Les deficiencias congenitales de la vision des couleurs et l'electronique.
Bull. Soc. Belge Ophthal. 186, 131-141 (1979 a)
- VERRIEST G., NEUBAUER O., MARRE M. y UVIJLS A.
Nouvelles recherches sur les incidences de deficiencias congenitales de la vision des couleurs sur la securite routiére.
Bull. Soc. Belge Ophthal. 185, 119-140 (1979 b)
- VERRIEST G., UVIJLS A., GANDIBLEUX M.F., PIERART P., MALFROIDT A. y DE CONINCK M.R.
La reconnaissance des dischromatopsies congenitales chez les enfants.
Bull. Soc. Belge Ophthal. 191, 137-148 (1980)
- VERRIEST G.
Colour vision tests in children.
Atti Fond. G. Ronchi 36, 83-119 (1981)
- VERRIEST G. y HERMANS C.
Vue et profession. Les aptitudes visuelles professionnelles.
Editions Scientifiques et Psychologiques, pp. 252-263, París (1981)
- VOKE J.
Industrial consequences of defective colour vision. Thesis.
The City University, Londres (1976)
- VOKE J.
Errors made by colour-defective observers in identifying colour-coded resistors and wires.
Color 77, pp. 276-279, Adam Hilger, Bristol (1978 a)
- VOKE J.
Industrial requirements and testing of colour vision.
Mod. Probl. Ophthal. 19, 82-87 (1978 b)

- VOKE J.
Colour vision testing in specific industries and professions.
Keeler Instruments, Londres (1979)
- VOKE J.
Meeting Report: colour-vision researches meet in Berlin.
Color Res. Appl. 17, 57-58 (1982)
- WALRAVEN P.L. y LEEBEEK H.L.
Recognition of color codes by normals and color defectives at several
illumination levels. An evaluation study of the H-R-R plates.
Am. J. Optom. y Arch. Am. Acad. Optom. 37, 82-92 (1960)
- WELKOWITZ J., EWEN R.B. y COHEN J.
Estadística aplicada a las Ciencias de la Educacion.
Santillana, Madrid (1981)
- WERTHEIMER M.
Gestalt Theory.
Social Res. 11, 78-99 (1944)
- WILFORD D., SINGLETON O. y HOLLSWORTH A.
A simple liquid crystal thermometer.
School Science Review 62, 717 (1981)
- WILSON G.
Researches on colour-blindness.
Sutherland and Knox, Edimburgo (1855)
- WRIGHT W.D.
The characteristics of tritanopia.
J. Opt. Soc. Am. 42, 509-521 (1952)
- YANASE T.
Color preference in Japan.
Colour 81, Berlin (1981)
- ZABA J.N.
Color deficiency, optometry and education.
J. Am. Optom. Assoc. 45, 194-195 (1974).

...the

... ..

6 . A P E N D I C E S

... ..

APENDICE A

INSTRUCCIONES Y NORMAS DE CLASIFICACION DE LOS TESTS: ISHIHARA, COLEGIO MEDICO DE TOKYO y ULLOA

Lecturas sobre los tests Ishihara, Ulloa y Colegio Médico de Tokyo para las diferentes clases de deficiencias cromáticas que diagnostican.

TEST ISHIHARA			TEST ULLOA			TEST COLEGIO MEDICO DE TOKYO		
Lámina	Normal	Deficiente R-V	Ciego	Lámina Normal	Anómalo Normal	Lámina Normal	Normal	Anómalo
1	12	12	12	1	9	9	9	Lee No lee C, P 6 0
2	8	3	-	2	65	-	5	T C, P 6 0
3	6	5	-	3	5	-	8	T C, P 6 0
4	29	70	-	4	34	4	3	T C, P 6 0
5	57	35	-	5	02	R 2	3	T C, P 6 0
6	5	2	-	6	CH	31	5	P 6 0 C, T
7	3	5	-	7	3	8	2	P 6 0 C, T
8	15	17	-	8	8	2	2	0 P
9	74	21	-	9	-	16	6	0 P
10	2	-	-	10	2. tri. más	1	5	0 P
11	6	-	-	11	ciaro el tri. tri.	Cuan I	5	9 Lee Izq. No lee Der. No lee
12	97	-	-	12	verde azul más	Cuan II	1	2 2º
13	45	-	-	13	ciaro Cuan III	6	0	3º
14	5	-	-	14	el azul			
15	7	-	-	15				
16	16	-	-	16				
17	73	-	-	17				
18	-	5	-	18				
19	-	2	-	19				
20	-	45	-	20				
21	-	73	-	21				
22	26	6	6(2)	22				
23	42	2	2(4)	23				
24	35	5	5(3)	24				
25	96	6	6(9)	25				

