

Estudio de la campimetría cromática verde en el glaucoma de
ángulo abierto.

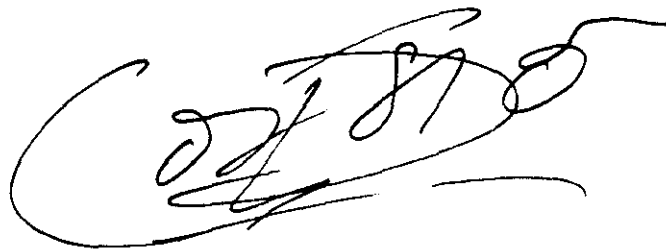
Teresa María Pérez Martínez

Cátedra de Oftalmología
Facultad de Medicina
Universidad Complutense
Madrid, 1992

D. PEDRO CORSINO FERNANDEZ-VILA, PROFESOR TITULAR DE
OFTALMOLOGIA DE LA FACULTAD DE MEDICINA DE LA UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE DE MADRID

CERTIFICA: Que Dña Teresa María Pérez Martínez ha
realizado bajo mi dirección el trabajo de
investigación correspondiente a su tesis
doctoral sobre: " Estudio de la campimetría
cromática verde en el glaucoma de ángulo
abierto".

Y para que conste, firmo el presente certificado en Madrid
a cuatro de septiembre de mil novecientos noventa y dos.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Pedro C. Fernández-Vila', written in a cursive style with a large initial 'P' and 'F'.

Fdo. Pedro C. Fernández-Vila.

Dña. MARIA ROSA VILAS DIAZ, PROFESORA TITULAR Y DIRECTORA
DEL DEPARTAMENTO DE CIRUGIA II DE LA FACULTAD DE MEDICINA DE LA
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

CERTIFICA: Que revisado el presente trabajo " Estudio
de la campimetría cromática verde en el
glaucoma de ángulo abierto" presentado por
la Lda. en Medicina y Cirugía Dña. Teresa
María Pérez Martínez, queda conforme con su
presentación para ser juzgado como Tesis
Doctoral.

Y para que así conste, expido el presente certificado en
Madrid a cuatro de septiembre de mil novecientos noventa y dos.



Fdo: M^a Rosa Vilas Díaz.

A mi familia

A Pedro

AGRADECIMIENTOS

- Al Prof. Pedro Corsino Fernández-Vila, humanista inquieto, por su inestimable ayuda a mi formación humana y oftalmológica.

- Al Prof. Julián García Sánchez por su interés y facilidades dados para el desarrollo de este trabajo.

- Al Dr. Pedro Beneyto Martín, oftalmólogo e investigador, por su cariño, apoyo, comprensión y paciencia, así como por su asesoramiento en el tratamiento estadístico.

- A José María Samper Sarte por su desinteresada ayuda en el campo informático y por su amistad.

- Al Dr. Daniel Aliseda Pérez de la Madrid por su generosa ayuda en la elaboración de esta trabajo.

- A los compañeros del Servicio de Oftalmología del Hospital Clínico San Carlos por su amistad y colaboración en el desarrollo de este trabajo.

- A los pacientes del departamento de Glaucoma del Hospital Clínico sin cuya cooperación este trabajo no se hubiera llevado a cabo.

- Al servicio de información médica informatizada de los laboratorios Alcon y Merck, Sharp & Dohme.

INDICE

I. INTRODUCCION

1) VISION CROMATICA.	2
A) Fisiología del sentido cromático.....	2
A.1. La luz. Generalidades.....	2
A.2. La percepción cromática.....	4
A.2.1. Componentes.....	4
1) Tonalidad.....	5
2) Saturación.....	5
3) Luminosidad.....	6
A.2.2. Teorías de la percepción cromática.....	8
1) Teoría tricromática.....	9
2) Teoría de los pares de colores.....	10
3) Teoría de Lang.....	11
A.2.3. Bases anatomo-fisiológicas.....	12
A.2.4. Factores ópticos y visión cromática.....	19
1) Edad.....	19
2) Cristalino.....	20
3) Pigmento macular.....	21
4) Diámetro pupilar.....	21
B) Métodos de exploración de la visión cromática.....	22
B.1. Métodos espectrales.....	22
B.2. Láminas pseudoisocromáticas.....	23
B.3. Anomaloscopios.....	24
B.4. Tests de ordenación y clasificación.....	24
C) Visión cromática y Glaucoma crónico de ángulo abierto..	27

2) TECNICAS DE DIAGNOSTICO PRECOZ DEL GLAUCOMA.	29
A) Examen del campo visual.....	29
A.1. Antecedentes históricos.....	30
A.2. Técnicas de examen del campo visual.....	34
A.2.1. Umbral diferencial.....	34
A.2.2. Factores que influyen en la determinación del umbral	35
1) Características del estímulo.....	35
2) Características del paciente.....	41
A.2.3. Perimetría cinética.....	45
A.2.4. Perimetría estática.....	46
1) Generalidades.....	46
2) Campimetría Computadorizada.....	48
- Instrumentos.....	48
- Estrategia Umbral.....	50
- Estrategia Supraumbral.....	55
A.3. Campo visual y Glaucoma crónico de angulo abierto.	56
A.3.1. Campimetría automática y Glaucoma.....	56
1) Diagnóstico campimétrico del glaucoma....	56
2) Progresión del campo visual en el glau- coma.....	60
A.3.2. Nuevas técnicas campimétricas.....	64
1) Indices visuales.....	64
2) Campimetría selectiva.....	67
3) Perimetría objetiva y oftalmoscópica.....	68
A.4. Perimetría cromática.....	69
A.4.1. Métodos de exploración.....	72
1) Determinación de umbral sobre fondo acromático.....	75

2) Determinación de umbral sobre fondo cromático.....	77
B) Otras técnicas de diagnóstico precoz del glaucoma.....	78
B.1. Visión del color.....	78
B.2. Sensibilidad al contraste.....	78
B.2.1. Sensibilidad al contraste espacial.....	80
B.2.2. Sensibilidad al contraste temporal.....	81
B.3. Estudio del nervio óptico y de la capa de fibras nerviosas.....	81
B.4. Estudios electrofisiológicos.....	83
II. JUSTIFICACION E HIPOTESIS	85
III. MATERIAL Y METODO	88
1) SELECCION Y GRUPOS DE PACIENTES	89
2) EXPLORACION CLINICA	90
A) Historia clínica	90
B) Visión cromática	91
C) Campimetría	94
3) TRATAMIENTO ESTADISTICO	99
A) Tratamiento estadístico del campo visual	99
B) Estudio de visión cromática y relación con el campo visual.....	104
IV. RESULTADOS	106
V. DISCUSION	161
1) CAMPIMETRIA CROMATICA. SELECCION DE LA TECNICA.	162

2) CAMPIMETRIA CROMATICA EN POBLACION NORMAL.	167
3) CAMPIMETRIA CROMATICA EN LOS SOSPECHAS DE GLAUCOMA.	168
A) Comparación entre campimetría standard y cromática.....	171
B) El efecto aprendizaje.....	175
4) CAMPIMETRIA CROMATICA EN EL GLAUCOMA.	177
A) Comparación entre campimetría standard y cromática	177
B) Comparación con población normal	178
C) Frecuencia de afectación campimétrica en el glaucoma ...	180
D) Morfología del escotoma en el glaucoma	184
D.1. Localización del escotoma.....	184
D.2. Profundidad del escotoma.....	185
E) Campimetría cromática en el glaucoma: resumen.....	186
5) CAMPIMETRIA CROMATICA Y VISION DEL COLOR.	190
A) Visión cromática: test de 100 tonos de Farnsworth- Munsell	190
B) Visión cromática y campo visual	193
VI. CONCLUSIONES.	200
VII. BIBLIOGRAFIA.	203

I . INTRODUCCION

1) VISION CROMATICA.

A) Fisiología del sentido cromático.

A.1. La luz. Generalidades.

La naturaleza de la luz ha sido objeto de investigación durante siglos. A mediados del siglo XVII se postulan, simultáneamente, dos teorías acerca de la luz: la teoría corpuscular de Newton, en 1671, y la teoría ondulatoria de Huygens, en 1678. Cada una, por separado, explicaba algunos de los fenómenos físicos debidos a la luz, pero no todos. Schrödinger, en 1926, combina ambas teorías siguiendo los principios de la mecánica cuántica recién desarrollada y enuncia la teoría de la dualidad, según la cual la luz es un conjunto de cuantos energéticos (fotones) que tienen una onda asociada.

El conjunto de ondas de naturaleza no mecánica, constituyen el espectro de ondas electromagnéticas. Dentro del amplio rango de longitudes de onda que se abarca, el espectro visible por el ojo humano es el conjunto de longitudes capaces de estimular las células retinianas (entre los 400 nm. y los 700 nm.), que produce una sensación de color diferente según cuál sea la longitud de onda percibida en cada momento.

Al definir magnitudes o unidades luminosas se debe distinguir entre aquellas que corresponden a hechos puramente físicos y por tanto, medibles con los instrumentos adecuados, y las que corresponden a sensaciones psicológicas, que son determinadas utilizando al ser humano como instrumento de medida. Las magnitudes físicas más importantes en las ondas luminosas son la energía transportada y la frecuencia de las ondas. La energía se

corresponde con la percepción de intensidad luminosa y se mide mediante fotometría en watios.

La frecuencia se corresponde con la sensación psicológica del color. El ojo humano no es igualmente sensible para todas las longitudes de onda del espectro visible, por ejemplo, la luz verde es la más eficaz para producir sensación visual. Para determinar el brillo luminoso, una magnitud psicofísica, se debe utilizar al ser humano como instrumento de medida. Se han obtenido de esta manera las curvas de eficacia luminosa, que muestran un pico máximo de sensación a los 555 nm de longitud de onda bajo condiciones fotópicas (luz diurna, mediada por conos), pero una máxima sensibilidad en 505 nm en condiciones escotópicas (mediada por bastones). Este desplazamiento hacia longitudes más cortas al disminuir la iluminación se denomina efecto Purkinje. Este físico lo describe en 1925 y le permite distinguir tres tipos de visión: visión fotópica o diurna, visión mesópica o crepuscular y visión escotópica o nocturna ¹⁴³.

Las magnitudes psicofísicas más importantes de la luz: son la intensidad luminosa (medida en candelas), el flujo luminoso (su unidad es el lumen) y la iluminación (unidad el lux o lumen por metro cuadrado).

La cantidad de luz que llega a la retina de un ojo humano depende no sólo de la luminancia de los objetos, sino también de algunas características del observador, como el diámetro pupilar, la acomodación o la transparencia de medios. LeGrand, en 1972, realiza el cálculo de la iluminación retiniana y obtiene que en cualquier circunstancia, la iluminación retiniana y la luminancia permanecen proporcionales:

$$E_r = L \times S$$

En donde: E_r es la iluminación retiniana, L es la luminancia del objeto, S el área pupilar.

El cálculo de la iluminación retiniana según LeGrand es erróneo para diámetros pupilares superiores a 2 mm. por el efecto Stiles-Crawford. Estos autores, en 1933, muestran que la eficacia luminosa de un haz de luz se reduce al alejarse su punto de entrada del eje pupilar ¹⁴³.

A.2. La percepción cromática.

La sensación de color es subjetiva. Es un atributo sensorial de algunas especies, entre ellas, del ser humano. Cada persona aprende los nombres de cada sensación y luego los utiliza cada vez que obtiene la misma sensación.

En el color existen dos componentes claramente diferenciados, los aspectos psicológicos y los aspectos físicos del color. En la percepción del color, además de la luz, intervienen otros agentes, desde la presión intraocular, factores emocionales, ingesta de drogas o fatiga. Estos factores provocan diferentes reacciones sensoriales ya que en la visión, como en cualquier otro sentido, la sensación no se reduce a la transmisión a nivel central de la información del exterior, sino que está determinada por el estado de los nervios sensitivos.

A.2.1. Componentes de la percepción cromática.

Un foco de luz coloreada presenta tres componentes psicosenoriales: la tonalidad, la saturación y el brillo o luminosidad, que vienen dados por otros tres parámetros físicos: la longitud de onda, la pureza y la intensidad respectivamente. El estudio de cada una de estos parámetros es complicado, ya que al

variar un parámetro físico, no sólo varía su característica psicosensores, sino que influye, además, en las otras dos.

1) Tonalidad.

Tonalidad o matiz es la cualidad esencial en la sensación de color. Es la impresión psicosensores de la longitud de onda dominante en un estímulo, por tanto, es lo que nos permite afirmar que un color es rojo, amarillo o verde.

La sensibilidad cromática diferencial es la mínima diferencia entre longitudes de onda que debe existir para que se perciba una desigualdad de calidad cromática, entre dos colores de igual luminancia. Su inverso es el umbral cromático diferencial.

La sensación coloreada varía de un extremo a otro del espectro visible de una manera no uniforme. En los extremos del espectro, las modificaciones en longitud de onda son casi inapreciables, mientras que en el área intermedia donde los colores cambian más rápidamente, entre los 490 y los 590 nm en ojos normales, un mínimo cambio en la longitud (1 ó 2 nm) se detecta como cambio de tonalidad (discriminación tonal máxima).

El método empleado para el estudio de la sensibilidad cromática diferencial se denomina método "paso a paso". Cada longitud de onda es proyectada sobre la pantalla de un fotómetro y se compara con otra longitud de onda, en principio igual, pero que progresivamente va variando hasta que el observador percibe una diferencia.

2) Saturación.

La saturación es una característica que se refiere a la intensidad de la sensación cromática que provoca una luz. Es el atributo del color que está relacionada con la pureza de la

radiación. La pureza es un parámetro físico cuya unidad es el color monocromático (valor de pureza 1). El blanco por lo tanto, tiene una pureza 0.

Una tonalidad como la roja, por ejemplo, puede aparecer en colores tan diferentes como un rojo intenso o un rosa pálido. Un color está totalmente saturado (pureza 1) cuando toda la luz que se percibe está en la misma longitud de onda. Cuando el color está constituido por más longitudes de onda, el ojo sigue viendo el tono predominante pero el color se vuelve más pálido (desaturado). Existen factores que influyen en la percepción de la saturación como el efecto Abney que describe como al desaturar un color (añadiendo blanco) el tono parece cambiar levemente. La excepción es el amarillo de 570 nm. También la intensidad, el tamaño y el tiempo de observación afectan, en menor medida a la saturación.

En colorimetría, la saturación suele calcularse mediante la comparación con las muestras de un atlas y bajo una iluminación tipo, como el atlas de Munsell.

3) Luminosidad, claridad o brillo.

Es una característica de intensidad subjetiva que abarca todas las fuentes luminosas, coloreadas o no, y depende de la energía de la fuente. Según Mantolán es la facilidad con la que un estímulo coloreado, de una energía dada, es percibido ¹⁴³.

La intensidad de la sensación no se relaciona de forma lineal con la luminancia, sino de forma logarítmica. Si la luminancia aumenta al doble, no se dobla la apreciación del brillo.

Son varios los factores que afectan a la percepción del brillo: la longitud de onda (por la eficacia luminosa espectral,

flujos coloreados objetivamente iguales no producen la misma sensación subjetiva de brillo), el nivel de iluminación (por el efecto Purkinje), el sujeto explorado, la superficie del test, la topografía retiniana y el tiempo de presentación (adaptación cromática). Después de un cierto tiempo de exposición se produce una disminución de la sensación coloreada y el color tiende al blanco. Esta adaptación cromática es necesaria para conseguir un equilibrio metabólico entre la síntesis y la degradación de los pigmentos retinianos.

El brillo puede modificar tanto la tonalidad (fenómeno de Bezold-Brücke, con excepciones en los tonos de color invariables que son el azul de 478 nm, el verde de 503 nm y el amarillo de 578 nm), como la saturación ya que si la intensidad aumenta la saturación varía.

El conjunto de tono y saturación de una muestra se denomina cromaticidad. Mediante un espectrofotómetro se calcula cuál es la fracción de luz incidente que transmite o refleja un objeto para cada una de las longitudes de onda que componen la luz blanca. Esta fracción dependerá de la estructura electrónica de la sustancia, ya que según sea ésta, entrará o no en resonancia con cada una de las longitudes de onda del espectro. La impresión de cromaticidad está relacionada con las curvas que representan esta fracción.

La sensación cromática depende de otros parámetros secundarios como el contraste simultáneo y el contraste sucesivo. El contraste simultáneo es el conjunto de longitudes de onda de las radiaciones que provienen de otros objetos del campo visual. Por ejemplo, una mancha gris en el centro de un campo rojo se ve verdosa. El color percibido tiende a ser el complementario del

campo circundante. El contraste sucesivo o postimagen es la longitud de onda que el observador veía con anterioridad a la presentación del estímulo cromático. Por ejemplo, si se mira una mancha roja intensa unos segundos y se mira inmediatamente después una gris, ésta última se ve verdosa (color complementario al rojo). Las interacciones entre los fotorreceptores del color, crean una serie de ilusiones cuando dos colores se perciben simultáneamente.

La fusión de dos o más colores da una sensación de color determinada y diferente de la de sus componentes. El ojo no analiza los componentes de una mezcla compleja como hace el oído. Con una mezcla apropiada de tres colores se puede reproducir cualquier otra sensación de color. Estos tres colores se denominan primarios si cumplen la condición imprescindible de que al mezclar dos de ellos no se pueda generar un tercero. Para disponer de colores primarios que produzcan una gran variedad de colores conocidos, conviene que uno de ellos sea de la gama del rojo, otro de la gama del verde y otro de la del azul, y que los tres estén bastante saturados. La trivariancia de la visión coloreada sugiere que en la retina, sobre todo en los conos, deben existir tres pigmentos similares a la rodopsina, cada una de ellos con un espectro de absorción con un máximo de longitud de onda diferente.

A.2.2. Teorías de la percepción cromática.

Las teorías que trataban de explicar la visión de los colores se han basado, en su mayoría en hipótesis elaboradas a partir de experiencias y observaciones psicofísicas. Los datos aportados por registros espectrofotométricos y electrofisiológi-

cos de células aisladas permiten corroborar algunas de estas hipótesis. Actualmente se admiten: la teoría tricromática de Young y Helmholtz que sirve para explicar el sistema de percepción retiniana, la teoría de los colores oponentes o de pares antagónicos de Hering que explicaría la transmisión nerviosa de la excitación, y la teoría de Lang.

1) Teoría tricromática.

El físico inglés Young sugiere, en 1802, que la tricromía es un reflejo de la fisiología humana. Los colores que un ojo humano ve están determinados por el grado relativo de excitación de tres tipos de sensores. Este concepto lo explica al aplicar la física de las ondulaciones luminosas a la percepción retiniana. Young supone que de la misma manera que mediante la combinación de, al menos, tres luces se puede obtener cualquier matiz del espectro, la retina no necesita de cientos de receptores especializados para cada color, sino para sólo tres de ellos a los que denomina colores primarios. Young selecciona el rojo, amarillo y azul y posteriormente cambia el amarillo por el verde debido a la descripción del espectro realizada por Wollaston en 1807 ¹⁴³.

La teoría tricromática de Young permanece olvidada debido a la falta de comprensión de la mezcla de colores, ya que se confundían los resultados obtenidos con mezcla de pigmentos y con mezcla de luces coloreadas. Helmholtz, en 1856, retoma la teoría pero modificándola, al sugerir que las curvas de sensibilidad de los tres receptores se solapan entre sí. Establece los principios de adición de la mezcla de luces coloreadas con una base cualitativa al mostrar que para la visión cromática, la sensación producida por los estímulos variados de luz (mezcla de

colores) puede ser representada completamente en función de tres variables ¹⁵⁰.

Las evidencias actuales más directas sobre las tres clases de conos provienen del estudio de los pigmentos visuales mediante diversas técnicas como la espectrofotometría, densitometría de reflexión y electrofisiología ocular realizada en animales.

2) Teoría de los pares de colores.

Hering, en 1876, publica un tratado donde se opone a los postulados de la teoría tricromática. Se basa en la observación empírica de las apariencias del color. Hay mezclas de color que producen un color totalmente diferente de sus componentes iniciales, por lo que propone que la visión del color es mediada por un "color oponente". Afirma que el blanco y el amarillo no son sensaciones de color compuestas sino que son tan puras y elementales como aparentan, con la misma categoría del rojo, verde o azul.

Para Hering la visión cromática se basa en el emparejamiento de sensaciones de color: azul-amarillo, rojo-verde y blanco-negro. Cada sensación de color genera a su pareja como postimagen y también genera a su oponente por contraste de color en zonas adyacentes. Para explicarlo propone que una neurona básica, cuando es estimulada, inhibe la respuesta de todas las neuronas adyacentes. Esa inhibición de un receptor equivale a hacer más sensible al receptor contrario. El mayor efecto de contraste ocurre entre los colores complementarios (son aquellos que mezclados en proporciones adecuadas constituyen el blanco). Las sensaciones de color intermedias reconocibles resultan de la

mezcla de matices adyacentes, pero no de la mezcla de matices opuestos o complementarios.

Esta teoría es comprobada en 1955 por Hurvich y Jameson. En la actualidad se admite que en el proceso de visión cromática existe una primera etapa de percepción tricromática determinada por los ftopigmentos de los conos, y una segunda etapa de procesamiento nervioso que tiene lugar de acuerdo a un código basado en el color "oponente" y que se inicia probablemente a nivel de las células retinianas de asociación ⁹⁶. Más adelante comentamos lo que hasta el momento se conoce de las células del sistema visual.

Se cree que el centro de reconocimiento de los colores integra la información recibida de dos centros "intermedios": el centro rojo-verde (R-G) y el centro azul-amarillo (B-Y). La información enviada al centro de tonos a partir del centro R-G depende de la estimulación de los conos para el rojo y el verde. Los conos para el azul envían su información al centro B-Y pero la información para el amarillo se recibe a partir de los conos para el rojo y verde cuya estimulación simultánea produce el efecto amarillo en el centro B-Y.

3) Teoría de Land.

Land, en 1959, expone una teoría sobre como el sistema visual puede extraer una información cromática fidedigna de las imágenes que nos rodean pese a la variación constante de la iluminación. Este autor afirma que si los fotorreceptores fueran unos medidores de nivel de intensidad luminosa, con un máximo de sensibilidad en tres partes del espectro, se estaría confundiendo un color constantemente con otro. Los objetos mantienen su

aspecto de color bajo una gran variedad de condiciones lumínicas, es el fenómeno de la constancia de color.

Land realiza gran número de modelos fotográficos con filtros coloreados y positivos monocromáticos. Llega a la conclusión, a diferencia de las teorías de mezcla de colores, de que es más importante la distribución de luminancias en una escena, que la luminancia total del conjunto o conocer cada una de las longitudes de onda de la radiación incidente. Ninguno de esos dos factores determina el sentido del color.

En síntesis, para Land existirían tres retinas, una para cada color primario, que contemplan una imagen en blanco y negro donde lo importante es la luminancia relativa de cada zona con respecto a las adyacentes. La integración cortical de las tres imágenes provoca la percepción policromática ⁷⁶.

A.2.3. Bases anatomofisiológicas de la visión cromática.

Los fotorreceptores retinianos son las células encargadas de la absorción de la luz y su transformación en impulsos nerviosos. Los fotorreceptores varían en proporción según el área de la retina observada. A nivel foveal sólo se encuentran fotorreceptores de cono mientras que en el resto de la retina predominan los fotorreceptores de bastón.

La importancia de la diferenciación de dos formas celulares fue reconocida por primera vez por Schulze en 1866. Los bastones son la variedad celular numéricamente dominante en animales cuya actividad se desarrolla de noche o al atardecer, mientras que los animales estrictamente diurnos tienden a tener gran riqueza de conos. Esta correlación según Schulze, alude a las propiedades ópticas de los fotorreceptores ⁴³.

Aunque la división entre cono y bastón se hizo sobre una base morfológica, la relación de diámetros entre los segmentos interno y externo de cada célula, la forma no indica la presencia de alguna propiedad esencial. Los pigmentos visuales, proteínas elaboradas por los discos de doble membrana de los segmentos externos celulares, son los que establecen la diversa funcionalidad celular.

Un gran número de teorías han tratado de explicar la visión mediante la transformación de la energía luminosa en otra forma de energía susceptible de actuar sobre el sistema nervioso. La teoría fotoquímica, al disponer de espectrometría y de reflectometría de fondo, es la teoría admitida en la actualidad. Esta teoría afirma que la luz, absorbida por un pigmento contenido en los fotorreceptores retinianos, provoca una transformación en los mismos, una hiperpolarización, que se transmite hasta la terminal sináptica donde se genera el impulso nervioso.

Le Grand, en 1972, señala las tres características que deben reunir los pigmentos visuales:

- Capacidad de regeneración una vez modificados por la luz para que la visión sea continua.

- Estabilidad en la oscuridad, ya que si sufrieran descomposición espontánea, existirían sensaciones luminosas parásitas.

- Eliminar lo más rápido posible la forma modificada por la luz para que no persista la sensación luminosa en la oscuridad.

Los pigmentos visuales se distinguen por sus propiedades espectrales. Los pigmentos sensibles a la luz de la retina humana son la rodopsina de los bastones, empleada para la visión

bajo condiciones de luminancia débil, y los tres pigmentos de los conos, segregados en conos separados, responsables de la discriminación de colores y visión diurna. La rodopsina de los bastones es más abundante y estable que los pigmentos de los conos.

Todos los pigmentos visuales conocidos, incluyendo la rodopsina, consisten en una apoproteína (opsina) a la cual está adherida una variante de la vitamina A, común a todos ellos, denominada vitamina A₂. La diferencia entre los pigmentos de los conos se encuentra a nivel del tipo de proteína opsina cuya función es la de hacer posible la captura de fotones de diferentes longitudes de onda. Estudios realizados mediante clonación, por Nathans y otros investigadores, han descifrado la estructura de los genes, localizados en el cromosoma X, que codifican la rodopsina y los tres pigmentos de los conos¹⁵³. Existe una homología entre todos ellos lo que sugiere que los cuatro han evolucionado a partir de un mismo ancestro. La similitud del ADN de los pigmentos rojo y verde (el 98 % es idéntico), sugiere que sean producto de una duplicación reciente en términos evolutivos.

La mayoría de los individuos "deficientes" para los colores carece de uno de los tres mecanismos para el color y se denominan sujetos dicromáticos. Aproximadamente el 1 % de los varones es protánope (carece del pigmento sensible al rojo), y un 2 % es deuteránope (déficit para el verde). Los tritánopes, que carecen de conos para el azul, aparentemente son muy raros.

Si se miden las sensibilidades espectrales de las tres clases de conos, con microespectrofotometría o mediante blanqueo

selectivo, estas sensibilidades son diferentes pero superpuestas.⁴³ (Figura 1).

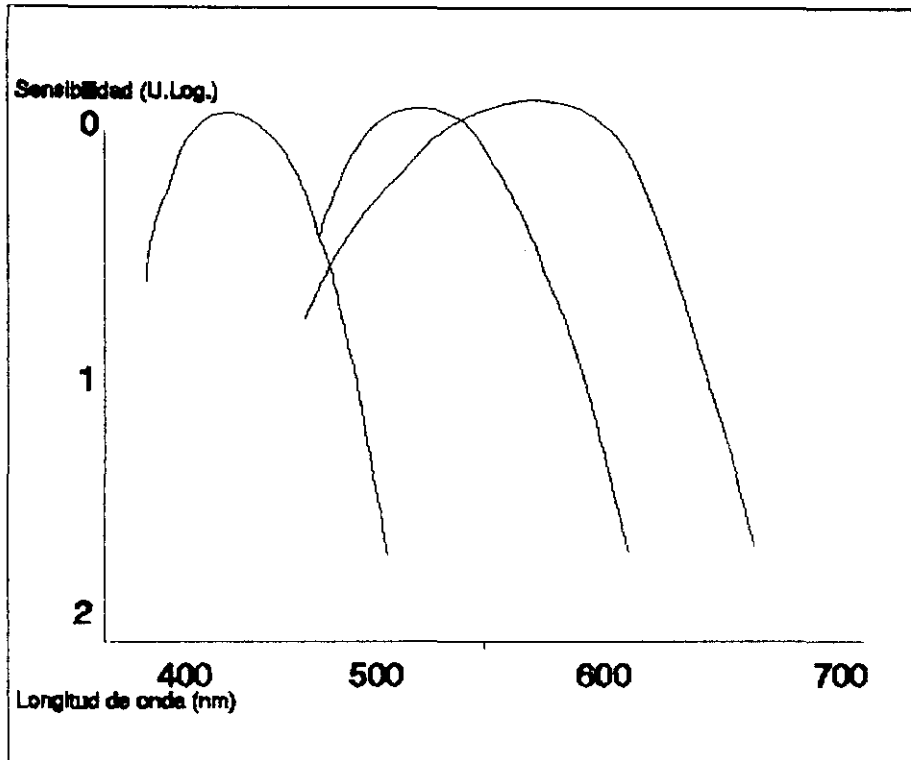


Fig.1. Medición de los espectros para los receptores de conos.

Una clase de conos tiene una sensibilidad espectral con un pico en 440 a 450 nm (receptores con pigmento sensible al azul), otra clase tiene un pico en 535 a 555 nm (conos para el verde) y otra clase tiene un pico en 570 a 590 nm (conos para el rojo o amarillo). La superposición se debe a que la sensibilidad de todos los pigmentos visuales cae bruscamente del lado de la longitud de onda más larga de cada curva, debido a la presencia de una banda secundaria de absorción (banda beta o cis-pico) que equivale a dos tercios de longitud de onda de la banda primaria

⁴³.

La reacción de descomposición del pigmento visual al llegar un estímulo luminoso al fotorreceptor se encuentra en fase de estudio en los conos pero es bien conocida en el caso de la rodopsina. Es el denominado ciclo de Wald. Este ciclo es el proceso de isomerización de la vitamina A (11-cis retinal se transforma de forma reversible en todo-trans retinal). En reposo el interior de un bastón tiene un potencial de reposo negativo con respecto al medio extracelular. Esta diferencia de potencial es de 40 mV y aumenta (hay una hiperpolarización del bastón) porque la isomerización, vía GMP cíclico, provoca una disminución de la permeabilidad celular al sodio. Esta hiperpolarización se transmite y genera el impulso nervioso ¹⁴³.

Estudios neurofisiológicos realizados con monos avalan el dato clínico de que tanto la agudeza como la sensibilidad son menores con luz azul que con luz roja o verde. Además el centro exacto de la fovea (1/8 de grado) es ciego para el azul. Es la denominada tritanopía foveal ²⁰⁸. Estos fenómenos se deben a la ausencia total de conos para el azul en área foveal central y también a una mayor convergencia de receptores de conos para el azul en células más específicas del sistema nervioso ⁴⁴. El sistema visual no precisa tampoco una alta agudeza para el sistema de conos azules porque la aberración cromática que el cristalino provoca en el azul, asegura que su imagen siempre va a estar desenfocada.

Al estudiar la distribución en la retina de la visión de los colores se encuentra que la visión tricromática se extiende 20 a 30 grados desde el punto de fijación. Por fuera de este área, la visión cromática se deteriora hacia la dicromacia con un realce de la sensibilidad para el azul más allá de los 30

grados, y en la periferia alejada, por fuera de los 60 grados, la visión se considera monocromática aunque todavía se encuentran conos hasta los 80 grados. Sin embargo, el tamaño, tono, saturación y luminancia del estímulo son muy importantes para precisar las sensaciones cromáticas en la periferia retiniana. A mayor brillo y saturación de un estímulo colocado en la periferia, mayor es el campo receptivo celular que excita y se obtiene la misma sensación de tono que centralmente. Pero es del tamaño del estímulo y de la excentricidad a la que éste se sitúe, de lo que depende la sensibilidad cromática en la periferia de la retina; a mayor excentricidad, se debe aumentar más el tamaño del estímulo para obtener sensación ¹³². Estos hechos demuestran la organización espacial y cromática conjunta de las células codificadoras del color y sus campos receptivos en el sistema neurovisual. Lo que sí parece cierto es que los mecanismos de la visión cromática están más confinados en la retina central que los mecanismos de la sensibilidad luminosa, como ha demostrado Mullen al estudiar la sensibilidad cromática de contraste espacial y ver cómo ésta decae con la excentricidad el doble que lo que se deteriora la sensibilidad luminosa al contraste espacial ¹⁵².

El procesamiento nervioso de longitudes de onda para producir la sensación del color está determinado por las conexiones de los receptores de la retina con otras células del sistema nervioso y por las propiedades de los mismos receptores. Es de estudio reciente y se cuenta sólo con resultados a nivel experimental ⁴³. A nivel distal del sistema visual del color se hallan dos tipos de células codificadoras de colores que siguen el patrón del color "oponente" o de par de colores ya enunciados

por Hering: células de colores oponentes (entre células ganglionares y cuerpo geniculado lateral) y células de colores oponentes dobles (en corteza cerebral estriada, área 17 o V1, en columnas y capas particulares). Se hallan tipos más complejos de campos receptores en niveles centrales del sistema nervioso (donde existen, al menos, tres tipos celulares: simples, complejas e hipercomplejas). Las células a este nivel son específicas para el color y la orientación del estímulo.

La primera célula nerviosa codificadora de color después de los conos es la célula de colores oponentes. Es una célula que polaridad opuesta a otras longitudes de onda. Por ejemplo, la actividad de la célula puede ser aumentada por luz amarilla y disminuída por luz azul. La luz blanca difusa tiene por ello poco efecto sobre estas células. Están vinculadas con el contraste de colores sucesivos. Por ejemplo, cuando el verde es seguido por blanco, el blanco aparece rojizo debido al contraste de colores sucesivos.

Las células oponentes dobles son células oponentes para el color y el espacio. Como ejemplo, puede ser una célula que tiene un centro y un medio circundante en su campo receptivo y ambos son codificadores de colores. El centro puede ser estimulado por el rojo e inhibido por el verde y lo contrario ocurre con el medio circundante. Si se presenta una luz puntual blanca con medio circundante verde, la luz aparece rojiza. Una iluminación uniforme tiende a dar poca respuesta. Se relacionan con el contraste de colores simultáneos.

El objetivo final de las conexiones de células codificadoras de colores en el sistema visual a nivel central de corteza estriada, es producir respuestas que se correlacionan con la

constancia de color del objeto y asociar colores con objetos en particular. La complejidad de la disposición celular y la dificultad de estudio de áreas específicas de la corteza cerebral hace que el conocimiento de la neurofisiología del color se encuentre aún muy limitado.

Las células codificadoras de colores del sistema visual reciben información tanto de bastones como de conos. Se observa también contraste de colores en imágenes que sólo estimulan bastones y conos para el rojo. Parece que los bastones afectan a la visión de los colores bajo niveles de luminancia mesópica y por fuera de la fovea ⁴³.

A.2.4. Factores ópticos y visión cromática.

Ciertos factores físicos afectan a las longitudes de onda que llegan a la retina. La transmisión selectiva de los medios ópticos que atraviesa la luz antes de llegar a un fotorreceptor pueden alterar la luminosidad, la discriminación y la percepción del color. Los diversos medios oculares: córnea, humor acuoso, humor vítreo tienen similares características de transmisión debido a su estructura y a su contenido acuoso.

Se calcula que la transmisión espectral a lo largo del globo en sujetos jóvenes normales es del 85 %. Los rayos infrarrojos y ultravioleta, no alcanzan la retina.

1) La edad.

Desde el nacimiento a la segunda década se produce un desarrollo gradual en la percepción cromática. A partir de los 30 años comienza un deterioro funcional concretamente en la visión del azul-amarillo. Alrededor de los 55-60 años se desarrolla el deterioro rojo-verde. Estos cambios se han demostrado con múltiples instrumentos y test de visión cromática

lo que hace necesario un patrón de referencia normal y la calibración de los mismos según las diversas edades para obtener una mayor especificidad ¹⁴³.

2) El cristalino.

El cristalino absorbe las longitudes de onda más cortas. En un sujeto joven con cristalino transparente este efecto es significativo para los azules con longitudes menores de 450 nm pero en un anciano pueden ser absorbidas hasta 550-600 nm. La absorción cristaliniana tiene también una gran variabilidad interindividual.

El amarilleamiento del cristalino con la edad puede no afectar al color percibido porque actúa como filtro cambiando todas las longitudes de onda de la iluminación. Además el procesamiento nervioso, que busca lograr la constancia de color de los objetos, puede eliminar su efecto.

La aberración cromática del cristalino sí puede resultar muy evidente en algunas circunstancias. Las longitudes de onda más cortas son más refractadas y por tanto, las longitudes azules son enfocadas más cerca del cristalino lo que provoca una imagen borrosa en la retina. Las longitudes de onda verdes y rojas no se encuentran fuera de foco con respecto a la retina aunque las verdes son enfocadas por delante de las rojas.

Se ha demostrado que ante una luz monocromática se puede alterar el foco cristaliniano para que éste sea correcto en esa determinada longitud de onda. La aberración cromática se pone en evidencia ante colores limítrofes como rojo-azul y disminuye con el amarilleamiento natural del cristalino ya que la luz azul se absorbe más por el pigmento amarillo y no provoca tanta dispersión.

Con el aumento de personas afáquicas y pseudoafáquicas, la visión cromática está suscitando especial interés, debido a las repercusiones que la falta del filtro cristalino puedan provocar sobre la agudeza y el confort visual.

3) El pigmento macular.

Los 5-10 grados centrales de la fovea se denominan por su color amarillo mácula lútea. Este color se debe a la existencia de un pigmento carotenoide, el pigmento xantófilo. La función de este pigmento es absorber luces de longitudes de onda azul y azul-verdosa (nivel máximo de absorción: 460 nm) y su efecto se suma al del cristalino como mecanismo protector para la retina del efecto dañino de las ondas cortas.

4) El diámetro pupilar.

La luz que entra cerca del borde de la pupila es menos efectiva que la luz que entra por el centro de la pupila debido a la forma de los receptores (más largos y delgados en la fovea y además densamente agrupados) y a que están embebidos por un índice refractivo diferente de otras áreas retinianas. Este fenómeno se conoce como efecto de Stiles-Crawford y depende de la longitud de onda. Este efecto no es significativo en condiciones normales pero debe tenerse en cuenta ante pupilas muy dilatadas (que permiten además que las aberraciones esféricas de córnea y cristalino sean máximas) o muy mióticas que disminuyen la iluminación retiniana. Aunque existe controversia con respecto a la influencia de la miosis¹⁵⁵, se considera que un tamaño de 3 m.m. es el óptimo para minimizar tanto la difracción como las aberraciones esféricas del sistema óptico²¹¹.

B) Métodos de exploración de la visión cromática.

Desde la segunda mitad del siglo XIX, cuando se formulan las teorías de la percepción cromática por Young, Hering o Helmholtz, los científicos han prestado gran atención a los defectos en la visión cromática. Simultáneamente se han ido diseñando una gran variedad de métodos para realizar una valoración lo más objetiva posible del sentido cromático.

B.1. Métodos espectrales.

Las primeras clasificaciones sobre discromatopsias congénitas y adquiridas, se basaron en exámenes con fuentes espectrales luminosas. Lord Rayleigh, en 1881, utilizando este método fue el descubridor del tricromatismo anómalo (uno de los tres pigmentos de los conos funciona de manera inadecuada) y las ecuaciones que llevan su nombre sirvieron para el desarrollo posterior del anomaloscopio.

Von Kries, en 1897, estudia los defectos cromáticos interponiendo filtros espectrales y distingue tres tipos de mecanismos productores de las anomalías cromáticas:

- * Mecanismo de reducción generalizada de la discriminación cromática.

- * Mecanismo de absorción.

- * Mecanismo de alteración focal.

Estos mecanismos pueden explicar los defectos cromáticos adquiridos. Una reducción generalizada ocurre en las enfermedades del nervio óptico, un efecto de absorción en los sujetos con depósitos corneales o cristalinos y una alteración focal en las maculopatías con alteración de fotoreceptor ¹⁶⁵.

Verriest, en 1961 y 1963, obtiene datos de la sensibilidad espectral de las funciones fotópicas y escotópicas. Grützner, en

1972, mide la sensibilidad espectral y la discriminación cromática en pacientes con enfermedades oculares encontrando una alteración en la sensibilidad en la longitud de 580 nm en las enfermedades del nervio óptico ⁸⁵.

Marré, en 1972, utiliza la adaptación cromática selectiva con fondos coloreados, asociada a incrementos de sensibilidad espectral (método de Wald-Marré) para medir la sensibilidad de cada uno de los tres mecanismos de los conos. Consigue un método muy específico que le permite formular clasificaciones sistemáticas de varios tipos de discromatopsias adquiridas y con aplicaciones en la perimetría cromática ¹⁶⁵.

Sin embargo, el examen con fuentes luminosas de la sensibilidad espectral es técnicamente complejo y necesita de mucho tiempo, por lo que en la actualidad se mantiene como método experimental. Se están desarrollando instrumentos que permiten estudiar selectivamente la adaptación de los fotorreceptores, concretamente de los conos para el azul (conos B) ^{4,212}.

B.2. Láminas pseudoisocromáticas.

Son las más utilizadas en los exámenes clínicos debido a su sencillez, bajo coste y corto tiempo de examen. Estas láminas se utilizan básicamente para el rastreo y detección de las anomalías congénitas rojo-verde. Las láminas de Hardy-Rand-Ritter (HRR) fueron diseñadas, en 1954, para detectar las anomalías para el azul pero son las láminas de Ichikawa, diseñadas en 1983, las más específicas para defectos cromáticos adquiridos.

Tienen la desventaja de que la reproducción comercial de estas láminas en sus tonos exactos es muy difícil, siendo frecuente que se aprecien diferencias entre las diversas ediciones.

B.3. Anomaloscopios.

Un anomaloscopio es un colorímetro que, a partir de la mezcla de dos colores espectrales en proporciones variables, produce un par metámero para igualar otro color de referencia. Nagel, discípulo de von Kries, desarrolla y comercializa en 1907 el primer anomaloscopio. Se sirve de una mezcla de rojo y verde para igualar una muestra de amarillo. Cuando cualquier mezcla de rojo y verde iguale al amarillo, el observador es clasificado como dicrómata. El que requiera más verde de lo normal para igualar un amarillo dado es deuteránope (déficit para el verde) y el que requiera más rojo, protánope (déficit para el rojo) ¹⁶⁵.

Nagel con este instrumento clasifica las anomalías congénitas de la visión de los colores, pero también describe la presencia de un defecto rojo-verde en casos de neuritis óptica.

Kölner en 1912, combinando estos resultados y los obtenidos en su experiencia clínica, formula una regla aplicable a defectos adquiridos de la visión cromática, que se ha hecho clásica: los defectos en la visión del azul son característicos de las retinopatías y los defectos en la visión rojo-verde lo son de las enfermedades del nervio óptico. Salvo excepciones puntuales esta regla se considera válida hoy en día.

Los anomaloscopios han evolucionado y ampliado sus posibilidades diagnósticas con el desarrollo de nuevas ecuaciones de color ^{136,165}. Son aparatos muy precisos pero costosos y que exigen una preparación por parte del explorador y gran colaboración por parte del sujeto examinado. Son el método más exacto para el diagnóstico de las deficiencias cromáticas.

B.4. Test de ordenación y clasificación.

Son tests que estudian la capacidad de discriminación de los colores y como tal muestran los defectos más significativos de la visión cromática.

Farnsworth, en 1943, diseña su test de discriminación total de los 100 tonos utilizando muestras de saturación uniforme tomadas del atlas de Munsell. Estas muestras abarcan prácticamente todas las posibilidades de discriminación para un sujeto normal. La dificultad de la prueba hace que sean excepcionales las personas que no cometen errores en la discriminación (1-2 %). No es un test de screening o detección, sino diagnóstico y de utilidad demostrada en trastornos adquiridos.

Para obtener una valoración real del sentido cromático se debe establecer un rango de normalidad. Este debe tener en cuenta la alteración fisiológica de la visión cromática con respecto a la edad ^{138,174,165}. Un deterioro progresivo aparece aproximadamente a los 55 años afectando fundamentalmente a la discriminación azul-amarillo o violeta-azul verdoso.