Significado de los símbolos utilizados:

- Test Ishihara: R-V: rojo-verde; PF: protan fuerte; PL: protan leve; DF: deutan fuerte; DL:deutan leve.
- Test Ulloa: P: protan; D: deutan; A R-V: anómalo rojo-verde; Tpe: tritanope; Tlo: tritanomalo; tri.: triángulo.
- Test CMT: T: tritan; C: ciego; P: protan; D: deutan; Det: detección; Cual: cualitativa; Cuan: cuantitativa; V., Ver.: verde; R.: rojo; Izq.: parte izquierda de la lámina; Der.: parte derecha, 1º, 2º, y 3º: grados de la deficiencia.

Condiciones de utilización recomendadas por los autores de los tests.

TEST ISHIHARA	TEST ULLOA	TEST COLEGIO MEDICO DE TOKYO
<p>- Iluminación: buena, luz del día</p> <p>- Tiempo de exposición: 3 s</p> <p>- Resultados: 17 lecturas normales=normal 13 lecturas normales=deficiente 13-17 lecturas normales: precisan un análisis más detallado. Si ven los números de las láminas 18-21 mejor que los de las láminas 14-17, son deficientes.</p>	<p>- Distancia: 1 m</p> <p>- Iluminación: luz diurna difusa</p> <p>- Tiempo de exposición: mínimo.</p>	<p>- Distancia: 45 cm, sobre el ángulo derecho de la línea de visión.</p> <p>- Iluminación: luz oblicua por detrás del sujeto, en habitación al norte (9 a.m.- 3 p.m.) o al sur, si está nublado.</p> <p>- Tiempo de exposición: 2 s para las de detección y cuantitativas, sin límite para las cualitativas.</p>

APENDICE B

REQUISITOS DE VISION DEL COLOR EN ORGANISMOS OFICIALES DE DIFERENTES PAISES (DALTONIANA, 1963).

(Ferrocarril*: sólo afecta al personal encargado de la conducción o de los sistemas de seguridad).

PAIS	PROFESIONES	DEFICIENTES RECHAZADOS	TESTS
AUSTRIA (1983)	Conductores de vehículos	Acrómatas	} STILLING o ISHIHARA } Anomaloscopio NAGEL } (retest)
	Ferrocarril	Acrómatas	
	Aviación (civil y militar)	Acrómatas	
BELGICA (1983)	Conductores de coches y camiones	Ninguno	
	Conductores de taxis y autobuses	Protanopes y acrómatas	ISHIHARA y Panel D-15
	Ferrocarril*	Todos	ISHIHARA y Lanas de HOLGREN
	Aviación profesional	Todos	ISHIHARA
	privada	Todos	Linterna BEYNE
	militar	Todos	ISHIHARA y otros
	Marina (personal de cubierta)	Todos	ISHIHARA
	Policia	Protanopes y acrómatas	ISHIHARA y Panel D-15
CANADA (1972)	Ejército	Acrómatas	
	Conductores de automóviles privados.	Ninguno	
	Otros	Todos	Varios
	Bombero	Dicrómatas y acrómatas	PIC
	Policia	Todos	AO H-R-R
	Ferrocarril unas categorías*	Todos	ISHIHARA
Otras	Más de 3 errores en...	Linterna	

	Aviación civil	Todos	ISHIHARA y/o Linterna
	Privada	Los que no ven destellos rojos desde la torre	Prueba práctica
	Comercial	Todos	ISHIHARA
	Militar	Todos	American Optical (24 láminas)
	Marina	Todos	Linterna
DINAMARCA (1970)	Conductores de vehículos	Ninguno	
	Ferrocarril*	Todos	Autorizados oficialmente:
	Tranvías	Ninguno	
	Aviación privada comercial	Todos	ISHIHARA, BOSTROM, BOSTROM-KUGELBERG, y anomaloscopio NAGEL (retest).
	militar	Todos	
	Marina (personal de cubierta)	Todos	
	de Guerra	Ninguno	
FINLANDIA (1972)	Conductores de automóviles privados y camiones	Ninguno	
	de taxis y autobuses	Acrómatas	
	Ferrocarril*	Todos	STILLING
	Aviación profesional	Todos	ISHIHARA
	privada	Todos	ISHIHARA
	Marina (personal de cubierta)	Todos	STILLING
	Ejército del Aire	Todos	ISHIHARA
	Transporte	Todos	ISHIHARA
	Tierra	Ninguno	
FRANCIA (1972)	Conductores de vehículos	Ninguno	
	Ferrocarril*	Todos	ISHIHARA y luces coloreadas
	Aviación profesional	Todos	ISHIHARA y linterna BEYNE
	privada	Todos	ISHIHARA y linterna BEYNE

Ejército		
Policía	Ninguno	
Transporte	Ninguno	
Tierra	Ninguno	
Oficiales de Marina	Todos	ISHIHARA y linterna BEYNE
Artillería y otros	Todos	ISHIHARA y linterna BEYNE
Aviación	Todos	ISHIHARA y linterna BEYNE
GRAN BRETAÑA Y NIGERIA (1972)		
Conductores de vehículos	Ninguno	
Ferrocarril*	Todos	Linterna
Aviación civil	Todos	PIC, linterna de GILES-ARCHER o MARTIN (retest)
Fuerza aérea	Algunos, cometiendo errores en.... y fallando.....	ISHIHARA linterna de GILES-ARCHER o MARTIN
HOLANDA (1972)		
Conductores de automóviles	Ninguno	
de autobuses, tranvías y transporte fluvial	Algunos (no discriminando rojo-verde)	luces de señales
civiles en el departamento de defensa	Algunos, más de 10 errores sobre 16 en.....	ISHIHARA
Ferrocarril	Algunos, más de 10 errores sobre 16 en.....	ISHIHARA
	o no deutan suave en.....	AO H-R-R
conductores	Todos	ISHIHARA, AO H-R-R y anomaloscopio.
Marina piloto	Todos	ISHIHARA y AO H-R-R
otros	Algunos, grado no suave en.....	AO H-R-R
Aviación militar, civil y privada	Algunos, no deutan suave en.....	AO H-R-R, anomaloscopio (retest)

	Otras profesiones: Analista, electricista, topógrafo, aduanero, policía y conductores militares	Algunos, más de 10 errores sobre 16 en..... o grado no suave en.....	ISHIHARA AO H-R-R
HUNGRIA (1972)	Conductores de automóviles privados	Protanopes y acrómatas	STILLING (o RABKIN o ISHIHARA) y anomaloscopio NAGEL (si cometen 1 error)
	de camiones, taxis o autobuses	Todos	Idem.
	Ferrocarril* y aviación	Todos	Idem. y anomaloscopio NAGEL (siempre)
ISRAEL (1972)	Conductores de automóviles	Ninguno	
	Ferrocarril*	Todos	ISHIHARA
	Aviación: pilotos y supervisores	Todos	ISHIHARA y luces de destello (cuando se detecta alguna deficiencia suave en el ISHIHARA)
	Marina (personal de cubierta)	Todos	ISHIHARA
	otros	Dicrómatas	ISHIHARA y otros
	Policía	Dicrómatas	ISHIHARA y otros
NORUEGA (1972)	Conductores de vehículos	Ninguno	
	Ferrocarril*	Todos	ISHIHARA, BOSTROM-KUGELBERG u otros y anomaloscopio (en los casos dudosos)
	Aviación profesional	Todos	Idem. y linterna
	privada	Todos o con deficiencias graves (excepcionalmente)	Idem.
	de Guerra	Todos	Idem.
	Marina mercante	Todos	Idem. y STILLING
	de Guerra (Oficiales y personal de cubierta)	Todos	ISHIHARA