Se han obtenido patrones normales mediante análisis estadísticos (teniendo en cuenta la edad, el eje más afectado y la cuantía total de errores) que han sido tomados como valor de referencia ^{93,196}. Sin embargo, dado el componente subjetivo y la gran variabilidad sociocultural, otros autores aconsejan diseñar un patrón de normalidad propio antes de llevar a cabo estudios psicofísicos con este test ¹⁵⁰.

Posteriormente se han desarrollado otros tests más sencillos de realizar como el 28-hue de Roth, que junto con el Farnsworth D-15 (diseñado también en 1943) o el test de Lanthony, son métodos de estudio y rastreo para grandes poblaciones o pacientes con mala colaboración o baja agudeza visual. Cuantifi-

can la capacidad de discriminar entre grandes diferencias de color.

Verriest, en 1963, utilizando tanto el F-M 100 como el D-15, propone una nueva clasificación de los trastornos adquiridos de la visión cromática que sustituye a la de Kölner. En resumen considera que existen tres tipos de anomalías. El tipo I es un defecto para el rojo-verde que es característico de los procesos degenerativos de los conos. Existe una severa afectación de la agudeza visual con escotomas centrales en el campo visual.

El tipo II es también un trastorno para el rojo-verde pero con asociación a una cierta pérdida en la discriminación azul-amarillo. Es propio de los trastornos del nervio óptico: compresiones, inflamaciones, toxinas o enfermedades desmielinizantes. Se asocia a una moderada afectación de la agudeza y del campo visual en paralelo al nivel de la vía óptica afectada. La deficiencia del rojo y verde son más pronunciadas si se encuentran dañados los haces de fibras papilomaculares. Sin embargo, si la agudeza visual se mantiene respetada, predomina un defecto azul-amarillo ¹³⁷ .

El tipo III es un defecto adquirido para la visión del azul-amarillo. Este último es el tipo más frecuente y se encuentra en diferentes enfermedades oculares: enfermedades de retina, coroides, epitelio pigmentario (tóxicas, inflamatorias, vasculares, degenerativas y distróficas), papiledema, catarata y glaucoma.

Los estudios llevados a cabo por Marré, han modificado la clasificación de Verriest en función del mecanismo de cono más afectado, pero en líneas generales ésta sigue vigente hasta nuestros días. Igualmente se sigue considerando al test de

Farnsworth 100 tonos como el test de discriminación cromática más sensible y apropiado para el estudio de la visión cromática en la clínica ^{169,195}.

C) Visión cromática y glaucoma crónico de ángulo abierto.

Según los postulados de Köllner, se debería esperar en un paciente con glaucoma crónico de ángulo abierto (GAA) un defecto cromático rojo-verde tipo II, por ser el típico de afectación de fibra nerviosa. Sin embargo, Verriest encuentra que el defecto más común que acompaña a cualquier tipo de glaucoma es un defecto azul-amarillo tipo III, seguido con frecuencia de una reducción de la discriminación cromática sin un eje definido ¹⁹⁵.

Diferentes autores coinciden al mostrar la discromatopsia tipo III como la más frecuentemente encontrada en el glaucoma ^{3,40,52,95,96,143,152,165,}

^{177,211}. Sin embargo, otros autores encuentran que la discromatopsia no tiene un eje característico y afecta a todas las zonas del espectro ^{164,169}. Esta disparidad de resultados puede ser debida a la falta de standarización en la metodología y a la influencia que la edad, diámetro pupilar, refracción o transparencia de medios tienen sobre los resultados de los tests psicofísicos de visión cromática ¹⁷⁴.

Los resultados obtenidos por Verriest se basan en los datos empíricos que proporcionan los tests de discriminación cromática. Estos test estudian exclusivamente el campo visual central, concretamente dos grados, que es el diámetro de las fichas a la distancia de examen. Debido a la tritanopía foveal, se necesitan las regiones periféricas de las muestras coloreadas para la discriminación cromática azul-amarilla. Por tanto, aquellas

enfermedades que incidan sobre la periferia foveal en forma de anillo, dañarán de forma más pronunciada el eje azul-amarillo que el rojo-verde, con conservación de la agudeza visual. Es lo que ocurre en las enfermedades retinianas o del nervio óptico que respetan la función foveal, por ejemplo, el glaucoma⁹⁶. Sin embargo, las enfermedades maculares que destruyen preferentemente la función foveal y en aquellas del nervio óptico donde se altere el haz papilo-macular, la discromatopsia más encontrada es la del rojo-verde, con afectación de la agudeza visual y escotomas centrales.

Verriest justifica sus resultados en que toda afectación difusa retiniana tiene una mayor repercusión en el eje azul-amarillo que es el mecanismo cromático con menor reserva fisiológica ya que los fotorreceptores para el azul son los menos numerosos en la retina (son el 13 % del total de conos) y presentan los campos receptores con menor solapamiento. Estos resultados son confirmados posteriormente por Gouras, en 1984, sobre estudios histológicos en células ganglionares de primates¹⁶⁵.

De Monasterio encuentra en retina de macacos que las señales nerviosas procedentes de conos para el azul viajan a través de los axones de mayor diámetro, mientras que las de los conos para el rojo y verde lo hacen a través de axones de menor diámetro⁴⁴. Quigley y colaboradores inducen glaucoma crónico de forma experimental a primates y encuentran una pérdida inicial de los axones de mayor diámetro y secundariamente de aquellos de mediano y pequeño tamaño¹⁶⁷. Por tanto, parece que las fibras nerviosas o los conos para el azul, son las más susceptibles al aumento de PIO.

Las alteraciones de la visión del color demuestran que el glaucoma crónico simple deteriora la visión central. Pero el estudio de sus posibilidades como indicadores de la evolución de la enfermedad es relativamente reciente y con resultados contradictorios. En la literatura prevalece la opinión de que los cambios en la visión cromática pueden producirse en las primeras fases del curso evolutivo del glaucoma y pueden preceder a la pérdida del campo visual ^{52,62,137,152,174}.

Ocasionalmente la visión del color puede estar conservada pese a la existencia de un daño campimétrico avanzado o a una excavación glaucomatosa evidente ^{7,52,92,137,165}. Para estos autores los resultados sugieren que existen al menos dos mecanismos en el glaucoma que provocan daño en la capa de fibras nerviosas retinianas. Uno de ellos sería el causante de pérdida difusa de fibras nerviosas retinianas asociado a alteración generalizada de la sensibilidad luminosa diferencial y afectación de la función visual central (visión de los colores, sensibilidad al contraste, etc). Para Flammer, esta pérdida difusa ocurre como resultado directo de la elevada presión intraocular ⁶⁶. Otro mecanismo, diferentes anomalías vasculares, sería el causante de la pérdida localizada en la capa de fibras nerviosas que se asocia con los defectos campimétricos "típicos" del glaucoma (escotoma arqueado en área de Bjerrum, escalón nasal) y con alteración focal en la cabeza del nervio óptico pero sin variación de la función visual central.

2) TECNICAS DE DIAGNOSTICO PRECOZ DEL GLAUCOMA CRONICO SIMPLE.

A) Examen del campo visual.

El glaucoma es un síndrome ocular que engloba a distintos procesos patológicos caracterizados por un aumento de la presión intraocular (PIO), una neuropatía óptica progresiva y una alteración del campo visual. La histopatología realizada en ojos con glaucoma y alteraciones campimétricas muy iniciales demuestran una pérdida establecida de hasta un 40% del total de fibras nerviosas ¹⁶⁶, lo que no puede ser considerado una etapa inicial de la enfermedad glaucomatosa. Este estudio ha dado un impulso a la búsqueda de nuevos métodos de detección precoz del glaucoma. En el campo de la perimetría computarizada, los avances más consistentes parecen radicar en el desarrollo de técnicas con cuantificación del umbral diferencial y que centradas a nivel de las áreas supuestamente más sensibles a la alteración patológica, permitan un precoz diagnóstico y tratamiento.

A.1. Antecedentes históricos.

El campo visual (C.V.) ha sido definido de diversas maneras pero sin variar sustancialmente lo expresado por Traquair en 1948 ⁷⁶: "el campo visual es aquella porción de espacio en la que los objetos son visibles simultáneamente al mantener la mirada fija en una dirección".

Las primeras descripciones del campo visual se remontan a la Antigüedad clásica ¹⁶¹. Sin embargo, hasta finales del siglo XVI no se realiza el primer intento de estudiar el campo visual siguiendo un procedimiento similar a la perimetría cinética actual ¹⁴³. En el año 1668, el abad Edme Mariotte descubre la existencia del escotoma absoluto de la mancha ciega lo que supuso un avance considerable para el posterior desarrollo de las técnicas perimétricas.

Donders en el siglo XIX preconiza la utilización del sistema de confrontación para el estudio del campo visual. Stellwag, en 1853, describe por primera vez la existencia de escotomas relativos como zonas de nublamiento u oscurecimiento del campo visual.

Unos años más tarde, en 1856, Von Graefe introduce la perimetría en la exploración rutinaria ocular. Utiliza una gran pizarra, y con estímulos blancos, describe el aumento de la mancha ciega en el edema de papila, la retracción nasal en el glaucoma y correlaciona defectos campimétricos con las anomalías de fondo observadas con los primeros oftalmoscopios.

Estos primeros dispositivos ideados para la medición del campo visual en el espacio real se sustituyen paulatinamente por los perímetros de arco y de cúpula y por las pantallas tangentes. Anteriormente, en 1825, Purkinje construye el primer arco perimétrico pero es en 1862, cuando se dispone del primer instrumento de uso clínico, el perímetro de arco de Foster y Aulbert. Se describen con este procedimiento defectos propios de la periferia del campo visual, las hemianopsias de origen neurológico y la retracción concéntrica propia del glaucoma avanzado.

Igersgheimer, en 1918, describe con estos equipos los angioescotomas y Traquair, que desarrolló su propio perímetro de arco de mano variando sólo el tamaño del estímulo, transmite su idea de una "isla de visión" con una sensibilidad máxima en el centro y mínima en periferia.

Bjerrum en 1889, describe los escotomas arqueados en el paralelo de los 15 grados centrales en los enfermos con glaucoma, que llevan su nombre. Para ello utiliza primeramente la

puerta de su consultorio como pantalla y posteriormente confirma sus hallazgos con una pantalla tangente diseñada por él mismo. Con este procedimiento modificado, Røenne describe en 1909 el escalón nasal del glaucoma y sienta las bases de la perimetría cuantitativa al introducir el concepto de isóptera que se conserva actualmente.

Los antecedentes de los perímetros de cúpula, se remontan a los diseños de Von Scherk y Jeaferson en 1872 y 1873. Estos autores describen un perímetro de cúpula semiesférica con estímulos luminosos que son proyectados por medio de un espejo. Goldmann, en 1945, presenta su clásico perímetro que es el que con escasas modificaciones ha llegado hasta nuestros días ⁷⁵.

Goldmann observa que el umbral de detección depende de la luminancia del fondo y del estímulo, así como del tamaño de éste. Estudia la relación entre la intensidad del índice y su tamaño y establece una escala de diámetros y un valor para la luminancia del fondo que se han convertido en clásicos.

En 1958 Harms y Aulhorn presentan el perímetro de Tübingen. Se trata de un perímetro de arco con una escala dinámica de luminosidades más amplia que el de Goldmann. Con él es posible realizar una perimetría estática (introducida por Sloan en 1933) con determinación cuantitativa del umbral más rápida y precisa.

La automatización de la perimetría ha facilitado la obtención de datos más objetivos y susceptibles de análisis estadístico. En un principio se trataba de facilitar algunas labores manuales al perimetrista. Gómez Naval inicia este proceso de automatización al presentar en 1953 su perímetro de proyección automático, un perímetro de cúpula con un motor para mover el estímulo a velocidad constante. Estaba dotado además de

un avisador acústico y una chispa eléctrica, que marcaba en una gráfica las localizaciones del estímulo percibidas.

Buchanan y Gloster, en 1965, desarrollaron un campímetro basado en la pantalla de Bjerrum, donde tanto la presentación como la visualización del estímulo eran controladas mediante interruptores.

Friedmann, en 1966, describe su analizador del campo visual adoptando la técnica de estímulos múltiples, divulgada por Harrington y Flocks en 1954. Su mayor aportación estriba en su preocupación por controlar el tiempo de exposición de los estímulos (para evitar el efecto perjudicial de la sumación temporal) y el valorar las variaciones dependientes del diámetro pupilar y del estado de adaptación del paciente. Supone un progreso en la automatización y alcanzó gran difusión, pero no ha seguido la línea de la automatización mediante técnicas informáticas.

En los años 60, Dubois-Poulsen propone utilizar un ordenador para automatizar el perímetro de Goldmann. Simultáneamente Donalson diseña un control automático de la fijación mediante un fotomultiplicador. La escuela de Berna, en los años 70, retoma estas ideas y estudia las bases de la informatización en la perimetría. Fruto de estos trabajos Fankhauser y Sphar presentan en 1974 el primer perímetro automático del que se dispuso comercialmente, el "Octopus," que junto con el "Competer" de Heijl y Krakau (1975), suponen la incorporación de los microprocesadores informáticos al estudio del campo visual.

Armaly, en 1972, introduce la combinación de perimetría cinética con la medición estática del umbral de sensibilidad. Desde entonces la mayoría de los campímetros automáticos se

valen del método estático para desarrollar sus programas de estudio, ya sean cuantitativos o de screening. Con el paso del tiempo se han ido desarrollando diversos instrumentos de los que muchos han desaparecido con rapidez. En nuestro país los más ampliamente representados son el ya mencionado Octopus, el campímetro Humphrey (desarrollado a principios de los 80 en U.S.A.) y el Hipocampus, desarrollado por el Prof. González de la Rosa y presentado en 1984.

A.2. Técnicas de examen del campo visual.

A.2.1. Umbral diferencial.

Se denomina umbral absoluto visual a la mínima cantidad de luz necesaria para estimular una zona concreta de la retina y producir una sensación luminosa. Resulta muy difícil en la práctica estudiar el umbral luminoso absoluto ya que para ello es preciso un ambiente de oscuridad completa. La presencia de un punto de fijación es suficiente para que no se produzca esta circunstancia. Se ha buscado otra forma de estudiar la capacidad de detección de estímulos en el campo visual, el umbral luminoso diferencial o umbral de contraste. Clínicamente se define al umbral de contraste como el estímulo luminoso más débil que es percibido en un determinado punto del campo visual. La línea que une todos los puntos con idéntico umbral es la isóptera para dicho estímulo.

Para medir el umbral de contraste se dispone un fondo uniformemente iluminado con una luminosidad dada (I). Sobre este fondo se proyecta en un punto (x), un área de luz que partiendo del valor de intensidad luminosa del fondo, puede ir aumentando

progresivamente (I1, I2, I3, etc) hasta que el sujeto consiga percibirla. Cuando el sujeto responde a una intensidad luminosa (In), la diferencia de esta intensidad con la del fondo permite obtener el valor del umbral diferencial para el punto estudiado:

$$UD(x) = I_n - I.$$

El umbral es la expresión inversa de la sensibilidad retiniana. Un umbral diferencial bajo, una mínima diferencia de luminosidad entre el fondo y el estímulo, significa una sensibilidad alta y viceversa.

A.2.2. Factores que influyen en la determinación del Umbral.

1) Características fisiológicas del estímulo:

- Luminancia del estímulo y del fondo:

La luminancia de fondo determina el nivel de adaptación del sistema visual. En la retina el conjunto de fotorreceptores están especializados en la captación de radiaciones electromagnéticas del espectro visible. Sin embargo, entre ellos coexisten dos poblaciones. Los bastones son fotorreceptores especializados en la visión a niveles bajos de luminancia, (escotópicos: <0,1 asb.). A estos niveles, la sensibilidad es máxima en una zona anular del campo visual que se proyecta a unos 7-10 grados de la fovea, donde la concentración de bastones es máxima. Los conos son receptores para niveles de luminancia más elevados (fotópicos: > 1 asb.). La zona intermedia de luminancia, denominada mesópica, es considerada como la zona idónea para explorar la función retiniana en conjunto ya que en ella, teóricamente, podrían estudiarse simultáneamente conos y bastones.

El umbral de contraste puede ser descrito como un cociente entre el incremento de iluminación del estímulo y la iluminación del fondo, y es mayor en adaptación escotópica que en fotópica. Su inverso es la sensibilidad al contraste, que es mejor en condiciones de adaptación fotópicas y se mantiene constante en casi todo el rango de trabajo de los conos. Es lo que se conoce como ley de Weber-Fechner o ley de los umbrales diferenciales, según la cual el estímulo tiene que crecer en progresión geométrica, para que la sensación luminosa aumente en progresión aritmética o, expuesto por Fechner: "la sensación crece con el logaritmo del estímulo"⁷⁶.

Ley de Weber-Fechner:

$$\frac{\Delta I}{I} = Cte$$

En adaptación fotópica baja (donde se realiza la exploración en campimetría), la ley de Weber-Fechner no se cumple exactamente. En este caso se admite como cierta la ley de Rose de Vries donde el umbral de contraste, expresado como el cociente estímulo-fondo, éste último elevado a 0,5 es constante^{56,57} (Figura 2).

Ley de Rose de Vries:

$$\frac{\Delta I}{I^{0.5}} = Cte$$

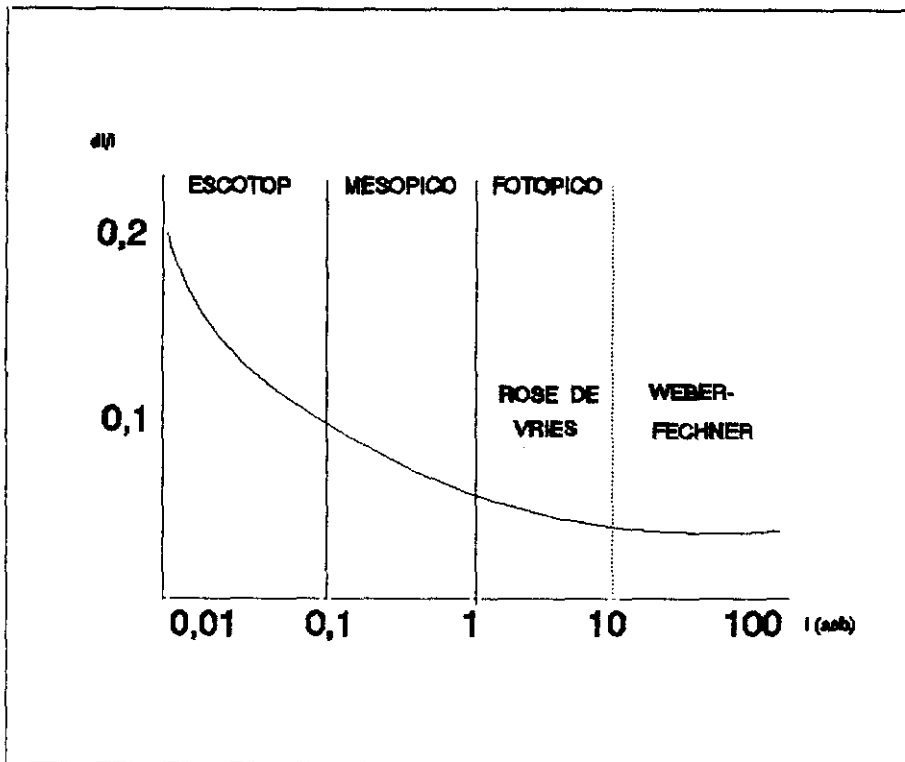


Fig.2. En adaptación fotópica: ley de Weber-Fechner ⁷⁶.

Se define como rango dinámico el conjunto de valores de luminosidad con el que se puede estudiar el C.V. con un equipo determinado y en unas condiciones experimentales específicas. Queda definido por dos límites: la intensidad máxima del estímulo que es posible crear con el instrumento y la intensidad que define el umbral de sensibilidad normal ⁵⁵. Este conjunto de valores de luminosidad (o escala dinámica), define asimismo un grupo de valores de sensibilidad, que se conocen como sensibilidad de luz diferencial o SLD.

La razón por la cual se elige un valor de luminosidad de fondo determinado está relacionada con la escala dinámica o rango dinámico: dado un valor de luminosidad de estímulo máximo, la escala perimétrica de niveles de luminosidad de los estímulos es mayor cuando la iluminación de fondo es baja.

Cuanto más se reduce el rango dinámico (por limitación del equipo o inapropiada elección de variables de examen), menos posibilidades existen de detectar, analizar o seguir las alteraciones del umbral luminoso, puesto que existe el riesgo de que la sensibilidad se encuentre en unos niveles fuera de los límites establecidos. Así por ejemplo, en un perímetro que utiliza una iluminación de fondo de 4 asb. y posea una intensidad máxima de 1000 asb., con el tamaño III de Goldmann, se dispone de una SLD de 3,5 U.log. (35 dB) en el C.V. central. La utilización de una iluminación de fondo más elevada reduce el valor de SDL si no se emplean estímulos de intensidad mucho más elevada. Una intensidad luminosa del estímulo superior a los 1000 asb. puede producir sobre la retina una dispersión de luz sobre un área mayor que la definida por su tamaño, estimulando zonas adyacentes y creando una mayor indefinición en la topografía de las lesiones ⁸⁹.

El rango dinámico depende también del estado de adaptación del paciente (una iluminación de fondo moderada facilita un mejor rango dinámico), y de la amplitud de los intervalos entre los diversos niveles de intensidad de los estímulos.

- Superficie del estímulo.

Existe una relación inversamente proporcional entre la superficie angular del estímulo y el umbral de sensibilidad. Esta relación no es lineal sino que se atenúa conforme aumenta el tamaño del estímulo. Este hecho se explica por el fenómeno de la sumación espacial retiniana que es una función dependiente de la organización de los campos receptivos de los fotorreceptores, es decir, del modo cómo los fotorreceptores se interconectan con las células ganglionares y el haz de fibras nerviosas. Esta

sumación es progresivamente mayor con mayor excentricidad retiniana al aumentar el número de fotorreceptores que convergen hacia una sola célula ganglionar.

El estímulo más utilizado es el de 0,43 grados de tamaño, (se expresa de esta manera el diámetro para que no esté influido por el diseño del instrumento perimétrico) y equivale al tamaño III del perímetro de Goldmann. Los tamaños menores se utilizan para estudios campimétricos de alta resolución y tienen una menor escala dinámica. Son difíciles de detectar en la periferia del campo, debido a la disposición de fotorreceptores en esas zonas.

Tamaños superiores son útiles en sujetos con agudezas visuales bajas o con enturbamientos de la imagen retiniana, debidos a opacidades de medios o a desenfoques. Sin embargo, no permiten cuantificar el efecto adverso que esos factores prerretinianos producen sobre el C.V. Con estos estímulos disminuye la resolución espacial y otros efectos, como la dispersión, alteran los resultados. Por ejemplo, si se utiliza un estímulo de tamaño V (1,724 grados) en el área pericecal, la mancha ciega puede no aparecer en el C.V., ya que la luz dispersa proporciona iluminación suficiente para que el sujeto responda a ese gran estímulo cercano a la misma ⁵⁵.

- Composición espectral del estímulo.

La naturaleza espectral (color) del estímulo y del fondo modifican el umbral y lo hacen de forma diferente según la zona del campo visual que se esté estudiando.

No se ha demostrado que un color diferente del blanco sea mejor para realizar campimetría general. Existe una dificultad añadida para realizar estudios de perimetría cromática con las

técnicas utilizadas habitualmente, ya que el uso de filtros coloreados, disminuye la iluminación general del estímulo si se emplean las fuentes de iluminación standard para luz blanca incorporadas al instrumento. Por ello, se debería aumentar proporcionalmente la iluminación del fondo para obtener una saturación parcial o total de los bastones.

- Velocidad de desplazamiento del estímulo.

Al desplazar el estímulo a lo largo de un perímetro cinético, se van poniendo progresivamente en funcionamiento grupos de fotorreceptores que interrelacionados producen su percepción. Esta interrelación se denomina "sumación temporal" del estímulo. Se ha fijado empíricamente la velocidad de desplazamiento ideal en 5 grados por segundo para que la propia sumación temporal no signifique un factor de error.

- Tiempo de presentación del estímulo.

El umbral de sensibilidad disminuye cuando el tiempo de presentación aumenta, y esta disminución se hace de forma directamente proporcional para tiempos inferiores a 0,1 segundo (ley de Bloch). Con tiempos superiores se admite que la sumación temporal es nula. Si el tiempo se prolonga en demasía, más de 1 segundo, la percepción se reduce. Esto se denomina fenómeno de adaptación local de Troxler. En la mayoría de los campímetros automáticos la duración de la presentación del estímulo luminoso se ha fijado en 0,1 sg. Las indicaciones establecidas por el International Perimetric Society Standard Committee recomiendan un tiempo de exposición superior al tiempo de integración o sumación temporal, pero menor que el tiempo de reacción optomotora del reflejo de fijación⁵⁵.

Dannheim y Drance describen que a nivel del C.V. central aparecen efectos de sumación temporal con tiempos superiores a 0,1 seg⁴¹. Sin embargo, Aulhorn y Harms, con tiempos superiores a 0,5 seg. no encuentran disminuciones significativas del umbral diferencial¹⁷.

Los efectos que provocan tanto la sumación temporal como la espacial pueden ser compensados y neutralizados por un programa de ordenador adaptado a un perímetro estático, pero en el caso de perimetría cinética manual esto no es posible y el grado en que se afecta el umbral diferencial puede ser muy variable.

2) Factores dependientes del paciente.

- Tiempo de adaptación.

La adaptación a la iluminación de fondo del perímetro es indispensable antes de comenzar la exploración, ya que la sensibilidad retiniana sólo alcanza valores estables al permanecer el ojo algunos minutos en un ambiente de iluminación constante.

- Diámetro pupilar.

La iluminación retiniana crece proporcionalmente con el tamaño de la superficie pupilar y éste depende en parte de la iluminación de fondo utilizada y de otros factores psicofisiológicos como la fatiga.

Fankhauser y Aulhorn demostraron que el efecto que ejerce la miosis sobre el umbral diferencial es prácticamente independiente de la luminosidad de fondo^{18,55}. El umbral diferencial aumenta sólo de 2 a 3 dB para una pupila que varíe su diámetro 1 m.m., tanto con una luminancia de fondo de 4 asb. como de 31,5 asb.

Sin embargo, las exploraciones campimétricas realizadas con tamaños de pupilas diferentes no son estrictamente iguales porque cuando el tamaño de la pupila cambia, la función de modulación de transmitancia del dioptrio ocular se altera paralelamente. El efecto no es considerable si prescindimos de las grandes miosis, que ponen de manifiesto aberraciones esféricas cristalinianas. Asimismo, las pupilas menores de 3 m.m deberían ser dilatadas y si no es posible, realizar siempre las exploraciones campimétricas con un diámetro similar.

- Opacidades de medios.

Las opacidades cristalinianas, aunque sean incipientes, pueden tener efecto sobre el C.V. La agudeza visual o la oftalmoscopia pueden ser utilizados como índices para estimar este efecto, pero no son suficientemente sensibles para evaluar los cambios en el umbral diferencial producidos por opacidades leves. Actualmente se busca obtener una medida objetiva de la transparencia de medios. Para ello se utilizan técnicas como la fluorofotometría o la medida de la dispersión de la luz a través del cristalino.

Las cataratas provocan una depresión difusa de la sensibilidad en el C.V., pero no es una disminución homogénea, es mucho más significativa en el C.V. central, y depende fundamentalmente de su densidad ⁸⁷.

- Errores de refracción.

El uso de una refracción inadecuada al realizar la campimetría altera de una manera significativa la medida del umbral diferencial debido a la falta de nitidez de la imagen a nivel retiniano. En la exploración del campo visual periférico la nitidez de la imagen representa un papel menos decisivo.

La influencia del desenfoque es pequeña al utilizar estímulos superiores a 30 minutos angulares, pero en general, se recomienda colocar lentes correctoras para estudiar el campo central. Se admiten ametropías inferiores a 3 dioptrías, teniendo en cuenta la distancia de observación (radio de cúpula del perímetro) y la presbicia del paciente.

- Factores psicofisiológicos.

Se consideran como tales aquellas características físicas y mentales del paciente que deben ser tenidas en cuenta al realizar un campo visual. Entre ellas cabe mencionar: estado general de salud, estado neurológico, relieves faciales (las isópteras periféricas quedan retraídas a causa de una ptosis palpebral o por una nariz prominente) y factores psicológicos, como el grado de colaboración, edad del paciente, fatiga visual y el denominado efecto aprendizaje.

En cuanto a la edad, se ha determinado que la sensibilidad visual retiniana disminuye a partir de los 20 años pero la cuantía es dependiente de la excentricidad del C.V. ^{88,124}. Se admite en general que la sensibilidad es menor en la periferia y en el centro con respecto a la región pericentral y también se afecta en mayor cuantía el hemicampo superior. Esta disminución de sensibilidad es tenida en cuenta por los campímetros automáticos y en ellos los valores "normales" van calculados en función de la edad del paciente y la excentricidad del punto explorado. Por ejemplo, el campímetro Octopus disminuye 0,1 dB por cada año a partir de los 24; el Humphrey lo hace 0,5 dB por década en el centro y 0,6 dB en el campo medio y periférico ²⁹.

El efecto de la fatiga o cansancio visual sobre el umbral ha sido analizado por muchos autores. Su presencia, ya sea por

enfermedad, mala colaboración o por un estudio prolongado, provoca un deterioro del umbral diferencial y una reducción local de sensibilidad. Se considera que un examen de 10-12 minutos de duración es el tiempo máximo tolerado por el sujeto a examinar ⁹⁹. Los mismos autores utilizando estudios más prolongados, de 30 min., encuentran incrementos del umbral diferencial de hasta 10 dB. Sin embargo, Fankhauser con esos tiempos totales, no encuentra pérdidas de sensibilidad tan importantes y destaca el problema de la comunicación perimetrista-paciente. Hay que mantener la motivación del paciente y permitirle detener la exploración si se encuentra cansado ⁵⁵.

La monitorización del comportamiento del paciente durante el examen, comprende el estudio de la estabilidad de fijación y de su atención y precisión en la respuesta. Este último punto se estudia por medio de estímulos "trampa" (falsos positivos y negativos). Dan información al explorador, y el paciente aleccionado de la importancia del estudio campimétrico, se sabe vigilado y mejora en su colaboración.

Se han desarrollado diferentes métodos para evaluar la fatiga visual y su repercusión en la campimetría. Son un ejemplo los tests de fatiga visual realizados por Greve ⁸³ para detectar defectos relativos precoces en el glaucoma, o los de Enoch ⁵⁴ para diferenciar entre lesiones campimétricas del glaucoma y otras alteraciones del nervio óptico.

Los resultados de la mayoría de las pruebas psicofísicas como el estudio del campo visual, son óptimos si el paciente tiene experiencia en el desarrollo del test. Además, el efecto del aprendizaje en la campimetría automática es menor si los pacientes tienen experiencia previa en perimetría manual. La

variabilidad de los resultados disminuye conforme los pacientes van ganando en experiencia y por lo tanto se debe tomar el segundo campo visual realizado como referencia para los campos posteriores.

A.2.3. Perimetría cinética.

En la evolución histórica del estudio del campo visual, la perimetría cinética ha sido el primer método y el más utilizado, ya sea en forma de pantallas tangentes, perímetros de arco o perímetros de cúpula. La perimetría cinética utiliza un estímulo móvil, de intensidad luminosa y tamaño conocidos (fijos para cada recorrido), que es desplazado desde la periferia del campo hacia el centro del mismo hasta que el paciente señala que es visible.

Realizando la misma operación en diferentes meridianos se obtienen una serie de puntos de igual sensibilidad que unidos definen un perímetro, la isóptera para ese estímulo utilizado.

La perimetría cinética manual es relativamente rápida y fácil de realizar pero presenta una serie de inconvenientes. Entre ellos destaca el que pequeños escotomas que no coinciden con las isópteras pueden pasar desapercibidos. También existen limitaciones para la exploración de la región foveal debido a la existencia en los perímetros de cúpula del orificio de control de fijación, de aproximadamente 2 grados de tamaño. Sin embargo, es la subjetividad del método, al depender de las respuestas del paciente y, sobre todo, de la experiencia del perimetrista, lo que ha motivado el mayor número de críticas. Esta subjetividad y la representación cualitativa de los resultados, impiden que

un examen del campo visual con perimetría cinética sea reproducible y susceptible de un análisis estadístico.

En la actualidad existe la posibilidad de desarrollar la perimetría cinética en los modernos campímetros automáticos aunque es complejo el diseño de un programa computarizado. La reproductibilidad y sensibilidad de la técnica cinética computarizada no ha sido aún establecida y se está estudiando su aplicación restringida en el campo visual periférico, donde las técnicas estáticas precisan de un tiempo de exploración prolongado.

A.2.4. Perimetría estática.

1) Generalidades.

Se diferencia de la perimetría cinética en que no detecta perímetros (isópteras), sino que determina cuantitativamente el umbral de contraste punto a punto. No es por tanto en sentido estricto perimetría, sino campimetría. Se consigue manteniendo el estímulo luminoso inmóvil en una posición del campo visual y aumentando progresivamente su luminosidad hasta que sea detectado o bien disminuyéndola hasta que desaparezca.

Este sistema permite conocer exactamente la sensibilidad luminosa retiniana y por eso se denomina perimetría estática de umbrales. Determinar la sensibilidad de la totalidad del C.V. es imposible debido al enorme tiempo que se necesitaría, de ahí que se hayan desarrollado técnicas de automatización y deducción estadística, para obtener el máximo de información en el mínimo de tiempo. Además presenta la ventaja de que al ser un método muy repetitivo, es relativamente sencillo automatizarlo.

Se ha demostrado, comparando resultados de perimetría manual cinética y de perimetría estática computarizada, que ésta

última resulta más sensible y precisa para el estudio del C.V.⁸². La sensibilidad del método automático es más patente ante defectos de sensibilidad pequeños, tanto en extensión como en profundidad, lo que ha permitido un diagnóstico más precoz en patologías como el glaucoma. También es un método más específico, ya que los resultados obtenidos pueden ser sometidos a comparación con los datos relativos a población normal almacenados en la memoria del ordenador y con los datos obtenidos en otras exploraciones campimétricas. Esto permite un seguimiento objetivo de todo tipo de patologías⁵⁸.

Con la perimetría estática automatizada se ha conseguido un examen de mayor exactitud y calidad, aunque no exento de subjetividad, ya que depende de las respuestas que son emitidas por el paciente. Actualmente, la mayoría de los campímetros automáticos disponen de:

a) dispositivos de control automáticos de la fijación del paciente.

b) índices que informan de la fiabilidad de las respuestas.

c) estrategias de examen programadas lo que confiere uniformidad al método.

d) Análisis estadístico de los datos en comparación con un patrón normal del C.V. (los ordenadores tienen almacenados los patrones de normalidad de sensibilidad para cada punto y edad).

Aunque se haya conseguido una técnica más rigurosa, esto no implica el prescindir del perimetrista. Por el contrario, éste debe aleccionar y estimular al paciente, elegir los programas de análisis más adecuados a cada patología y valorar los resultados obtenidos. La campimetría automática no es el mejor procedimiento para explorar a todos los pacientes. Si el perimetrista

objetiva una mala colaboración o comprensión de la prueba, ha de realizarse una perimetría manual.

La representación gráfica en una perimetría automática puede resultar compleja a un perimetrista u oftalmólogo no entrenado y existe cierta tendencia a sobrevalorar la información impresa. Se debe además tener en cuenta la influencia que el efecto aprendizaje tiene en los primeros campos realizados por el paciente, así como factores extrínsecos, tales como las lentes correctoras o los párpados caídos, que alteran los resultados en mayor medida que en la perimetría manual.

2) Perimetría automática computerizada: instrumentos.

Un perímetro computarizado debe concebirse como un instrumento configurado alrededor de dos sistemas básicos: uno logístico y otro táctico.

Greve ⁸³ define el sistema logístico de un campímetro como: "un conjunto de dispositivos físicos que ejecutan la exploración perimétrica", y no varían sustancialmente de los que conforman la perimetría manual. Estos elementos son: la pantalla o cúpula de fondo, las fuentes de iluminación (tanto del estímulo como del fondo), los mecanismos de presentación y selección de los estímulos, los sistemas de fotometría, los filtros, etc.

El sistema logístico es un sistema cerrado en la mayoría de los perímetros, el operador no puede acceder a su configuración salvo en los casos de perimetría semiautomática o en los perímetros de última generación, tipo Humphrey u Octopus, en sus versiones más complejas.

Los instrumentos disponibles actualmente se pueden clasificar en función de las posibilidades de generación del estímulo. Así existen sistemas de proyección o de luz emisora: LEDs, fibra

óptica, diodos, rayos catódicos, etc. Los sistemas de proyección ofrecen la ventaja de la libre distribución espacial del estímulo y la posibilidad de alterar su tamaño. Presentan la desventaja de ser más susceptibles a desajustes y de un funcionamiento más o menos ruidoso que puede desconcertar al paciente. Los sistemas de luz emisora consiguen una luminosidad más uniforme, pero la localización y tamaño de los estímulos son fijos y existe una falta de uniformidad en la adaptación luminosa del paciente, que contempla un punteado en el fondo de la cúpula.

Otros factores para valorar el sistema logístico son la estabilidad y homogeneidad de la distribución de la iluminación de fondo, la localización y definición del estímulo, la calibración y reproductibilidad de los valores de luminancia del estímulo, la gama de programas disponibles, el control de fijación (continuo o por mancha ciega) y el rango dinámico de luminancia del instrumento. Este último no abarca generalmente todo el ámbito operacional de los fotorreceptores y suele ser aproximadamente de 30 -40 dB en los 30 grados centrales del campo visual. En la mayor parte de los equipos se utiliza una escala logarítmica de intensidades luminosas, calibrada en apostilbilios (asb) o en candelas por metro cuadrado, que se hace corresponder con otra escala, lineal e inversa, que representa la sensibilidad en decibelios (dB). Por ejemplo, una sensibilidad de 10 dB en un punto del campo visual indica que se necesitan 100 asb de iluminación del estímulo para que éste sea detectado en dicho punto.

El control de la fijación automático incrementa la exactitud y seguridad de la exploración al eliminar respuestas

incorrectas que el paciente realiza al parpadear o ante una fijación excéntrica, y proporciona una medida de su estabilidad y cooperación.

Los programas y los controles de calidad de un perímetro automático se encuentran en su sistema táctico. Greve, como presidente de la Sociedad Internacional de Perimetría, propuso en 1980 los siguientes criterios ⁸²:

1) Disponer de estrategias eficientes de detección del umbral visual.

2) Poseer programas de detección rápida de patología (estrategia supraumbral).

3) Disponer de programas orientados a definir la topografía de los defectos.

4) Ser preciso en la distribución espacial de los estímulos.

5) Poder estudiar las fluctuaciones del umbral normal y patológico.

6) Incluir procedimientos de control de la calidad del estudio (pérdidas de fijación, falsos positivos y negativos, fluctuación).

Los procedimientos de examen que buscan estos objetivos configuran el sistema táctico de un campímetro automático. Las estrategias de exploración más importantes son las de determinación de umbral, absoluto o relativo, y las de supraumbral.

- Estrategias de umbral.

El umbral visual, como parámetro psicofísico, adquiere valores fluctuantes y no puede ser medido de forma absoluta. El umbral puede definirse como una franja de intensidades en las que la posibilidad de obtener una sensación visual, se distribu-

ye siguiendo lo que estadísticamente se conoce como una distribución "normal".

La campimetría estática determina el umbral de contraste utilizando cambios progresivos en la luminancia del estímulo. Para delimitar de la forma más rápida el umbral de un punto dado del C.V., se muestrea dicho punto con un estímulo cuya intensidad luminosa sea la más próxima al valor teórico que le corresponde. Este valor, que previamente ha sido determinado en una muestra de población normal, se encuentra almacenado en la memoria del ordenador. Dependiendo de si el estímulo es visto o no por el paciente, se proyecta el estímulo a una intensidad mayor o menor, hasta que pasa de ser visto a no visto o viceversa.

La cuantificación del umbral con campimetría estática se puede realizar con dos métodos diferentes: el método de "límite ascendente" o el método de la "escalera" ^{99,198}. En el primero, tradicionalmente usado en la perimetría estática manual, sucesivas presentaciones se aproximan al umbral desde valores inferiores o infraumbrales, de tal forma que cada presentación es algo más intensa que la anterior. Si el primer estímulo es visto, el procedimiento se repite de nuevo comenzando con uno más débil, ya que el primero, aparentemente, no era "suficientemente" infraumbral.

El método de "escalera" es el usado comunmente en los perímetros automáticos como estrategia umbral. El ordenador presenta intensidades supraumbrales. Si este primer estímulo es visto, el siguiente lo presenta con menor intensidad en la misma localización. Por el contrario, presenta un estímulo más intenso si la presentación previa no fue vista (es decir, si era

infraumbral). De este modo, cuando estímulos sucesivos parecen haber cruzado el umbral (cuando dos presentaciones sucesivas son vista y no vista respectivamente o viceversa), la dirección del cambio de intensidad para el siguiente estímulo se invierte. El proceso continúa hasta que el ordenador acepta como umbral un valor situado a caballo entre, al menos, dos estímulos vistos y dos no vistos (Figura 3).

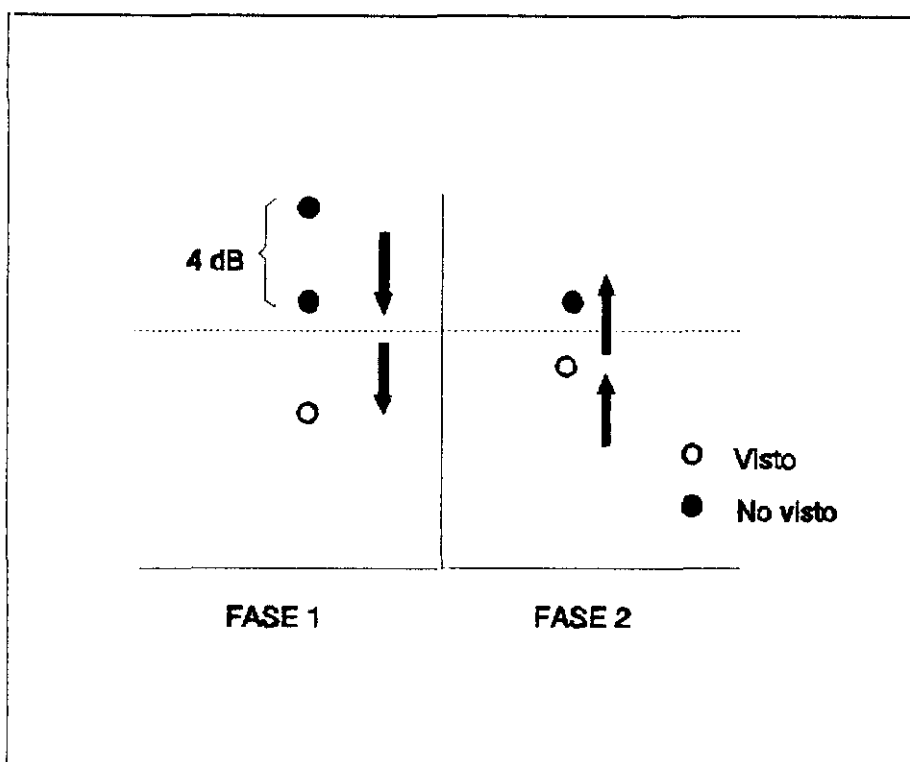


Fig.3. Estrategia de doble cruce del umbral.¹⁹⁸

En la perimetría automática los intervalos luminosos entre estímulos suelen ser de 2 a 4 dB. Son intervalos superiores a los utilizados en perimetría manual estática (1 dB), con el fin de ahorrar tiempo de exploración. La exactitud realmente no se reduce, porque ésta está también limitada por las inevitables respuestas inadecuadas que ocurren en el rango de intensidad luminosa cercana al umbral (estadísticamente definido como el

valor de intensidad al que se responde en el 50% de las presentaciones). El ordenador permite que no sea necesario explorar completamente el umbral en un punto antes de pasar a explorar otro punto, sino que estímulos sucesivos pueden presentarse en diferentes puntos del campo con lo que se reduce además la tendencia del paciente a perder la fijación.