REPUBLICA FEDERAL

ALEMANA (1972)	Conductores de automóviles privados	Ninguno		
	de autobuses, taxis y camiones	Deficientes con un cociente de anomalía menor de 0,5	PIC y anomaloscopio	
	Ferrocarril*	Todos	PIC y anomaloscopio	
	tranvía y suburbano	Todos	PIC y anomaloscopio (en casos dudosos)	
	Aviación profesional privada	Todos (excepcionalmente se admiten tricrómatas anómalos)	PIC y anomaloscopio (eventualmente)	
	de Guerra	Todos	STILLING o ISHIHARA y anomaloscopio	
	Marina (personal de cubierta)	Todos	PIC y anomaloscopio (en casos dudosos)	
	Correos (algunas categorías)	Dicrómatas y acrómatas	Idem.	
	SUDAFRICA (1972)	Conductores de vehículos	Ninguno	
		Ferrocarril*	Todos o no reconociendo...	ISHIHARA señal de luz roja
Aviación civil (pilotos)		Idem.	Idem.	
SUECIA (1972)	Conductores de automóviles, taxis y camiones	Ninguno		
	de autobuses	Todos	BOSTROM, BOSTROM-KUGELBERG y anomaloscopio (en casos dudosos)	
	Ferrocarril	Todos	Idem.	
	Aviación civil y militar	Dicrómatas y acrómatas	Idem.	
	Marina civil y militar (personal de cubierta)	Idem.	Idem.	

APENDICE C**METODO A****TEMA VII****LOS SENTIDOS****OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- 1.- Conocer los órganos de los sentidos.
- 2.- Comprender la necesidad de los órganos de los sentidos como parte de la función de relación.
- 3.- Distinguir las distintas partes de los órganos de los sentidos y las funciones que desempeñan.

CONTENIDOS

- 1.- La vista.
 - 1.1.- El glóbulo ocular.
 - 1.2.- Los órganos anejos.
 - 1.3.- Funcionamiento del ojo.
- 2.- El oído.
 - 2.1.- Partes del oído.
 - 2.3.- Funcionamiento del oído.
- 3.- El olfato.
- 4.- El gusto.
- 5.- El tacto.

ACTIVIDADES

- 1.- Haz un dibujo esquemático del ojo:
 - Colorea de rojo el globo ocular y de azul los órganos anejos.
 - Escribe el nombre correspondiente.
- 2.- Haz un dibujo esquemático del globo ocular y escribe el nombre de sus partes, indicando con una flecha dónde están situadas.
- 3.- Cuando te presentan una fotografía, la miras y al momento puedes comentarla. Explica el proceso que tiene lugar desde que has mirado la fotografía hasta que puedes decir lo que hay en ella.

4.- Completa el siguiente cuadro:

Globo.....	Coroides

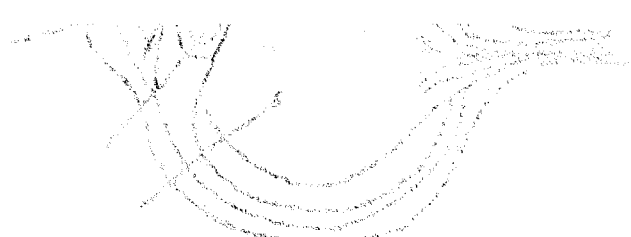
Partes del ojo

Organos.....
	Aparato.....

5.- Escribe el nombre de cada uno de los órganos anejos al ojo y la función que realizan.

6.- Dibuja un esquema del oído y escribe el nombre de cada una de las tres partes que lo componen en el lugar correspondiente.

7.- Escribe el nombre de cada una de las partes del oído: externo, medio e interno en la columna correspondiente.

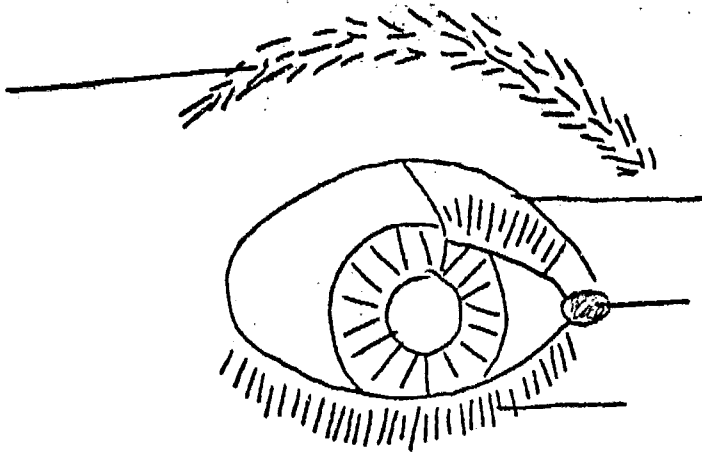


8.- Escribe el nombre de cada uno de los órganos anejos al ojo y la función que realizan.