En la práctica campimétrica, los programas con determinación cuantitativa de umbral total suelen ser reemplazados por los programas de umbral relativo. En estos programas el tiempo de examen se reduce, ya que el primer estímulo presentado en cada punto está cercano al umbral normal, esperado para esa localización y corregido en función de la edad del paciente. El primer estímulo puede escogerse también según el umbral de cada punto previamente grabado en un examen previo, si ello lo permite la memoria del ordenador.

Las estrategias de umbral rápidas, las más utilizadas en estudios campimétricos clínicos, tienen la ventaja de determinar el umbral en un número limitado de puntos (que varían según el programa escogido en función de la patología a estudiar). A continuación, en los puntos adyacentes, presenta estímulos seleccionados según el umbral ya conocido de puntos cercanos. De esta manera si un punto tiene un defecto absoluto, los puntos adyacentes son explorados con estímulos de máxima luminosidad, para confirmar rápidamente la existencia del defecto, su extensión y profundidad.

La precisión del examen depende del número de puntos del C.V. explorados y está definida por el intervalo luminoso existente entre los estímulos más próximos, situados a ambos lados del umbral. Cuanto mayor sea el número de puntos (sobre

todo con cuantificación total de umbral), mejor información topográfica se obtiene de la sensibilidad retiniana. Aún así existe la limitación del tiempo de exploración, que no debe prolongarse excesivamente para evitar la aparición de fenómenos de fatiga que pueden alterar los resultados.

Las estrategias de umbral aún más rápidas, se diferencian en que sólo se determina el valor de umbral en aquellos puntos donde la medida inicial era 4 dB menor del valor de umbral esperado por edad y localización. Existe una pérdida de información en la escala entre valores normales y 4 dB de pérdida, por lo que pueden pasar desapercibidos ligeros defectos de sensibilidad. No deben ser utilizados estos programas para el estudio de patologías como el glaucoma, donde los pequeños defectos relativos pueden ser el primer signo clínico de enfermedad, o cuando han de detectarse valores de sensibilidad superiores a los considerados normales.

El número de puntos y su localización varían según la circunstancia clínica por la que se realiza el campo visual. En la perimetría automática se dispone de una selección de posibilidades, de patrones de puntos de densidad espacial determinada a modo de mallas, que cubren tanto el campo central, el periférico o zonas determinadas por el usuario.

Las estrategias de mallas regulares facilitan el tratamiento estadístico de los datos. En ellas pueden aplicarse criterios de probabilidad y se puede recurrir a una representación de las sensibilidades según gráfica tridimensional o una escala de grises, que representa todo el rango de sensibilidades explorado por el instrumento. La disposición de puntos regular permite además realizar una interpolación matemática en las zonas

intermedias no exploradas y estimar su sensibilidad ¹⁰⁸. En las estrategias de mallas irregulares (por ejemplo, programa G1 de Octopus) el método matemático para interpolar sensibilidades de los puntos no explorados es más complejo y puede existir una menor precisión en los resultados obtenidos.

En las estrategias con cuantificación de umbral se clasifican los defectos de sensibilidad en relativos o absolutos. Un defecto o escotoma relativo es aquella zona del C.V. donde no se provoca sensación visual con las intensidades luminosas consideradas normales para esa localización y edad, pero sí hay respuesta con intensidades lumínicas superiores. Los defectos relativos a su vez se clasifican como reversibles o irreversibles en función de su reproductibilidad en exploraciones sucesivas y de su profundidad. Existe un defecto o escotoma absoluto si no se puede provocar sensación visual con intensidades lumínicas normales o con intensidades máximas (en la práctica son aquellos puntos con defectos de sensibilidad superiores a 24-25 dB).

- Estrategias de supraumbral.

En estudios rápidos de rastreo en población normal, es más importante seguir un método cualitativo para detectar una posible patología en el C.V., que hacer una medida más precisa de la sensibilidad. Deben ser de breve duración para que sean rentables, y lo más específicos posible. Para ello se utiliza el método de supraumbral, que es aquella estrategia que dispone los estímulos luminosos con una sensibilidad ligeramente superior a la sensibilidad esperada para cada punto explorado, sin tratar de determinar el umbral. En cada punto se acepta como sensibilidad normal la visualización del estímulo supraumbral.

En función de la elección de la intensidad luminosa de los estímulos, el screening se puede realizar de tres formas diferentes:

- Screening con un solo nivel supraumbral.
- Screening con el estímulo supraumbral compensado en función de la excentricidad.
- Screening supraumbral en función del umbral relativo.

Actualmente los programas supraumbral se realizan a dos niveles, clasificando los puntos del C.V. en 3 categorías: normales, defectos relativos o defectos absolutos. En la mayoría de las estrategias supraumbral los resultados son cualitativos; se puede conocer la existencia de defectos pero no su profundidad. Sin embargo, los test supraumbral más sofisticados son capaces de cuantificar la profundidad de todos los defectos identificados con el test supraumbral e incluso valorar si ha existido progresión (con datos de umbral obtenidos previamente), con lo que aumenta el conocimiento sobre la naturaleza de la patología subyacente.

A.3. Campo visual y glaucoma crónico de ángulo abierto.

A.3.1. Perimetría automática y glaucoma crónico de ángulo abierto (GAA).

1) Diagnóstico campimétrico.

La adecuada representación de los defectos campimétricos glaucomatosos depende del método escogido por el perimetrista que investiga la enfermedad. Esto explica las aparentes contradicciones encontradas en la literatura y ciertos aspectos del campo glaucomatoso. Por ejemplo, la restricción generalizada de isópteras y el agrandamiento de la mancha ciega, se conocen

desde hace tiempo y fueron descritos en el GAA con perimetría cinética, pero se ha demostrado que no son alteraciones específicas del GAA y pueden aparecer por alteración de la transparencia de medios, miosis, errores refractivos, senilidad, etc.

No existe defecto campimétrico que sea patognomónico de GAA⁷². Sin embargo existen defectos muy característicos en las diferentes fases evolutivas de la enfermedad.

Los conocimientos sobre la patogenia de los defectos campimétricos en el GAA surgen del trabajo realizado por Aulhorn y Harms durante la década de los 60 con el perímetro de Tübingen¹⁷. Estos y otros autores confirmaron que las alteraciones clásicas del glaucoma, descritas con perimetría cinética manual, son fácilmente reproducibles, incluso de manera más precoz, con las técnicas estáticas automáticas. Harms y Aulhorn indican que el escotoma paracentral aislado es el defecto temprano más frecuente y que escalones nasales centrales y periféricos pueden detectarse aisladamente, sin escotoma paracentral, aunque generalmente van asociados.

El refinamiento posterior de la campimetría computadorizada ha conducido a un diagnóstico más precoz, al describirse la aparición de defectos precoces más sutiles, como los cambios generalizados en el umbral diferencial y la dispersión de los valores de sensibilidad que preceden a los defectos clínicamente observados de haz de fibras nerviosas^{67,68,203}.

Las lesiones campimétricas glaucomatosas pueden ser agrupadas en tres categorías: defectos localizados, depresión generalizada de la sensibilidad e incrementos de la fluctuación¹²⁸. Estos tres tipos de defectos pueden encontrarse aislados o combinados en un mismo C.V.

- Escotomas localizados.

Son los defectos más característicos del glaucoma. El modelo típico de progresión es un pequeño escotoma relativo aislado que paulatinamente se hace más extenso y profundo. Generalmente se transforma en escotoma absoluto incluido en un área de escotoma relativo mayor. En los primeros estadios de la afectación campimétrica por GAA, estos pequeños escotomas se localizan en al área paracentral (más frecuentemente en hemicampo superior) o en forma de pequeño defecto nasal, progresando en el tiempo hacia escotoma arqueado o escalón nasal, respectivamente ^{99,103,109}. Aunque los defectos del glaucoma son encontrados sobre todo en área paracentral y nasal, pueden aparecer realmente en cualquier zona del C.V. Defectos en sector en el campo temporal pueden existir en fases precoces de afectación glaucomatosa ^{47,48,98}.

Los resultados de los estudios con perimetría computarizada en el área pericecal no son concluyentes, incluso en población normal. La mayoría de los defectos precoces encontrados en el glaucoma no están en contacto con la mancha ciega, y si lo hacen, no es hasta una fase más posterior, cuando ya existe escotoma absoluto en área de Bjerrum que acaba conectando con mancha ciega en paralelo a la afectación de las fibras nerviosas ⁹⁹. Los angioescotomas o variantes fisiológicas en la posición del nervio óptico, que raramente son detectados con perimetría manual cinética, sí pueden originar disminuciones de sensibilidad en zonas próximas a la mancha ciega (sobre todo en hemicampo superior) cuando se utiliza perimetría computarizada ^{36,213}.

Existe una gran variabilidad interindividual en cuanto a tamaño, forma y localización de los escotomas ^{47-49,61,149}. Una

cuestión que aparece aún por resolver es la frecuencia de campos glaucomatosos en los que los defectos ocurren sólo a nivel periférico (por fuera de los 30 grados centrales). Aunque en la literatura se encuentran cifras dispares, que oscilan entre 9-10 %⁹⁹ y menos del 1%¹⁸, una cifra intermedia del 3-6 %^{48,203} parece lo más lógico, ya que si fuera mayor, sería difícil explicar el porqué de la alta sensibilidad para detectar glaucomas incipientes, encontrada en muchos estudios donde no se examinaban los campos periféricos⁹⁹.

- Depresión difusa de la sensibilidad.

La existencia de este tipo de alteración campimétrica ha sido objeto de controversia durante años ya que su valor diagnóstico es limitado. Las pérdidas difusas en la sensibilidad retiniana no se encuentran en todos los pacientes con GAA, ni son cambios específicos, ya que son idénticos a la pérdida de sensibilidad que se encuentra en pacientes con cataratas^{13,101}.

Con la perimetría cinética manual este tipo de defectos se manifestaba en forma de retracción concéntrica del C.V. y con la campimetría con cuantificación de umbral, como disminución difusa de la sensibilidad luminosa diferencial (SLD).

La anormalidad de otras funciones psicofísicas (visión del color o sensibilidad al contraste), la mayor PIO media, y la existencia de alteración difusa en la capa de fibras nerviosas retinianas se correlacionan bien con este tipo de pérdidas campimétricas^{6,64,79,178}.

- Incrementos de la fluctuación.

La fluctuación es la variabilidad que existe en la determinación del umbral. Es un fenómeno fisiológico debido a la variación de la sensibilidad retiniana durante una o varias

exploraciones. La fluctuación a corto plazo (SF) es el índice que cuantifica esa variabilidad del umbral que se produce durante una exploración.

El valor de la fluctuación se encuentra influenciado por una serie de factores: el paciente, la estrategia de examen y la existencia de defectos campimétricos ⁶⁷. La propia retina es el origen de un cierto grado de fluctuación ya que ésta aumenta con la excentricidad y alrededor del escotoma fisiológico de la mancha ciega ^{83,90,100,104,108}.

En 1977, Werner y Drance ²⁰³ encuentran, utilizando tanto perimetría cinética como estática, que existe un incremento localizado de SF en áreas del C.V. donde posteriormente aparecen defectos campimétricos glaucomatosos. Estos resultados fueron confirmados posteriormente por otros autores con campimetría automática y determinación cuantitativa de umbral ^{67,192}. Estos autores sólo consideran de valor predictivo el aumento localizado de SF, no un aumento generalizado de la misma que se relaciona más frecuentemente con falta de colaboración del paciente.

Sin embargo, actualmente se considera a SF como un indicador poco específico ya que se encuentran aumentos localizados de la misma también en pacientes hipertensos oculares y en sujetos normales; incluso a veces resulta normal en pacientes con glaucoma confirmado ¹⁹⁷. Al depender de múltiples factores, podría ser sólo síntoma de una colaboración defectuosa o de la existencia de artefactos, como el efecto aprendizaje, que alteren momentáneamente la exploración ^{162,183}.

2) Progresión del C.V. en el GAA

Aulhorn en 1967 ¹⁷, y Flammer en 1984 ⁶⁶, analizan de forma rigurosa las alteraciones campimétricas en el GAA y su variación

en el tiempo, estableciendo que la formación y progresión de los defectos del C.V. están sujetos a una cierta regularidad. Estos autores definen la existencia de los denominados "estadios evolutivos", de los cuales sólo el primero, y ocurre raramente, se considera reversible. Estas etapas son:

* FASE I: Aumento de las fluctuaciones del umbral, tanto SF como la fluctuación a largo plazo (que será descrita más adelante). Escotomas relativos menores de 4 a 13 grados, que aparecen aislados y distribuidos principalmente por el área superior de Bjerrum (con menor frecuencia en hemicampo inferior). Nunca se extienden más allá del meridiano horizontal, están cerca del punto de fijación y de la mancha ciega pero nunca llegan a estar en conexión con ella. A veces puede llegar a aparecer un pequeño escotoma absoluto sin estar precedido de escotoma relativo; esto puede suceder por el tamaño mínimo del defecto relativo previo, lo que dificulta su detección, o por la propia disposición de las fibras nerviosas de la retina, en capas de gran grosor, que se suplen entre sí en casos de defectos de conducción. Sólo cuando no existe función nerviosa en un punto determinado del C.V. aparecen los defectos absolutos.

* FASE II: Escotomas absolutos de pequeño tamaño, 3-4 grados de diámetro, de forma redondeada y que tienden a coalescer dentro de un escotoma relativo de forma arqueada. Estas áreas de déficit relativo pueden existir entre los escotomas y la mancha ciega pero no existe conexión absoluta en esta fase. La frecuencia de escotomas es la misma en la mitad superior e inferior del C.V. pero la disposición de los mismos es muy diferente. En la mitad superior los escotomas son centrales y

van adoptando forma arqueada mientras que en la mitad inferior su localización es periférica y en forma de escalón nasal incipiente. Según estos resultados parece que la afectación precoz de fibras nerviosas no es simétrica, como posteriormente se ha confirmado con las nuevas técnicas de fotografía y los estudios morfológicos.

* FASE III: Escotomas relativos de más de 10 o 13 grados y escotomas absolutos en el área de Bjerrum tanto superior como inferior. Si la zona previamente más alterada era periférica, en su desarrollo incluirá zonas centrales y viceversa pero, la zona nasal periférica es más afectada que la temporal periférica. Esta disposición también es debida a la distribución, en haces mucho más densos, más resistentes al daño, de las fibras nerviosas de las áreas nasales retinianas.

* FASE IV: Escotomas absolutos sin perfil arqueado, sino difusos. Están afectados tanto el hemicampo superior como el inferior, hay marcada disminución concéntrica de la sensibilidad y el área visual central se reduce a una zona aproximadamente de 2 grados de diámetro.

Es ahora cuando el paciente refiere alteraciones en su visión ya que las etapas anteriores no suelen provocar alteraciones subjetivas. De ahí la importancia de un diagnóstico precoz. La agudeza visual puede no estar muy alterada, sólo cuando hay lesión de todo el hemicampo inferior se produce gran alteración del sentido de la orientación espacial con pérdida visual severa.

* FASE V: Islote de visión temporal con defecto absoluto total en el campo central, tanto superior como inferior. La inclusión final de las fibras foveales dentro del defecto se

efectúa habitualmente desde el lado nasal. Cuando la fijación ha sido comprometida, la pérdida visual es repentina y severa. Es una fase equivalente a ceguera funcional ya que el islote temporal no es decisivo para la orientación espacial del sujeto.

En la actualidad se acepta esta secuencia evolutiva de progresión campimétrica del glaucoma. Se han realizado seguimientos con perimetría estática automatizada a enfermos con glaucoma y se considera que existen varias formas de progresión de los defectos precoces en el C.V. ^{48,149} : los escotomas pueden aumentar, constante o esporádicamente, tanto en superficie como, sobre todo, en profundidad; aparecen nuevos escotomas o hay pérdida generalizada de sensibilidad retiniana.

El problema con el que se encuentran los oftalmólogos en la práctica es conocer cuál es el método más adecuado para detectar la alteración campimétrica en el GAA lo más precozmente posible y cómo reconocerlo. Si se selecciona un programa de screening supraumbral para estudio de GAA, éste debe tener los valores de sensibilidad compensados en función de la excentricidad y de la edad. Lo más adecuado es un programa supraumbral con dos niveles y si es posible de umbral relativo. Si se selecciona un programa de umbral, se debe tener en cuenta el tiempo de exploración, pero tiene la ventaja de detectar defectos relativos precoces y valorar la magnitud de la fluctuación en el C.V. además de proporcionar, algunos de ellos, los denominados índices visuales.

Una vez que se dispone de la información que suministra un C.V. automatizado, el problema es la correcta interpretación de los datos. Las alteraciones del C.V. para ser reconocidas deben diferenciarse de los efectos que la variabilidad interindividual

de los sujetos normales (además de la influencia de la edad, del efecto aprendizaje, del grado de cooperación, etc) provocan en el mismo. La existencia de anormalidad en el C.V. puede ser reconocida de dos formas: bien comparando con los valores normales almacenados en memoria o bien comparando con los datos de C.V. previos de la misma persona. Los criterios de anormalidad deben ser flexibles para acomodarlos a la situación de cada paciente ya que si se toman criterios muy estrictos se tiende a sobreinterpretar los resultados del C.V. y a disminuir la sensibilidad de la prueba a costa de la alta especificidad.

No existen unos criterios formalmente aceptados de anormalidad del C.V. en el GAA. Caprioli expone una guía en función de la profundidad, extensión y localización de los defectos para definir si existe patología en el C.V. Este y otros autores insisten en que es el oftalmólogo el que debe decidir si alteraciones estadísticamente significativas que muestra el C.V. tienen relevancia clínica y consecuencias prácticas para el paciente ^{33,147,198}.

A.3.2 Nuevas técnicas perimétricas.

1) Índices visuales.

Se denomina índices visuales a una serie de constantes obtenidas directa o indirectamente de la exploración del C.V. con perimetría estática computarizada. Son medidas específicas ya que dependen del umbral diferencial y del gradiente de sensibilidad individual y son tanto más sensibles si la estrategia utilizada cuantifica el umbral en el máximo de puntos posibles. Hacen posible un estudio objetivo y rápido del umbral y permiten el tratamiento estadístico de los datos obtenidos.

Fueron propuestos por Flammer y Bebie ^{22,63,66} y se caracterizan porque cada uno de ellos varía dependiendo del tipo y profundidad de los defectos.

* Sensibilidad media (SM): Es la media aritmética de la sensibilidad diferencial a la luz de todos los puntos explorados. Resulta alterada en caso de depresión difusa de la sensibilidad. Está muy influenciada por la edad.

* Defecto medio (DM): Es la media aritmética de las diferencias entre el umbral normal y el obtenido para cada punto y edad. De valor normal próximo a 0, un valor positivo expresa directamente la magnitud de la alteración. Se incrementa ante cualquier tipo de lesión campimétrica y es más sensible en presencia de depresión o defecto difuso.

* Varianza de la pérdida (LV): Es una medida de la dispersión espacial de los valores del umbral. De valor normal cercano a 0, su utilidad reside en mostrar variaciones del DM, incluso cuando éste se encuentra en valores "normales" Su valor es pequeño si la alteración es más o menos uniforme pero aumenta en presencia de escotomas profundos.

* Varianza de la pérdida corregida (CLV): Ayuda a distinguir si una alteración en LV se debe a un defecto difuso inicial o a uno localizado que ha aumentado de una exploración a otra de la misma área. Necesita por tanto para su cálculo, una doble determinación en la misma exploración. La ventaja es que no está tan influenciada por SF. Su valor es próximo a 0 ante disminuciones uniformes de la sensibilidad pero se incrementa ante cualquier defecto localizado.

* Control del sesgo (Q'): Es el índice que mayor importancia concede al DM en su cálculo y el que resulta más sensible

para detectar defectos restringidos en un bajo número de localizaciones pero es menos sensible para la detección de defectos difusos.

* Factor de fiabilidad (RF): Es el cociente entre los falsos positivos y los falsos negativos expresado en porcentaje. Sirve para valorar la fiabilidad de los resultados obtenidos ya que informan del grado de cooperación del paciente. Se admiten como normales hasta un 5 % de pérdidas de fijación o de repeticiones. La presencia de estos índices se correlaciona con la profundidad de los defectos campimétricos, con la duración del examen del C.V., con la edad y con la agudeza visual ¹⁷⁰.

La existencia de un alto índice de falsos positivos (> al 10 %) se asocia a una mayor sensibilidad luminosa diferencial tanto en sujetos normales como en aquellos con glaucoma. La existencia de un alto porcentaje de falsos negativos (> al 33 %) se asocia a una disminución de sensibilidad luminosa diferencial tanto en glaucomas como en normales ¹²⁶. Por tanto, para prevenir estos artefactos se considera necesario proporcionar la información necesaria al paciente sobre el desarrollo del examen así como una monitorización constante del mismo por parte del perimetrista.

* Fluctuación a corto plazo (SF): ya se ha discutido su valor diagnóstico en el caso del glaucoma.

* Fluctuación a largo plazo (LF): Es la fluctuación que existe en los valores de umbral a lo largo del tiempo, entre diferentes exámenes. Tiene dos componentes, consecuencia de la sensibilidad retiniana: el componente de LF homogéneo (LFHo) es la fluctuación común a grandes áreas de la retina, y el componente heterogéneo (LFHe) que es la fluctuación que afecta

selectivamente a zonas más concretas. Ambos se ven influenciados por todos los factores que modifican la fluctuación a corto plazo, y como ella el aumento de LF puede ser signo precoz de alteración glucomatosa ^{69,192,201,205}. Su relación con la edad, PIO y estado general es discutida ^{58,69,125,138}.

Estos índices visuales se obtienen en programas especiales de umbral como son el GI de Octopus o el Statpac de Humphrey, con pequeñas diferencias entre ambos ^{27,29}. La utilidad clínica de estos índices reside, más que en el diagnóstico precoz del glaucoma, en permitir un seguimiento objetivo de la progresión del C.V. ³⁸.

En los más modernos dispositivos de software (Delta, Octosmart, Sapro, JO o G1X de Octopus o Statpac de Humphrey) se realizan correlaciones de estos índices a lo largo del tiempo, y proporcionan resultados no sólo de la magnitud del defecto sino de la significación estadística de tal medida en unas gráficas relativamente fáciles de interpretar ^{104,107,112,198}. Los programas de evaluación pueden ser mejorados con el fin de no valorar sólo los valores de umbral individual, sino que también tengan en cuenta el patrón de progresión de defectos en el GAA (curva de defecto acumulativo de Bebie), los parámetros que informan de la fiabilidad y los criterios de anormalidad ^{23,214}.

2) Perimetría Selectiva.

Al establecerse, tras los estudios de Aulhorn ¹⁷, la evolución de los defectos campimétricos en el GAA, se han desarrollado técnicas para el rastreo específico de las áreas que se suponen más precozmente afectadas. Se han desarrollado programas que hacen posible un estudio selectivo del C.V. de

alta resolución (utilizando estrategia umbral rápida o supraumbral modificada), con distribución de los estímulos en forma de malla, en áreas limitadas y seleccionadas por el operador. El tiempo de examen se ha reducido de manera importante y su uso se ha ido extendiendo a la práctica oftalmológica.

Greve considera que el estudio de los 30 grados centrales es suficiente para detectar los defectos más precoces del GAA y de hecho son los programas más utilizados en la clínica. En cuanto a la resolución espacial de los puntos se propone una distancia de 2 grados entre los puntos perifoveales, 5 grados en los pericecales y 4 grados en el resto del campo incluido en los 25 grados centrales ^{83,199}. Para evitar la existencia de mallas irregulares, que hacen más difícil el estudio informático, se dispone en la actualidad de programas con malla regular, que estudian zonas menores dentro de los 30 grados centrales, con las densidad de puntos adecuada. Se ha comprobado con estos programas, que pueden proporcionar índices visuales (DM, CLV o SF) como en los glaucomas iniciales los primeros defectos campimétricos, se encuentran en el área paracecal y en el área inferior adyacente a la mancha ciega ^{162,163}.

Se considera actualmente que se deben incluir en los estudios selectivos un número de estímulos suficientes que se sitúen en el campo periférico nasal ^{35,157,182}, e incluso en zona periférica temporal para descartar patología a ese nivel sin necesidad de recurrir a un estudio de C.V. total ⁸³.

3) Perimetría Objetiva y Oftalmoscópica.

El objetivo de la perimetría objetiva es el estudio de la vía óptica sin mediar la intervención del paciente. Desde la década de los 60 se han desarrollado instrumentos pero que no

poseen aplicación clínica. Los más importantes son: la electroperimetría (consiste en realizar estudios de E.R.G. y P.E.V. topográficos automatizados asociados o no a perímetros automáticos), la perimetría pupilométrica y pupilográfica (estudia el reflejo fotomotor como respuesta a estímulos luminosos), la perimetría oculográfica (estudia el C.V. pero observando el movimiento de búsqueda del ojo a cada estímulo) y la perimetría optocinética (utiliza un perímetro de cúpula que posee bandas claras y oscuras en su fondo, dotadas de movimiento pendular, para registrar el movimiento ocular de persecución secundario)⁷⁶.

La perimetría oftalmoscópica tiene como objetivo el realizar una perimetría visualizando directamente la retina. El primer instrumento desarrollado es el fotoperímetro de Otha y posteriormente la láser-perimetría y la oftalmoscopia por láser de barrido (S.L.O.). Esta última parece la de mayor porvenir aunque el método de perimetría estática está en fase de experimentación. Posee dos sistemas ópticos: uno focaliza láser de Kriptón o láser rojo en la retina y otro recoge la luz reflejada en un monitor de televisión. El paciente responde al estímulo láser, sus respuestas quedan grabadas y son proyectadas posteriormente sobre una fotografía del fondo de ojo. Permite el estudio tanto del C.V. como de la agudeza visual y del fondo de ojo con imagen digital ⁷⁶.

A.4. Perimetría cromática.

La perimetría cromática se define como el estudio del C.V. con estímulos coloreados. Es un método fundamental para el estudio de la visión cromática foveal y periférica. Esta última no es posible estudiarla con los test de discriminación cromáti-

ca de uso clínico. Aunque la mayoría de los perímetros se suministran con índices cromáticos apenas se utilizan debido a la falta de normas para un examen standard, lo que impide la reproductibilidad de los resultados. Sin embargo existen estudios recientes que describen a esta técnica como más sensible que la perimetría convencional para el diagnóstico y detección de muy diversas patologías, incluida la detección en estadios muy precoces del glaucoma de ángulo abierto.

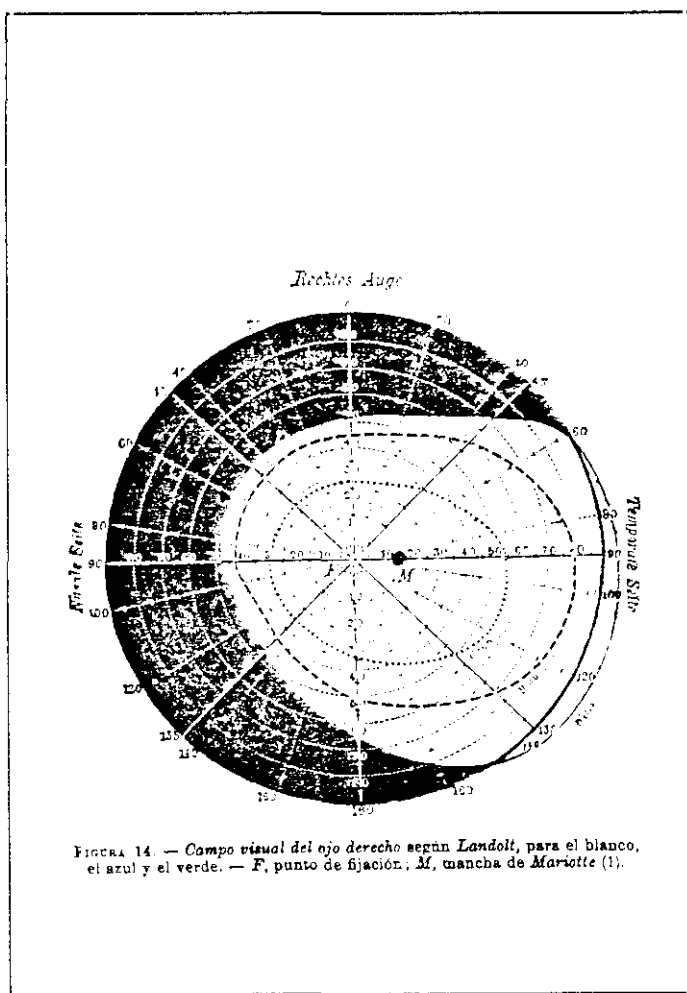


Fig.4. Tomada de Fuchs E.:Tratado de Enfermedades de los ojos.

1ª Ed. Madrid: Ed. Bailly-Bailliere, 1893; I:31

Los estímulos cromáticos se han utilizado desde los inicios de la perimetría, tanto en los perímetros de arco y cúpula como en los tangentes (Figura 4).

Rönne, en 1911, estudia las isópteras centrales cromáticas y Kollner, en 1912, diferencia con este método los trastornos coriorretinianos (contracción de las isópteras para el azul y amarillo), de los del nervio óptico (contracción de isópteras para el rojo y verde) ⁷⁶. Más adelante, en 1936, Malbran coincide en estos resultados y recomienda el uso de la perimetría cromática.

Abney, en 1913, observa que al desplazar los estímulos cromáticos desde el centro a la periferia del C.V., el rojo y el verde claro amarillean, mientras que el violeta y el verde frío azulean. El verde deja de verse a los 30 grados de excentricidad, el rojo y el amarillo desaparecen más periféricamente y en los 45 grados ya no se ve el azul ⁷⁶. En 1919, Ferree y Rand observan que la retina periférica también es sensible a estos colores siempre que el tamaño y la luminancia del estímulo tengan la magnitud adecuada. Estos autores son los pioneros de la perimetría cromática, ya que estudian el umbral cromático independientemente de la luminosidad e intentan dotar de homogeneidad a los estímulos. Traquair, en 1948, afirma que las isópteras cromáticas serían iguales si el tono, la intensidad y la saturación estuvieran normalizados y recomendó el uso de esta perimetría en determinadas patologías, como la ambliopía alcohólico-tabáquica ⁹⁴.

Desde 1930 se abandonan los estímulos pigmentados y se utilizan índices de proyección. Goldmann utiliza en su perímetro una serie de filtros de color no selectivo (de absorción), que

no fueron calibrados fotométricamente hasta 1965 por Verriest e Israel. Estos autores describen como isóptera más interna la del color rojo pero utilizan filtros de ancha banda espectral ^{76,195}.

El primer perímetro estático, el de Tübingen, dispone también de una serie de filtros interferenciales con los que se realizan varios estudios. Nolte, en 1962, realiza con estos estímulos monocromáticos perimetría de perfiles y destaca la aparición de un escotoma central para las menores longitudes de onda, hecho confirmado posteriormente por otros autores ⁷⁶.

Los perímetros se han ido calibrando y revisando fotométrica y radiométricamente para reducir la gran variabilidad de parámetros de estímulo y fondo e intentar obtener una perimetría de igual fiabilidad a la convencional. Estudios que utilizan estímulos de alta e igual luminancia indican que la visión tricromática es un atributo de la retina central, mientras que en las regiones medias (20 a 40 grados de fovea) domina la visión dicromática y la periferia tiende a la monocromacia, aunque existen variaciones en la discriminación de la saturación según el cuadrante retiniano ^{42,138}.

A.4.2. Métodos de exploración.

La perimetría convencional con luz blanca investiga la discriminación de la intensidad luminosa. Al utilizar un estímulo de color se pueden realizar dos estudios diferentes: el estudio del umbral acromático (si el paciente informa que ve el estímulo sin identificar el color) o el estudio del umbral cromático (si debe percibir e identificar el color). Se debe precisar cuál de los dos umbrales se investiga, ya que la percepción cromática, como función psicológica de reconocimien-

to, se encuentra sujeta a grandes diferencias interindividuales. Si se utiliza perimetría cromática cinética se debe además tener en cuenta que inicialmente el estímulo aparece sin color en el C.V. al cruzar la isóptera acromática. Aún sin color varía su intensidad luminosa aparente hasta que cruza la isóptera cromática. Esta fase intermedia se denomina intervalo fotocromático, ya que es dependiente de varios factores: longitud de onda, tamaño del estímulo, región retiniana explorada o estado de adaptación del paciente ⁷⁶. El umbral cromático y acromático coinciden en algunas regiones, como en la fóvea, si se utilizan estímulos con longitud de onda larga.

Un estímulo cromático de máxima pureza que emite en una banda muy estrecha y con una onda central dominante, se dice que es espectralmente puro o monocromático. La mayoría de los estímulos utilizados en perimetría clásica emiten en un rango más amplio. En ellos la onda dominante da el tono característico a ese color, pero con una menor pureza espectral. La onda dominante y la pureza espectral describen una característica del estímulo cromático, la cromaticidad. La percepción de la misma es el cromatismo, que combina el tono y la saturación de un determinado color.

Tanto el estímulo cromático como el blanco pueden describirse por su luminancia fotométrica o capacidad para estimular la retina. La luminancia puede ser variada sin cambiar la cromaticidad (por ejemplo colocando filtros de densidad neutra sobre un estímulo cromático). Cambios en la composición espectral afectan a la cromaticidad y a la vez a la saturación y luminancia del color ⁷⁶.

Con perimetría cinética se realizaron numerosos estudios para definir el tamaño de las isópteras cromáticas y su variación en diferentes patologías. Se obtuvieron resultados muy dispares debido a la falta de uniformidad en la especificación del estímulo, ya que se informa sólo del tono dominante, sin aportar datos sobre la cromaticidad, luminosidad, tamaño o velocidad de desplazamiento. Tradicionalmente se acepta que las isópteras cromáticas presentan una morfología oval de eje mayor horizontal, apareciendo, del centro a la periferia, las isópteras para el verde, rojo y azul.

En la literatura se encuentran resultados dispares en relación a esta disposición. Berk, en 1960, investiga el umbral acromático y observa que la isóptera del rojo es unos grados más pequeña que la del verde y la del azul. Israel y Galan, en 1971, miden las isópteras cromáticas y acromáticas en sujetos normales, encontrando que las respuestas cromáticas se agrupan dentro de bandas de dispersión muy estrechas, de predominio central, para el rojo y el verde, y bandas más dispersas y periféricas para el amarillo y azul (éste último se confunde con la isóptera acromática en los meridianos de 30 a 15 grados). En las respuestas acromáticas se encuentran isópteras periféricas y de mayor dispersión⁷⁶. En los estudios realizados por Carlow y Lakowski, en 1976 y 1977 respectivamente, se calculan las isópteras cromáticas con estímulos de luminancia alta pero igual. Estas siguen el siguiente orden, de interna a externa: amarillo, verde, rojo y azul. Los autores sugieren que la visión tricromata es una función central, mientras que en periferia media (de los 20 a 40 grados de fóvea), domina la visión dicromata y la

periferia tiende al monocromatismo pero con variaciones entre los campos temporales y nasales.

La perimetría cromática de contraste es una nueva técnica presentada por Hart en 1984, que utiliza el método cinético para realizar la perimetría cromática ⁹⁶. El estímulo cromático se presenta sobre un fondo blanco de igual luminancia y varía progresivamente la saturación del estímulo hasta que es visualizado. Estos índices son generados sobre un monitor de televisión en color y todo el proceso es controlado por ordenador. Ha sido aplicado a determinadas discromatopsias adquiridas, entre ellas al glaucoma ⁹⁵.

El estudio con perimetría estática de la sensibilidad retiniana a estímulos cromáticos, se puede realizar proyectando estímulos sobre un fondo blanco o sobre un fondo coloreado. En ambos se debe precisar si se estudia el umbral cromático (con resultados muy variables por su mayor subjetividad) o el umbral acromático. Los primeros estudios cuantitativos de umbrales con estímulos de color fueron realizados por Zanen en 1953. Aunque sus medidas se restringen a la visión foveal, encuentra un incremento de umbrales acromáticos (especialmente en largas longitudes de onda) en los trastornos coriorretinianos y un aumento del intervalo fotocromático en caso de trastornos del nervio óptico.

1) Determinación del umbral sobre fondo acromático.

Verriest y colaboradores, en 1966, utilizan el perímetro de Goldmann, equipado con filtros de absorción calibrados, para realizar perimetría estática. Estudian discromatopsias congénitas y adquiridas y afirman la utilidad de la perimetría cromática en el diagnóstico diferencial de diversas patologías ocula-

res. Encuentran que en los defectos adquiridos rojo-verde, tipo I, existe un incremento relativo de la sensibilidad al azul y un descenso para el rojo. En el caso de defectos adquiridos rojo-verde, tipo II, no se afectan las sensibilidades relativas de los tres índices, salvo en los bordes del defecto, donde aumenta la sensibilidad para el azul. En los defectos adquiridos azul-amarillo, tipo III, existe una disminución de la sensibilidad al azul y, algunas veces, al rojo ^{76,195}.

Se ha utilizado perimetría estática para obtener los perfiles perimétricos típicos de los mecanismos de conos (más sensibles al rojo) y bastones (más sensibles al azul). Sloan y colaboradores, con el perímetro de Tübingen, observan que el umbral luminoso a estímulos blancos es prácticamente igual para conos y bastones, estudiándolos en adaptación mesópica. Para poder diferenciar los dos sistemas es necesario utilizar índices cromáticos y estos autores recomiendan el uso de estímulos rojos en perimetría fotópica para detectar áreas aisladas de deterioro funcional de conos ¹⁸⁵. La máxima sensibilidad para el rojo a nivel central, es confirmada por González de la Rosa en 1976 que utiliza el perímetro de Tübingen (equipado con filtros interferenciales que abarcan desde el violeta extremo al rojo) para determinar los umbrales acromáticos en sujetos normales y discromatas congénitos. Encuentra también un escotoma relativo central al utilizar como estímulos al verde frío y azul. Este escotoma se hace absoluto al utilizar el violeta, lo que confirma la existencia de tritanopía foveolar ⁷⁶. Con el mismo perímetro pero sólo con filtros rojo, verde y azul, Le Rebellier estudia los umbrales cromático y acromático en sujetos de diferentes edades y tanto en ambiente mesópico como fotópico.

Encuentra que los pacientes présbitas tienen, en comparación con los más jóvenes, una disminución de la sensibilidad a los índices cromáticos más marcada que para estímulos blancos ⁷⁶.

2) Determinación de umbral sobre fondos cromáticos.

El origen de esta técnica se remonta a los estudios sobre los mecanismos cromáticos que Stiles realizó en los años 30. Se elige una determinada longitud de onda para la adaptación del fondo que deprime la sensibilidad de uno de los mecanismos receptores de los conos (verde, rojo o azul). De esta forma se puede realizar el estudio campimétrico de los conos no afectados. Stiles obtiene curvas para varias combinaciones de longitudes de onda de fondo y de índice que se denominan "mecanismos" y estudia las sensibilidades espectrales de los mecanismos de los conos foveales ⁷⁶. Su técnica es compleja y sólo realizable en laboratorio, por lo que diversos autores han adaptado esta técnica a perímetros comerciales. Greve, en 1974, estudia con el perímetro de Tübingen los umbrales al contraste cromático en sujetos normales y afectados de edemas maculares. Utiliza fondos de diferentes colores, obtenidos con filtros no selectivos, e índices de composición espectral más estrecha (utilizando filtros interferenciales). En sujetos normales se encuentra el defecto central relativo para el azul, y máxima sensibilidad central para el rojo. En los edemas maculares se obtienen defectos significativos para el índice azul proyectado sobre fondo amarillo ⁸⁴.

La perimetría cromática se ha mostrado como una técnica sensible para el diagnóstico y detección de determinadas patologías oculares. Se ha demostrado útil en diversas afecciones del nervio óptico y de la retina, en casos de ambliopía, de fijación

excéntrica y en afecciones del sistema nervioso central ⁷⁶. El mayor inconveniente que se ha atribuído a los resultados obtenidos con esta técnica es la de su gran variabilidad metodológica. No se ha llegado a establecer un control estricto que incluya la cromaticidad, luminancia, tamaño del índice y las características del fondo. Algunos autores han rechazado por ello su aplicación, como Fankhauser, para el que la interposición de filtros que alteran la igualdad de composición espectral del estímulo y del fondo, supone una alteración del rango dinámico de los campímetros y por tanto, su poder de detección⁵⁵.

B) Otras técnicas de diagnóstico precoz del glaucoma.

El papel diagnóstico de tests diferentes de la campimetría se encuentra pendiente de confirmación clínica. Aunque inicialmente relegados a estudios experimentales en el laboratorio, los test psicofísicos y morfológicos están siendo utilizados con mayor frecuencia en la clínica oftalmológica. Su desarrollo ha permitido incrementar nuestros conocimientos sobre la patogenia de las alteraciones que provoca el glaucoma en la función visual.

B.1.- Visión del Color (ver apartado 1.C.).

B.2.- Sensibilidad al contraste.

Se define contraste como la diferencia de luminosidad media que existe entre dos áreas visibles. La sensibilidad al contraste (SC o C) es la habilidad de un observador para discernir una diferencia de luminancia entre dos áreas.

$$C = \frac{L_{m\acute{a}x} - L_{m\acute{i}n}}{L_{m\acute{a}x} + L_{m\acute{i}n}}$$

Lmáx :luminancia máxima, Lmin: luminancia mínima.

La sensibilidad al contraste puede ser dividida en sensibilidad al contraste espacial (SCE) y sensibilidad al contraste temporal (SCT). La SCE es la capacidad para detectar la diferencia de luminancia entre dos áreas adyacentes en el espacio. La SCT es la capacidad para detectar una diferencia cuando las áreas visuales son consecutivas en el tiempo.

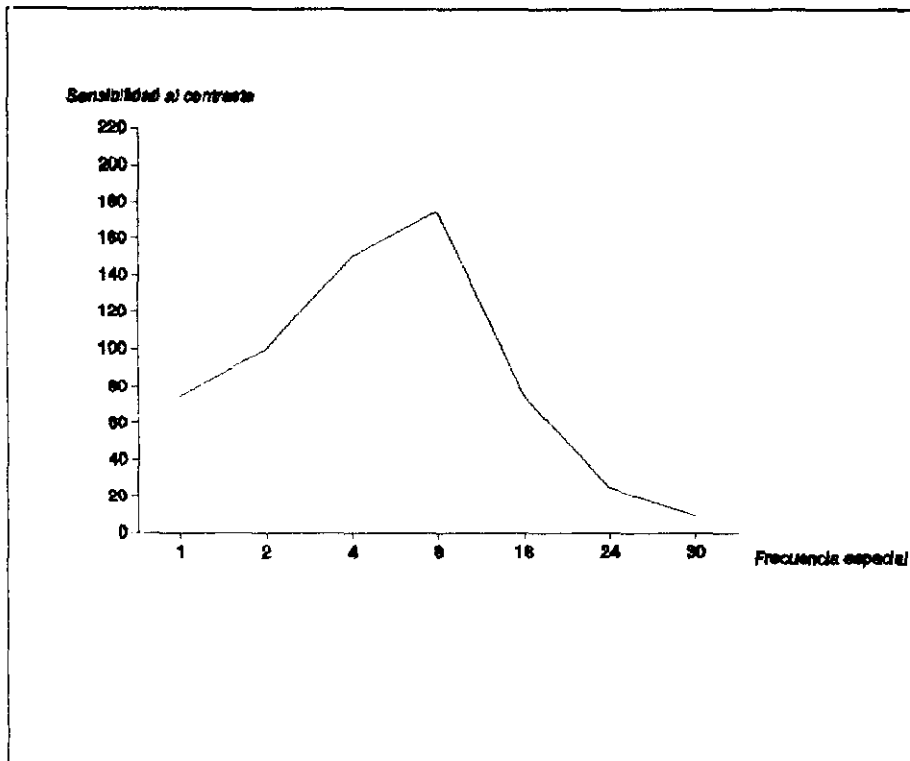


Fig.5. Sensibilidad al contraste y frecuencia espacial.¹⁴⁷

La curva de sensibilidad al contraste define la respuesta espacial o temporal del sistema visual global. Esta curva se presenta generalmente en forma del logaritmo de las frecuencias espaciales o temporales en la barra de abscisas, mientras que en la barra de ordenadas se representa la sensibilidad al contraste (figura 5).

La zona de bajas frecuencias de la curva depende esencialmente de factores neurofisiológicos. La zona de altas frecuen-

cias depende de las propiedades ópticas del sistema visual y es característico de la capacidad del observador de discriminar finos detalles de un objeto ¹⁵⁰. Opacidades de medios, escotomas centrales artificiales e incluso el implante de LIOs reducen SC en todas las frecuencias. Errores refractivos, ambliopía, anoxia, lesiones maculares o centrales, neuritis retrobulbares y otras lesiones del nervio óptico tienden a afectar en primer lugar a la SC en las más altas frecuencias. La SC en bajas frecuencias se encuentra afectada en algunas lesiones retinianas y según algunos autores en el glaucoma ³⁰.

B.2.1. Sensibilidad al contraste espacial en el GAA.

Campbell y Green, en 1965, utilizando un osciloscopio fueron los primeros en detectar una disminución de la SCE en los ojos con GAA. La determinación de la SCE requería un equipamiento caro y sofisticado por lo que estuvo reducida al ámbito experimental hasta que en 1978 aparece un método de uso clínico, las cartas de Arden ^{10,11}. Más tarde aparecen otros test como el de gráficos de Vistech o las cartas de Pelli-Robinson.

El patrón de afectación de la SCE puede ser de ayuda para el diagnóstico de GAA pero no es específico de la enfermedad ya que variaciones en el diámetro pupilar, opacidades de medios o el envejecimiento ofrecen resultados parecidos. Este patrón, una disminución en la SCE a altas frecuencias en los glaucomas, guarda una relación controvertida con la evolución de la enfermedad ya que para algunos autores resulta predictivo con respecto a la afectación campimétrica, mientras que otros encuentran superposición de resultados con los de población normal ^{10,150,151,174,187}.

B.2.2. Sensibilidad al contraste temporal.

En 1947, Campbell y Ritter fueron los primeros en identificar una disminución de la SCT medida con luces parpadeantes (flicker sensitivity) en el campo paracentral de los ojos con glaucoma ¹⁴⁷. Estudios posteriores confirman estos resultados en el GAA y revelan cambios en la función de fusión temporal en el C.V. central de 30 grados que progresan paralelamente al resto de manifestaciones glaucomatosas (afectación campimétrica, excavación papilar y afectación difusa de la capa de fibras nerviosas) ^{15,16,147,193}.

En cuanto a los estudios en población sospechosa de GAA, los resultados son todavía poco significativos. Diferentes autores encuentran alteraciones de SCT a nivel foveal y paracentral tanto en hipertensos como en pacientes sospechosos ^{147,194}. Estos datos corroboran la hipótesis de que el daño de la retina central se instaura en estadios precoces de la enfermedad glaucomatosa, pero son necesarios estudios a largo plazo para establecer el valor diagnóstico y pronóstico que tiene la sensibilidad al contraste en el glaucoma.

B.3. Estudio del N.Óptico y de la capa de fibras nerviosas.

La excavación glaucomatosa de la cabeza del nervio óptico es la traducción de la pérdida de neuronas y de tejido glial a nivel del área papilar. El mecanismo preciso por el que el aumento de la PIO causa la alteración neuronal no es del todo conocido prevaleciendo dos teorías no excluyentes: la teoría vascular y la teoría mecánica. El estudio de los diferentes

factores involucrados en la neuropatía del glaucoma no permite en la actualidad una respuesta unánime. El resultado histopatológico es la degeneración vascular, neuronal, laminal y glial que se traduce, oftalmoscópicamente, en el agrandamiento de la excavación papilar y, clínicamente, en la alteración del campo visual.

Para la detección de estas alteraciones se han desarrollado diferentes técnicas fotográficas que valoran tanto la papila, como el anillo neurorretiniano y la capa de fibras nerviosas retiniana (CFN) (fotografía monocromática libre de rojo, fotografía estereoscópica, análisis digitales de imagen, angiografía papilar, fotogrametría ultrasonografía de alta resolución o estereocronoscopia). En mayor o menor medida, estas técnicas han demostrado su sensibilidad para la detección y seguimiento del glaucoma ^{25,31,118,171,180,181,189,191}. Su aplicación sin embargo, se encuentra limitada tanto por factores técnicos intrínsecos (complejidad técnica, interpretación subjetiva), como por factores dependientes del ojo a examinar (transparencia de medios, pigmentación de fondo, errores refractivos, diámetro pupilar, edad, colaboración).

Hoyt y Newman, en 1973, sugieren que defectos localizados, en cuña, en la capa de fibras nerviosas de la retina son la alteración clínica más precoz del daño glaucomatoso ¹¹⁴. Estos resultados son confirmados por Sommer y colaboradores, en 1977, que realizan un estudio a largo plazo de sujetos sospechosos de glaucoma y con glaucoma ya establecido ¹⁹⁰. Encuentran que la mayoría de pacientes con GAA, con defectos de C.V. establecidos, tenían anomalías en la CFN, y en aquellos con diagnóstico de sospecha pero con alteraciones en la CFN, éstas precedían en 3

a 6 años a la aparición de defectos campimétricos típicos de la enfermedad. Aunque la localización de la alteración campimétrica y la pérdida de fibras nerviosas se corresponden, en proporción siempre es más difusa la alteración neurológica ¹⁸⁹.

Únicamente las hemorragias en astilla en el borde de la papila parecen preceder a defectos localizados de la CFN y a posterior adelgazamiento del anillo neuroretiniano ⁸.

Airaksinen y Drance, en 1985, valoran el C.V. (mediante los índices visuales) y la capa de fibras nerviosas en sujetos con glaucoma incipiente ⁵. Encuentran que cambios difusos a nivel de la CFN se asocian con reducción generalizada de la sensibilidad retiniana en el C.V., lo que se corresponde clínicamente con una contracción generalizada de isópteras o una alteración difusa a nivel foveal y paracentral. Los defectos focales de la CFN se asocian a la aparición de índices visuales que muestran dispersión e inestabilidad de los umbrales diferenciales en región paracentral del campo o a defectos arciformes manifiestos.

B.4. Estudios electrofisiológicos.

Comprende el estudio de la función visual mediante electroretinografía (más específicamente para el glaucoma, la ERG evocada por imágenes, PERG, que parece producida por resupuesta de retina interna de región macular) o mediante los potenciales evocados visuales (P.E.V.)^{15,188,200}. Aunque su valor en el diagnóstico del glaucoma es discutido, ambas ofrecen medidas objetivas y coinciden con otros tests en mostrar una reducción generalizada de la sensibilidad visual en el glaucoma.

La utilidad clínica de la electrofisiología en el diagnóstico del GGA se encuentra limitada ya que las variaciones

interindividuales son grandes, la metodología empleada por los diferentes autores no es homogénea y están influenciadas por la edad, la refracción, el tamaño pupilar o la opacidad de medios. El papel que estos factores tienen en los resultados obtenidos no está bien determinado ya que se carece de estudios a largo plazo que estudien el valor diagnóstico y pronóstico de estas pruebas.

II. JUSTIFICACION E HIPOTESIS
DE
TRABAJO

El diagnóstico actual del glaucoma crónico de ángulo abierto precisa del reconocimiento de alteraciones características del campo visual. Estas reflejan la existencia de un daño glaucomatoso que probablemente corresponde a un estadio evolucionado de la enfermedad, en donde han desaparecido ya un importante número de fibras nerviosas retinianas. Una de las líneas de investigación más importantes se centra en la búsqueda de pruebas clínicas más específicas y precoces. Así en la actualidad se estudian estrategias más rápidas y sensibles en campimetría convencional, la introducción de la campimetría mediante rayos láser y otras pruebas como la sensibilidad al contraste (temporal y espacial), el estudio de los haces de fibras nerviosas y del nervio óptico y pruebas electrofisiológicas más precisas, entre otras. La perimetría cromática y la visión del color han sido preconizadas por algunos autores como métodos más sensibles que la campimetría convencional para el diagnóstico del glaucoma crónico en sus estadios más precoces.

Si bien la perimetría convencional es una prueba estandarizada y empleada normalmente como procedimiento clínico en la detección y diagnóstico del glaucoma, no ocurre lo mismo en el caso de la perimetría cromática. Los resultados en muchos casos son contradictorios, debido en buena medida a la falta de normalización en las condiciones de examen, lo que impide la reproductibilidad de los resultados.

El objetivo de este trabajo es determinar la sensibilidad luminosa diferencial del campo visual con campimetría cromática de estímulo y fondo verde en población normal y glaucomatosa, así como en una población de pacientes con sospecha de glaucoma. Para ello utilizamos el campímetro automático Octopus y la

técnica descrita por González de la Rosa ¹⁴⁸ y comparamos de este modo los resultados obtenidos con los de la campimetría standard. Nuestro objetivo es establecer un patrón de normalidad en campimetría cromática y estudiar sus posibilidades para el diagnóstico precoz y el seguimiento del glaucoma.

De manera complementaria, realizamos un estudio de la visión cromática en las tres poblaciones con el test de Farnsworth-Munsell de 100 tonos. De esta forma se analiza la alteración cromática foveal y su posible relación con los defectos campimétricos. Con ello intentamos encontrar un paralelismo entre el deterioro de la sensibilidad luminosa en el campo visual (tanto cromática como acromática) y el deterioro de la visión cromática foveal en el glaucoma crónico. Esto implicaría un mecanismo fisiopatológico común o al menos paralelo en el tiempo, como parecen indicar algunos de los estudios histopatológicos realizados.

III . MATERIALES Y METODOS

1) SELECCION Y GRUPOS DE PACIENTES.

Se han sometido a estudio un total de 215 ojos pertenecientes a tres grupos de población: sujetos normales, pacientes con diagnóstico de sospecha de glaucoma de ángulo abierto y pacientes con diagnóstico de glaucoma primario de ángulo abierto. Todos ellos participaron voluntariamente en el estudio una vez conocidos los procedimientos y objetivos del mismo.

*Grupo A: 55 ojos pertenecientes a 29 sujetos normales, sin patología ocular previa. La edad media de este grupo es de 45 años (rango: 24-70). Su distribución por sexos es de 11 varones (20%) y 44 mujeres (80%).

*Grupo B: 105 ojos pertenecientes a 56 pacientes con diagnóstico de sospecha de glaucoma. Consideramos a un paciente como sospecha de glaucoma si cumple los siguientes criterios de inclusión:

- PIO superior a 21 mm de Hg al menos en 3 controles sucesivos.

- C.V. normal obtenido mediante la aplicación del programa 36 de Octopus. Se considera como C.V. normal a aquel que como máximo tiene 3 puntos aislados con defectos relativos superiores a 9 dB (se excluye la mancha ciega).

- Relación excavación/papila $< 0,6$.

La edad media del grupo de sospechas es de 49 años (rango: 21-71) y su distribución por sexos es de 46 varones (43%) y 61 mujeres (57%).

*Grupo C: 55 ojos pertenecientes a 29 sujetos con diagnóstico de glaucoma crónico simple. Se consideran como tales a los que reúnen los siguientes criterios:

- PIO superior a 21 mm de Hg.

- C.V. patológico obtenido con el programa 36 de Octopus. Se considera patológico el campo que presenta como mínimo 2 puntos contiguos o 3 puntos aislados con defecto relativo superior a 9 dB (excluida la mancha ciega). No afectación campimétrica del área central, ni estadios IV-V de Aulhorn de afectación.

- Relación excavación/papila > de 0,6.

La edad media de los glaucomas es de 56 años (rango: 21-76) y su distribución por sexos es de 16 varones (28.6 %) y 40 mujeres (71.4%).

Se exige a los tres grupos de población una agudeza visual igual o superior a 0,8 y se rechazan aquellos que presentan una ametropía superior a 5 D esféricas o 3 D cilíndricas. Asimismo son excluidos los sujetos que presenten diámetros pupilares menores de 3 m.m., alteraciones cristalinianas significativas, historia de visión del color anómala, o alguna otra patología ocular o sistémica que puedan afectar los resultados (diabetes, enfermedades vasculares o neurológicas, etc).

En el caso del grupo de pacientes con glaucoma, todos ellos presentan en el momento del examen PIO controlada sea con tratamiento tópico (se excluyen aquellos en tratamiento con pilocarpina), trabeculoplastia láser o cirugía filtrante.

2) EXPLORACION CLINICA.

A) Historia clínica.

Se realiza en los tres grupos del estudio. De la anamnesis y exploración clínica se reseña:

- Edad, sexo y tiempo de evolución conocido del GAA.
- Historia familiar de glaucoma.
- Existencia o no de tratamientos antiglaucomatosos.
- Agudeza visual y corrección utilizada para visión lejana y/o cercana.

- Biomicroscopía de segmento anterior, con atención especial a la transparencia de medios, diámetro pupilar y signo de Vena.

- Valores de la PIO (determinada por tonometría de aplanación) tomados a lo largo de la historia clínica de cada paciente.

- Fondo de ojo mediante oftalmoscopia binocular con lente de +90 Dioptrías. Índice excavación-papila.

B) Visión Cromática.

Para el estudio de la visión cromática se ha utilizado un test de 100 tonalidades de Farnsworth-Munsell.

La exploración por medio de este test se realiza en un despacho aislado del ruido ambiental, en una mesa habilitada para tal fin y en condiciones de iluminación artificial con lámpara fluorescente de igual intensidad luminosa a la luz diurna (3000 lux al no disponer de iluminante C). Para ello se instaló un dispositivo que permite realizar la prueba sobre un fondo negro y con iluminación constante y perpendicular a la mesa de estudio con el fin de no deslumbrar al paciente examinado (Figura 6).

En todo paciente con ametropía o presbicia se realiza corrección con lentes colocadas en una montura de prueba, para evitar el posible efecto del tinte que llevan algunos cristales de gafas y lentes de contacto ⁹².

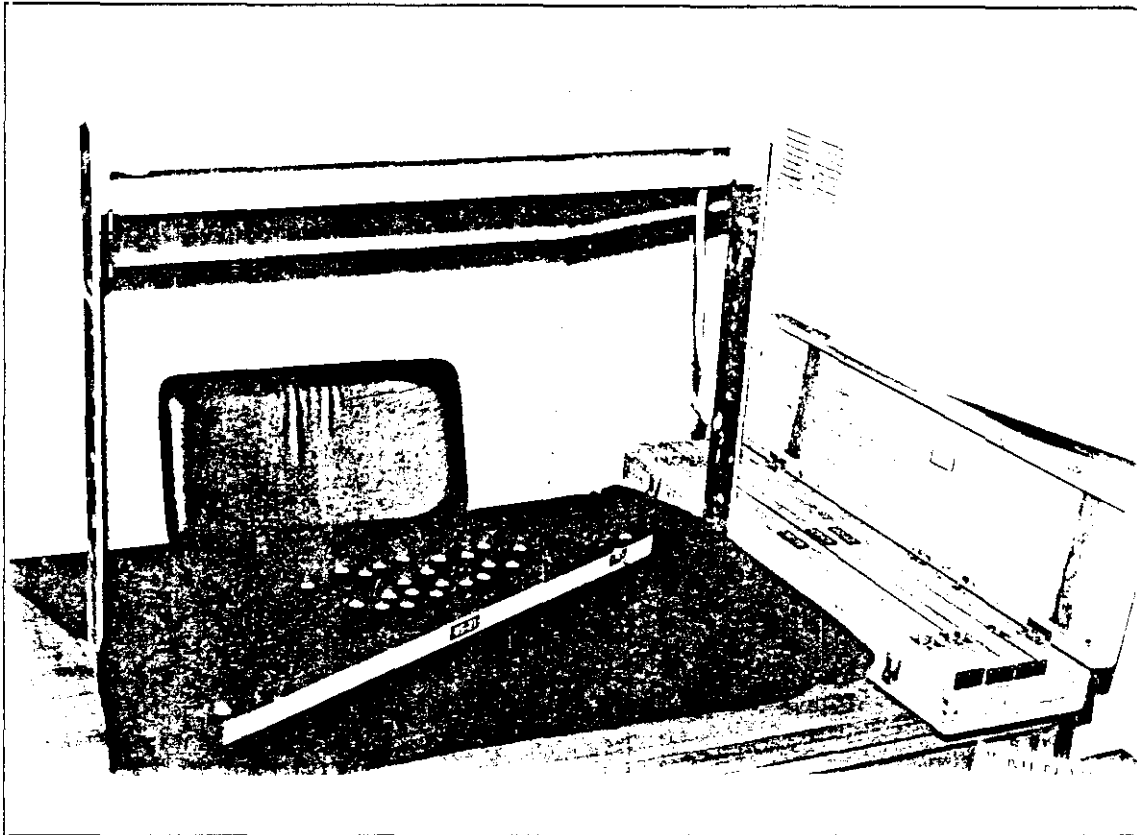


Fig.6. Mesa de exploración con test de Farnsworth.

El test se realiza en visión monocular. La mitad de los pacientes comenzaron por el ojo derecho y la otra mitad por el izquierdo, para disminuir en lo posible el efecto aprendizaje. Se permite al sujeto que invierta el tiempo necesario en la ordenación e incluso reordenar las fichas que crea conveniente siguiendo las recomendaciones dadas por la IRGCVD para este tipo de test.

obtener los resultados gráficos y la cuantificación del número total de errores ^{77,141}. Posteriormente se calcula el error cometido en cada caja. El cálculo consiste en la suma de las diferencias entre el número de ficha y los números de las fichas adyacentes a ella. El error dos es, por tanto, el error mínimo que es posible cometer (Figuras 7 y 8).

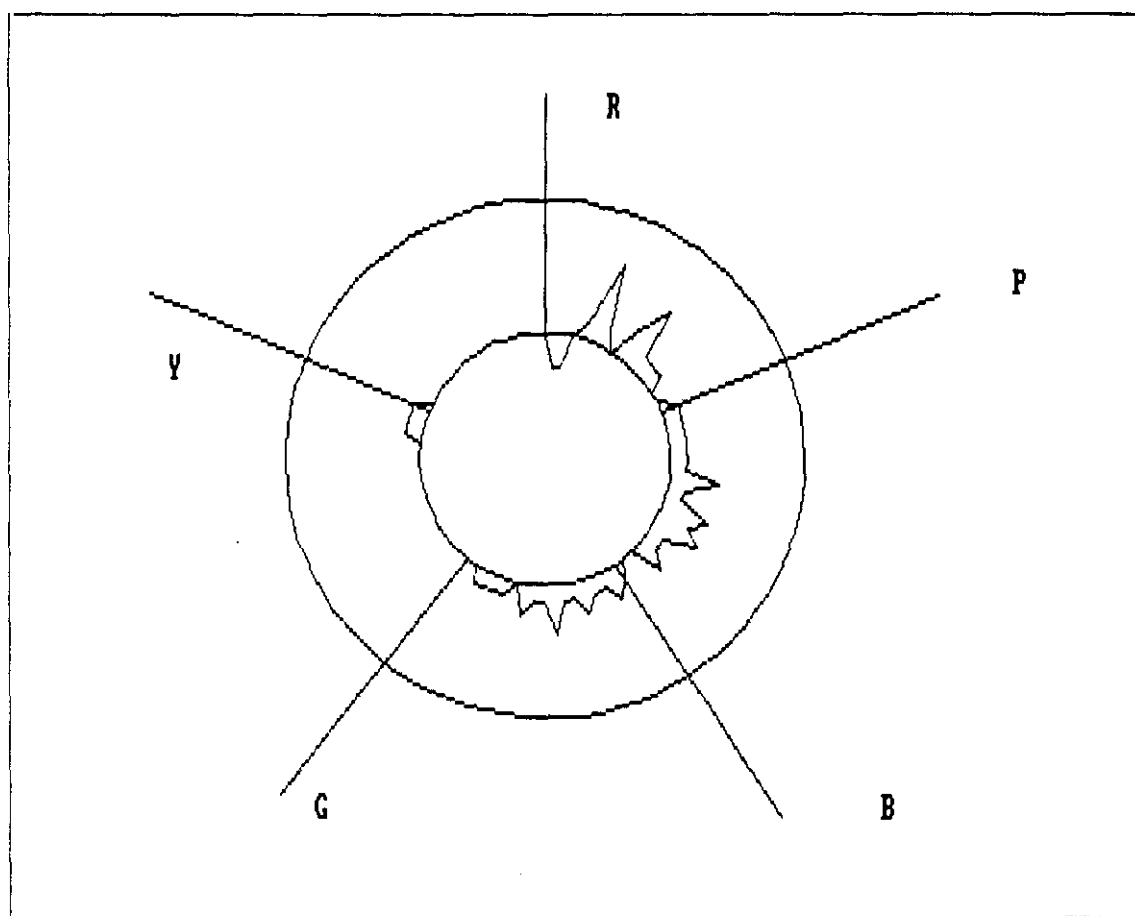


Fig.8. Representación gráfica del test de Farnsworth.

C) Campimetría.

Las exploraciones campimétricas se realizan con el perímetro computerizado Octopus 500 E. El recinto destinado a las mismas posee las siguientes condiciones: adecuada luminosidad,

con posibilidad del total oscurecimiento del habitáculo durante la prueba y aislamiento del ruido exterior (Figura 9).

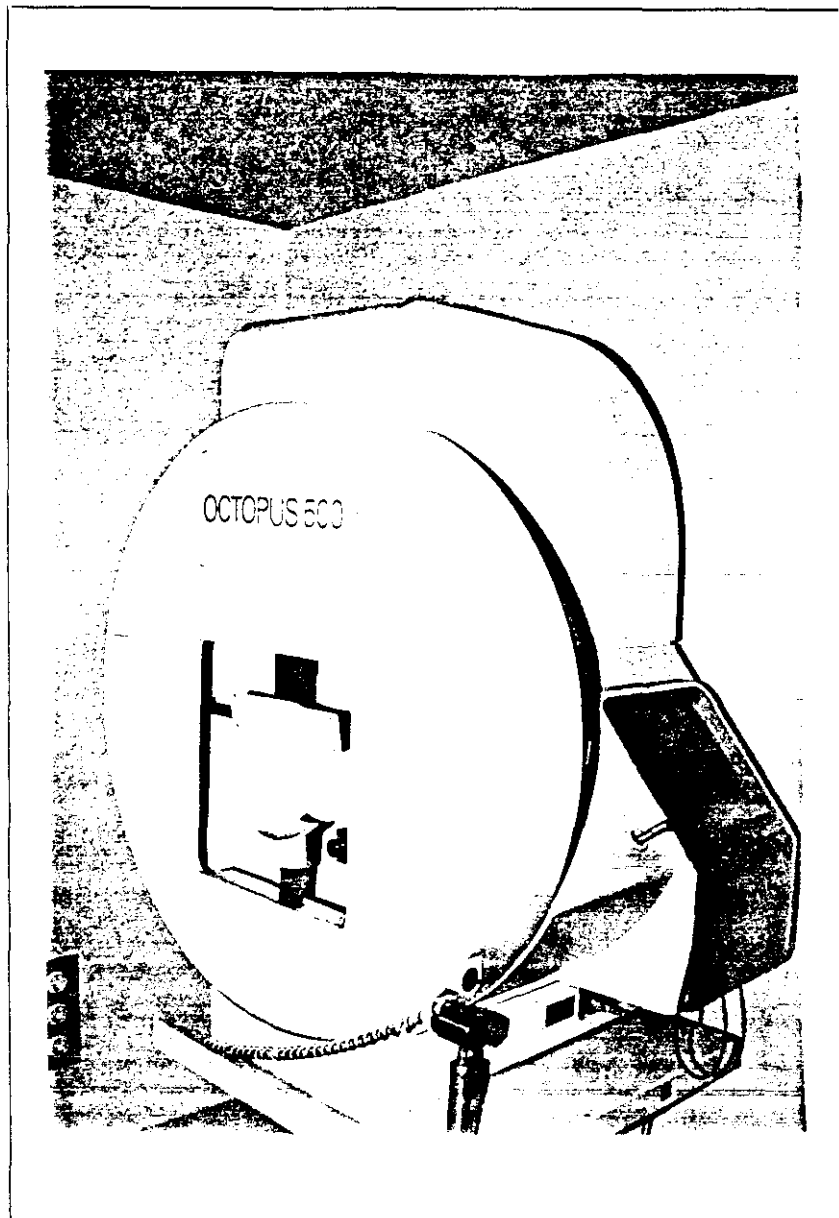


Fig.9. Octopus 500.

El paciente recibe las instrucciones precisas y se coloca en el campímetro comodamente sentado. Mientras tanto, se consigue el estado de adaptación luminoso adecuado. Se ocluye el

ojo no estudiado y se le insta a apoyar la barbilla sobre la mentonera.

El paciente es instruído acerca del momento en el que debe pulsar, esto es cuando observe algún otro estímulo luminoso que no sea el punto de fijación (donde debe mantener fija la mirada durante toda la exploración y donde se le informa que también se presentan estímulos). Se le explica el significado de los falsos positivos y negativos y se le aconseja que avise o parpadee si en algún momento se encuentra cansado, para detener la exploración momentáneamente. Se descartan los pacientes con dificultades para la fijación y los C.V. que presenten más de un 10 % de falsos positivos o negativos.

En caso de existir ametropías se utiliza la montura de prueba del campímetro o la lente de contacto, si el paciente la posee.

Se realiza en todos los casos la campimetría aplicando el programa 36 de Octopus. Este programa se ha elegido por presentar las siguientes características (Figura 10):

- Malla regular de 76 puntos en los 30 grados centrales del C.V.
- Resolución espacial entre estímulos de 6 grados.
- Estrategia de umbral relativo rápida (doble cruce).
- Tamaño del estímulo: III de Goldmann.
- Tiempo de exposición del estímulo: 0,1 segundos.
- Tiempo de exploración entre 10-12 minutos.
- Gráficos: tabla de valores de sensibilidad luminosa diferencial (SLD) en dB, tabla comparativa de la SLD actual con valores normales, gráfica de grises.

Los datos que proporciona la tabla de valores actuales de SLD son los elegidos para realizar los estudios estadísticos ya que son los valores reales de sensibilidad.

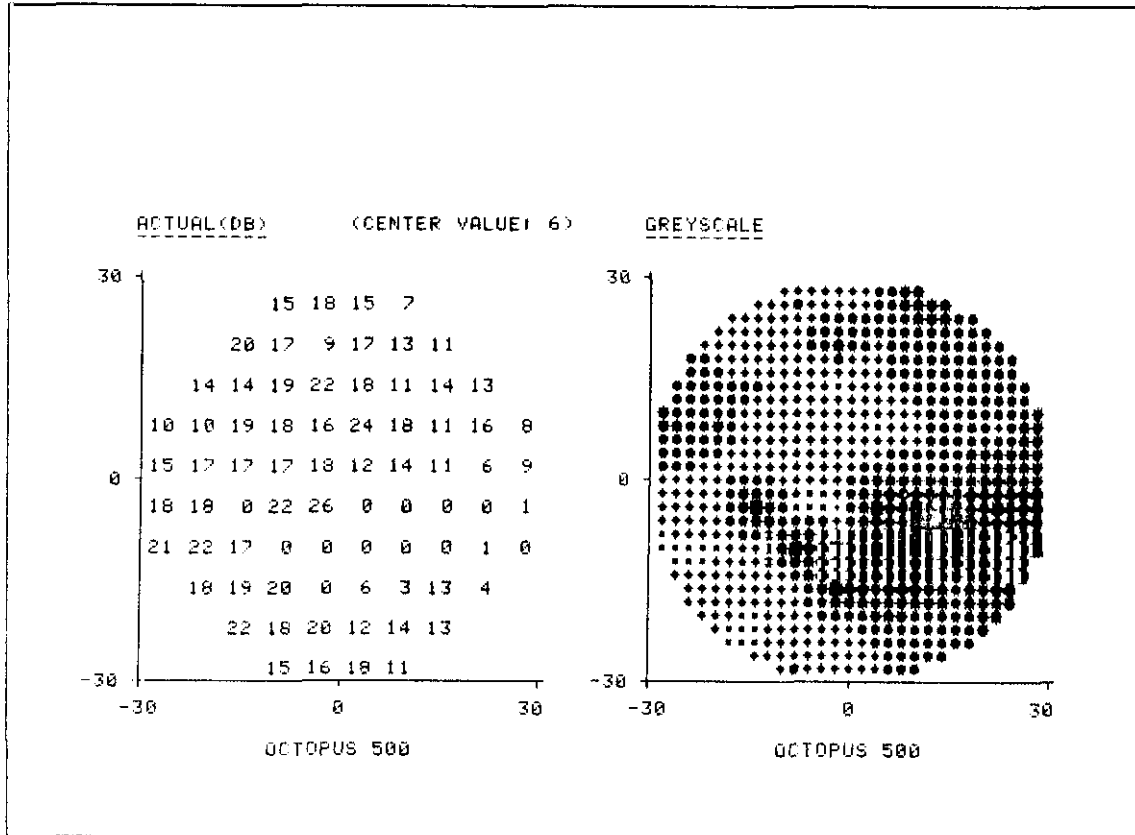


Fig.10. Programa de umbral relativo 36 de Octopus.

Todos los pacientes con diagnóstico de sospecha de glaucoma o con glaucoma manifiesto ya tienen experiencia previa en la realización de campimetría automática. Se realiza con este programa tanto la perimetría standard como la cromática, alternando el orden de realización de las mismas para evitar en lo posible el efecto aprendizaje^{61,183}. El tiempo de exploración no varía, ya sea perimetría standard o cromática.

Para realizar la perimetría cromática se ha adoptado el método descrito por González de la Rosa y Mesa Moreno¹⁴⁸, que consiste en adaptar un filtro coloreado a una montura de gafas.

Para alcanzar una idéntica cromaticidad tanto para el estímulo como para el fondo, se adapta a una montura de gafas un filtro cromático de absorción: el Wratten Kodak nº 58. Se ha elegido la perimetría cromática en verde, que es la aconsejada por los autores para la investigación de los defectos campimétricos en el glaucoma.

La montura utilizada para la realización de este trabajo fue diseñada de forma pantoscópica, para evitar que afectara al campo visual. El filtro es intercalado entre dos cristales transparentes para proporcionar cierta rigidez, facilitar la limpieza y evitar artefactos que pudieran interferir en sus características físicas (Figura 11).



Fig.11. Montura de gafas con filtro verde.

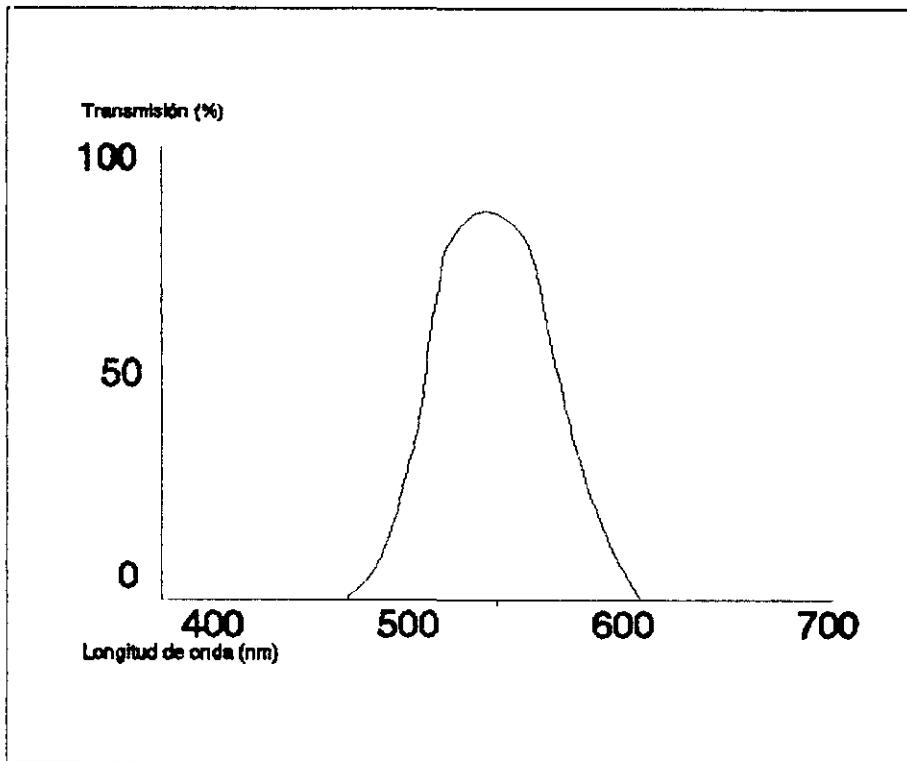


Fig.12. Curva de Transmisión del filtro verde.¹⁴⁸

González de la Rosa y colaboradores miden la transmisión del filtro coloreado por medio de un fotodiodo de respuesta igual a la curva de eficacia del ojo humano, y encuentran que la transmisión es del 36,5 % (figura 12).

3) TRATAMIENTO ESTADISTICO.

A) Tratamiento estadístico del C.V.

Una vez recogidos los C.V. correspondientes a cada paciente (realizados con y sin gafa verde), se introducen los valores de la sensibilidad luminosa diferencial de cada uno de los 76 puntos en una matriz de datos diseñada en un programa estadístico de ordenador. Con el fin de obtener un orden constante, los puntos del C.V. se numeran por filas y de arriba a abajo comenzando por el extremo temporal tanto en ojo derecho como en

ojo izquierdo. Por ejemplo, el punto 41 en los dos ojos es el punto donde, estadísticamente, se localiza más frecuentemente la mancha ciega. Los resultados se ofrecen escalonados en cuatro niveles:

A.1. Valores medios de sensibilidad en cada punto. Este apartado se subdivide en otros cuatro:

A.1.1. **Valores medios y desviaciones típicas de la sensibilidad (SLD), punto por punto, en los distintos grupos y con cada uno de los diferentes métodos campimétricos. Es decir:**

- Población normal con campimetría standard.
- Población normal con campimetría cromática.
- Sospechas de GAA con campimetría standard.
- Sospechas de GAA con campimetría cromática.
- GAA con campimetría standard.
- GAA con campimetría cromática.

A.1.2. **Medias y desviaciones típicas de las diferencias de SLD detectadas en cada paciente entre la campimetría normal y la cromática en cada una de las muestras. Es decir:**

- Diferencia campimetría standard-cromática en la población normal.
- Diferencia campimetría standard-cromática en las sospechas de GAA.
- Diferencia campimetría standard-cromática en los GAA.

A.1.3. **Medias y desviaciones típicas de las diferencias de SLD entre las muestras obtenidas con el mismo método campimétrico.** Este apartado incluye:

- Diferencia entre población normal y sospechas de GAA (con campimetría standard).
- Diferencia entre población normal y sospechas de GAA (campimetría cromática).
- Diferencia entre población normal y GAA (con campimetría standard).
- Diferencia entre población normal y GAA (campimetría cromática).

A.1.4. **Medias y desviaciones típicas de las diferencias de SLD entre muestras diferentes, exploradas con métodos diferentes.**

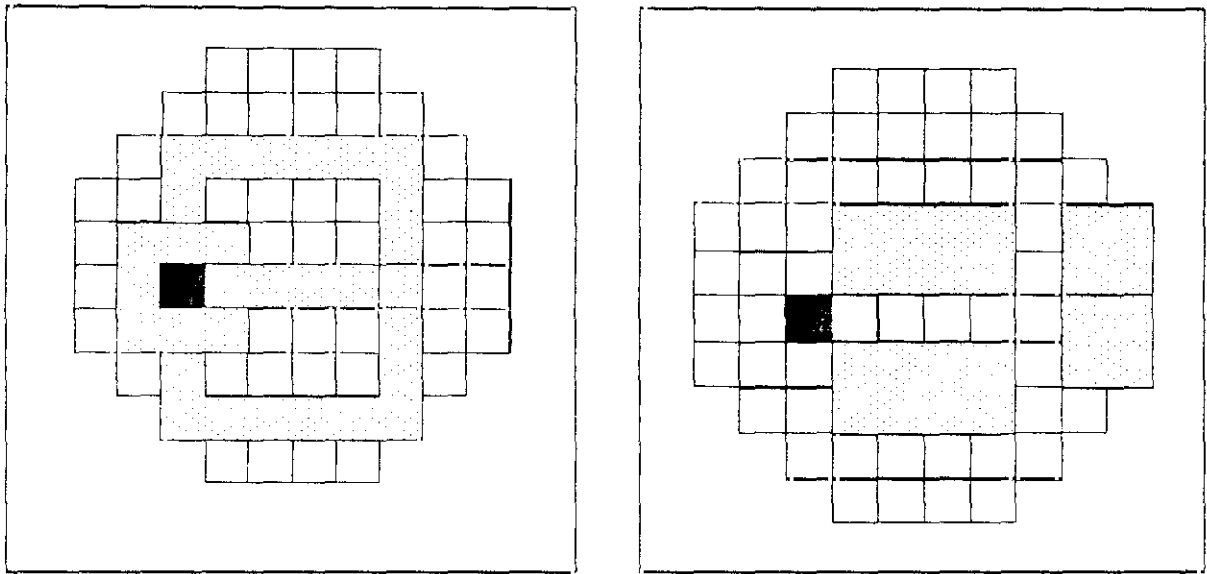
- Diferencia población normal (standard) y sospechas de GAA (cromática).
- Diferencia población normal (standard) y GAA (cromática).

A.2. **Valores medios de la sensibilidad luminosa diferencial de determinadas áreas del CV.**

Definimos previamente ocho áreas en el C.V., que son (Figura 13):

- 1.- Area de Bjerrum superior: Puntos 22, 23, 24, 25, 32,33-,34 y 35.
- 2.- Area de Bjerrum inferior: Puntos 52, 53, 54, 55, 61,62,63 y 64.
- 3.- Area Nasal superior: Puntos 27, 28, 37 y 38.

- 4.- Area Nasal inferior: Puntos 61, 62, 63 y 64.
- 5.- Area Paracecal: Puntos 30, 31, 32, 40, 42, 50, 51 y 52.
- 6.- Area Central: Puntos 42, 43, 44 y 45.
- 7.- Zona superior: Puntos 12, 13, 14, 15, 16, 17, 21, 26, 31, 36 y 46.
- 8.- Zona inferior: Puntos 46, 51, 56, 60, 65, 67, 68, 69, 70, 71 y 72.



Area paracecal, central, inferior y superior.

Áreas nasales y Bjerrum superior e inferior.

Figura.13.

Las áreas seleccionadas son similares a las definidas por Wirthshafter y O'Brien ^{156,209}. En todos los pacientes y en cada una de éstas áreas se obtiene la sensibilidad media (SM), tanto en campimetría standard como cromática. Los valores obtenidos con una y otra técnica en una muestra dada se comparan entre sí mediante un método de análisis de la varianza (ANOVA).

Estos valores se obtienen igualmente para cada uno de los grupos en el caso de que se encuentren escotomas progresivamente

crecientes. Estos escotomas se miden en desviaciones típicas (σ) con respecto a la población normal.

Por ejemplo: En el área de Bjerrum superior, la media de sensibilidad de todos sus puntos en población normal es de $204 \pm 17,8$ dB. Un escotoma de 1σ corresponde a una sensibilidad de 186 dB. y entre los GAA, 32 casos tienen sensibilidades medias iguales o inferiores a esa cifra. Para estos 32 casos, la media encontrada en campimetría standard es de 149,3 dB y campimetría con gafa verde es de 129,3 dB. La diferencia es de 20 dB y existe una diferencia estadísticamente significativa para $p < 0,05$. Existen 21 casos con escotomas iguales o mayores de 2σ , (168 dB), para los cuales se realiza la misma operación y así sucesivamente.

A.3. Estudio de puntos seleccionados del C.V. en pacientes con GAA dependiendo de la profundidad del escotoma.

Se trata de la misma técnica del apartado anterior, pero referida a puntos y no a áreas del C.V. Se han seleccionado los dos puntos de cada área que mostraban un menor SDL con respecto a la población normal. Estos han sido el 13, 16, 23, 28, 31, 34, 37, 44, 45, 47, 50, 57, 60, 62, 64 y el 69.

A.4. Estudio de la frecuencia relativa de la afectación de los puntos del C.V. en el GAA y en sospechas de glaucoma.

En este apartado se investiga el número de pacientes que muestran un defecto dado (de más de 5 ó de 10 dB) en cada uno de los puntos del C.V. Se realiza en población con GAA y en sospechas de glaucoma, con campimetría standard y cromática.

Así por ejemplo, el punto que más frecuentemente se afecta en el GAA estudiado con campimetría standard es el punto 36, que muestra defectos mayores de 5 dB en 26 de los pacientes estudiados. Le sigue el 31, que está afectado en 25 pacientes y así sucesivamente.

Para evitar en lo posible la influencia de los párpados y de las lentes correctoras, se han excluido del estudio los puntos de la fila superior.

B) Estudio del color y relación con el C.V. y otros parámetros del GAA.

Se consigna en cada grupo (población normal, GAA y sospechas) el número de errores para cada una de las cuatro cajas, así como la suma del total de errores. En cada caso se estudia si existe correlación del número de errores con la edad (sea lineal o no). Se investigan si existen diferencias estadísticamente significativas entre las muestras utilizando el método del análisis de varianza.

Se utiliza un método de correlación múltiple para investigar si existe relación entre alguno de estos parámetros entre sí en cada una de las muestras:

- 1.- Edad.
- 2.- Sexo.
- 3.- Sensibilidad media CV normal.
- 4.- Sensibilidad media CV con gafa verde.
- 5.- Sensibilidad media Bjerrum superior CV normal.
- 6.- Sensibilidad media Bjerrum superior (gafa verde).
- 7.- Sensibilidad media Bjerrum inferior CV normal.
- 8.- Sensibilidad media Bjerrum inferior (gafa verde).

- 9.- Sensibilidad media central CV normal.
- 10.- Sensibilidad media central (gafa verde).
- 11.- Nº errores caja 1.
- 12.- Nº errores caja 2.
- 13.- Nº errores caja 3.
- 14.- Nº errores caja 4.
- 15.- Nº errores total.
- 16.- PIO tomada el día de la prueba.
- 17.- Índice excavación-papila.

IV. RESULTADOS

En función del tratamiento estadístico realizado se expresan los resultados obtenidos en las tres poblaciones agrupados según la técnica de estudio.

1) VALORES MEDIOS DE SENBILIDAD LUMINOSA DIFERENCIAL EN CADA PUNTO DEL C.V.:

A) Valores medios de SDL, punto por punto, en cada población y con cada método campimétrico:

A.1. Población normal con campimetría standard.

Pto.	dB.	Pto.	dB.	Pto.	dB.	Pto.	dB.
1	17.2	21	23	41	2.1	61	24.1
2	17.9	22	22.9	42	26.6	62	25.3
3	18.7	23	24.5	43	27.7	63	24.7
4	18.5	24	25.8	44	27.7	64	24.4
5	20.2	25	24.9	45	26.9	65	24.3
6	21	26	23.2	46	26	66	21.8
7	20.4	27	22.9	47	24.1	67	24.2
8	21.7	28	20.8	48	21.6	68	25
9	21.8	29	23.3	49	23.4	69	24.6
10	19.7	30	23.8	50	24.1	70	24.1
11	22.2	31	20.2	51	23	71	23.3
12	22.2	32	25.5	52	25.7	72	22.2
13	23.3	33	26.6	53	26.7	73	23.5
14	22.3	34	27.2	54	26.2	74	22.9
15	23.2	35	26.6	55	26.3	75	22.7
16	22.7	36	25.2	56	24.7	76	22.2
17	22.9	37	23.1	57	24.1		
18	20.9	38	21.7	58	21.7		
19	22.1	39	24	59	23.5		
20	22.5	40	23.7	60	25		

TABLA I

A.2. Pacientes con GAA y campimetría standard.