9.- Escribe el nombre de cada una de las partes del oído: externo, medio e interno en la columna correspondiente.

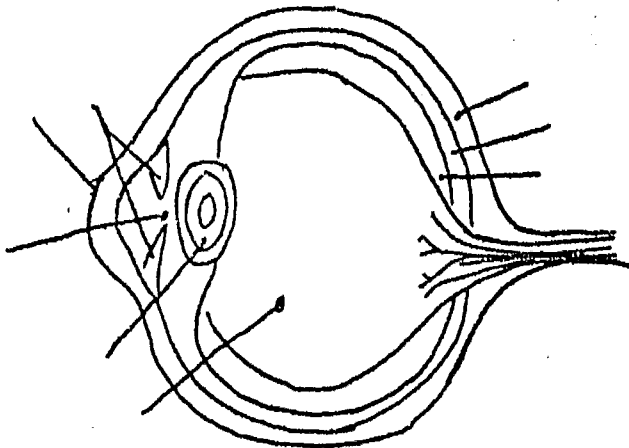
PRUEBA DE CONTROL

1. En el siguiente esquema PINTA de un color el globo ocular y de otro color los órganos anejos. ESCRIBE el nombre de cada uno de los órganos anejos.



2. ESCRIBE junto a cada número el nombre que le corresponda del dibujo:

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____
7. _____
8. _____
9. _____



- 3.- DESCRIBE ordenadamente el proceso que tiene lugar desde que te presentan una lámina hasta que tienes conciencia de lo que has visto en ella.

- 4.- UNE con flechas cada parte de los órganos anejos del ojo con la función que realizan:

pestañas

cejas

glándulas lacrimales

músculos

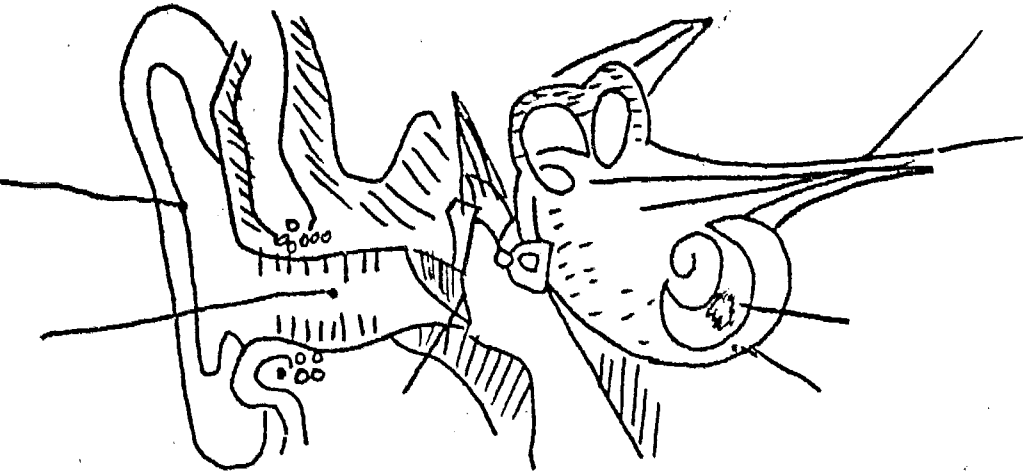
movimiento del ojo

mantener húmedo al ojo

desviar el sudor

aminorar la luz

5. En el siguiente esquema del oído ESCRIBE el nombre de sus partes en el lugar que le corresponde:



6. De esta relación de palabras ESCRIBE cada una de ellas en la columna que le corresponda:

tímpano, trompa de Eustaquio, Caracol, pabellón auditivo, ventana oval,
huesecillos, canales semicirculares, conducto auditivo, órgano de Corti.

Oído externo

Oído interno

Oído medio

7. ESCRIBE el funcionamiento del oído expresando ordenadamente el camino recorrido por el sonido desde que se emite por un objeto hasta que se tiene conciencia de él.
8. ESCRIBE en qué parte del oído está localizado el sentido del equilibrio.
9. ESCRIBE junto a cada uno de los nombres siguientes la función que realizan:
Pituitaria roja, ...
Pituitaria amarilla, ...
10. ESCRIBE ordenadamente los actos que se realizan desde que nos acercamos una rosa a la nariz hasta que percibimos el olor:
11. ESCRIBE ordenadamente lo que ocurre desde que chupas un caramelo hasta que sabes el sabor que tiene:
12. ESCRIBE las sensaciones que podemos apreciar con el sentido del tacto.