Pto.	dB.	Pto.	dB.	Pto.	dB.	Pto.	dB.
1	13.8	21	19.7	41	1.7	61	21.2
2	13.8	22	19.3	42	23.6	62	21.4
3	14.3	23	20.5	43	25	63	21.1
4	13.9	24	20.7	44	23.7	64	21
5	15.9	25	21.7	45	23.1	65	20.6
6	17.5	26	18.9	46	21.1	66	17.8
7	17	27	18.4	47	19.7	67	21.7
8	17.6	28	16.3	48	16.6	68	22.3
9	18	29	21.1	49	21	69	22.1
10	15.1	30	21	50	21.6	70	21.6
11	18.1	31	14.8	51	19.9	71	20.5
12	19.2	32	22.1	52	21.7	72	19.5
13	18.2	33	23.2	53	22	73	21.3
14	17.5	34	22.9	54	21.9	74	21
15	18.8	35	20.5	55	21.6	75	19.4
16	19	36	20.3	56	19.8	76	19.3
17	19.1	37	18.3	57	19.7		
18	15.8	38	16.3	58	16.4		
19	19.8	39	21.4	59	21.3		
20	20.1	40	21.3	60	22.8		

TABLA II

A.3. Pacientes sospechas de GAA con campimetría standard.

Pto.	dB.	Pto.	dB.	Pto.	dB.	Pto.	dB.
1	19.1	21	23	41	4.4	61	24.6
2	18.4	22	23.9	42	26.3	62	25.1
3	19	23	24.5	43	27.2	63	24.5
4	19.2	24	25.5	44	27.4	64	24.4
5	21.1	25	24.8	45	26.6	65	23.7
6	21.7	26	23.6	46	25.8	66	21.7
7	21	27	22.7	47	23.5	67	23.7
8	21.7	28	20.6	48	21.7	68	24.6
9	21.8	29	23.6	49	22.9	69	24.5
10	20.6	30	23.6	50	23.7	70	24.3
11	22.1	31	20.1	51	23.9	71	22.8
12	22.4	32	25.5	52	25.7	72	22
13	22.9	33	26.5	53	26.6	73	23.6
14	23.1	34	27.2	54	25.7	74	22.7
15	23.4	35	26.4	55	25.7	75	22.6
16	23.2	36	25.2	56	24.7	76	21.8
17	22.8	37	23.5	57	23.6		
18	21.5	38	21.7	58	21.5		
19	22.6	39	23.6	59	23.7		
20	22.8	40	23.9	60	24.6		

TABLA III

A.4. Población normal con campimetría cromática.

Pto.	dB.	Pto.	dB.	Pto.	dB.	Pto.	dB.
1	14.6	21	20.2	41	0.8	61	22
2	16.1	22	19.6	42	22.9	62	21.7
3	16.4	23	21.8	43	23.7	63	22.5
4	13.8	24	22.1	44	23.7	64	21.8
5	17.4	25	22.3	45	23.7	65	22.6
6	18.7	26	20.7	46	23.5	66	20.8
7	17.7	27	20.8	47	21.4	67	22.4
8	19.4	28	18.3	48	19.2	68	22.8
9	19	29	20	49	22	69	22.1
10	18	30	21	50	21.9	70	22.1
11	19.1	31	17.7	51	20.4	71	21.1
12	20.4	32	22.6	52	23.5	72	21
13	19.9	33	23.2	53	23.9	73	20.6
14	18.8	34	23.3	54	22.8	74	21.4
15	20.5	35	23	55	24.2	75	20.5
16	19.8	36	22.6	56	22	76	20.7
17	20.7	37	20.7	57	21		
18	18.7	38	19.2	58	19.4		
19	19.2	39	22	59	21		
20	20.9	40	21	60	23.3		

TABLA IV

A.5. Pacientes con GAA y campimetría cromática.

Pto.	dB.	Pto.	dB.	Pto.	dB.	Pto.	dB.
1	12.3	21	16.7	41	1.3	61	19.6
2	12.4	22	17.1	42	20.7	62	19.5
3	13.1	23	17.2	43	22.1	63	19.1
4	11.4	24	18.6	44	21.2	64	19
5	14.1	25	19.1	45	20.4	65	18.9
6	13.6	26	17.1	46	19.7	66	16.2
7	15.3	27	15.5	47	17.7	67	20
8	16.2	28	12.8	48	15.2	68	20.4
9	15	29	18.1	49	18.9	69	20.1
10	13.2	30	19.1	50	19.7	70	20
11	15.5	31	13	51	17.5	71	18.9
12	17.1	32	19.5	52	19.5	72	18.5
13	16.1	33	20.6	53	19.9	73	19
14	16	34	19.4	54	20.6	74	18.6
15	17.7	35	18.8	55	20.1	75	18.2
16	17.1	36	18	56	18.3	76	18.2
17	16.8	37	15.2	57	17.5		
18	13.7	38	13.8	58	14.4		
19	17	39	19.1	59	19.3		
20	17.2	40	18	60	20.8		

TABLA V

A.6. Pacientes sospechosos de GAA con campimetría cromática.

Pto.	dB.	Pto.	dB.	Pto.	dB.	Pto.	dB.
1	16.3	21	20.1	41	2.8	61	22.3
2	16.1	22	21.1	42	23.6	62	22.9
3	16.8	23	22.2	43	24.1	63	22.5
4	17.2	24	22.7	44	24.3	64	22.4
5	17.8	25	22.5	45	24.4	65	22.2
6	19.1	26	21.4	46	23.9	66	20.5
7	19.1	27	21.1	47	22	67	22.3
8	19.6	28	19.2	48	20	68	22.7
9	19.8	29	21.5	49	21.5	69	22.7
10	20	30	21.7	50	22.5	70	22.4
11	19.3	31	16.8	51	21	71	21.8
12	20.2	32	23	52	23.3	72	21.3
13	20.6	33	23.6	53	24.2	73	21.7
14	19.8	34	23.7	54	24	74	21.5
15	21.5	35	23.4	55	24.1	75	20.8
16	21	36	22.9	56	22.6	76	20.6
17	21	37	21.1	57	21.8		
18	19	38	19.8	58	19.7		
19	19.7	39	21.9	59	22.3		
20	21	40	21.3	60	23.2		

TABLA VI

B) Medias de las diferencias de SLD detectadas, en cada paciente, entre la campimetría standard y cromática en cada una de las poblaciones.

B.1. Media de las diferencias de SLD entre campimetría standard y campimetría cromática en población normal.

Pto.	dB.	Pto.	dB.	Pto.	dB.	Pto.	dB.
1	2.5	21	2.9	41	1.2	61	2
2	1.8	22	3.2	42	3.6	62	3.5
3	1.7	23	2.7	43	3.9	63	2.2
4	1.9	24	3.6	44	3.8	64	2.5
5	2.7	25	2.5	45	3.1	65	1.7
6	2.3	26	2.5	46	2.6	66	1
7	2.7	27	2	47	2.7	67	1.8
8	2.3	28	2.5	48	2.4	68	2.2
9	2.9	29	3.3	49	1.3	69	2.5
10	1.7	30	2.7	50	2.3	70	1.8
11	3.1	31	2.5	51	2.7	71	2.1
12	1.7	32	2.8	52	2.2	72	1.2
13	3.4	33	3.4	53	2.7	73	2.9
14	3.6	34	3.9	54	3.3	74	1.4
15	2.5	35	3.5	55	1.9	75	2
16	2.9	36	2.6	56	2.6	76	1.4
17	2.2	37	2.4	57	3.1		
18	2.2	38	2.4	58	2.3		
19	2.9	39	1.9	59	2.4		
20	1.5	40	2.8	60	1.5		

TABLA VII

B.2. Media de las diferencias de SLD entre campimetría standard y campimetría cromática en los pacientes con GAA.

Pto.	dB.	Pto.	dB.	Pto.	dB.	Pto.	dB.
1	1.5	21	3	41	0.3	61	1.6
2	1.3	22	2.2	42	2.9	62	2
3	1.2	23	3.3	43	2.9	63	2.2
4	2.6	24	2.1	44	2.4	64	2.1
5	1.7	25	2.5	45	2.6	65	1.8
6	1.8	26	1.8	46	1.6	66	1.7
7	1.6	27	2.8	47	2.1	67	1.9
8	1.3	28	3.5	48	1.5	68	2
9	2.9	29	3	49	2.1	69	2.1
10	1.8	30	1.8	50	1.9	70	1.6
11	2.5	31	1.7	51	2.6	71	1.7
12	2.1	32	2.7	52	2.3	72	1.1
13	2	33	2.5	53	2.2	73	2.4
14	1.4	34	3.4	54	1.4	74	2.5
15	1.1	35	1.6	55	1.6	75	1.2
16	3.2	36	2.2	56	1.7	76	1.2
17	2.3	37	3	57	2.4		
18	2.1	38	2.4	58	2.1		
19	2.8	39	2.2	59	2.1		
20	2.9	40	3.3	60	2.1		

TABLA VIII

B.3. Media de las diferencias de SLD entre campimetría standard y campimetría cromática en población sospechosa de GAA.

Pto.	dB.	Pto.	dB.	Pto.	dB.	Pto.	dB.
1	2.7	21	2.8	41	1.5	61	2.2
2	2.3	22	2.7	42	2.7	62	2.1
3	2.2	23	2.3	43	3	63	2
4	1.9	24	2.7	44	3	64	1.9
5	3.2	25	2.2	45	2.2	65	1.4
6	2.5	26	2.1	46	1.9	66	1.2
7	1.9	27	1.6	47	1.5	67	1.3
8	2.1	28	1.3	48	1.8	68	1.8
9	2	29	2	49	1.3	69	1.8
10	1.7	30	1.9	50	1.1	70	1.2
11	2.8	31	3.3	51	2.8	71	0.9
12	2.2	32	2.5	52	2.2	72	0.7
13	2.2	33	2.9	53	2.3	73	1.8
14	3.2	34	3.5	54	1.6	74	1.2
15	1.9	35	2.9	55	1.5	75	1.8
16	2.1	36	2.3	56	2	76	1
17	1.8	37	2.4	57	1.7		
18	2.5	38	1.9	58	1.7		
19	2.9	39	1.7	59	1.4		
20	1.9	40	2.5	60	1.4		

TABLA IX

C) Medias de las diferencias de SLD, entre las diferentes poblaciones, obtenidas con el mismo método campimétrico.

C.1. Diferencia entre población normal y sospechosos de GAA con campimetría standard.

Pto.	dB.	Pto.	dB.	Pto.	dB.	Pto.	dB.
1	- 2.1	21	0	41	-2.3	61	-0.5
2	-0.5	22	-1	42	0.3	62	0.2
3	-0.3	23	0	43	0.5	63	0.2
4	-0.7	24	0.3	44	-0.2	64	0
5	-0.9	25	0.1	45	0.3	65	0.6
6	-0.7	26	-0.4	46	0.2	66	0.1
7	-0.6	27	0.2	47	0.6	67	0.5
8	0	28	0.2	48	0.1	68	0.4
9	0	29	-0.3	49	0.5	69	0.1
10	-0.9	30	0.2	50	0.4	70	-0.2
11	0.1	31	0.1	51	-0.9	71	0.5
12	-0.2	32	0	52	0	72	0.2
13	0.4	33	0.1	53	0.1	73	-0.1
14	-0.8	34	0	54	0.5	74	0.2
15	-0.2	35	0.2	55	0.6	75	0.1
16	-0.5	36	0	56	0	76	0.4
17	0.1	37	-0.4	57	0.5		
18	-0.6	38	0	58	0.2		
19	-1.5	39	0.4	59	-0.2		
20	-0.3	40	-0.2	60	0.4		

TABLA X

C.2. Diferencia entre población normal y sospechosos de GAA con campimetría cromática.

Pto.	dB.	Pto.	dB.	Pto.	dB.	Pto.	dB.
1	-1.7	21	-0.1	41	2	61	-0.8
2	0	22	-1.5	42	-0.7	62	-1.2
3	-0.4	23	-0.4	43	-0.4	63	0
4	-4.6	24	-0.6	44	-0.6	64	-0.6
5	-0.4	25	-0.2	45	-0.7	65	0.4
6	-1.6	26	-0.7	46	-0.4	66	0.3
7	-1.4	27	-0.3	47	-0.6	67	0.1
8	-0.2	28	-0.9	48	-0.8	68	-0.1
9	-0.8	29	-1.5	49	0.5	69	-0.6
10	-2	30	-0.7	50	-0.6	70	-0.3
11	-0.2	31	-1.1	51	-0.6	71	-0.7
12	-0.2	32	-0.4	52	0	72	-0.3
13	-0.7	33	-0.3	53	-0.3	73	-1.1
14	-1	34	-0.4	54	-1.2	74	-0.1
15	-1	35	-0.4	55	0.1	75	-0.3
16	-1.2	36	-0.3	56	-0.6	76	0.1
17	-0.3	37	-0.4	57	-0.8		
18	-0.3	38	-0.6	58	-0.3		
19	-0.5	39	-0.1	59	-1.3		
20	-0.1	40	-0.3	60	0.1		

TABLA XI

C.3. Diferencia entre población normal y población con GAA con campimetría standard.

Pto.	dB.	Pto.	dB.	Pto.	dB.	Pto.	dB.
1	3.4	21	3.3	41	0.4	61	2.9
2	4.1	22	3.6	42	3	62	3.9
3	4.4	23	4	43	2.7	63	3.6
4	4.6	24	5.1	44	4	64	3.4
5	4.3	25	2.2	45	3.8	65	3.7
6	4.5	26	4.3	46	4.9	66	4
7	3.4	27	4.5	47	4.4	67	2.5
8	4.1	28	4.5	48	5	68	2.7
9	3.8	29	2.2	49	2.4	69	2.5
10	3.6	30	2.8	50	2.5	70	2.5
11	4.1	31	5.4	51	2.5	71	2.8
12	3	32	3.4	52	4	72	2.7
13	5.1	33	3.4	53	4.7	73	2.2
14	4.8	34	4.3	54	4.3	74	1.9
15	4.4	35	6.1	55	4.7	75	3.3
16	3.7	36	4.9	56	4.9	76	2.9
17	3.8	37	4.8	57	4.4		
18	5.1	38	5.4	58	5.3		
19	2.3	39	2.6	59	2.2		
20	1.6	40	2.4	60	2.2		

TABLA XII

C.4. Diferencia entre población normal y población con GAA con campimetría cromática.

Pto.	dB.	Pto.	dB.	Pto.	dB.	Pto.	dB.
1	2.3	21	3.5	41	-0.5	61	2.4
2	3.7	22	2.5	42	2.2	62	2.2
3	3.3	23	4.6	43	1.6	63	3.4
4	2.4	24	3.5	44	2.5	64	2.8
5	3.3	25	3.2	45	3.3	65	2.7
6	5.1	26	3.6	46	3.8	66	4.6
7	2.4	27	5.3	47	3.7	67	2.4
8	3.2	28	5.5	48	4	68	2.4
9	4	29	1.9	49	3.1	69	2
10	4.8	30	1.9	50	2.2	70	2.1
11	3.6	31	4.7	51	2.9	71	2.2
12	3.3	32	3.1	52	4	72	2.5
13	3.8	33	2.6	53	4	73	1.6
14	2.8	34	3.9	54	2.2	74	2.8
15	2.8	35	3.2	55	4.1	75	2.3
16	2.7	36	4.6	56	3.7	76	2.5
17	3.9	37	5.5	57	3.5		
18	5	38	5.4	58	5		
19	2.2	39	2.9	59	1.7		
20	3.7	40	3	60	2.5		

TABLA XIII

D) Medias de las diferencias de SLD entre las distintas poblaciones exploradas con métodos campimétricos diferentes.

D.1. Diferencia entre población normal (campimetría standard) y sospechosos de GAA (campimetría cromática).

Pto.	dB.	Pto.	dB.	Pto.	dB.	Pto.	dB.
1	1.9	21	2.9	41	-0.8	61	1.8
2	1.8	22	1.8	42	3	62	2.4
3	1.9	23	2.3	43	3.6	63	2.2
4	1.3	24	3.1	44	2.9	64	2
5	2.4	25	2.4	45	2.5	65	2.1
6	1.9	26	1.8	46	2.1	66	1.3
7	1.3	27	1.8	47	2.1	67	1.9
8	1.9	28	1.6	48	1.6	68	2.3
9	2	29	1.8	49	1.9	69	1.9
10	0.3	30	2.1	50	1.6	70	1.7
11	1.9	31	3.4	51	2	71	1.5
12	2	32	2.5	52	2.2	72	0.9
13	2.7	33	3	53	2.5	73	1.8
14	2.5	34	3.5	54	2.2	74	1.4
15	1.7	35	3.2	55	2.2	75	1.9
16	1.7	36	2.3	56	2.1	76	1.8
17	1.9	37	2	57	2.3		
18	1	38	1.9	58	2		
19	2.4	39	2.1	59	1.2		
20	1.5	40	2.4	60	1.8		

TABLA XIV

D.2. Diferencia entre población normal (campimetría standard) y población con GAA (campimetría cromática).

Pto.	dB.	Pto.	dB.	Pto.	dB.	Pto.	dB.
1	12.1	21	16.6	41	1.4	61	19.7
2	12.3	22	17	42	20.7	62	19.3
3	13	23	17.1	43	22	63	19
4	11.4	24	18.5	44	21.1	64	18.7
5	14	25	19.1	45	20.5	65	18.7
6	15.5	26	17	46	19.4	66	16.1
7	15.2	27	15.3	47	17.4	67	19.7
8	16.2	28	12.6	48	14.9	68	20.3
9	14.8	29	17.9	49	18.7	69	20
10	13.2	30	19	50	19.5	70	20
11	15.5	31	13	51	17.3	71	18.8
12	17	32	19.2	52	19.3	72	18.4
13	16	33	20.7	53	19.7	73	18.7
14	15.9	34	19.2	54	20.4	74	18.4
15	17.6	35	18.7	55	19.7	75	18.2
16	17.1	36	17.9	56	17.9	76	18
17	16.7	37	15	57	17.2		
18	13.6	38	13.7	58	14.2		
19	16.9	39	19	59	19.1		
20	17.1	40	18	60	20.6		

TABLA XV

2) VALORES MEDIOS DE SLD DE DETERMINADAS AREAS DEL C.V. EN LOS TRES GRUPOS DE POBLACION.

Se calcula la sensibilidad media (SM) de cada área predefinida C.V. tanto con campimetría standard como con campimetría en verde. Los valores obtenidos con una y otra técnica, en cada población, se comparan entre sí mediante un método ANOVA de análisis de la varianza. En caso de que se encuentren escotomas progresivamente crecientes, éstos se miden en desviaciones típicas (σ).

A) Area de Bjerrum Superior.

Nº σ	C.Blanco	C.Verde	Casos	Dif.Blanco/Verde
POBLACION NORMAL				
0 σ	204.3	178	55	p < 0.001
0.5 σ	178.1	149	12	p < 0.01
1 σ	166.5	140	6	p < 0.01
GLAUCOMAS				
0 σ	171.2	150	56	p < 0.01
0.5 σ	158.9	138.9	42	p < 0.01
1 σ	149.3	129.3	32	p < 0.05
1.5 σ	138.5	121.1	24	p < 0.1
2 σ	133.4	114.7	21	p < 0.1
2.5 σ	121.2	107.8	15	N.S.
3 σ	109.1	97.5	11	N.S.
SOSPECHAS DE GLAUCOMAS				
0 σ	204.9	182	107	p < 0.001
0.5 σ	184.9	166.7	18	p < 0.001
1 σ	177.5	162.1	8	p < 0.05

TABLA XVI

B) Area de Bjerrum Inferior.

Nº σ	C.Blanco	C.Verde	Casos	Dif.Blanco/Verde
POBLACION NORMAL				
0 σ	203.6	182.7	35	p < 0.001
0.5 σ	184.2	164.4	14	p < 0.001
1 σ	179.9	156.2	9	p < 0.01
1.5 σ	176	153.2	5	p < 0.05
GLAUCOMAS				
0 σ	172.1	156.2	56	p < 0.05
0.5 σ	160	145.5	40	p < 0.1
1 σ	154.7	141	34	N.S.
1.5 σ	144.6	130.4	25	N.S.
2 σ	132	118.9	18	N.S.
2.5 σ	121.1	103.7	14	N.S.
3 σ	104.7	92.7	10	N.S.
SOSPECHAS DE GLAUCOMA				
0 σ	202.4	186.1	107	p < 0.001
0.5 σ	186.2	173.1	22	p < 0.001
1 σ	179.5	164.2	9	p < 0.01
1.5 σ	173	159.2	4	p < 0.1

TABLA XVII

C) Area Superior.

No σ	C.Blanco	C.Verde	Casos	Dif.Blanco/Verde
POBLACION NORMAL				
0 σ	254.7	225	55	p < 0.001
0.5 σ	222.6	179.1	15	p < 0.001
1 σ	211.5	169.6	8	p < 0.001
1.5 σ	203.6	162	5	p < 0.05
GLAUCOMAS				
0 σ	207.1	185.5	56	p < 0.05
0.5 σ	191	172.7	43	p < 0.05
1 σ	181.1	164.4	35	p < 0.1
1.5 σ	164.9	148.7	25	N.S.
2 σ	147.4	139.9	18	N.S.
2.5 σ	141.3	135.9	16	N.S.
3 σ	127	119.3	12	N.S.
SOSPECHAS DE GLAUCOMA				
0 σ	256	229.6	107	p < 0.001
0.5 σ	229.8	205.2	17	p < 0.001
1 σ	217	187	4	p < 0.01

TABLA XVIII

D) Area Inferior.

Nº σ	C.Blanco	C.Verde	Casos	Dif.Blanco/Verde
POBLACION NORMAL				
0 σ	266.9	243.6	55	p < 0.001
0.5 σ	245.2	219.3	15	p < 0.001
1 σ	239.6	214.3	8	p < 0.01
GLAUCOMAS				
0 σ	232.4	211.8	56	p < 0.001
0.5 σ	222.9	201.3	44	p < 0.01
1 σ	214.8	194.2	34	p < 0.01
1.5 σ	207.1	189.3	27	p < 0.05
2 σ	197.5	181	20	p < 0.1
2.5 σ	192.4	175.1	17	p < 0.1
3 σ	185.5	162	13	p < 0.05
3.5 σ	171.6	155.6	8	N.S.
SOSPECHAS DE GLAUCOMA				
0 σ	264.8	246.6	107	p < 0.001
0.5 σ	246	228.4	23	p < 0.001
1 σ	241.7	223.2	14	p < 0.001

TABLA XIX

E) Area Nasal Superior.

No σ	C. Blanco	C. Verde	Casos	Dif. Blanco/Verde
POBLACION NORMAL				
0 σ	88.6	84	55	p < 0.05
0.5 σ	74.5	65.6	11	p < 0.05
1 σ	70.5	61.4	7	p < 0.05
1.5 σ	66.2	58.5	4	N.S.
GLAUCOMAS				
0 σ	69.4	63	56	N.S.
0.5 σ	57.8	50.4	35	N.S.
1 σ	46.8	40.3	24	N.S.
1.5 σ	40.9	34.5	20	N.S.
2 σ	35.1	29	17	N.S.
2.5 σ	33.1	26.6	16	N.S.
3 σ	31.2	24.6	15	N.S.
SOSPECHAS DE GLAUCOMA				
0 σ	88.8	85.8	107	p < 0.001
0.5 σ	80.5	77.7	17	p < 0.1

TABLA XX

F) Area Nasal Inferior.

Nº σ	C. Blanco	C. Verde	Casos	Dif. Blanco/Verde
POBLACION NORMAL				
0 σ	91.7	81.2	55	P < 0.001
0.5 σ	79	60.2	10	P < 0.001
1 σ	73.6	51.6	5	P < 0.01
GLAUCOMAS				
0 σ	72.5	64.1	56	P < 0.05
0.5 σ	65.5	56.8	41	P < 0.1
1 σ	60.3	51.6	32	P < 0.1
1.5 σ	51.6	47.3	22	N.S.
2 σ	42.6	39.9	16	N.S.
2.5 σ	38.6	35.2	14	N.S.
3 σ	30.6	23.8	11	N.S.
SOSPECHAS DE GLAUCOMA				
0 σ	90.3	83.5	107	p < 0.001
0.5 σ	81.6	75.7	19	p < 0.01
1 σ	76	67.4	5	p < 0.1

TABLA XXI

G) Area Paracecal.

Nº σ	C.Blanco	C.Verde	Casos	Dif.Blanco/Verde
POBLACION NORMAL				
0 σ	195.1	172.1	55	p < 0.001
0.5 σ	173.2	148.3	18	p < 0.001
1 σ	165	138.2	9	p < 0.001
1.5 σ	163	137.1	7	p < 0.001
GLAUCOMAS				
0 σ	167.9	148	56	p < 0.001
0.5 σ	158.7	139.4	42	p < 0.001
1 σ	151.6	136.2	32	p < 0.01
1.5 σ	145.7	131.9	25	p < 0.05
2 σ	137.2	123.8	17	p < 0.1
2.5 σ	127.5	112.3	11	p < 0.1
3 σ	120.5	106.2	8	p < 0.1
SOSPECHAS DE GLAUCOMA				
0 σ	197.3	176.4	107	p < 0.001
0.5 σ	176.8	160.5	19	p < 0.01
1 σ	167	148.1	7	p < 0.05

TABLA XXII

H) Area Central.

No σ	C.Blanco	C.Verde	Casos	Dif.Blanco/Verde
POBLACION NORMAL				
0 σ	109	94	55	p < 0.001
0.5 σ	97.7	82.3	12	p < 0.001
1 σ	91.8	81.2	5	p < 0.05
1.5 σ	89.7	78.7	4	p < 0.01
GLAUCOMAS				
0 σ	95.5	84.6	56	p < 0.001
0.5 σ	89.7	79.4	39	p < 0.001
1 σ	86.5	78.2	31	p < 0.05
1.5 σ	83.1	75.7	24	p < 0.05
2 σ	77.2	71.5	16	N.S.
2.5 σ	76.4	70.5	15	N.S.
3 σ	67.3	63.3	8	N.S.
SOSPECHAS DE GLAUCOMA				
0 σ	107.6	111.1	107	p < 0.001
0.5 σ	99.2	90	26	P < 0.001
1 σ	95.1	68.1	11	p < 0.001
1.5 σ	91.8	85.4	5	p < 0.1

TABLA XXIII

3) PACIENTES CON GLAUCOMA: AREAS LOCALIZADAS CON MENOR SLD RESPECTO A LA POBLACION NORMAL.

Siguiendo la misma técnica de comparación de las SM en cada área, se han seleccionado dos puntos de cada área: los que presentan un mayor defecto con respecto a la población normal.

A) Area de Bjerrum superior: puntos 23 y 34.

A.1. Punto 23:

Nº σ	dB	Dif.blanco/verde	Casos
0 σ	< 24.5	3.1 \pm 3.9	42
0.5 σ	< 23.1	3.2 \pm 4.1	33
1 σ	< 21.8	2.4 \pm 5.5	16
1.5 σ	< 20.4	2.06 \pm 5.5	15
2 σ	< 19.1	1.5 \pm 5.5	13
2.5 σ	< 17.7	2 \pm 6	9
3 σ	< 16.4	0.75 \pm 5	8
3.5 σ	< 15	0.57 \pm 5	7
4 σ	< 13.7	0.57 \pm 5	7
4.5 σ	< 12.3	0.57 \pm 5	7
5 σ	< 11	-1.3 \pm 2.1	6
5.5 σ	< 9.65	-1.3 \pm 2.1	6
6 σ	< 8.3	-1.6 \pm 2.3	5
6.5 σ	< 6.9	-1.6 \pm 2.3	5
7 σ	< 5.6	-1.6 \pm 2.3	5
Todos		3.3 \pm 3.6	56

TABLA XXIV

A.2. Punto 34:

Nº σ	dB	Dif.blanco/verde	Casos
Todos		3.4 ± 3.5	56
0 σ	< 27.2	3.2 ± 3.9	44
0.5 σ	< 25.8	2.5 ± 4	28
1 σ	< 24.4	2.4 ± 4.2	23
1.5 σ	< 23	2.3 ± 4.3	22
2 σ	< 21.6	2.4 ± 4.9	14
2.5 σ	< 20.2	1.1 ± 3.5	10
3 σ	< 18.8	0.42 ± 3.9	7
3.5 σ	< 17.4	0.2 ± 3.1	5
4 σ	< 16	0.2 ± 3.1	5
4.5 σ	< 14.6	0.2 ± 3.1	5
5 σ	< 13.2	0.2 ± 3.1	5
5.5 σ	< 11.8	-1 ± 4	4
6 σ	< 10.4	-1 ± 2	4
6.5 σ	< 9	-1 ± 2	4
7 σ	< 7.6	-1 ± 2	4
7.5 σ	< 6.2	-1 ± 2	4

TABLA XXV

B) Area de Bjerrum inferior: puntos 64 y 62.

B.1. Punto 64:

No σ	dB	Dif.blanco/verde	Casos
Todos		2.14 ± 4.2	56
0 σ	< 24.4	2.04 ± 4.4	45
0.5 σ	< 23.2	1.9 ± 4.8	37
1 σ	< 22	1.95 ± 6.2	21
1.5 σ	< 20.8	2.1 ± 6.9	16
2 σ	< 19.6	1 ± 6.5	12
2.5 σ	< 18.4	0.5 ± 6.6	11
3 σ	< 17.2	$- 0.66 \pm 7.4$	4
3.5 σ	< 16	$- 1.75 \pm 7$	4
4 σ	< 14.8	$- 1.75 \pm 7$	4
4.5 σ	< 13.6	$- 1.75 \pm 7$	4
5 σ	< 12.4	$- 1.75 \pm 7$	4

TABLA XXVI

B.2. Punto 62:

Nº σ	dB	Dif.blanco/verde	Casos
Todos		2 ± 4.8	56
0 σ	< 25.3	1.3 ± 5.1	42
0.5 σ	< 24	0.75 ± 5.6	33
1 σ	< 22.7	0.39 ± 5.9	28
1.5 σ	< 21.4	0.5 ± 6.2	22
2 σ	< 20.1	$- 0.73 \pm 7.05$	15
2.5 σ	< 18.8	$- 3.8 \pm 5.3$	8
3 σ	< 17.5	$- 4.2 \pm 5.6$	7
3.5 σ	< 16.2	$- 4.2 \pm 5.6$	7
4 σ	< 14.9	$- 6.6 \pm 4.9$	5
4.5 σ	< 13.6	$- 7.2 \pm 5.5$	4
5 σ	< 12.3	$- 7.25 \pm 5.5$	4

TABLA XXVII

C) Area superior: puntos 16 y 13.

C.1. Punto 16.

No σ	dB	Dif.blanco/verde	Casos
Todos		3.2 ± 6.7	56
0 σ	< 22.7	3.1 ± 7.7	41
0.5 σ	< 21.1	0.6 ± 7	28
1 σ	< 19.5	$- 0.33 \pm 7.6$	21
1.5 σ	< 17.9	$- 1.57 \pm 8.3$	14
2 σ	< 16.3	$- 1.57 \pm 8.3$	14
2.5 σ	< 14.7	$- 5.25 \pm 8$	8
3 σ	< 13.1	$- 5.7 \pm 8.5$	7
3.5 σ	< 11.5	$- 5.8 \pm 10$	5
4 σ	< 9.9	$- 5.8 \pm 10$	5
4.5 σ	< 8.3	$- 5.8 \pm 10$	5
5 σ	< 6.7	0	3

TABLA XXVIII

C.2. Punto 13:

No σ	dB	Dif.blanco/verde	Casos
Todos		2.07 ± 4.8	56
0 σ	< 23.3	1.8 ± 5.1	45
0.5 σ	< 21.9	1.02 ± 5.1	35
1 σ	< 20.5	0.48 ± 5.4	27
1.5 σ	< 19.1	$- 0.08 \pm 5.4$	23
2 σ	< 17.7	$- 1.06 \pm 5.9$	15
2.5 σ	< 16.3	$- 1.76 \pm 5.9$	13
3 σ	< 14.9	$- 2.08 \pm 6$	12
3.5 σ	< 13.4	$- 2.6 \pm 6.5$	10
4 σ	< 12	$- 3.5 \pm 6.5$	8
4.5 σ	< 10.6	$- 3.5 \pm 6.5$	8
5 σ	< 9.2	$- 3.7 \pm 7$	7

TABLA XXIX

D.2. Punto 69.

No σ	dB	Dif.blanco/verde	Casos
Todos		2.1 ± 3.8	56
0 σ	< 24.6	1.8 ± 3.9	42
0.5 σ	< 23.5	1.3 ± 4	35
1 σ	< 22.4	0.32 ± 4	25
1.5 σ	< 21.3	0.05 ± 4.8	17
2 σ	< 20.2	$- 0.33 \pm 5.5$	12
2.5 σ	< 19.1	$- 1 \pm 6.8$	8
3 σ	< 18	$- 6.3 \pm 5.7$	3
3.5 σ	< 17.9	$- 6.3 \pm 5.7$	3

TABLA XXXI

E) Area nasal superior: puntos 28 y 37.

E.1. Punto 28.

No σ	dB	Dif. blanco/verde	Casos
Todos		3.5 ± 4.9	56
0 σ	< 20.8	3.8 ± 5.3	40
0.5 σ	< 19.5	3.4 ± 5.6	31
1 σ	< 18.2	2.15 ± 3.9	20
1.5 σ	< 16.9	2.2 ± 4.2	17
2 σ	< 15.6	2.2 ± 4.2	17
2.5 σ	< 14.3	1.1 ± 2.5	15
3 σ	< 13	1.25 ± 2.7	12
3.5 σ	< 11.7	0.4 ± 1.1	9
4 σ	< 10.4	0.4 ± 1.1	9
4.5 σ	< 9.1	0.4 ± 1.1	9
5 σ	< 7.8	0.4 ± 1.1	9
5.5 σ	< 6.5	0.37 ± 1.1	8
6 σ	< 5.2	0.37 ± 1.1	8
6.5 σ	< 3.9	0.66 ± 1.2	6
7 σ	< 2.6	0	4

TABLA XXXII

E.2. Punto 37.

Nº σ	dB	Dif.blanco/verde	Casos
Todos		3.08 ± 4.4	56
0 σ	< 23.1	3.2 ± 4.7	43
0.5 σ	< 21.75	3 ± 4.2	27
1 σ	< 20.3	3.85 ± 4.4	20
1.5 σ	< 18.95	4.17 ± 4.7	17
2 σ	< 17.6	4.17 ± 4.7	17
2.5 σ	< 16.25	3.9 ± 4.7	16
3 σ	< 14.8	3.1 ± 4.3	12
3.5 σ	< 13.45	3.4 ± 4.4	11
4 σ	< 12.1	3.4 ± 4.4	11
4.5 σ	< 10.75	1.1 ± 2.2	8
5 σ	< 9.4	1.1 ± 2.2	8
5.5 σ	< 8.15	0.4 ± 1.2	7
6 σ	< 6.7	0 ± 0.6	6
6.5 σ	< 3.35	0 ± 0.6	6
7 σ	< 4	0 ± 0.6	6

TABLA XXXIII

F) Area nasal inferior: puntos 47 y 57.

F.1. Punto 47.

Nº σ	dB	Dif.blanco/verde	Casos
Todos		2.1 ± 5.2	56
0 σ	< 24.1	2 ± 5.3	54
0.5 σ	< 23.05	2.2 ± 6.1	40
1 σ	< 22	0.22 ± 5	22
1.5 σ	< 20.95	0.11 ± 5.6	17
2 σ	< 19.9	0.13 ± 5.9	15
2.5 σ	< 18.85	0.13 ± 5.9	15
3 σ	< 17.8	0.69 ± 6.1	13
3.5 σ	< 16.75	0.8 ± 5.9	10
4 σ	< 15.7	0.8 ± 6.5	8
4.5 σ	< 14.65	0.8 ± 6.5	8
5 σ	< 13.6	0.8 ± 6.5	8
5.5 σ	< 12.55	0.8 ± 6.5	8
6 σ	< 11.5	0.85 ± 7.1	7

TABLA XXXIV

F.2. Punto 57.

No σ	dB	Dif.blanco/verde	Casos
Total		2.4 ± 4.6	56
0 σ	< 24.1	2.4 ± 4.6	55
0.5 σ	< 23.25	2.3 ± 5.2	40
1 σ	< 22.4	1.7 ± 5.8	28
1.5 σ	< 21.55	0.7 ± 6.3	19
2 σ	< 20.7	$- 0.2 \pm 7$	14
2.5 σ	< 19.85	$- 0.6 \pm 7$	13
3 σ	< 18	$- 1.9 \pm 6$	10
3.5 σ	< 17.15	$- 1.9 \pm 6$	10
4 σ	< 16.3	$- 1.9 \pm 6$	10
4.5 σ	< 15.45	$- 1.9 \pm 6$	10
5 σ	< 14.6	$- 1.9 \pm 6$	10

TABLA XXXV

G.2. Punto 31.

No σ	dB	Dif.blanco/verde	Casos
Total		1.7 ± 6.1	56
0 σ	< 20.2	0.3 ± 6	43
0.5 σ	< 17.4	$- 0.1 \pm 6$	34
1 σ	< 14.6	$- 0.8 \pm 7$	24
1.5 σ	< 11.8	$- 2.8 \pm 8$	14
2 σ	< 9	$- 3.9 \pm 7$	11
2.5 σ	< 6.2	$- 5 \pm 7$	10
3 σ	< 3.3	$- 7 \pm 6$	7
3.5 σ	< 0.5	0	2

TABLA XXXVII

G) Area pericecal: puntos 50 y 31.

G.1. Punto 50.

Nº σ	dB	Dif. blanco/verde	Casos
Total		1.9 ± 3.1	56
0 σ	< 24.1	1.9 ± 3.1	54
0.5 σ	< 23.2	1.6 ± 3.2	40
1 σ	< 22.4	1 ± 2.9	30
1.5 σ	< 21.5	$- 0.11 \pm 2.1$	17
2 σ	< 20.7	$- 0.33 \pm 2.4$	12
2.5 σ	< 19.8	$- 3 \pm 2.5$	11
3 σ	< 18	-1 ± 1.5	6
3.5 σ	< 17.1	-1 ± 1.5	6
4 σ	< 16.3	$- 1.5 \pm 1.7$	4
4.5 σ	< 15.4	$- 1.5 \pm 1.7$	4
5 σ	< 14.6	$- 1.5 \pm 1.7$	4

TABLA XXXVI

H) Area Central: puntos 44 y 45.

H.1. Punto 44.

No σ	dB	Dif.blanco/verde	Casos
Total		2.4 \pm 3.6	56
0 σ	< 27.7	1.8 \pm 3.9	42
0.5 σ	< 26.5	1.7 \pm 3.9	38
1 σ	< 25.3	0.6 \pm 3.5	29
1.5 σ	< 24.1	- 0.1 \pm 3.2	24
2 σ	< 22.9	- 0.4 \pm 3.3	19
2.5 σ	< 21.7	- 0.7 \pm 4.3	10
3 σ	< 20.5	- 1 \pm 4.6	8
3.5 σ	< 19.3	- 1 \pm 6.8	4

TABLA XXXVIII

H.2. Punto 45.

No σ	dB	Dif. blanco/verde	Casos
Total		2.6 ± 2.8	56
0 σ	< 26.9	2.2 ± 2.9	41
0.5 σ	< 25.9	2.1 ± 2.4	29
1 σ	< 24.9	1 ± 1.9	21
1.5 σ	< 23.9	1 ± 2	16
2 σ	< 22.9	1 ± 2	16
2.5 σ	< 21.9	1.3 ± 1.9	13
3 σ	< 20.9	0.8 ± 1.8	10
3.5 σ	< 19.9	1.1 ± 1.7	7
4 σ	< 18.9	1.1 ± 1.7	7
4.5 σ	< 17.9	0.8 ± 1.7	6
5 σ	< 16.9	$- 0.25 \pm 0.5$	4

TABLA XXXIX

4) ESTUDIO DE LA FRECUENCIA RELATIVA DE AFECTACION DE LOS PUNTOS DEL C.V.

Se investiga el número de pacientes que muestran un defecto relativo (mayores de 5 dB o mayores de 10 dB si los hay) en cada uno de los puntos del C.V. Se realiza en los grupos de sospechas y de glaucomas y con los dos métodos campimétricos.

A) Glaucomas con campimetría standard.

A.1. Defectos relativos superiores a 5 dB:

TABLA XL

Pto.	casos	Pto.	casos	Pto.	casos	Pto.	casos
1	19	21	12	41	M.C.	61	15
2	23	22	16	42	13	62	15
3	23	23	13	43	9	63	11
4	24	24	21	44	19	64	12
5	21	25	13	45	13	65	13
6	15	26	20	46	12	66	15
7	18	27	16	47	15	67	9
8	13	28	17	48	18	68	7
9	13	29	11	49	9	69	8
10	22	30	12	50	11	70	11
11	17	31	25	51	10	71	11
12	14	32	16	52	14	72	9
13	22	33	8	53	13	73	11
14	23	34	21	54	15	74	5
15	18	35	26	55	16	75	18
16	14	36	18	56	13	76	13
17	12	37	17	57	13		
18	19	38	18	58	20		
19	10	39	13	59	13		
20	8	40	10	60	9		

A.2. Defectos relativos superiores a 10 dB:

TABLA XLI

Pto.	casos	Pto.	casos	Pto.	casos	Pto.	casos
1	9	21	4	41	M.C.	61	4
2	13	22	4	42	3	62	6
3	11	23	7	43	3	63	6
4	8	24	8	44	3	64	4
5	10	25	7	45	4	65	6
6	6	26	11	46	8	66	9
7	6	27	10	47	8	67	3
8	10	28	9	48	11	68	3
9	6	29	3	49	3	69	3
10	9	30	3	50	4	70	3
11	6	31	13	51	5	71	5
12	4	32	4	52	5	72	4
13	10	33	4	53	6	73	3
14	12	34	5	54	6	74	3
15	11	35	9	55	7	75	5
16	15	36	11	56	10	76	3
17	16	37	11	57	10		
18	11	38	10	58	13		
19	5	39	3	59	3		
20	5	40	3	60	3		

B) Glaucomas con campimetría cromática.

B.1. Defectos relativos superiores a 5 dB:

TABLA XLII

Pto.	casos	Pto.	casos	Pto.	casos	Pto.	casos
1	13	21	17	41	M.C.	61	13
2	24	22	15	42	8	62	9
3	17	23	18	43	13	63	14
4	15	24	15	44	9	64	11
5	18	25	17	45	12	65	15
6	17	26	17	46	14	66	18
7	14	27	20	47	16	67	14
8	20	28	22	48	17	68	10
9	21	29	8	49	14	69	3
10	23	30	12	50	11	70	14
11	26	31	19	51	13	71	13
12	22	32	16	52	21	72	15
13	19	33	10	53	14	73	11
14	14	34	16	54	10	74	14
15	14	35	13	55	20	75	11
16	19	36	16	56	11	76	14
17	17	37	21	57	14		
18	24	38	24	58	26		
19	18	39	13	59	6		
20	16	40	14	60	14		

B.2. Defectos relativos superiores a 10 dB:

TABLA XLIII

Pto.	casos	Pto.	casos	Pto.	casos	Pto.	casos
1	7	21	6	41	M.C.	61	1
2	10	22	4	42	1	62	2
3	8	23	9	43	1	63	7
4	7	24	9	44	2	64	6
5	6	25	6	45	4	65	5
6	8	26	9	46	8	66	11
7	4	27	13	47	11	67	1
8	6	28	17	48	14	68	1
9	8	29	2	49	4	69	2
10	8	30	3	50	0	70	4
11	6	31	10	51	4	71	6
12	4	32	4	52	6	72	3
13	6	33	3	53	6	73	5
14	5	34	7	54	6	74	5
15	4	35	13	55	5	75	6
16	7	36	16	56	8	76	3
17	10	37	15	57	7		
18	10	38	15	58	13		
19	4	39	2	59	2		
20	7	40	3	60	1		

C) Sospechas de GAA con campimetría standard.

C.1. Defectos relativos superiores de 5 dB:

TABLA XLIV

Pto.	casos	Pto.	casos	Pto.	casos	Pto.	casos
1	5	21	2	41	M.C.	61	2
2	7	22	1	42	4	62	4
3	10	23	2	43	6	63	1
4	5	24	1	44	7	64	4
5	4	25	1	45	0	65	3
6	1	26	0	46	0	66	7
7	5	27	0	47	2	67	0
8	1	28	2	48	2	68	1
9	0	29	2	49	0	69	0
10	3	30	1	50	1	70	1
11	5	31	17	51	0	71	2
12	4	32	2	52	0	72	0
13	4	33	2	53	3	73	0
14	3	34	4	54	3	74	1
15	1	35	2	55	3	75	1
16	1	36	3	56	0	76	0
17	1	37	1	57	1		
18	1	38	0	58	2		
19	4	39	2	59	0		
20	1	40	5	60	1		

D) Sospechas de GAA con campimetría cromática.

D.1. Defectos relativos superiores a 5 dB:

TABLA XLV

Pto.	casos	Pto.	casos	Pto.	casos	Pto.	casos
1	10	21	10	41	M.C.	61	6
2	17	22	3	42	2	62	1
3	10	23	4	43	0	63	3
4	5	24	6	44	0	64	3
5	11	25	2	45	1	65	7
6	8	26	1	46	1	66	5
7	3	27	6	47	0	67	5
8	12	28	6	48	11	68	4
9	7	29	5	49	6	69	6
10	2	30	2	50	4	70	5
11	10	31	14	51	7	71	7
12	12	32	4	52	3	72	2
13	8	33	5	53	2	73	1
14	11	34	3	54	0	74	2
15	1	35	0	55	5	75	4
16	5	36	4	56	2	76	5
17	7	37	7	57	3		
18	7	38	10	58	9		
19	12	39	6	59	0		
20	3	40	5	60	8		

4) VISION CROMATICA Y GLAUCOMA.

A) Test de discriminación cromática Farnsworth-Munsell 100 hue.

Realizado el test de visión cromática en las tres muestras de población, en cada una de ellas se consigna el número total de errores del test y los errores cometidos en cada caja del test. Con relación a la edad, se ha buscado si existe una correlación estadística (relación lineal), en cada una de las muestras. Las diferencias entre las muestras se han investigado utilizando el método de análisis de la varianza (ANOVA).

A.1. Visión cromática en la población normal.

A.1.1. Errores de la primera caja:

Nº total: $40,16 \pm 16.3$

Con relación a la edad, existe una correlación estadísticamente significativa con el nº de errores cometidos con un aumento de 0.68 errores por año ($r= 0.58$) ($p < 0.01$).

A.1.2. Errores de la segunda caja:

Nº total: 50.6 ± 18.3

Correlación con la edad de 0.72 errores por año ($r= 0.54$) ($p < 0.01$).

A.1.3. Errores de la tercera caja:

Nº total: 58.1 ± 22.2

Correlación con la edad de 0.71 errores por año ($r= 0.44$) ($p < 0.01$).

A.1.4. Errores de la cuarta caja:

Nº total: 44.1 ± 16

Correlación con la edad de 0.54 errores por año (r= 0.47)
(p < 0.01).

A.1.5. Errores totales del test F-M 100 hue:

Nº total: 193 ± 62.5

Correlación con la edad de 2.66 errores por año (r= 0.58)
(p < 0.01).

A.2. Visión cromática en los sospechas de glaucoma.

No existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores obtenidos en la población normal y los obtenidos en el grupo de sospechas de GAA.

A.2.1. Errores de la primera caja:

Nº total: 38.1 ± 15.5

Correlación con la edad de 0.49 errores por año (r= 0.38)
(p < 0.01).

A.2.2. Errores de la segunda caja:

Nº total: 46.4 ± 17.7

Correlación con la edad de 0.48 errores por año (r= 0.32)
(p < 0.01).

A.2.3. Errores de la tercera caja:

Nº total: 56.8 ± 23.4

Correlación con la edad de 0.83 errores por año (r= 0.42)
(p < 0.01).

A.2.4. Errores de la cuarta caja:

Nº total: 44.5 ± 13.3

Correlación con la edad de 0.46 errores por año (r= 0.41)

(p< 0.01).

A.2.5. Errores totales del test F-M 100 hue:

Nº total: 186 ± 59.7

Correlación con la edad de 2.2 errores por año (r= 0.45)

(p< 0.01).

A.3. Visión cromática en los glaucomas.

No existe correlación entre visión cromática y edad en este grupo de población.

A.3.1. Errores de la primera caja:

Nº total: 56.5 ± 32.1

Corrigiendo los valores obtenidos en la población normal en

función de la edad (N: 48.4), existe una diferencia estadística
mente significativa entre los resultados de las dos poblaciones
con p< 0.05.

A.3.2. Errores de la segunda caja:

Nº total: 67.5 ± 36.2

Existe una diferencia estadísticamente significativa entre
población normal (corregida para la edad: N= 59.3) y glaucomas
con p< 0.05.

A.3.3. Errores de la tercera caja:

Nº total: 81.9 ± 36.2

Existe una diferencia estadísticamente significativa entre glaucomas y la población normal (corregida para la edad: $N=66.7$) con $p < 0.01$.

A.3.4. Errores de la cuarta caja:

Nº total: 61 ± 30.1

Existe una diferencia estadísticamente significativa entre glaucomas y población normal (corregida para la edad: $N=50.6$) con $p < 0.01$.

A.3.5. Errores totales del test F-M 100 hue:

Nº total: 267 ± 120

Existe también una diferencia estadísticamente significativa entre glaucomas y normales (corregidos para la edad $N=225.4$) con $p < 0.01$.

B) Visión cromática y campo visual.

Siguiendo un método de correlación múltiple se investiga, en cada población, si existe relación entre el número de errores obtenidos en el test de Farnsworth y las diferentes áreas del C.V. realizado con método standard y con campimetría verde. En todos los grupos se encuentra relación directamente proporcional entre los resultados de las diferentes cajas e inversamente proporcional entre el número de errores y las áreas del C.V.

B.1. Población normal.

B.1.1. Caja 1:

El número de errores cometidos en esta caja por la población normal está relacionado estadísticamente con el C.V. en las siguientes áreas:

- * C.V. total standard: $p < 0.01$ y $r = - 0.46$.
- * C.V. total verde: $p < 0.05$ y $r = - 0.31$.
- * Central standard: $p < 0.01$ y $r = - 0.47$.
- * Bjerrum Sup. stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.48$.
- * Bjerrum Sup. verde : $p < 0.05$ y $r = - 0.26$.
- * Bjerrum Inf. stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.41$.

B.1.2. Caja 2:

Relacionada con el C.V. en las siguientes áreas:

- * C.V. total stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.41$.
- * Central stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.4$.
- * Bjerrum sup. stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.38$.
- * Bjerrum inf. stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.41$.

B.1.3. Caja 3:

Relacionada con el C.V. en las siguientes áreas:

- * C.V. total stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.43$.
- * C.V. total verde: $p < 0.05$ y $r = - 0.32$.
- * Central stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.41$.
- * Bjerrum sup. stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.41$.
- * Bjerrum inf. stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.41$.

B.1.4. Caja 4:

Relacionada con el C.V. en las siguientes áreas:

- * C.V. total stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.39$.
- * C.V. total verde: $p < 0.05$ y $r = - 0.33$.
- * Central stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.34$.
- * Bjerrum sup. stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.36$.
- * Bjerrum inf. stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.36$.
- * Bjerrum inf. verde: $p < 0.05$ y $r = - 0.27$.

B.1.5. Total de errores del test Farnsworth:

La suma total de errores de las cuatro cajas se relaciona con el C.V. en las siguientes áreas:

- * C.V. total stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.49$.
- * C.V. total verde: $p < 0.01$ y $r = - 0.35$.
- * Central stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.48$.
- * Bjerrum sup. stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.48$.
- * Bjerrum inf. stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.47$.
- * Bjerrum inf. verde: $p < 0.05$ y $r = - 0.27$.

B.2. Sospechas de glaucoma.

B.2.1. Caja 1:

Relación con el C.V. en las siguientes áreas:

- * C.V. total stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.28$.
- * Central stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.24$.
- * Bjerrum sup. stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.29$.

B.2.2. Caja 2:

Relación con el C.V. en la siguientes áreas:

- * C.V. total stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.3$.
- * Central stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.23$.
- * Bjerrum sup. stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.26$.
- * Bjerrum inf. stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.19$.

B.2.3. Caja 3:

Relación con el C.V. en las siguientes áreas:

- * C.V. total stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.32$.
- * Central stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.28$.
- * Bjerrum sup. stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.31$.
- * Bjerrum inf. stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.24$.

B.2.4. Caja 4:

Relación con el C.V. en las siguientes áreas:

- * C.V. total stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.33$.
- * Central stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.30$.
- * Bjerrum sup. stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.34$.
- * Bjerrum inf. stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.30$.

B.2.5. Total de errores del test de Farnsworth:

Relación entre el total de errores de las cuatro cajas y el C.V. en las siguientes áreas:

- * C.V. total stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.37$.
- * Central stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.31$.
- * Bjerrum sup. stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.35$.
- * Bjerrum inf. stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.27$.

B.3. Población con glaucoma.

B.3.1. Caja 1:

Existe relación entre esta caja y el C.V. en la áreas:

* C.V. total blanco: $p < 0.05$ y $r = - 0.27$.

* Bjerrum sup. stand: $p < 0.05$ y $r = - 0.27$.

* Bjerrum sup. verde: $p < 0.05$ y $r = - 0.28$.

B.3.2. Caja 2:

Existe relación con las siguientes áreas del C.V.:

* C.V. total stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.34$.

* C.V. total verde: $p < 0.01$ y $r = - 0.37$.

* Central stand: $p < 0.05$ y $r = - 0.31$.

* Bjerrum sup. stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.49$.

* Bjerrum sup. verde: $p < 0.01$ y $r = - 0.50$.

B.3.3. Caja 3:

Existe relación con las siguientes áreas del C.V.:

* C.V. total stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.34$.

* Bjerrum sup. stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.36$.

* Bjerrum sup. verde: $p < 0.01$ y $r = - 0.37$.

B.3.4. Caja 4:

Existe relación con las siguientes áreas del C.V.:

* C.V. total stand: $p < 0.05$ y $r = - 0.32$.

* C.V. total verde: $p < 0.05$ y $r = - 0.29$.

* Bjerrum sup. verde: $p < 0.05$ y $r = - 0.27$.

B.3.5. Total de errores del test de Farnsworth:

Existe relación entre los errores totales y las siguientes

áreas del C.V.:

* C.V. total stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.40$.

* C.V. total verde: $p < 0.05$ y $r = - 0.31$.

* Bjerrum sup. stand: $p < 0.01$ y $r = - 0.39$.

* Bjerrum sup. verde: $p < 0.01$ y $r = - 0.41$.

En las tres poblaciones y mediante un método de correlación múltiple, se ha investigado si existe relación entre el campo visual (estudiado con los dos métodos campimétricos, y dividido en áreas), la visión cromática (nº de errores cometido en cada caja y nº de errores totales) y una serie de variables obtenidas de la exploración clínica: sexo, PIO e índice excavación-papila. No existe relación estadísticamente significativa entre el campo visual-visión cromática y estos tres factores en ninguna de las tres poblaciones.

V. DISCUSSION.

1) PERIMETRIA CROMATICA. SELECCION DE LA TECNICA.

Desde los trabajos histopatológicos de Quigley, confirmados con las modernas técnicas de evaluación de la capa de fibras nerviosas (CFN) y del nervio óptico, se sabe que en el glaucoma existe una disminución en la densidad de fibras nerviosas que afecta a la totalidad del nervio óptico ¹⁶⁶⁻¹⁶⁸. Este daño nervioso se puede manifestar clínicamente de dos formas. La forma más específica de glaucoma es el daño localizado: morfológicamente se aprecian cambios en los polos del anillo neuroretiniano y defectos en cuña en la CFN, y funcionalmente cambios típicos en el C.V. como escotoma arciforme y escalón nasal. Pacientes con diagnóstico de GAA y con este tipo de daño pueden mostrar resultados normales en otro tipo de tests psicofísicos ^{6,33,34,50,52,68}

Por otro lado se encuentra una forma de daño nervioso difuso que se manifiesta morfológicamente con alteraciones del N.O. (aumento concéntrico de la excavación y adelgazamiento del reborde neuroretiniano ⁵), y funcionalmente con depresión difusa de la sensibilidad luminosa diferencial, alteraciones en la visión del color, en la sensibilidad espacio-temporal al contraste o las respuestas pupilares aferentes ^{7,9,64}. Esta manifestación de daño difuso aunque puede ser el signo más precoz de enfermedad no es, por el contrario, específica del glaucoma ya que existe una superposición de los resultados de la población glaucomatosa con los de población normal.

La campimetría cromática, que asocia la determinación del umbral diferencial a la luz con la visión del color, forma parte del conjunto de tests psicofísicos que se están desarrollando en la actualidad con el propósito de permitir un diagnóstico de

glaucoma lo más específico y precoz posible. Esta técnica consiste en la determinación cuantitativa de la extensión y profundidad del campo visual utilizando estímulos coloreados. Pese a que su desarrollo ha ido unido al de la perimetría convencional, la falta de normalización de las condiciones de examen y la falta de reproductibilidad de los resultados, han hecho que esta técnica no se haya aceptado como procedimiento efectivo en la detección y diagnóstico de alteraciones visuales ¹⁸⁵.

Gonzalez de la Rosa y Mesa Moreno presentan, en 1985, un nuevo método con el fin de introducir la perimetría cromática como una posibilidad exploratoria adicional en los campímetros automáticos ¹⁴⁸. Como técnica que asocia perimetría estática y cromática, estudia el umbral luminoso cromático diferencial en cada punto del campo visual, es decir, el estímulo luminoso mínimo que puede ser distinguido al ser proyectado sobre un fondo uniformemente iluminado.

La ley de Weber-Fechner se cumple para el umbral luminoso cromático diferencial siempre que la composición espectral del estímulo y el fondo sea idéntica. Esta última condición se cumple colocando un filtro cromático (gafas coloreadas) ante el ojo del paciente y realizando el C.V. en perímetros en los que tanto el estímulo como el fondo sean generados por la misma fuente luminosa (caso de Octopus o Hipocampus, en el modelo original de González de la Rosa). En el campímetro Octopus, utilizado en este trabajo, tanto el estímulo luminoso como el fondo se generan mediante una misma fuente luminosa: una bombilla halógena de 12V/50W. El campímetro realiza, mediante un fotómetro incorporado, una calibración automática de las

luminosidades de la cúpula y del estímulo a valores constantes de 4 asb y 1000 asb respectivamente.

Con las gafas coloreadas se obtiene tanto un fondo como un estímulo espectralmente selectivos, ya que el filtro adoptado aisla una única fracción del espectro electromagnético. Con ello se consigue obtener un estímulo monocromático fácilmente reproducible. Es de una gran importancia que el estímulo empleado sea monocromático para evitar la dispersión de los resultados obtenidos con filtros no selectivos ^{84,195}.

Con un filtro adaptado a gafas no se modifica la calibración fotométrica ni el rango dinámico de los campímetros ya que consigue que, tanto el fondo como los estímulos, tengan idéntica composición espectral y la atenuación que produce el filtro sobre el fondo es, proporcionalmente, idéntica a la que produce para cada uno de los niveles luminosos de la escala de estímulos. El rango dinámico del instrumento permanece invariable, ya que no se representan las luminancias absolutas sino las luminancias diferenciales respecto al fondo, esto es, el umbral luminoso diferencial o umbral de contraste (incremento de I/I). Esta es la razón fundamental por la que hemos escogido esta técnica.

Otros procedimientos comunes que son utilizados en la perimetría cromática son los estudios de umbral acromático y cromático sobre fondo neutro realizados con perimetría cinética ^{142,195}, o los más recientes, que estudian los umbrales de discriminación o saturación cromática. Estos últimos, al poseer diferente cromaticidad entre estímulo y fondo (por ejemplo, fondo amarillo y estímulo azul), intentan aislar los conos sensibles a las longitudes de onda corta que en estudios

experimentales parecen ser los más susceptibles al aumento de la presión intraocular ^{84,95,97,110,153,168,175}. Sin embargo, todos ellos precisan alterar la luminancia de fondo y el tamaño o la saturación del estímulo para conseguir una visión cromática en área foveal y periférica, disminuyendo de este modo el rango dinámico, por lo que incumplen la ley de Weber-Fechner ^{55,56,132,176}.

En el trabajo original de González de la Rosa se adaptan gafas provistas de filtros cromáticos de absorción azul, verde y rojo ¹⁴⁸. Gonzalez de la Rosa y Mesa Moreno estudian con población normal los tres modelos de perimetría cromática, y la influencia que existe sobre el umbral cromático si se produce una reducción global de la luminancia (tanto del fondo como de los estímulos, como puede suceder de manera similar en caso de que el paciente presente cataratas o miosis) ⁵⁶. Estos autores añaden a los filtros de color unos filtros neutros y observan que la sensibilidad diferencial disminuye ligera pero progresivamente en las perimetrías azul y verde, pero de una forma más importante en la perimetría para el rojo. Por tanto, si se parte de una adaptación mesópica de 4 asb. de fondo (Hipocampus u Octopus), la ley de Weber-Fechner se cumple al menos parcialmente, para estímulos cromáticos en verde y azul ante reducciones moderadas de la intensidad luminosa. Esta luminosidad de fondo, en el rango mesópico alto, permite asimismo una valoración conjunta de los dos tipos de fotorreceptores, conos y bastones.

La perimetría cromática se realiza en el trabajo citado con perimetría de rastreo supraumbral convencional (campímetro Hipocampus). En población normal se realiza estudio de supraumbral en diferentes zonas del C.V. y se cuantifican los errores de fijación. La única perimetría cromática que resulta menos

sensible que la perimetría convencional en blanco es la perimetría en rojo.

La perimetría con fondo y estímulo rojo ofrece la mayor fiabilidad en cuanto a la fijación del paciente, ya que la sensibilidad al rojo es máxima en el área foveolar (mayor concentración de conos). Sin embargo, la sensibilidad decrece con la excentricidad, siendo un estímulo poco apropiado para estudiar la retina media-periférica. Según Hart, en la perimetría con estímulos rojos los valores de umbral no disminuyen por la edad, por lo que su mayor ventaja consiste en valorar el efecto que el cristalino esclerosado pudiera tener sobre el umbral luminoso diferencial ⁹⁶.

La perimetría con fondo y estímulo verde presenta unos niveles de fijación intermedios y superiores a los de la perimetría convencional. Es la perimetría que presenta mejor rango dinámico y confort para el paciente, por lo que los autores la recomiendan como campimetría para la investigación de los defectos campimétricos en el glaucoma. Es la utilizada en esta tesis doctoral.

La campimetría cromática más utilizada actualmente en detección precoz del glaucoma es aquella que utiliza estímulos azules debido a que su región del espectro es la más afectada en el glaucoma ^{2,19,52,62,85,86,137,164,175}. En la perimetría con fondo y estímulo azul realizada por González de la Rosa, se observa que, aunque ofrece una mayor detectabilidad que la perimetría convencional en blanco, la fijación resulta más inestable a consecuencia de la tritanopía foveolar ¹⁴⁸. Esta dificultad inherente al azul es encontrada igualmente por otros autores ^{115,140}. Hugkulstone, en 1991, también realiza la campimetría

cromática adaptando un filtro azul a la montura de gafas para realizar campimetría estática con analizador de campo de Friedmann. Estudia el C.V. central en tres grupos de población: normales, hipertensos y glaucomas iniciales. Encuentra que, aunque existe un solapamiento de resultados entre todos ellos debido a la tritanopía foveolar, si en el cálculo de la sensibilidad media se excluyen los puntos centrales, resulta un método sensible y específico para diferenciar entre glaucomas y normales. Un 22 % de los hipertensos presentan índices visuales similares a los del glaucoma ¹¹⁵.

2) CAMPIMETRIA CROMATICA EN POBLACION NORMAL.

Para valorar el método propuesto para realizar la campimetría cromática hemos establecido un patrón de normalidad sobre un total de 56 ojos de sujetos normales.

El campo visual obtenido en población normal con campimetría cromática en el campímetro Octopus muestra una morfología en forma de "isla de visión" similar a la obtenida con la campimetría standard. Sin embargo existen diferencias cualitativas entre ambas técnicas. La sensibilidad media obtenida mediante campimetría cromática es inferior a la obtenida con la standard (ver tablas I y IV). Si observamos las diferencias de SM encontradas en cada punto entre ambas técnicas (Figura 14), encontramos que son mayores en la zona central, entre los 15-20 grados (Tabla VII).

Así el área macular, correspondiente a los puntos 33, 34, 43 y 44, tiene una diferencia de 3.4, 3.9, 3.9 y 3.8 dB respectivamente. En la periferia del C.V. la diferencia, expresada en dB, disminuye progresivamente (por ejemplo, en el hemicampo

inferior hay una disminución de 3.3 dB en el punto 54, 2.2 dB en el punto 63, 1.8 dB en el punto 70 y 2 dB en el punto 75). Otros autores encuentran diferencias variables, dependiendo de la técnica de estudio. Mesa Moreno y González de la Rosa encuentran una disminución generalizada de sensibilidad en todo el C.V. para la perimetría en verde ¹⁴⁸. Mantolán y González de la Rosa encuentran diferencias de sensibilidad media estadísticamente significativas sólo a nivel del cuadrante temporal superior ¹⁴³.

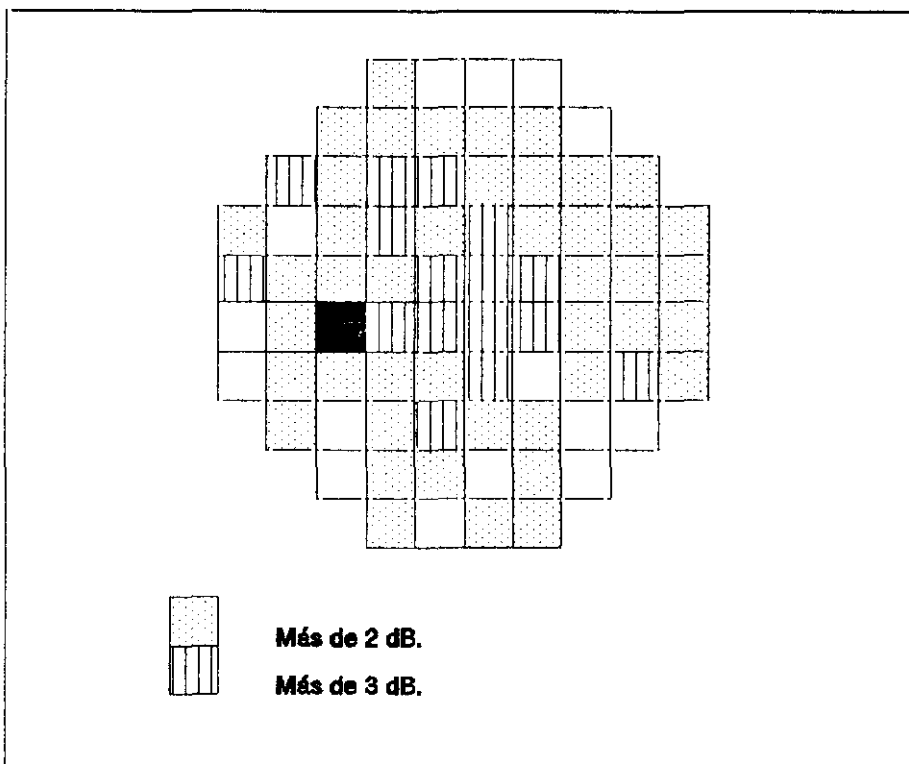


Fig.14. Diferencia de sensibilidad en dB entre las dos técnicas.

Si cuantificamos la diferencia de sensibilidades medias no en dB (que es la práctica normal en la clínica rutinaria), sino en desviaciones típicas con respecto al patrón de normalidad (σ), estos resultados pueden ser interpretados de una manera distinta. Estadísticamente, esta forma de expresión es más correcta y aporta una mayor información. Por ejemplo: una

diferencia relativa de 3 dB en el punto 34 tiene una importancia estadística mucho menor que la misma diferencia localizada en el punto 65. La razón es que las desviaciones típicas de ambos puntos en la población normal son, respectivamente de 2.8 dB y de 1.5 dB. En el primer caso se trataría de un defecto que entra dentro del rango de normalidad (para aproximadamente una desviación típica), mientras que para el segundo se trata de un defecto más alejado de lo estadísticamente normal (dos desviaciones típicas). En otros casos esto adquiere una importancia mayor, en los puntos que tienen unas desviaciones típicas aún más grandes. El punto 31 (superior a la mancha ciega) tiene una $\sigma = 5.6$ y el punto 3 es de $\sigma = 4.7$ (por el efecto producido en ocasiones por el párpado superior).

Este error de apreciación se comete normalmente en la práctica clínica, en la que no se toma en cuenta la desviación típica de las sensibilidades en la población normal. Pero queda parcialmente compensado debido a que los defectos clínicamente apreciables son elevados (alrededor de 9 dB de pérdida) y son estadísticamente significativos para todas las áreas del campo visual.

Al observar la diferencia de sensibilidades entre la campimetría normal y la realizada con gafa verde, expresada en desviaciones típicas, observamos que sólo en un punto (el 54) la diferencia es mayor de 2σ , mientras que en la gran mayoría de los puntos la diferencia está por debajo de 2σ (Figura 15).

Este patrón difiere del obtenido anteriormente, ya que corresponde a una diferencia de sensibilidades de tipo difuso y no más localizado centralmente como el anterior. Este tipo de

configuración corresponde a un efecto filtro generalizado del campo visual.

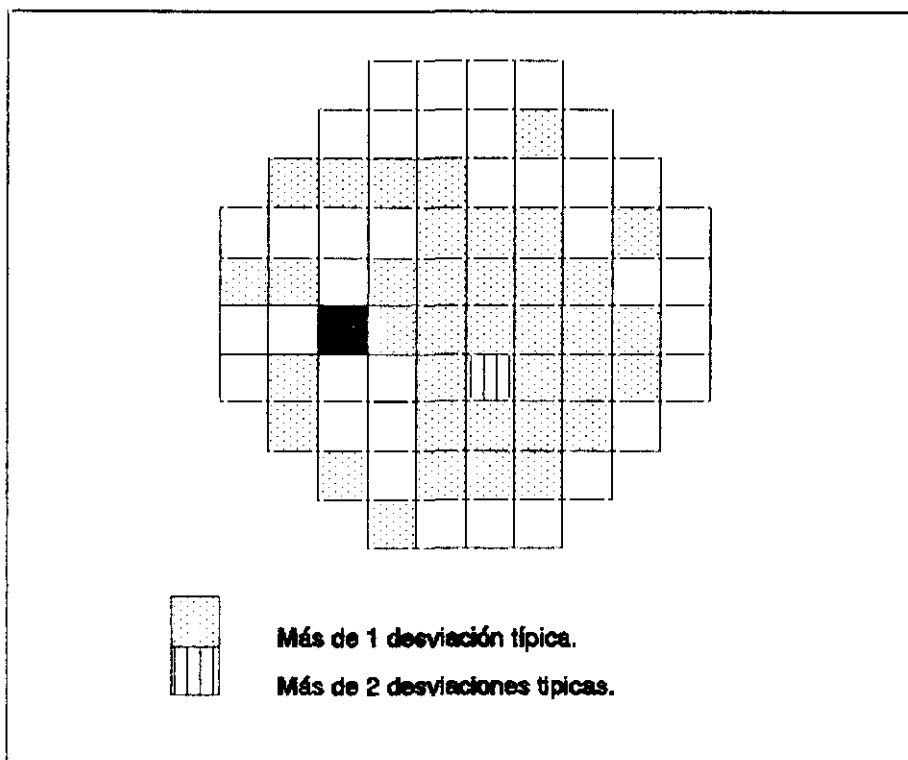


Fig.15. Diferencia de SLD medida en σ entre campimetría standard y cromática.

En la mancha ciega, al comparar los dos métodos campimétricos, observamos un aumento en profundidad del escotoma en campimetría cromática, así como una menor desviación típica (2.1 ± 5 dB en campimetría standard frente a 0.8 ± 3 dB en campimetría cromática) (Tablas I y IV). Esto significa, de hecho, una mejor fijación con la campimetría cromática, en donde la mancha ciega es vista un mayor número de veces en el mismo punto.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Mesa Moreno pero no con los obtenidos por Mantolán y González de la Rosa ^{144,148}. Esta discrepancia pensamos que es debida a la diferencia en la definición topográfica y al método de estudio seguido en ambos trabajos.

3) CAMPIMETRIA CROMATICA EN LAS SOSPECHAS DE GLAUCOMA.

A) Comparación entre campimetría standard y cromática.

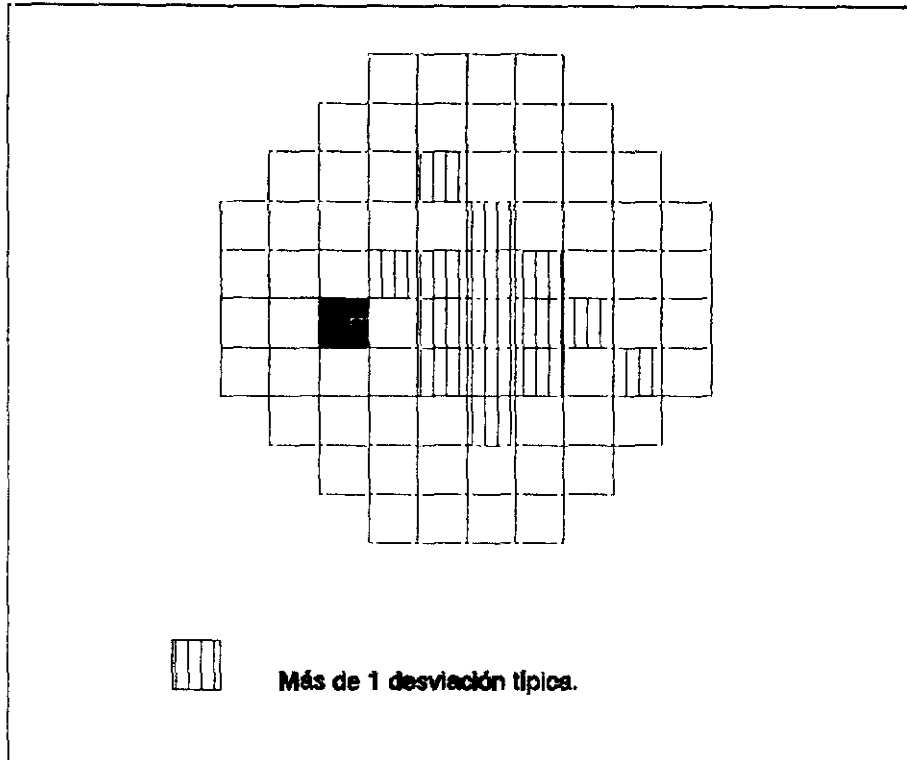


Fig.16. Diferencia de SLD medida en dB. entre campimetría standard y cromática.

En el grupo de pacientes con diagnóstico de sospecha de glaucoma, encontramos unos valores menores de SLD, en todos los puntos del C.V., en la campimetría cromática, al igual que ocurre en población normal (tablas III, VI y IX). La mayor diferencia se localiza en un área central, menor al área encontrada en los sujetos normales (Figura 16).

Si medimos la diferencia de sensibilidad media en cada punto en desviaciones típicas, encontramos que los puntos que sobrepasan 1 σ de diferencia, se localizan en un área central que incluye el área macular e incluso las zonas de mayor afectación

en el glaucoma (paracentral superior e inferior y algún punto nasal inferior) (Figura 17).

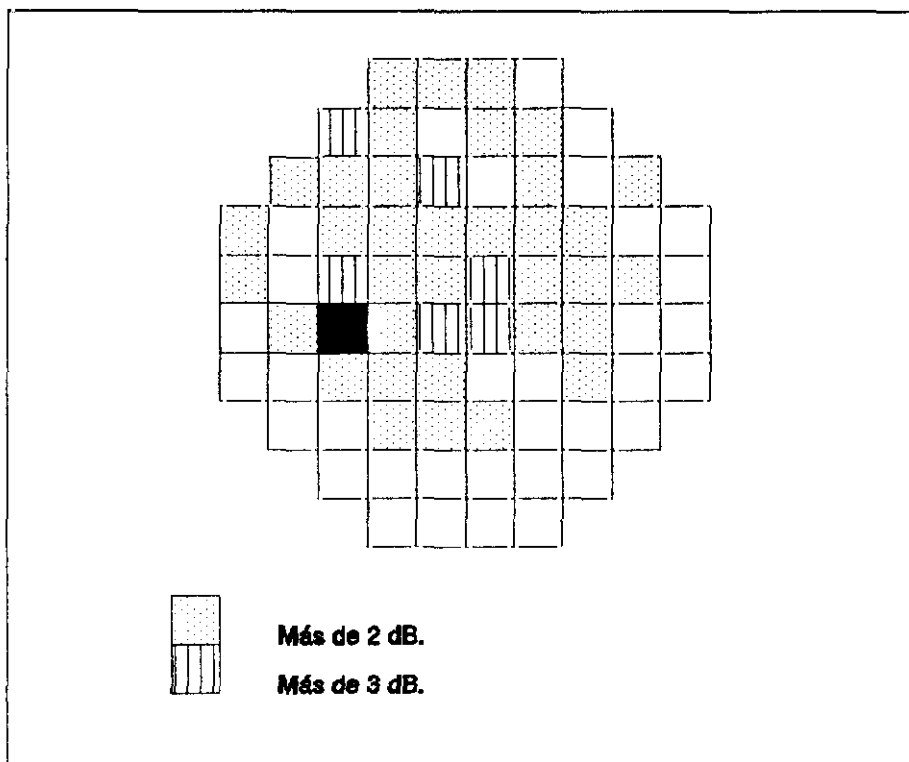


Fig. 17. Diferencia de SLD medida en σ entre la campimetría standard y cromática.

Esta disposición no puede ser considerada un efecto filtro, como sucedía en población normal (Figura 15). Para explicar este fenómeno encontramos dos posibles causas. Por un lado, la menor sensibilidad de diversas áreas del campo en el grupo de sospechas de GAA se puede deber a que la campimetría cromática aumente los defectos relativos aislados que presentan estos pacientes en la campimetría standard. De ahí la mayor afectación de las áreas clásicamente alteradas en el glaucoma.

Por otro lado, la campimetría cromática puede revelar una disminución difusa de sensibilidad de la retina central en los pacientes sospechosos de glaucoma y a esto podría deberse la

afectación del área macular. Este tipo de defecto descrito ya por Anctil ⁹, coincide con los resultados obtenidos en otros estudios campimétricos de pacientes hipertensos y con GAA inicial, que revelan que en las primeras fases del glaucoma puede existir una pérdida de sensibilidad central, no localizada, que se correlaciona además con una afectación difusa de la capa de fibras nerviosas retinianas, con el adelgazamiento concéntrico del reborde neuroretiniano y con alteraciones en la visión cromática y en la sensibilidad al contraste ^{5,7,46,96,101,105,106}. Asimismo este tipo de defecto es confirmado en campimetría cromática por Heron y Adams, que utilizan campímetro Humphrey adaptado a fondo amarillo y con estímulos azules. Con esta técnica encuentran que los hipertensos oculares presentan una pérdida significativa de sensibilidad en el campo central ^{1,2,110}.

Investigamos a continuación el número de pacientes sospechosos de glaucoma que muestran un defecto dado (mayor de 5 dB) en cada uno de los puntos del C.V. realizado tanto con campimetría convencional como cromática (tablas XLIV y XLV). El defecto se calcula tomando la diferencia de SLD que existe con respecto a la población normal corregida para la edad de los pacientes sospechas. Se excluyen los 4 puntos superiores para evitar el efecto del párpado superior). Encontramos un mayor número de puntos afectados con la campimetría cromática verde que con la campimetría standard. Las figuras 18 y 19, representan la localización de los puntos con pérdidas superiores a 5 dB presentes en más de cinco campos (ojos) pertenecientes a la población sospechosa de GAA (la cifra de 5 ojos afectos se ha elegido arbitrariamente teniendo en cuenta la escasa alteración campimétrica de muchos de los pacientes). Se observa que tanto

el número de puntos como el número de ojos afectados es sensible-
mente mayor para la campimetría cromática que para la standard.

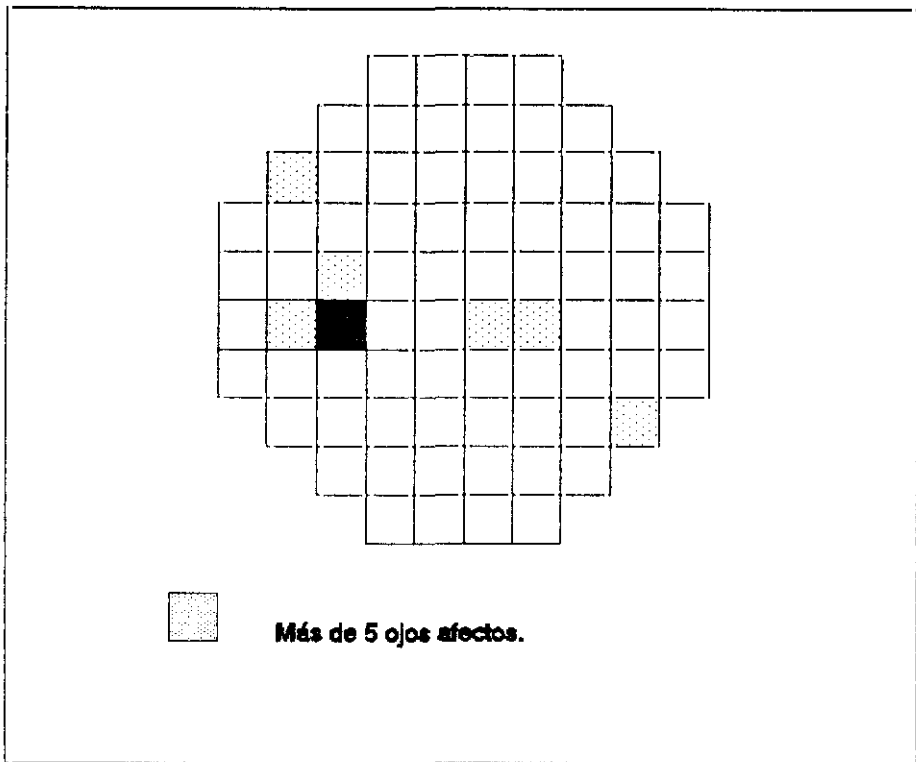


Fig.18. Localización de defectos > de 5 dB en campimetría standard.

Los defectos que aparecen en campimetría cromática pero no en campimetría standard, no se localizan exactamente en las áreas clásicas de afectación del campo visual en el glaucoma. Esto ya sucede en campimetría standard, en donde a menudo los defectos se localizan en áreas poco específicas. Algunos autores sugieren que esto es debido a que el glaucoma, en sus primeras fases, se caracteriza por un cambio en la morfología de la pendiente de la "isla de visión" que se hace más achatada por la pérdida difusa de sensibilidad ^{5,6,9,23,37,61,64,79}. La falta de control de los factores que modifican el campo como la edad, la presencia de cataratas o la miosis, es lo que ha impedido que este

tipo de defecto sea considerado lo suficientemente específico de daño glaucomatoso ^{101,138}.

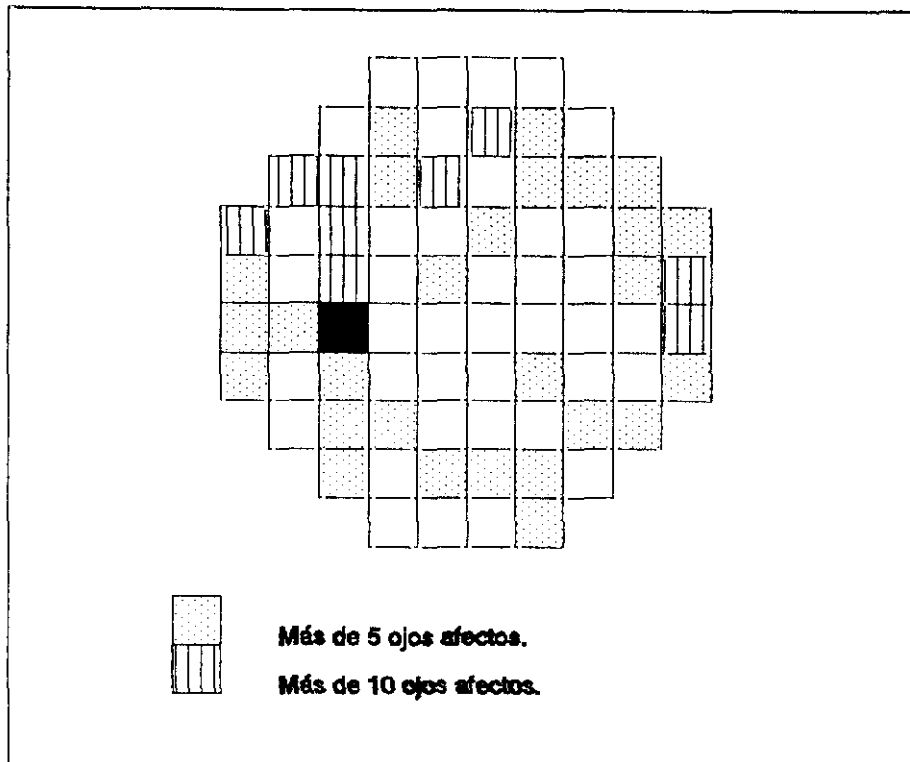


Fig.19: Localización de defectos > de 5 dB en campimetría cromática.

B) El efecto aprendizaje.

Al valorar los resultados obtenidos en las diferentes poblaciones estudiadas hemos de tener en cuenta el valor que pueda tener el efecto aprendizaje. Este parámetro se define como la dificultad que encuentra un paciente al realizar por primera vez un test psicofísico. No es un factor objetivo, ni medible, pero puede ser valorado indirectamente. La impresión subjetiva expresada generalmente por los sujetos normales fue que les resultaba "más difícil" realizar la campimetría cromática que la standard. Este punto de vista ha coincidido en muchas ocasiones con el del campimetrista, al comprobar como efectivamente los

sujetos que no habían realizado campimetrías previas "aprendían" más rápidamente con estímulos no coloreados.

Existen datos objetivos que apoyan estas opiniones. Si comparamos las desviaciones típicas de las sensibilidades medias, tanto en campimetría standard como cromática, se observa como en ésta última existen siempre valores superiores a los de la campimetría standard en las tres poblaciones (con la excepción mencionada previamente de la mancha ciega). Esta mayor dispersión de los valores puede corresponder a una dificultad mayor para la realización de la prueba, aunque ignoramos si existen otras causas de tipo fisiológico.

Por otro lado, si observamos las diferencias observadas entre ambas técnicas en la población normal (Fig. 14 y 15) y en la población con sospecha de GAA (Fig. 16 y 17), vemos que en esta última población las diferencias son menores. Dado que la campimetría standard es aproximadamente igual en ambas muestras debido a los estrictos criterios de inclusión (tablas X y XI), la razón más plausible es que los sospechosos de glaucoma realizaron mejor la campimetría cromática en base a su experiencia previa en la realización de campimetrías. Este dato es importante si decidimos realizar una campimetría cromática en su sujeto que no haya realizado previamente un campo visual computadorizado standard.

Sample utilizando campimetría amarillo-azul y con unos criterios de inclusión parecidos, encuentra que sólo en el cuadrante nasal superior existen diferencias significativas entre su grupo de normales y el de hipertensos oculares ¹⁷⁶.

4) CAMPIMETRIA CROMATICA EN EL GLAUCOMA.

A) Comparación entre campimetría standard y cromática.