METODO BLA LUZCONTENIDOS

1.- Detección de la luz.

- Efecto fisiológico

- Otros detectores:

Plantas

Cámara fotográfica

2.- Fuentes de luz

3.- Cuerpos iluminados.

- Opacos

- Traslúcidos

- Transparentes

4.- Propagación de la luz

- Sombra

- Penumbra

- Velocidad de propagación de la luz

5.- Reflexión de la luz

- Concepto

- Rayos y ángulos

- Leyes

- Aplicaciones

6.- Refracción de la luz

- Concepto

- Rayos y ángulos

- Leyes

- Aplicaciones

7.- Prisma óptico

8.- Dispersión de la luz blanca

9.-El color de los cuerpos

10.- Lentes.

OBJETIVOS GENERALES

- Observar y comprender la importancia que tiene la luz en la vida.
- Conocer las fuentes de luz.
- Conocer y comprender la propagación de la luz y sus leyes.

OBJETIVOS OPERATIVOS

- En la observación del sol en un día luminoso, explicar la sensación experimentada por el órgano de la vista.
- Escribir el nombre de cuatro fuentes de luz y explicar si son naturales o artificiales.
- Dados ocho cuerpos iluminados, escribir si son opacos, traslúcidos o transparentes.
- escribir qué es un eclipse.
- Dibujar un esquema de un eclipse de sol y escribir la sombra y la penumbra en el lugar correspondiente.
- Dados un foco puntual y tres cartulinas, dos de ellas con un orificio y la tercera sirviendo de pantalla, dibujar correctamente las posiciones para que la luz del foco se recoja en la pantalla.
- Escribir el concepto de reflexión.
- Dibujar un esquema de la reflexión de la luz.
- En un esquema de la reflexión de la luz, escribir el nombre de los rayos incidente y reflejado, normal y ángulos correspondientes.
- Dada la medida del ángulo incidente, escribir la medida del ángulo reflejado, razonando la respuesta.
- Dibujar la imagen de tres objetos al reflejarse en un espejo plano: punto, segmento y triángulo.
- Definir el concepto de la refracción de la luz.
- Dibujar el esquema de la refracción de la luz.
- En un esquema de la refracción de la luz, escribir el nombre de los rayos correspondientes.

EVALUACION (de los objetivos en los que se ha hecho uso del color)

1. Dibuja un esquema de un eclipse y escribe el nombre de cada una de las zonas afectadas.
2. Dibuja el esquema de la reflexión de la luz. Escribe el nombre de las líneas y ángulos dibujados en el lugar correspondiente.
3. Dibuja la imagen del triángulo:

_____ espejo

4. Dibuja el esquema de la refracción de la luz cuando pasa de aire a diamante. Escribe el nombre de cada uno de los rayos dibujados y de los ángulos en el lugar correspondiente:

aire

_____ diamante

CODIGO DE COLOR UTILIZADO

<u>Concepto</u>	<u>Color</u>
Sombra	Azul oscuro
Penumbra	Azul claro
Rayo incidente	Verde
Rayo reflejado	Naranja
Normal	Violeta
Superficie de separación	Blanco
Objetos	Marrón
Rayo refractado	Azul claro

METODO CANALISIS SINTACTICO (I)CONTENIDOS

1. La oración simple

- Concepto de oración gramatical
- Clases de oraciones según el número de sintagmas
- Estructura de la oración simple
- Siglas utilizadas

2. Sintagmas constituyentes de la oración

- Sintagma nominal sujeto
- Sintagma nominal predicado

ACTIVIDADES

Realizar el análisis sintáctico de las siguientes oraciones:

- El gallo cantó por la mañana
- La escuela de Casasana tiene mucha luz
- La vieja señora subía desde la ribera
- Juan tenía un tren de madera
- Elías salía todas las tardes de paseo
- El viejo miró el reloj
- Los empleados echaban cubos de agua en las ruedas
- La familia recibió a un pariente lejano
- La hermana de mi amigo escribió una carta a su madre
- Juan mandó una caja de bombones a María
- Los niños de la clase salieron por la ventana pequeña
- Los lazos azules tienen en los extremos dos bolitas de madera
- Mis vecinos encontraron a su hermano en el jardín de un amigo

EVALUACION

Prueba 1.