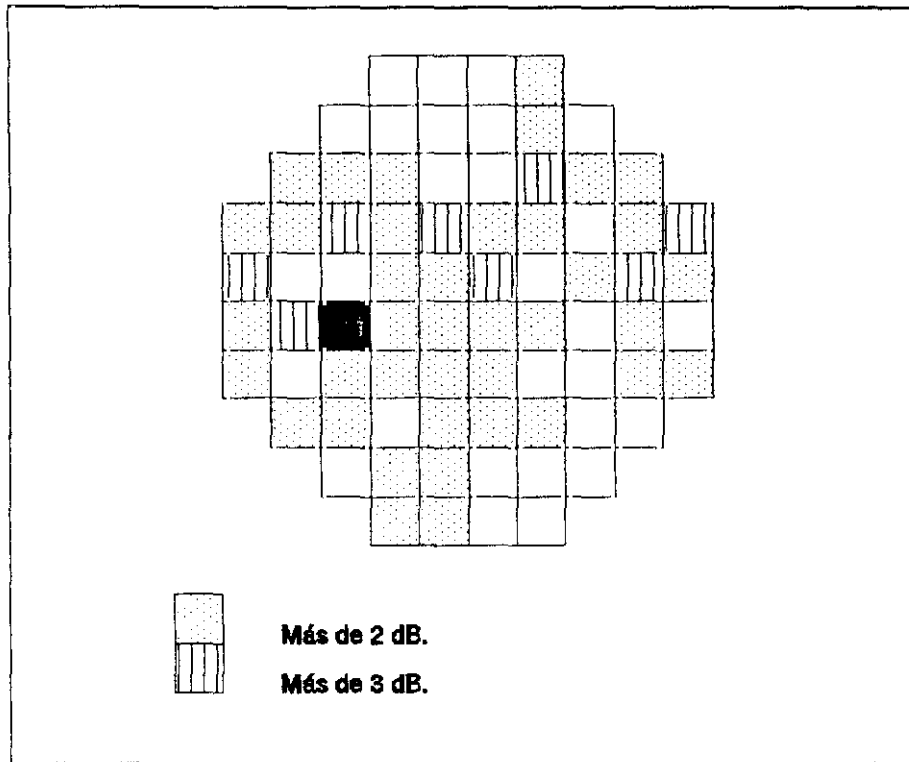


Fig. 20. Diferencia de SLD medida en dB entre campimetría standard y cromática.

En el tercer grupo de pacientes con glaucoma observamos, como en los otros dos grupos de población, una menor sensibilidad global en la campimetría cromática verde (tablas II, V y VIII) (figura 20).

Esta diferencia de sensibilidad valorada en cada punto, no supera $1,5 \sigma$ en ningún punto del C.V. al igual que ocurre en el grupo de sospechas de glaucoma (figura 21). Los puntos cuyas diferencias medias de sensibilidades medidas en desviaciones típicas son mayores a 1σ , se agrupan en áreas clásicas de afectación glaucomatosa, no existiendo por esta razón un efecto filtro difuso, sino más bien un incremento de los escotomas con la campimetría cromática respecto a la campimetría standard.

Veremos más adelante como este incremento es similar a la progresión natural que seguirían los defectos relativos iniciales según los estadios de Aulhorn.

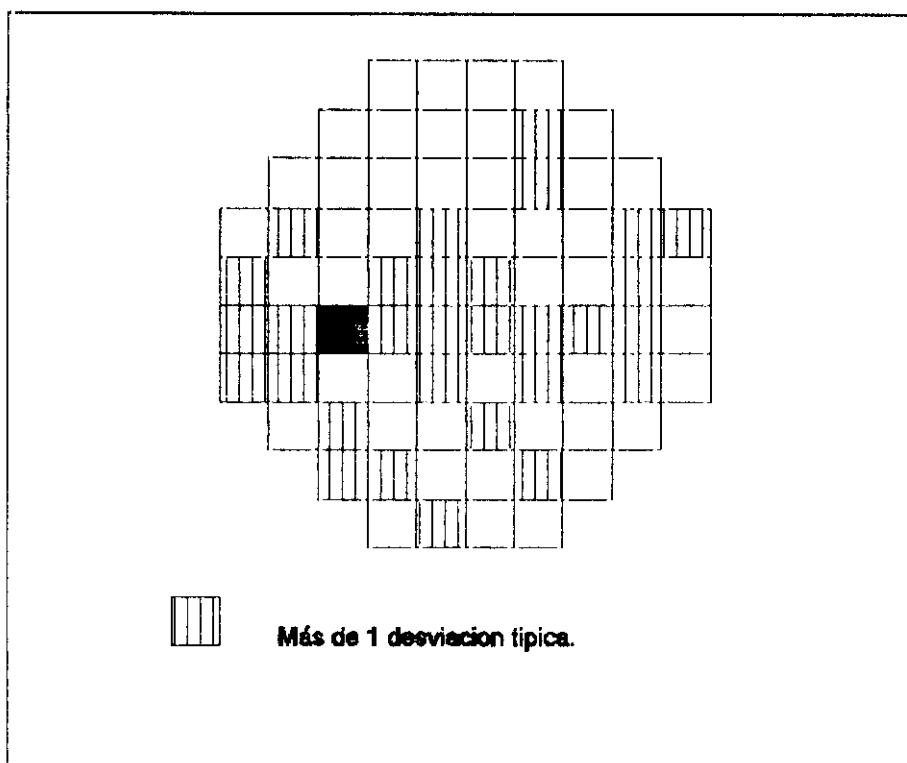


Fig.21. Diferencia de SLD medida en σ entre campimetría standard y cronática.

Las mayores diferencias se localizan en el área de Bjerrum superior y en la zona correspondiente al escalón nasal, tanto superior como inferior.

De manera similar Heron en 1988, encuentra un aumento sensible pero poco significativo de los escotomas de un pequeño grupo de pacientes con glaucoma, utilizando campimetría azul sobre fondo amarillo ¹¹⁰.

B) Comparación con población normal.

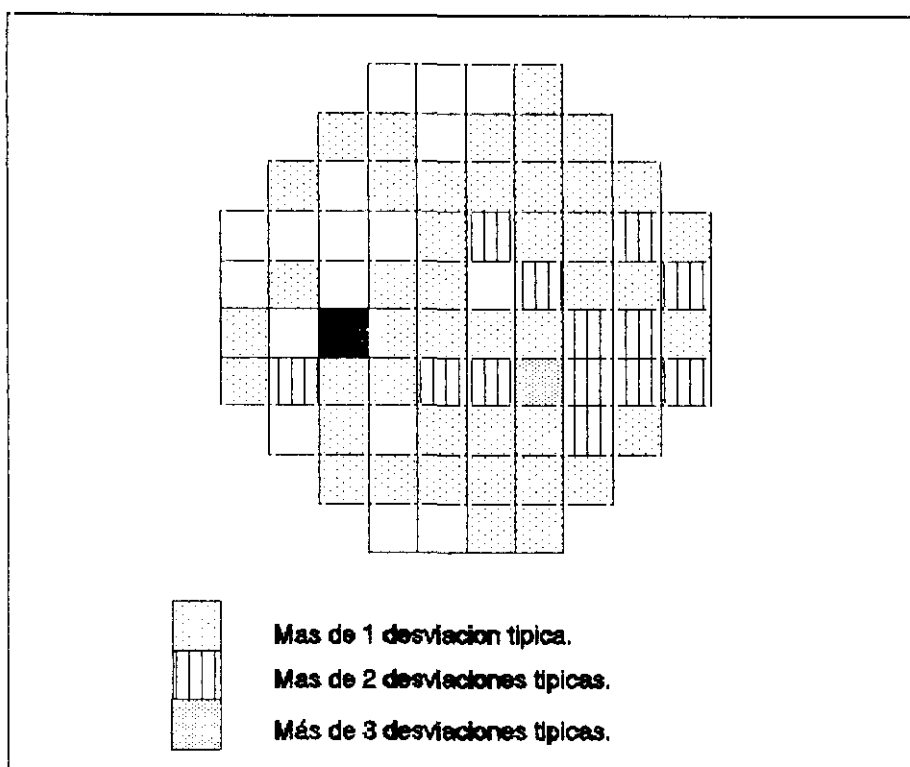


Fig.22. Diferencia de SLD (medida en σ) entre normales y glaucomas con campimetría standard.

La sensibilidad luminosa diferencial en población normal es siempre superior a la de población glaucomatosa en los dos métodos campimétricos (ver tablas XII y XIII). Si observamos las figuras 22 y 23, que expresan los puntos con mayor defecto de SLD media en las dos muestras (expresada en desviaciones típicas), vemos que las zonas con menor sensibilidad en la población de glaucomas se localizan en las zonas de afectación típica de la enfermedad (sobre todo áreas nasales), tanto en campimetría standard como cromática. Pero comparados con el rango de normalidad de ambas técnicas, los escotomas de los pacientes glaucomatosos tienen una mayor profundidad en la campimetría standard.

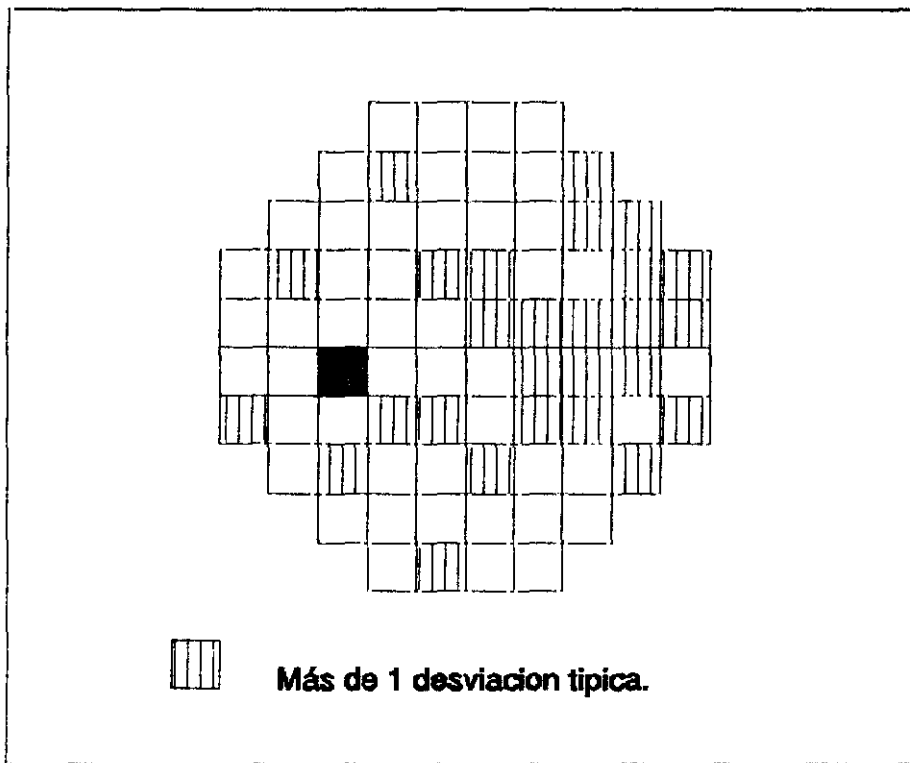


Fig.23. Diferencia de SLD (medida en σ) entre normales y glaucomas en campimetría cromática.

Al comparar los resultados en la población normal y glaucomatosa en campimetría cromática, los puntos que tienen un mayor defecto medio de SLD no superan 1.5σ (Fig. 23), mientras que con campimetría standard el defecto llega a 2σ en las áreas nasales y Bjerrum inferior e incluso hay un punto, el 55, que presenta una diferencia de sensibilidad mayor de 3σ (Fig. 22). Este es el punto con mayor defecto de sensibilidad el los glaucomas con respecto a la población normal.

C) Frecuencia de afectación campimétrica en el glaucoma.

Si estudiamos ahora el número de pacientes glaucomatosos que presentan un defecto dado (mayor de 5 ó 10 dB.) en cada uno de los puntos del C.V. y tanto en campimetría standard como cromática, encontramos que existe una mayor frecuencia de afectación en la campimetría cromática para defectos moderados (mayores de 5 dB) (Tablas XL y XLII)(Fig. 23 y 24).

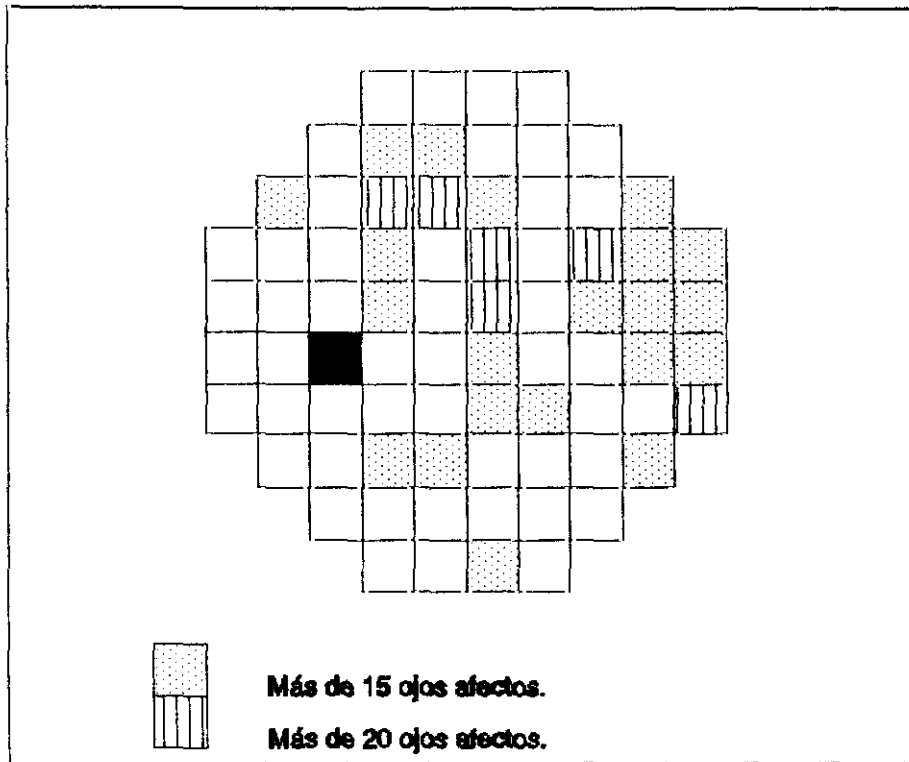


Fig. 24. Localización de defectos $>$ de 5 dB con campimetría standard.

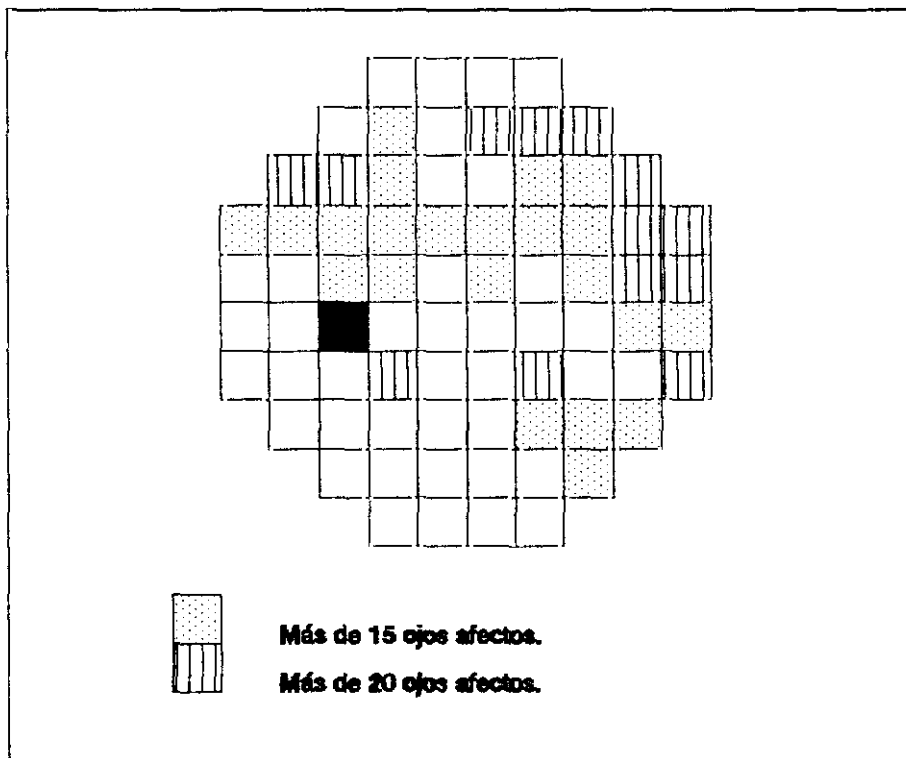


Fig. 25. Localización de defectos $>$ de 5 dB con campimetría cromática.

Sin embargo, la frecuencia de afectación es similar en campimetría standard y cromática si estudiamos defectos mayores de 10 dB (Tablas XLI y XLIII)(Figuras 26 y 27). En todos los casos se han comparado las sensibilidades medias con respecto a la población normal obtenida con la misma técnica y corregida para la edad y se ha elegido el número de ojos afectados en función del número total de pacientes que presentaron alteración.

Estos resultados indican que la perimetría cromática verde presenta una mayor sensibilidad para el estudio de pacientes que presentan un campo visual poco deteriorado, con defectos relativos de 5 o más dB. Sin embargo, en caso de pacientes con defectos relativos estables mayores a 10 dB, no existe una diferencia significativa entre los dos métodos campimétricos.

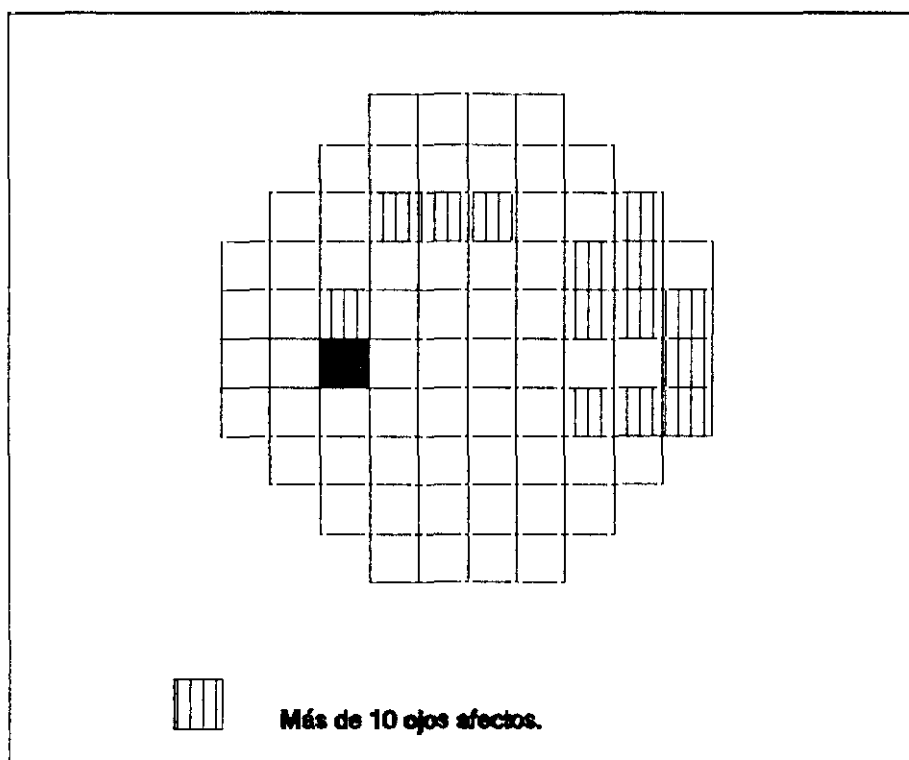


Fig. 26. Localización de defectos > de 10 dB con campimetría standard.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por González de la Rosa y Mantolán ^{76,144}, para los que la campimetría cromática resulta una prueba sensible en caso de glaucomas iniciales o moderados (estadio I-II de Aulhorn), no mostrando diferencia con la campimetría standard en caso de glaucomas con C.V. más deteriorado (estadio III-IV). En estos trabajos se estudian las diferentes zonas del C.V. con estrategia supraumbral (resultados cualitativos), valorando la extensión pero no la profundidad de los escotomas y no se tienen en cuenta los resultados comparativos de la sensibilidad media con campimetría cromática en la población normal.

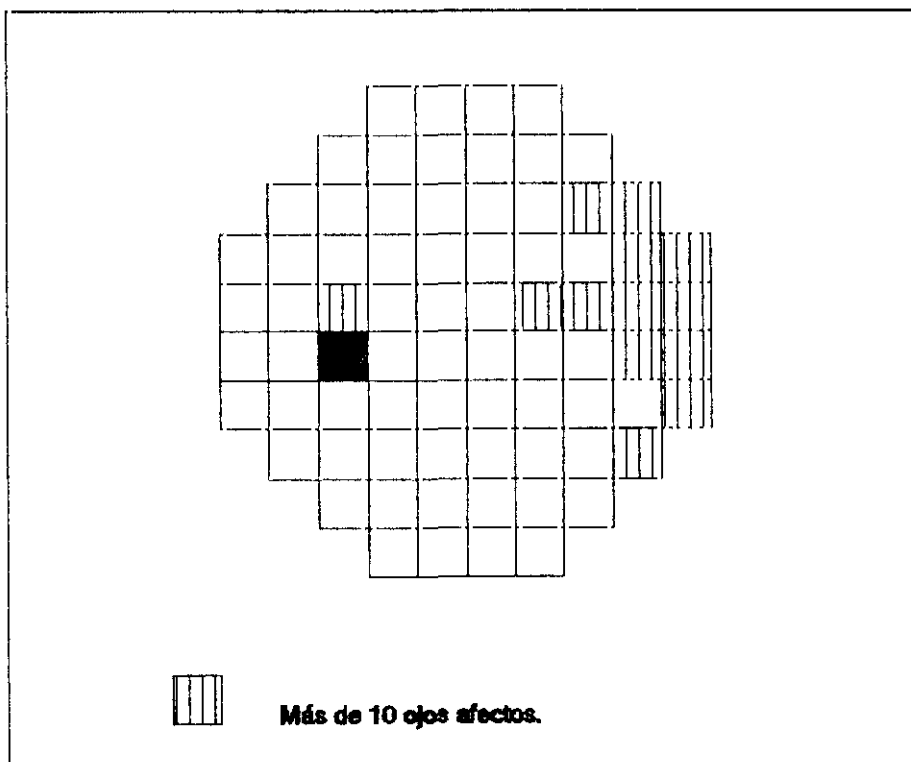


Fig. 27. Localización de defectos > de 10 dB con campimetría cromática.

Con la perimetría cinética con estímulos azules, utilizada por Hart en 1984 (en lo que se denomina perimetría cromática de contraste), se observa un aumento en la extensión y profundidad

de los defectos glaucomatosos ⁹⁵. Sin embargo, ante la complejidad y dificultad para estandarizar su método, el propio autor utiliza posteriormente el campímetro Humphrey modificado (fondo amarillo y estímulos azules). Los resultados encontrados entonces, son similares a los obtenidos en nuestra muestra. Los pacientes con glaucoma que presentan defectos incipientes en la campimetría convencional (no superiores a 10 dB), presentan en la campimetría azul-amarilla defectos similares pero de mayor profundidad. Sin embargo, ante defectos con profundidad superior a los 10 dB, los resultados de ambas campimetrías son equivalentes ⁹⁷.

D) Morfología del escotoma en el glaucoma.

D.1. Localización del escotoma.

En las ocho áreas en las que hemos dividido arbitrariamente el campo visual, teniendo en cuenta los valores corregidos para la edad, encontramos siempre una menor SLD media en campimetría cromática con respecto a campimetría standard (ver tablas XVI a XXIII). Esta diferencia es variable según la zona del campo visual. Las zonas con mayor diferencia en campimetría cromática son el área central, paracecal y la zona inferior ($p < 0.001$), seguidas del área de Bjerrum superior (con $p < 0.01$), Bjerrum inferior, zona superior y zona nasal inferior ($p < 0.05$). En el área nasal superior no existen diferencias estadísticamente significativas entre los dos métodos campimétricos. González de la Rosa ^{76,144}, al evaluar la perimetría cromática verde en el glaucoma, divide al C.V. en cuatro cuadrantes solamente, incluyendo la mancha ciega, y encuentra una mayor diferencia

entre la campimetría standard y cromática en el área temporal superior.

Estos resultados indican que la campimetría cromática pone de relieve un aumento en la amplitud de los escotomas glaucomatosos, y la aparición de defectos en nuevas áreas del campo visual.

Al igual que en el grupo de sospechas, encontramos una afectación significativa de las zonas central y paracentral del campo en la campimetría cromática. Esto puede significar que la afectación difusa del campo visual central constituye un signo de afectación campimétrica en el glaucoma y es puesto de manifiesto por la campimetría cromática. Otros autores, estudiando el campo visual central con diferentes métodos de campimetría cromática azul o azul-amarillo, encuentran también una disminución de sensibilidad central en los sujetos con glaucoma ^{1,2,32,110}.

Estos resultados coinciden igualmente con los obtenidos en estudios campimétricos de pacientes hipertensos, sospechosos o con glaucoma inicial, que revelan como en las primeras fases de la enfermedad puede existir una pérdida de sensibilidad central y no localizada ^{5,7,95,102,103}.

D.2. Profundidad del escotoma.

En el grupo de pacientes con GAA hemos seleccionado los dos puntos con mayor defecto medio de cada una de las ocho áreas del campo visual y estudiamos la sensibilidad con campimetría standard y cromática (tablas XXIV-XXXIX). Observamos que cuánto más profundo es el escotoma en cada punto (mayor número de desviaciones típicas con respecto a la intensidad en ese punto de la población normal), menor diferencia media existe entre

campimetría standard y cromática. En muchas zonas incluso la diferencia entre ambas se invierte, esto es, al aumentar la profundidad del defecto los pacientes presentan menor SLD en ese punto con campimetría standard .

Estos resultados no se han puesto de manifiesto por otros autores al no estudiar las diferentes profundidades del escotoma glaucomatoso. Genio y Friedmann, en 1981, utilizando su analizador de campo y empleando estímulos azules sobre fondo blanco, encuentra que los escotomas del glaucoma son más extensos y profundos con respecto a la campimetría standard ⁷³. Friedmann no tiene en cuenta la edad de los pacientes, la tritanopía foveolar, la disminución que en la luminosidad del estímulo provoca el filtro ni la profundidad y amplitud de los escotomas. Algunos de estos factores son tenidos en cuenta por Logan al aplicar de nuevo este método, sin encontrar ventaja alguna al aplicarlo a glaucoma ¹⁴⁰. Los criterios de selección de los pacientes glaucomatosos seguidos por este autor se basan en los hallazgos obtenidos con perimetría Goldmann (con alto porcentaje de falsos positivos), no se diferencia entre pacientes con glaucoma y pacientes sospechas, y no existe población normal como control.

E) Campimetría cromática en Glaucoma: resumen.

Los hallazgos obtenidos con campimetría cromática en pacientes con glaucoma pueden ser de diversa índole. En pacientes que presentan con campimetría convencional un deterioro mínimo de sensibilidad, se encuentra un mayor número de puntos afectados con la campimetría cromática. Destacamos aquí que no es válida la comparación directa entre los dos tipos de técnica, ya

que en la campimetría cromática la sensibilidad media del campo visual es menor, incluso en población normal. Al asegurar que un mayor número de puntos se encuentran afectados en la campimetría cromática, nos referimos a los resultados obtenidos en las muestras de pacientes con sospecha o con glaucoma con respecto a la población normal que también ha realizado dicha campimetría, y para valores corregidos de acuerdo con su edad.

El deterioro de los pacientes glaucomatosos con campimetría cromática es difuso y abarca el área central del campo visual. Esto pudiera corresponder a los glaucomas que presentan un daño generalizado, tanto de la función visual como del campo en las primeras fases de la enfermedad, de acuerdo a lo reseñado por Drance y Hart ^{47,48,97}.

En ningún caso encontramos relación entre el campo visual con daño difuso y la presión intraocular, que sí fue encontrado por otros autores, que afirman que la existencia de defectos difusos en el glaucoma sólo aparecen en los casos de alta presión intraocular ^{37,79,154}.

En pacientes con defectos focales bien definidos, y localizados, el defecto se localiza en las mismas zonas empleando ambas técnicas campimétricas, pero existen cambios en la morfología y en la profundidad del escotoma. Con campimetría cromática se produce un aumento en la extensión del escotoma y en su profundidad si el defecto no es muy intenso (figura 29). Por encima de un determinado defecto, variable según el área del campo visual, la profundidad puede ser mayor en la campimetría convencional (figura 28).

Faltan estudios a largo plazo para informar de la especificidad y reproductibilidad de la campimetría cromática. Johnson

en un estudio prospectivo a cinco años realizado con campimetría azul-amarillo en hipertensos y glaucomas iniciales, encuentra que con esta técnica aparecen defectos campimétricos reproducibles posteriormente con campimetría standard, sugiriendo la capacidad de la campimetría cromática para predecir deterioros futuros del campo visual ¹¹⁹. En los glaucomas, los defectos campimétricos aparecen con mayor extensión en la campimetría cromática y los defectos localizados que aparecen en la misma son paralelos a la distribución de los haces de fibras nerviosas. Sample, comparando campimetrías standard y cromáticas azul-amarillo, realizadas por pacientes con glaucoma a lo largo de un año y medio, encuentra un mayor deterioro de la sensibilidad en la campimetrías cromáticas, no encontrando variación en la campimetría standard. Esto puede indicar que la campimetría cromática sea un índice más fiable de la alteración de la función visual, antes de que ésta sea aparente en la campimetría standard ¹⁷⁶.

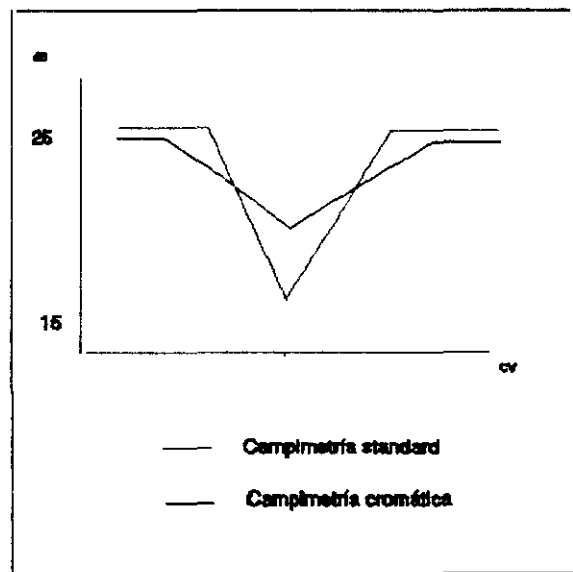
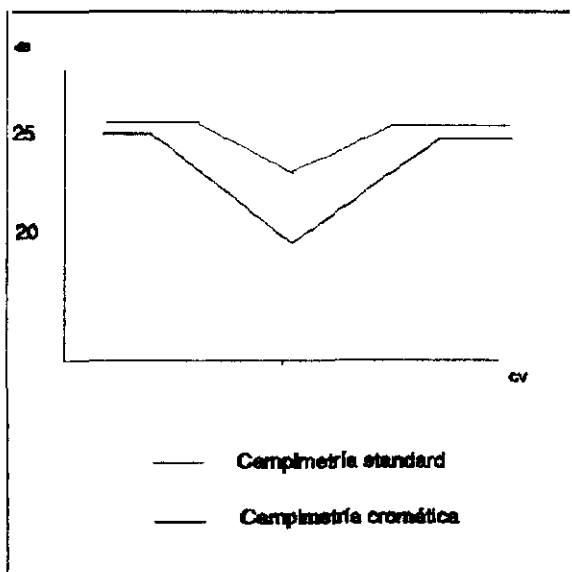


Fig.28. Morfología de defecto > de 5 dB en glaucoma.

Fig.29. Morfología de defecto > de 10 dB en glaucoma.

Nuestra experiencia sobre la utilidad práctica del método de campimetría cromática utilizado en este trabajo puede resumirse en los siguientes puntos:

1.- Es una técnica más difícil comparada con la convencional. No debería utilizarse como primera opción, sino más bien ser empleada en sujetos que posean experiencia previa.

2.- Es una técnica más sensible que la campimetría standard para el estudio del glaucoma inicial. Pero para poder detectar pequeños defectos han de ser comparados los valores de la sensibilidad con aquellos obtenidos en una población normal de edad semejante. Esto está, en general, fuera del alcance de un examen clínico rutinario o en todo caso, la memoria del campímetro automático debería ser reprogramada con datos de normalidad.

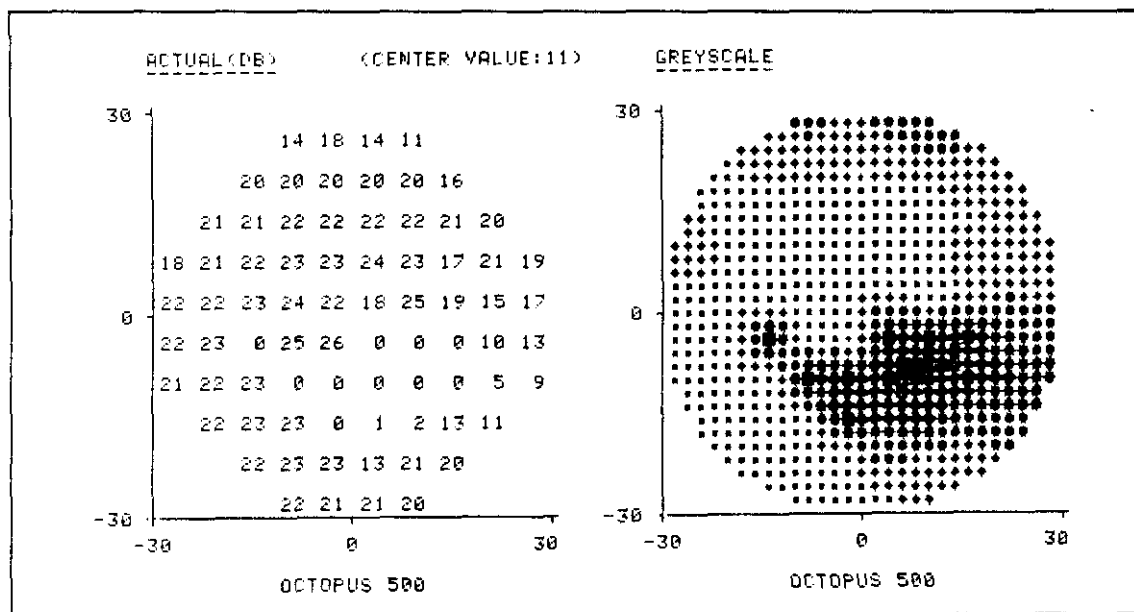


Fig.30. Campimetría standard de un paciente con glaucoma.

3.- En los pacientes con glaucoma y campo visual deteriorado, la campimetría cromática proporciona información sobre la amplitud del escotoma. Si realizamos esta técnica, no es extraño

que un escotoma relativo estable crezca de forma alarmante (figuras 30 y 31).

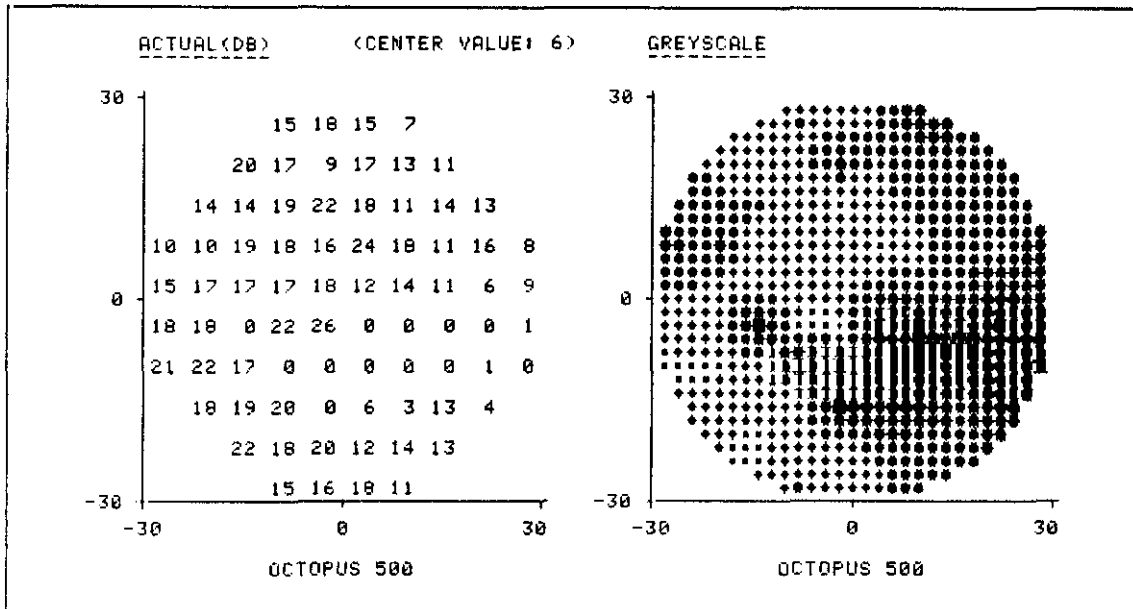


Fig.31. Campimetría cromática del mismo paciente con glaucoma.

5) CAMPIMETRIA CROMATICA Y VISION DEL COLOR.

A) Visión cromática: test de 100 tonos de Farnsworth-Munsell.

Distintos estudios indican que las fases más precoces del glaucoma se asocian con una discromatopsia adquirida para el espectro de longitud del azul ^{3,52,137,152,177,186}. Sin embargo, los diferentes test de visión cromática central (anomáloscopios, test de Farnsworth 100 o D-15, etc) no se muestran útiles para predecir la evolución posterior de la enfermedad. Según Sample es la falta de control de los factores que modifican estos tests lo que impide que sean lo suficientemente predictivos y específicos para el diagnóstico del glaucoma ¹⁷⁷. Además el test de

Farnsworth 100 explora exclusivamente la función foveal y fue diseñado en principio, tan sólo para diagnóstico de discromatopsias congénitas¹⁷⁶.

Con respecto a los factores que modifican la prueba, hemos consignado en nuestro estudio la edad, la PIO, el diámetro pupilar y los defectos de refracción. Al mismo tiempo se ha descartado a los pacientes que presentaban alteraciones maculares, diabetes y opacidades cristalinas.

En nuestro estudio tanto la población normal como el grupo de sospechas de glaucoma presentan una correlación entre el número total de errores y los cometidos en cada caja por separado, con la edad ($p < 0.01$). En ambos grupos, es la caja 3 (azul-verde al púrpura) la que resulta más afectada con la edad. En nuestra muestra este deterioro en la caja 3 es en población normal de 0.71 errores por año ($p < 0.01$) y en sospechas de GAA de 0.83 errores por año ($p < 0.01$). El mismo resultado obtiene en su estudio Smith¹⁸⁶. Probablemente, esto se debe a la mayor dificultad para discriminar el azul en el test de Farnsworth, ya que existe una menor diferencia de saturación en las fichas para este color con respecto a las de otros colores¹³⁷. También está en relación con las alteraciones fisiológicas que sobre la visión del azul producen el aumento de PIO asociado a la edad, el amarilleamiento del cristalino y el acúmulo de pigmento xantófilo macular^{70,96}.

Si comparamos el número de errores cometidos, estos son menores en el grupo de sospechas que en la población normal, probablemente debido al efecto aprendizaje en éstos últimos. No existen diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos de población.

En esta misma línea, Austin, en 1974 y Hamill, en 1984, no encuentran diferencias entre la visión cromática de los sujetos normales y la de los hipertensos oculares ^{19,92}. Poinosawmy, en 1980, comparando resultados entre población normal e hipertensos oculares, encuentra diferencias estadísticamente significativas sólo en los resultados de las dos primeras cajas (rojo a amarillo, amarillo a azul-verde) ¹⁶⁴. Pero en este último caso existen diferencias significativas en la edad de los dos grupos.

Adams, en 1982, usando el test Farnsworth D-15 y corrigiendo estadísticamente la edad y el diámetro pupilar, encuentra que el 11 % de los sujetos normales y el 58 % de los hipertensos presentan anomalías en la visión cromática, en el eje azul del espectro ³. En 1987, y utilizando un dispositivo específico diseñado por él mismo para estudiar los conos azules (el test de umbral cromático de Berkeley), encuentra diferencias ligeramente significativas entre hipertensos y sujetos normales ^{1,4}. Sample, en 1988, corrigiendo los resultados en función de los diferentes factores que afectan la sensibilidad al azul, encuentra que la diferencia en el error total de la población normal y la de hipertensos no es significativa ¹⁷⁴.

Patel, en 1991, estudia dos índices derivados del test de F-M 100 tonos: el error total y el índice de confusión de color. Tampoco obtiene diferencias entre la población normal y la población sospechosa de GAA y, al igual que nosotros, obtiene mejores resultados en éstos últimos. Los pacientes con glaucoma, sí presentan diferencias estadísticamente significativas con los otros dos grupos ($p < 0.05$) ¹⁵⁹.

En los pacientes con glaucoma existe en nuestra muestra un incremento en el número de errores totales y para cada caja por separado, con respecto a los resultados obtenidos en la población normal (corregida para la edad). La diferencia más significativa la presentan las cajas 3 y 4 (azul-verde al rojo) y el número de errores totales en ambos casos ($p < 0.01$). Por tanto, existe un patrón generalizado de afectación de la visión cromática, propio de las discromatopsias adquiridas ^{164,169}, pero mostrando el eje azul el mayor grado de deterioro. Esto coincide con lo afirmado en gran parte de la literatura consultada ^{3,21,52,85,92,95,122,137,152,177}.

A diferencia de los otros dos grupos, en los glaucomas no existe relación entre la visión cromática y la edad. Probablemente y en concordancia a lo afirmado por Sample ¹⁷⁴, debido a que la propia enfermedad es el principal factor determinante de los resultados del test.

El estudio de la correlación entre los resultados del test de F-M 100 y la PIO, no arroja resultados positivos al igual que le ocurre a Chisholm ⁴⁰. Otros autores, como Foulds o Navarro, encuentran sin embargo que una mayor presión intraocular se asocia a alteración en eje azul-amarillo ^{70,154}.

Tampoco encontramos una correlación directa entre los resultados de la visión cromática y la excavación glaucomatosa de la papila, como señalan Hamill, Jonas y Reigadas ^{92,120,169}.

B) Visión cromática y campo visual.

La variedad de alteraciones funcionales que pueden presentar los pacientes con glaucoma han suscitado la cuestión sobre si cada una de ellas revela la existencia de un mecanismo de

daño diferente o, por el contrario, si son distintas manifestaciones de una alteración única. Si es posible demostrar que existe una correlación entre los resultados del test cromático (que explora exclusivamente la funcionalidad de la retina central), y del campo visual, se podría afirmar al menos que ambos mecanismos fisiopatológicos siguen evoluciones paralelas, correspondiendo posiblemente al mismo daño anatómico. De hecho, histológicamente parece así ya que se ha demostrado, en retina de macacos, que la información correspondiente a las señales cromática azul y luminosa acromática viajan en los axones de mayor diámetro, probablemente en una vía de conducción común, en contraste con la información rojo-verde que lo hace a través de los axones de menor diámetro⁴⁴. Por otra parte Quigley demuestra, también en retina de monos, que las fibras del nervio óptico que tienen un mayor diámetro son las que se pierden más fácilmente en condiciones de presión intraocular elevada, tanto en el área mejor preservada de la cabeza del nervio óptico como en la más deteriorada¹⁶⁸.

En los tres grupos de población existe una correlación estadísticamente significativa entre los resultados del campo visual y los del test de Farnsworth. En la población normal existe una relación estadísticamente significativa entre la sensibilidad retiniana total (obtenida con campimetría standard y cromática) y los resultados (totales o por cajas) del test de Farnsworth ($p < 0.01$). En cuanto a la relación por áreas del C.V., existe correlación entre la visión del color y el área central para la campimetría standard. Lo mismo ocurre para las zonas paracentrales estudiadas con campimetrías standard (áreas de Bjerrum superior e inferior). La campimetría cromática no

presenta estas relaciones; sólo el área de Bjerrum inferior se relaciona con el número total de errores y los obtenidos en la caja 4 del test de Farnsworth, no encontrando justificación para esta asociación.