Realizar el análisis sintáctico de las siguientes oraciones:

- Mi perro era un animalito en el jardín
- Los padres de Juan le compraron un triciclo
- El tren expreso llegó con retraso a la estación
- Pedro y Javier enviaron una postal a sus padres
- Esos niños querían a aquel vagabundo

Prueba 2.

- Mi hermano compró un tebeo en la librería de la esquina
- Javier escribió una carta a sus tíos
- Rosa miraba a su enemigo con ojos de espanto
- Ese juguete de madera tiene un mecanismo electrónico

CODIGO DE COLOR USADO

		<u>Color</u>
Sin	sujeto	Azul oscuro
Núcl		Azul oscuro
Art		Marrón
Nom		Celeste
Ady		Amarillo
	+ nombre	Verde y celeste
Pre		Verde
Sin	licado	Rojo
Grup		Rojo
Verbo		Rojo
Sintagma nominal directo		Azul oscuro
Grupo nominal		Azul oscuro
Sintagma nominal indirecto		Azul oscuro
Sintagma nominal circunstancial		Azul oscuro

METODO DANALISIS SINTACTICO Y MORFOLOGICO (II)CONTENIDOS

1. La oración simple
 - Concepto de oración gramatical
 - Clases de oraciones según el número de sintagmas
 - Estructura de la oración simple
2. Introducción a la oración compuesta (coordinadas)
 - Siglas utilizadas
3. Sintagmas constituyentes de la oración
 - Sintagma nominal sujeto
 - Sintagma nominal predicado

ACTIVIDADES

Pruebas parciales: realizar el análisis sintáctico de las siguientes oraciones:

1. -El profesor hizo varias preguntas a los alumnos.
 - La noticia llegó a la redacción por la mañana.
 - Trajeron a la clase aquellos libros viejos
2. - Yo compré el libro recomendado.
 - Tú tendrás un buen regalo.
 - El me comunicó la noticia esperada.
 - Ellos comenzaron su labor en sus casas.
3. - Fidel es un muchacho joven.
 - El caballero marcha en el centro de su servidumbre.
 - Las aguas son rojizas y lentas.
 - Esa vereda lleva los rebaños del pueblo a Extremadura.
4. - El ciego tiende hacia el camino la palma seca y amarillenta.
 - El grupo recorría en silencio las calles.
5. - En las márgenes del río hay un obraje de paños.
 - Mis amigos están contentos.
 - La arboleda ascendía por las alturas inmediatas.
 - Los rasga una honda y recta hendidura.

6. - El sol, capitán redondo, luce en el inmenso espacio.
 - Pinín tendió los brazos a su hermana.
 - Los parroquianos comprendieron la gravedad del asunto.
 - El mayor de los niños se apresuró lloroso al ventanal.
7. - El camino está desierto, nadie sube por él.
 - Llegó hasta la entrada de la mina; pero no entró.
 - El viajero pasea por la habitación, mira un cuadro, huele unas flores.

EVALUACION

Prueba 1.

Realizar el análisis sintáctico de las siguientes oraciones:

- Pidieron un bote de bolas superboladoras.
- Juan llevaba en su saco un balón de fútbol.
- Los escasos transeúntes caminaban con prisas sobre la nieve.
- Eso es un asunto privado mío.
- Yo no le prometí regale alguno.

Prueba 2.

- El periódico ofrece facetas de gran interés informativo.
- Aquel chiquillo alegre era la animación del barrio.
- Le ofrecieron la entrega del primer premio.
- Pasteur, el insigne investigador francés, fue el creador de la medicina preventiva.

CODIGO DE COLOR UTILIZADO

Con respecto al recogido en el método C, se han introducido las siguientes variantes:

<u>Concepto</u>	<u>Color</u>
Núcleo sujeto:	
- si el núcleo es un pronombre	Celeste y morado
- si el núcleo es un adjetivo	Celeste y amarillo
- si el núcleo es un adverbio	Celeste y rosa

Nexos y enlaces:

- preposición
- conjunción

Verde

Naranja

Aposición

Sintagma nominal atributo:

- si el núcleo es un nombre
- si el núcleo es un adjetivo
- si el núcleo es un adverbio

Celeste

Celeste y amarillo

Celeste y morado