En el grupo de pacientes con diagnóstico de sospecha de GAA, se mantiene la relación entre la visión cromática y la sensibilidad retiniana global, central y de áreas paracentrales estudiadas por campimetría standard ($p < 0.01$). Tampoco existe relación entre los resultados del test de F-M y la campimetría cromática. La falta de correlación entre la campimetría cromática y la visión del color obedece a razones desconocidas. Las correlaciones que se detectan entre ambas pruebas son debidas a las propias correlaciones existentes entre estos test psicofísicos en coincidencia a lo afirmado por Navarro y Miralles ¹⁵⁴.

Drance, en 1981, realiza un estudio con una pequeña muestra de hipertensos oculares (campo realizado con perímetro Goldmann normal) con examen de la visión cromática mediante test F-M 100 y anomaloscopio. Cinco años después realiza perimetría cinética a los mismos sujetos y encuentra defectos campimétricos en los sujetos con déficits previos en la visión cromática (en los ejes azul-amarillo y azul-verde). Esto le lleva a suponer que la visión cromática tiene valor predictivo sobre el deterioro de otras funciones visuales ⁵². Sin embargo, en este trabajo no examina la visión cromática a los 5 años, ni existe comparación con población normal. Tampoco se consigna la influencia de la edad, agudeza visual o diámetro pupilar.

Posteriormente Flammer y Drance realizan un trabajo con hipertensos oculares y pacientes con diagnóstico de sospecha de GAA que presentan alteración difusa inespecífica del campo

visual. Estudian la relación entre el error total del test de F-M 100 y la SLD media del campo visual, estudiado con campímetro Octopus. Encuentran relación estadísticamente significativa entre los resultados del test cromático y la sensibilidad del campo visual central, paracentral, periférico y total de 25 grados ($p < 0.001$). Los autores afirman que en los pacientes con sospecha de glaucoma, la pérdida de sensibilidad cromática y acromática parecen manifestaciones de un mismo daño retiniano, que muestra una distribución muy difusa en el campo visual ⁶⁴. Según Breton y Krupin, los resultados de Flammer y Drance están sesgados al no corregir los resultados del F-M 100 en función de la edad y al presentar algunos sospechas disminución generalizada de la SLD media, lo que significa una alteración en la funcionalidad de la retina que también altera los resultados del test cromático ²⁸. Estos autores estudian un amplio grupo de sospechas con afectación localizada del C.V. y una población de hipertensos oculares. Realizan test de Farnsworth y campimetría Octopus (programa umbral en 60 grados) con cálculo de la SLD media de todo el campo, y no encuentran relación significativa entre los dos tests en ninguno de los dos grupos al corregir los errores totales del test de color con respecto a la edad.

Airaksinen, en 1986, realiza estudios de la capa de fibras nerviosas y de la visión cromática en sujetos hipertensos y con glaucoma (test F-M y anomaloscopia azul-verde y azul-amarillo). Los resultados de la visión cromática se relacionan con la pérdida difusa de fibras nerviosas retinianas, pero no con las pérdidas localizadas, que son las que producen los defectos campimétricos clásicos del glaucoma ⁷. Jonas, en 1990, obtiene

los mismos resultados en población con glaucoma presentando además una población control de sujetos normales ¹²⁰.

Chisholm, en 1990, realiza un estudio prospectivo en hipertensos oculares durante tres años. Se explora la visión cromática con test de Farnsworth y estudio del campo visual mediante perimetría estática de perfiles con perímetro Goldmann. Aunque los resultados del test de Farnsworth resultan tener valor predictivo sobre el desarrollo de la enfermedad (54 % de los pacientes con visión cromática alterada desarrollaron glaucoma), sólo si la visión acromática (campimetría) se encuentra también alterada existe progresión de la misma ⁴⁰.

De estos estudios se deduce que el glaucoma en fase inicial puede, ocasionalmente, afectar a los resultados de los tests de función macular, probablemente, como afirma Quigley, debido a una pérdida difusa de células ganglionares y axones retinianos ¹⁶⁶. Pero los tests de visión cromática no demuestran tener la suficiente sensibilidad y especificidad para considerarse su alteración criterio diagnóstico de glaucoma.

En los pacientes afectos de glaucoma encontramos una relación entre los defectos del campo visual y los de la visión cromática. Lo mismo afirman en sus trabajos Grützner y Schleicher ⁸⁵, Austin ¹⁹, Lakowski y Drance ¹³⁷ y Reigadas ⁸⁷ ¹⁶⁹, todos ellos realizados con perimetría cinética. En nuestro estudio, en la campimetría standard la sensibilidad retiniana total y el área de Bjerrum superior se relacionan con los resultados totales y parciales del test de Farnsworth ($p < 0.01$). La sensibilidad del área central sólo se relaciona con los resultados de la caja 2 (eje amarillo-azul). La misma relación entre la sensibilidad retiniana total medida con Octopus y el test de F-M

es encontrada por Patel en 1991 ¹⁵⁹. Navarro y Miralles en población con glaucoma, encuentran correlación entre los índices visuales del C.V. (LV y CLV) cuantificados con programa G1, y los errores cometidos en la segunda caja del test F-M 100 ($p < 0.05$). Esta correlación sólo aparece en condiciones de alta PIO, siendo independiente de la edad ¹⁵⁴. Esto les lleva a suponer que en pacientes con glaucoma, es el aumento de la PIO la que determina la existencia de correlación entre los dos tests psicofísicos que sí parecen obedecer a un mecanismo fisiopatogénico común.

Breton y Krupin ²⁸ estudian la relación entre color y campo visual (programa de 60 grados) en una amplia muestra de glaucomas. Teniendo en cuenta la edad, encuentran que en los glaucomas con afectación de campo existen mayor número de errores cometidos en el test de Farnsworth, pero la relación entre las dos pruebas no es estadísticamente significativa más que en el grupo de edad más elevada.

Lachenmayr compara, en un grupo de glaucomas, los resultados de diferentes tests psicofísicos que estudian la función del área central y paracentral y los índices de campo visual obtenidos con campimetría Humphrey, y no obtiene correlación estadísticamente significativa entre el error total del test F-M 100 y el campo visual. Existe buena correlación entre el C.V. y el test de sensibilidad parafoveal azul-amarillo desarrollado sobre el perímetro de Tübingen ¹³⁴.

Por tanto, aunque los resultados no sean concluyentes, en los pacientes con glaucoma la visión cromática y la sensibilidad luminosa acromática se encuentran reducidos y estos hallazgos parecen relacionados como señalan también otros autores ^{1,3,65,154,-211}. Como señala Hart, probablemente el deterioro difuso de la

sensibilidad cromática en fases iniciales de la enfermedad, deja una capacidad residual funcional que decae posteriormente en paralelo a la afectación de la sensibilidad luminosa ⁹⁷.

Con campimetría cromática, la sensibilidad media total se relaciona con el número total de errores y los resultados de la caja 2 y 4 (amarillo-azul y azul-rojo). No existe relación entre la sensibilidad del área central, la más afectada en campimetría cromática, y el resultados del test de colores. Sin embargo, otra área comunmente alterada, el área de Bjerrum superior, tanto con campimetría cromática como con standard se relaciona estadísticamente con los resultados totales y parciales del test de color.

No parece existir una relación clara entre la campimetría cromática y el test de F-M. Ambas resultan afectadas en las fases precoces de la enfermedad probablemente debido a diferentes mecanismos de daño, y su correlación estadística es pobre. Parecen necesarios estudios a largo plazo que definan el papel de la visión cromática en las fases iniciales del glaucoma, y el desarrollo de tests de visión cromática más específicos, que estudien la discromatopsia en el eje azul y que no se encuentren tan influenciados por la edad o por los cambios fisiológicos en el cristalino. Con este propósito se están desarrollando diferentes técnicas específicamente diseñadas para discromatopsias adquiridas que asocian el estudio de la visión del color en el eje azul-amarillo a la sensibilidad al contraste espacial o temporal estudiada en el área central y paracentral ^{2,86,134,152,210,-}
212 .

VI. CONCLUSIONES.

1.- La campimetría cromática con estímulo y fondo verde no altera el rango dinámico del campímetro utilizado y se trata de una prueba de realización sencilla, válida para todos los tipos de campo visual.

2.- La realización del campo cromático conlleva una dificultad mayor para el paciente no entrenado que la de un campo visual convencional. En el caso de sujetos con experiencia previa, este efecto es similar en ambos tipos de campimetría.

3.- En población normal sin experiencia previa, la perimetría cromática produce una depresión difusa de la sensibilidad en aproximadamente una desviación standard con respecto a los valores obtenidos en campimetría convencional.

4.- En sujetos con sospecha de glaucoma, con experiencia previa en la realización de campos visuales, la campimetría cromática no produce un patrón de depresión difusa con respecto a la campimetría convencional, sino que presenta un defecto neto que se distribuye por ambas áreas de Bjerrum y por el área central.

5.- En sujetos con sospecha de glaucoma, la perimetría cromática presenta un mayor número de pacientes con defectos relativos de más de 5 dB (con respecto a los valores obtenidos con la perimetría cromática en la población normal) que la campimetría convencional (con respecto a campimetría convencional en población normal).

6.- En sujetos afectados de glaucoma, la perimetría cromática presenta un mayor número de pacientes con defectos relativos de más de 5 y 10 dB que la campimetría convencional (con respecto a los valores obtenidos con ambas técnicas en población normal).

7.- En sujetos afectados de glaucoma, la perimetría cromática produce un aumento del área del defecto con respecto a la campimetría convencional que se distribuye principalmente por el área de Bjerrum superior e inferior, el área correspondiente al escalón nasal y la zona central.

8.- El estudio de la profundidad del escotoma de los pacientes glaucomatosos indica que los escotomas medios (de 1,5 a 5 desviaciones típicas, según la zona del campo visual) son más profundos en la campimetría cromática. En escotomas aún mayores, esta relación se invierte y la profundidad es mayor en campimetría convencional.

9.- La discriminación cromática, estudiada con el test de Farnsworth Munsell 100, decae linealmente con la edad en población normal.

10.- Los sospechas de glaucoma presentan unos resultados en la discriminación cromática que no muestran diferencias estadísticas con la población normal. Su relación con la edad es también semejante.

11.- Los pacientes afectados de glaucoma muestran un deterioro estadísticamente significativo con respecto a la población normal y sospechosa de glaucoma. Los resultados obtenidos no muestran relación con la edad de los pacientes.

12.- El deterioro observado en la discriminación cromática en pacientes glaucomatosos se correlaciona con el defecto mostrado en el campo visual total, así como en determinadas áreas del mismo. Esta relación es más estrecha en el caso de la perimetría convencional que en la perimetría cromática.

VII. BIBLIOGRAFIA.

(1) ADAMS A.J., HERON G., HUSTED R.: Clinical measures of central vision function in glaucoma and ocular hypertension. Arch. Ophthalmol. 1987, 105:782-787.

(2) ADAMS A.J., HUSTED R.: Central visual fields for short wavelength sensitive pathways in glaucoma and ocular hypertension. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 1988, 29, 1: 64-72.

(3) ADAMS A.J., RODIC R., HUSTED R., STAMPER R.: Spectral sensitivity and color discrimination changes in glaucoma and glaucoma-suspects. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 1982, 23:516-524.

(4) ADAMS A.J., SCHEFRIN B., HUIE K.: New clinical color threshold test for eye disease. Am. J. Optom. Physiol. Opt. 1987, 64,1:29-37.

(5) AIRAKSINEN J., DRANCE S.M., DOUGLAS G.R.: Diffuse and localized nerve fiber loss in glaucoma. Am. J. Ophthalmol. 1984, 98:566-571.

(6) AIRAKSINEN J., DRANCE S.M., DOUGLAS G.R.: Visual field and retinal nerve fiber layer comparisons in glaucoma. Arch. Ophthalmol. 1985, 103:205-207.

(7) AIRAKSINEN P.J., LAKOWSKI R., DRANCE S.M., PRICE M.: Color vision and retinal fiber layer in early glaucoma. Am.J.Ophthalmol. 1986, 101:208-213.

(8) AIRAKSINEN P.J., MUSTONEN E., ALANKO H.I.: Optic disc haemorrhages precede retinal nerve fiber layer defects in ocular hypertension. *Acta Ophthalmol.* 1981, 51:557-560.

(9) ANCTIL J.L., ANDERSON D.R.: Early foveal involvement and generalized depression of the visual field in glaucoma. *Arch. Ophthalmol.* 1984, 102: 363-368.

(10) ARDEN G.B.: The importance of measuring contrast sensitivity in cases of visual disturbance. *Br. J. Ophthalmol.* 1978, 62:198-209.

(11) ARDEN G.B.: The importance of measuring contrast sensitivity in patients with retrobulbar neuritis. *Arch. Ophthalmol.* 1978, 96:1626-1629.

(12) ARMALY M.F.: Selective perimetry for glaucomatous defects in ocular hypertension. *Arch. Ophthalmol.* 1972, 87:518-524.

(13) ASMAN P., HEIJL A.: Irrelevance of diffuse field loss in glaucoma. In: *Abstract of the Sessions and Posters presented at 4th E.G.S. Congress. Amsterdam. 1992.*

(14) ASPINALL P.A.: Inter-eye comparison on the 100 hue test. *Acta Ophthalmologica.* 1974, 52:307-316.

(15) ATKIN A., BODIS-WOLLNER I., PODOS S.M., WOLKSTEIN M. et al: Flicker threshold and pattern VEP latency in ocular

hipertension and glaucoma. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 1983, 24:1524-1528.

(16) ATKIN A., BODIS-WOLLNER I., WOLKSTEIN M.: Abnormal of central contrast sensitivity in glaucoma. Am.J.Ophthalmol. 1979, 88: 205-211.

(17) AULHORN E., HARMS H.: Early visual field defects in glaucoma. In: Glaucoma. Tutzing Symposium, 1966. Ed.Karger (Basel). 1967:151-186.

(18) AULHORN E., KARMEYER H.: Frequency distribution in early glaucomatous visual field defects. Doc. Ophthalmol. Proc. Ser. 1977, 14:75-83.

(19) AUSTIN D.J.: Acquired colour vision defects in patients suffering from chronic simple glaucoma. Trans. Ophthalm. Soc. U.K. 1974, 94:880-883.

(20) AUTZEN T., WORK K.: The effect of learning and age on short-term fluctuation and mean sensitivity of automated static perimetry. Acta Ophthalmol. 1990, 68,3:327-330.

(21) BARTOS D.: Vysetreni barevneho videni u glaukomu. Cesk. Oftalmol.(ABSTR). 1990, 46, 3:194-207.

(22) BEBIE H.: Computerized techniques of visual field analysis. In: Drance S.M., Anderson D.A. Automatic Peri-

metry in Glaucoma. Orlando: Grune and Stratton. 1985, 14: 147-160.

(23) BEBIE H.: Computer-assisted evaluation of visual fields. Graefe's Clin. Exp. Arch. Ophthalmol. 1990, 228: 242-245.

(24) BEBIE H., FANKHAUSER F., SPAHR J.: Static perimetry: accuracy and fluctuations. Acta Ophthalmol. 1976, 54: 339-348.

(25) BENGTSSON B.: The alteration and asymmetry cup and disc diameters. Acta Ophthalmol. 1980, 58:726-732.

(26) BOEGLIN R.J., ZULAUF M., HOFFMAN D.: Long-term fluctuation of the visual field in clinically stable glaucoma patients. Invest Ophthalmol. Vis. Sci. 1991, 32 (Suppl):-1192.

(27) BRENTON R.S., ARGUS W.A.: Fluctuations on the Humphrey and Octopus perimeters. Invest. Ophthalmol. Vis Sci. 1987, 28: 767-771.

(28) BRENTON M.E., KRUPIN T.: Age covariance between 100-Hue color scores and quantitative perimetry in primary open angle glaucoma. Arch.Ophthalmol. 1987, 105: 642-645.

(29) BRENTON R.S., PHELPS C.D.: The normal visual field on Humphrey field analyzer. Ophthalmologica. 1986, 193: 56-74.

(30) BRON A.J.: Contrast sensitivity changes in ocular hypertension and early glaucoma. Surv. Ophthalmol. 1989. 33 (Suppl): 405-406.

(31) CALONGE ARRECHEA B.: La fotografía monocromática de la capa de fibras nerviosas de la retina en el diagnóstico precoz del glaucoma. Zaragoza: Universidad de Zaragoza. 1987. 443 pp. Tesis doctoral.

(32) CAPOFERRI C., GARAVAGLIA A., NASSIVERA C., BRANCATO R.: Clinical measures of central differential sensitivity in glaucoma. Can. J. Ophthalmol. 1990, 25,4:193-196.

(33) CAPRIOLI J.: Automated Perimetry in Glaucoma. Am.J.-Ophthalmol. 1991, 111, 2:235-239.

(34) CAPRIOLI J., SEARS M., MILLER J.M.: Patterns of early visual field loss in open angle glaucoma. Am. J.Ophthalmol. 1987, 103: 512-519.

(35) CAPRIOLI J., SPAETH G.L.: Static threshold examination of the peripheral nasal visual field in glaucoma. Arch.Ophthalmol. 1985, 103: 1150-1154.

(36) CHAUHAN B.C., HENSON D.B., HOBLEY A.J.: Cluster analysis in visual field quantification. Doc. Ophthalmol. 1988, 69:25-39.

(37) CHAUHAN B.C., DRANCE S.M.: The influence of intraocular pressure on visual field damage in patients with normal tension and high tension glaucoma. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 1990, 31, 11: 2367-2372.

(38) CHAUHAN B.C., DRANCE S.M., DOUGLAS G.R.: The use of visual field indices in detecting changes in the visual field in glaucoma. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 1990, 31, 3:512-520.

(39) CHAUHAN B.C., DRANCE S.M., LAI C.: A cluster analysis for threshold perimetry. Graefe's Arch. Clin. Exp. Ophthalmol. 1989, 227:216-220.

(40) CHISHOLM I.A., BRAIG R.F.: Area of visual field and colour discrimination combined as a predictor of chronic open-angle glaucoma. Can. J. Ophthalmol. 1990, 23,1:8-10.

(41) DANNHEIM F., DRANCE S.M.: Studies of temporal summation of central retinal areas in normal people of all ages. Ophthalmic. Res. 1971, 2:295-303.

(42) DAVIDOFF J.B.: Hemispheric differences in hue discrimination. Mod. Prob. Ophthalmol. 1976, 17:353-356.

(43) DAW N.W., HART W.M.Jr.: Visión de los colores. En: Adler. Fisiología del ojo. Buenos Aires: Ed. Panamericana. 1988. 22:610-625.

(44) DE MONASTERIO F.M.: Asymmetry of on- and off-pathways of blue sensitive cones of the retina of macaques. Brain. Res. 1979, 166:39-48.

(45) DE MONASTERIO F.M., SCHEIN S.J., McCRAVE E.P.: Staining of blue-sensitive cones of the macaque retina by a fluorescent dye. Science. 1981, 213:1278-1281.

(46) DRAKE M.V.: Glaucomatous visual loss: field, color and contrast. Int. Ophthalmol. Clin. 1990, 3:169-176.

(47) DRANCE S.M.: The early structural and functional disturbances of chronic open-angle glaucoma. Ophthalmology. 1985, 92:853-856.

(48) DRANCE S.M.: The early structural and functional disturbances of chronic open angle glaucoma. Ophthalmology. 1985. 92: 853-57.

(49) DRANCE S.M.: Psychophysical Changes in Early Glaucoma. Surv. Ophthalmol. 1989,33 (Suppl):407-408.

(50) DRANCE S.M., AIRAKSINEN P.S., PRICE M., SCHULZER M., DOUGLAS G.R., TANSLEY B.: The use of psychophysical, structural and electrodiagnostic parameters to identify glaucomatous damage. Graefe's Arch. Clin. Exp. Ophthalmol. 1987, 225:365-368.

(51) DRANCE S.M., DOUGLAS G.R., AIRAKSINEN P.J., SCHULZER M., HITCHINGS R.A.: Diffuse visual field loss in chronic open angle and low tension glaucoma. Am. J. Ophthalmol. 1987, 104: 577-580.

(52) DRANCE S.M., LAKOWSKI R., SCHULZER M., DOUGLAS G.R.: Acquired Color Vision Changes in Glaucoma. Use of 100 Hue Test and Pickford Anomaloscope as predictors of glaucomatous field change. Arch. Ophthalmol. 1981, 99:829-831.

(53) DRANCE S.M., SCHULZER M.: Age covariance and open angle glaucoma. Arch. Ophthalmol. 1987, 105:1477-1478.

(54) ENOCH J.M.: Quantitative layer by layer perimetry. Invest. Ophthalmol. 1978, 17:199-257.

(55) FANKHAUSER F.: Problems related to the design of automatic perimeters. Doc. Ophthalmol. 1979, 47:89-138.

(56) FANKHAUSER F.: Background illumination and automated perimetry. Arch. Ophthalmology. 1986. 104: 1126-1129.

(57) FANKHAUSER F., HAEBERLIN H.: Dynamic range and stray light. Doc. Ophthalmol. 1980, 50:143-167.

(58) FANKHAUSER F., SPAHR J., BEBIE H.: Some aspects of the automation of perimetry. Surv. Ophthalmol. 1977, 22: 131-141.

(59) FERNANDEZ-VILA P.C., PFEIFFER DE GORGOLAS A.: Perimetría computerizada de campos selectivos y diagnóstico precoz del glaucoma. Arch. Soc. Esp. Oftalmol. 1989, 56:447-454.

(60) FERNANDEZ-VILA P.C., PEREZ T.M., PFEIFFER A., FIDALGO D.: Perimetría computerizada de la mancha ciega en el diagnóstico precoz del glaucoma. Arch. Soc. Esp. Oftalmol. 1990, 59:55-66.

(61) FEUER W.J., ANDERSON D.R.: Static threshold asymmetry in early glaucomatous visual field loss. Ophthalmology. 1989, 96,9:1285-1297.

(62) FISHMAN G.A., KRILL A., FISHMAN M.: Acquired color defects in patients with open angle glaucoma and ocular hypertension. Mod. Prob. Ophthalmol. 1974, 13:335-338.

(63) FLAMMER J.: The concept of visual indices. Graefe's Arch. Clin. Exp. Ophthalmol. 1986, 224:389-392.

(64) FLAMMER J., DRANCE S.M.: Correlation between color vision scores and quantitative perimetry in suspected glaucoma. Arch. Ophthalmol. 1984, 102:38-39.

(65) FLAMMER J., DRANCE S.M.: Correlation between color vision scores and highest intraocular pressure in glaucoma patients. Am. J. Ophthalmol. 1988, 106:397-399.

(66) FLAMMER J., DRANCE S.M., AUGUSTINY L., FUNKHOUSER A.: Quantification of glaucomatous visual field defects with automated perimetry. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 1985, 26:176-181.

(67) FLAMMER J., DRANCE S.M., FANKHAUSER F.: Differential light threshold in automated static perimetry. Factors influencing short-term fluctuation. Arch.Ophthalmol. 1984, 102: 876-879.

(68) FLAMMER J., DRANCE S.M., SCHULZER M.: Covariates of the long-term fluctuation of the differential light threshold. Arch. Ophthalmol. 1984, 102:880-882.

(69) FLAMMER J., DRANCE S.M., ZULAUF M.: Differential light threshold. Short and long-term fluctuation in patients with glaucoma, normal controls and patients with suspected glaucoma. Arch. Ophthalmol. 1984, 102:704-706.

(70) FOULDS W.S., CHISHOLM I.A., BRONTE-STEWART J.: Effects of raised intraocular pressure on hue discrimination. Mod. Probl. Ophthalmol. 1974, 13: 328-331.

(71) FUNKHOUSER A.T.: Parámetros de exploración con Octopus. Glaucoma. 1990, 4, 1: 3-8.

(72) GARCIA SANCHEZ J.: Tratamiento del glaucoma. Ponencia oficial del LVI Congreso de la S.E.O. Santiago de Compostela. 1979. 1: 35-38.

(73) GENIO C., FRIEDMANN A.I.: A comparison between white light and blue light on about 70 eyes of patients with early glaucoma using Mark II visual field analyser. Doc. Ophthalmol. Proc. Ser. 1981, 26:207-212.

(74) GLOOR B., SCHMIED U., FAESSLER A.: Changes of glaucomatous field defects. Degree of accuracy of measurements with the automatic perimeter Octopus. Int. Ophthalmol. 1980. 3:5-10.

(75) GOLDMANN H.: Demonstration unseres neuen Projektionskugel-Perimeters samt theoretischen und klinischen Bemerkungen über Perimetrie. Ophthalmologica. 1946, 111:187-192.

(76) GONZALEZ DE LA ROSA M.: La exploracion automática del campo visual. Facultad de Medicina. Universidad de La Laguna. Ed. Chibret. 1989.

(77) GONZALEZ DE LA ROSA M., DEL ROSARIO D., PEREZ BARRETO L.: Corrección automática de la prueba de los 100 tonos de Farnsworth. Arch. Soc. Can. Oftalmol. 1981. 6:68-73.

(78) GONZALEZ DE LA ROSA M., MESA MORENO C.: Exploración automática del umbral luminoso cromático diferencial. Arch. Soc. Esp. Oftalmol. 1985, 48:185-192.

(79) GRAMER E., ALTHAUS G.: Bedeutung des erhöhten intraokularen Drucks für den glaukomatösen Gesichtsfeldschaden.

Eine klinische Studie. Klin. Monatsbl. Augenheilkd. 1990, 197, 3:218-224.

(80) GREVE E.L.: Visual field analyser and threshold. Br.J.Ophthalmol. 1971. 55:704-708.

(81) GREVE E.L.: Single and multiple stimulus static perimetry in glaucoma: the two phases of perimetry. Doc. Ophthalmol. 1973. 36:13-55.

(82) GREVE E.L.: Automatic and non automatic perimetry. Int. Ophthalmol. 1980. 2:19-22.

(83) GREVE E.L., LANGERHOST C.T., VAN DEN BERG T.T.: Perimetry and other visual function test in glaucoma. Glaucoma. London: Grunne and Stratton. 1986. 1:37-76.

(84) GREVE E.L., VERDUIN W.M., LEDEBOER M.: Two colour threshold in static perimetry. Mod. Prob.Ophthalmol. 1974,13:110-118.

(85) GRÜTZNER P., SCHLEICHER S.: Acquired color vision defects in glaucoma patients. Mod. Prob.Ophthalmol. 1972,- 11:136-142.

(86) GÜNDÜZ K., ARDEN G.B., PERRY S., WEINSTEIN G.W., HITCHINGS R.A.: Color vision defects in ocular hypertension and glaucoma. Quantification with a computer-driven color television system. Arch. Ophthalmol. 1988, 106:929-935.

(87) GÜTHAUSER U., FLAMMER J.: Quantifying visual field damage caused by cataract. Am.J.Ophthalmol. 1988, 106,4:-480-484.

(88) HAAS A., FLAMMER J., SCHNEIDER U.: Influence of age on the visual field of normal subjects. Am.J.Ophthalmol. 1986, 101:199-203.

(89) HAEBERLIN H., JENNI A., FLAMMER J.: Researches on adaptative high resolution programming for automatic perimeter. Principles and preliminary results. Int. Ophthalmol. 1980, 2:1-9.

(90) HAEFLIGER I.O., FLAMMER J.: Increase of short-term fluctuation of the differential light threshold around a physiologic scotoma. Am.J.Ophthalmol. 1989, 107:417-420.

(91) HAEFLIGER I.O., HITCHINGS R.A.: Relationship between asymmetry of visual field defects and intraocular pressure difference in an untreated normal (low) tension glaucoma population. Acta Ophthalmol. 1990, 68:564-567.

(92) HAMILL T.R., POST R.B., JOHNSON C.A., KELTNER J.L.: Correlation of color vision deficits and observable changes in the optic disc in a population of ocular hypertensives. Arch. Ophthalmol. 1984, 102:1637-1639.

(93) HAN D.P., THOMPSON H.S.: Nomograms for the assessment of Farnsworth-Munsell 100 hue test scores. Am. J. Ophthalmol. 1983, 95:622-625.

(94) HARRINGTON D.O.: Campos visuales. Texto y atlas de perimetría clínica. 4ª Ed. Buenos Aires: Ed. Panamericana. 1983. I:17-93.

(95) HART W.M. Jr., GORDON M.O.: Color perimetry of Glaucomatous Visual Fields Defects. Ophthalmology 1984, 91, 4: 338-346.

(96) HART W.M. Jr., HARTZ R.K., HAGEN R.W., CLARK K.W.: Color contrast perimetry. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 1984, 25:400-413.

(97) HART W.M. Jr., SILVERMAN S.E., TRICK G.L., NESHER R., GORDON M.O.: Glaucomatous visual field damage. Luminance and color contrast sensitivities. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 1990, 31,2:359-367.

(98) HART W.M. Jr., YABLONSKI M., KASS M.A., BECKER B.: Multivariate analysis of the risk of glaucomatous visual field loss. Arch. Ophthalmol. 1979, 97:1455-1458.

(99) HEIJL A.: Strategies for detection of glaucoma defects. In: Drance S.M. and Anderson D.R. Automatic Perimetry in Glaucoma: A Practical Guide. Orlando: Grunne and Stratton. 1985.4: 43-54.

(100) HEIJL A.: Computerized perimetry in glaucoma management. Acta Ophthalmol. 1989, 67:1-12.

(101) HEIJL A.: Lack of diffuse loss of differential light sensitivity in early glaucoma. Acta Ophthalmol. 1989, 67:353-360.

(102) HEIJL A.: Effect of IOP on the visual field in ocular hypertension and glaucoma. Int. Ophthalmol. 1989, 13: 119-124.

(103) HEIJL A.: Visual field changes in early glaucoma and how to recognize them. Surv. Ophthalmol. 1989, 33(suppl.):-403-404.

(104) HEIJL A., ASMAN P.: A clinical study of perimetric probability maps. Arch. Ophthalmol. 1989, 107:199-203.

(105) HEIJL A., DRANCE S.M.: A clinical comparison of three computerized automatic perimeters in the detection of glaucoma defects. Arch. Ophththalmol. 1981, 99:832-836.

(106) HEIJL A., LINDGREN G., OLSSON J.: Normal variability of static threshold values across the central visual field. Arch. Ophthalmol. 1987. 105:1544-1549.

(107) HEIJL A., LINDGREN G., OLSSON J.: The effect of perimetric experience in normal subjects. Arch. Ophthalmol. 1989, 107:81-86.

(108) HEIJL A., LINDGREN G., OLSSON J., ASMAN P.: Visual field interpretation with empirical probability maps. Arch. Ophthalmol. 1989, 107:204-208.

(109) HEIJL A., LUNDQVIST L.: The frequency distribution of early glaucomatous visual field defects documented by automatic perimetry. Acta Ophthalmol. 1983, 62:858-864.

(110) HERON G., ADAMS A.J., HUSTED R.: Central visual fields for short wavelength sensitive pathways in glaucoma and ocular hypertension. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 1988, 29, 1:64-72.

(111) HEUER D.K., ANDERSON D.R., FEUER W.J., GRESSEL M.G.: The influence of refraction accuracy on automated perimetric threshold measurements. Ophthalmology. 1987, 94, 12: 1550-1553.

(112) HIRSBRUNNER H.P., FANKHAUSER F., JENNI A., FUNKHOUSER A.: Evaluating a perimetric expert system: experience with Octosmart. Graefe's Arch. Clin. Exp. Ophthalmol. 1990, 228:237-241.

(113) HÖVDING G., AASVED H.: Prognostic factors in the development of manifest open angle glaucoma. A long-term follow-up study of hypertensive and normotensive eyes. Acta Ophthalmol. 1986, 64:601-608.

(114) HOYT W.F., FRISEN L., NEWMAN N.M.: Fundoscopy of nerve fiber layer defects in glaucoma. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 1973, 12:814-829.

(115) HUGKULSTONE C.E., VERNON S.A.: Use of a blue filter in visual field analysis. Br. J.Ophthalmol. 1991, 75:155-157.

(116) JAMESON D., HURVICH L.M.: Some quantitative aspects of an opponent-colors theory. Chromatic responses and spectral saturation. J.Opt. Soc. Am. 1955, 45:546-552.

(117) JENNI A.: Importancia de la detección de respuestas falsas. Glaucoma. 1989, 4, 3:127-132.

(118) JOHNSON C.A., KELTNER J.L., KROHN M.A., PORTNEY G.L.: Photogrammetry of the optic disc in glaucoma and ocular hypertension with simultaneous stereophotography. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 1979, 18:1252-1255.

(119) JOHNSON C.A., ADAMS A.J., CASSON E.J., BRANDT J.D.: A longitudinal evaluation of blue-on-yellow perimetry and temporal modulation perimetry for early detection of glaucoma. In: Abstract of the Sessions and Posters presented at the 4th Congress of the European Glaucoma Society. Amsterdam. 1992.

(120) JONAS J.B., ZACH F.M.: Farbsehstörungen bei chronischem Offenwinkelglaukom. Fortschr. Ophthalmol. 1990, 87,3:255-259.

(121) KAISER H.J., FLAMMER J.: Contemporary clinical evaluation of the visual field in glaucoma. In: Caprioli J. Contemporary Issues in Glaucoma. Ophthalmology Clinics of North America. Philadelphia: W.B.Saunders Company. 1991. 4, 4: 659-669.

(122) KALMUS H., LUKE I., SEEDBURGH D.: Impairment of colour vision in patients with ocular hypertension and glaucoma. Br. J. Ophthalmol. 1974, 58:922-926.

(123) KASS M.A., KOLKER A.E., BECKER B.: Prognostic factors in glaucomatous visual field loss. Arch. Ophthalmol. 1976, 94:1274-1276.

(124) KATZ J., SOMMER A.: Asymmetry and variation in the normal hill of vision. Arch. Ophthalmol. 1986, 104:65-68.

(125) KATZ J., SOMMER A.: A longitudinal study of the age-adjusted variability of automated visual fields. Arch. Ophthalmol. 1987, 105:1083-1086.

(126) KATZ J., SOMMER A.: Screening for glaucomatous visual field loss. The effect of patient reliability. Ophthalmology. 1990, 97, 8:1032-1037.

(127) KATZ J., SOMMER A., WITT K.: Reliability of visual field results over repeated testing. *Ophthalmology*. 1991, 98, 1:70-75.

(128) KELTNER J.L., JOHNSON C.A.: Current status of automated perimetry. *Arch. Ophthalmol.* 1986, 104:347-349.

(129) KING D., DRANCE S.M., DOUGLAS G., SCHULZER M., WIJSMAN K.: Comparison of visual field defects in normal-tension glaucoma and high-tension glaucoma. *Am. J. Ophthalmol.* 1986, 101:204-207.

(130) KLEWIN K.M., RADIUS R.L.: Background illumination and automated perimetry. *Arch. Ophthalmol.* 1986, 104:395-397.

(131) KOSOKO O., SOMMER A., AUER C.: Duration of automated suprathreshold vs quantitative threshold field examination. *Arch. Ophthalmol.* 1986, 104:398-401.

(132) KRASTEL H., JAEGER W., BRAUN S.: The contribution of spectral increment thresholds to the interpretation of color perimetry. *Dev. Ophthalmol.* 1984, 9:171-181.

(133) KULZE J.C., STEWART W.C., SUTHERLAND S.: Factors associated with a learning effect in glaucoma patients using automated perimetry. *Acta Ophthalmol.* 1990, 68:681-686.

(134) LACHENMAYR B.J., DRANCE S.M.: Central function and visual field damage in glaucoma. In: Abstract of the Sessions and Posters presented at the 4th Congress of the European Glaucoma Society. Amsterdam. 1992.

(135) LAIN ENTRALGO P. : Historia de la Medicina. 1ª Ed. Barcelona: Salvat Ed. S.A. 5ª,4,2a: 529.

(136) LAKOWSKI R.: Calibration, validation and population norms for the Pickford-Nicolson anomaloscope. Br. J. Physiol. Opt. 1971, 26:166-182.

(137) LAKOWSKI R., DRANCE S.M.: Acquired dyschromatopsias, the earliest functional losses in glaucoma. Doc.Ophthalmol. Proc. Ser. 1979, 19:159-165.

(138) LAKOWSKI R., WRIGHT W.D., OLIVER K.: A Goldmann perimeter with high luminance chromatic targets. Can. J. Ophthalmol. 1977. 12:203-210.

(138) LANGERHOST C.T.: Automated perimetry in Glaucoma, fluctuation behavior and general and local reduction of sensitivity. Amsterdam: Kugler and Gheidini Ed. 1988, 67-69, 107-145.

(139) LEYDHECKER W., GRAMER E.: Long term studies of visual fields changes by means of computerized perimetry. Int. Ophthalmol. 1989, 13:113-117.

(140) LOGAN N., ANDERSON D.R.: Detecting early glaucomatous visual field changes with a blue stimulus. Am. J. Ophthalmol. 1983, 95:432-434.

(141) LUGO M., TIEDEMAN J.S.: Computerized scoring and graphing of the Farnsworth-Munsell 100 hue color vision test. Am. J. Ophthalmol. 1986, 101:469-474.

(142) MAIONE M., CARTA F., BARBERINI E., SCOCCIANTI L.: Achromatic isopters on coloured background in some acquired colour vision deficiencies. Mod. Probl. Ophthalmol. 1976, 17:86-93.

(143) MANTOLAN SARMIENTO C.: Perimetría cromática verde según técnica supraumbral. Aplicación al glaucoma. Tenerife: Universidad de La Laguna. 1989. 478 pp. Tesis Doctoral.

(144) MANTOLAN SARMIENTO M.C., GONZALEZ DE LA ROSA M.A.: Perimetría cromática verde en el glaucoma. Arch. Soc. Esp. Oftal. 1990, 58, 4:429-436.

(145) MAO L.K., STEWART W.C., SHIELDS B.M.: Correlation between intraocular pressure control and progressive glaucomatous damage in primary open-angle glaucoma. Am.J.-Ophthalmol. 1991, 111,1:51-55.

(146) MARRAFA M., MARCHINI G., ALBERTINI R., BONOMI L.: Comparison of different screening methods for the detection

of visual field defects in early glaucoma. Int. Ophthalmol. 1989,13:43-45.

(147) McMENEMY M.G., STAMPER R.L.: Psychophysical testing in glaucoma. In: Caprioli J. Contemporary Issues in Glaucoma. Ophthalmology Clinics of North America. Philadelphia: W.B.Saunders Co. 1991. 4,4:699-709.

(148) MESA MORENO C.: Perimetría cromática automática. Nuevo método de exploración y su aplicación al glaucoma. Tenerife: Universidad de La Laguna. 1987. 873 pp. Tesis Doctoral.

(149) MIKELBERG F.S., DRANCE S.M.: The mode of progression of visual field defects in glaucoma. Am.J. Ophthalmol.1984. 98, 4:443-445.

(150) MORENO REQUENA J. : Test Psicofísicos en el Glaucoma Crónico Simple: Exploración de la sensibilidad al contraste y del sentido cromático. Murcia: Universidad de Murcia. 1990. 245 pp. Tesis Doctoral.

(151) MOTOLKO M., DRANCE S.M.: Features of the optic disc in preglaucomatous eyes. Arch. Ophthalmol. 1981, 99:1992-1994.

(152) MOTOLKO M., DRANCE S.M., DOUGLAS G.R.:The early psychophysical disturbances in chronic open-angle glaucoma.

A study of visual functions with asymmetric disc cupping. Arch. Ophthalmol. 1982, 100:1632-1634.

(151) MOTOLKO M.A., PHELPS C.D.: Contrast sensitivity in asymmetric glaucoma. Int. Ophthalmol. 1984, 7:45-49.

(152) MULLEN K.T.: Colour vision as a post-receptoral specialization of the central visual field. Vision. Res. 1991, 31, 1:119-130.

(153) NATHANS J., PIANTANIDA T.P., EDDY R.L.: Molecular genetics of human color vision: the genes encoding blue, green and red pigments. Science. 1986, 232:193-201.

(154) NAVARRO M.C., MIRALLES DE IMPERIAL J., CANTERAS M.: Correlaciones entre las alteraciones del umbral luminoso diferencial y de la visión cromática inducidas por un incremento en la presión intraocular. Arch. Soc. Esp. Oftal. 1990, 59,2:143-154.

(155) NAVARRO M.C., MIRALLES DE IMPERIAL J., CANTERAS M.: Miosis y visión cromática en sujetos con sospecha de glaucoma y con glaucoma crónico simple. Arch. Soc. Esp. Oftal. 1991, 60,6:703-712.

(156) O'BRIEN C., SCHWARTZ B.: The visual field in chronic open angle glaucoma: the rate of change in different regions of the field. Eye. 1990, 4:557-562.

(157) ORR A., RUBILLOWICZ M., LEBLANC R., SEAMONE C., MANN C.: Use of suprathreshold test data to predict the results of quantitative testing in the nasal periphery. *Can. J. Ophthalmol.* 1990, 25, 3:133-137.

(158) PARRISH R.K., SCHIFFMAN J., ANDERSON D.R.: Static and kinetic visual field testing. Reproducibility in normal volunteers. *Arch. Ophthalmol.* 1984, 102:1497-1502.

(159) PATEL H., KATZ L.J., STEINMANN W.C., SPAETH G.L., WILSON R.P.: Color vision defects in glaucoma: quantitative assessment and comparison with Octopus automated perimetry. *Invest, Ophthalm. Vis. Sci.* 1991, 32 (Suppl):1108.

(160) PEARSON P.A., BALDWIN L.B., SMITH T.J.: The relationship of mean defect to corrected loss variance in glaucoma and ocular hypertension. *Ophthalmologica.* 1990, 200:16-21.

(161) PEREZ LLORCA R.J.: *Campo visual. Jerez de la Frontera: Gráficas del Exportador.* 1975.

(162) PEREZ MARTINEZ T.M.: *Perimetría computerizada selectiva en el diagnóstico precoz del glaucoma.* Madrid: Universidad Complutense. 1988. 257 pp. Tesina de Licenciatura.

(163) PFEIFFER A., FERNANDEZ-VILA P.C., PEREZ T.M., FIDALGO D.: Indices del campo visual en el diagnóstico precoz del glaucoma. *Arch. Soc. Esp. Oftalmol.* 1989, 56:441-446.

(164) POINOOSAWMY D., NAGASUBRAMANIAN S., GLOSTER J.: Color vision in patients with chronic simple glaucoma and ocular hypertension. Br. J. Ophthalmol. 1980, 64:852-857.

(165) POKORNY J., SMITH V.C.: Eye disease and color defects. Vision Res. 1986, 26, 9:1573-1584.

(166) QUIGLEY H.A., ADDICKS E.M., GREEN W.R. et al.: Optic nerve damage in human glaucoma III. Quantitative correlation of nerve fiber loss and visual field defect in glaucoma, ischemic optic neuropathy, papilledema and toxic optic neuropathy. Arch. Ophthalmol. 1982, 100:135-146.

(167) QUIGLEY H.A., DUNKELBERG G.R., SANCHEZ R.M.: Chronic experimental glaucoma causes relatively greater loss of larger optic nerve fibers. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 1986, 25(Suppl):42.

(168) QUIGLEY H.A., SANCHEZ R.M., DUNKELBERGER G.R., L'HERNAULT N.L., BAGINSKI T.A.: Chronic glaucoma selectively damages large optic nerve fibers. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 1987, 26,6:913-920.

(169) REIGADAS LOPEZ R.M., AROCA GARCIA M.D., NAVARRO SEGURA M.C., MIRALLES DE IMPERIAL J.: Glaucoma y Visión cromática. Arch. Soc. Esp. Oftalmol. 1987, 52: 395-402.

(170) REYNOLDS M.R., STEWART W.C., SUTHERLAND S.: Factors that influence the prevalence of positive catch trials in

glaucoma patients. Graefe's Arch.Clin.Exp.Ophthalmol. 1990, 228:338-341.

(171) ROSENTHAL A.R., KOTTLER M.S., DONALSON D.D., FALCONER D.G.: Comparative reproducibility of the digital photogrammetric procedure utilizing three methods of stereophotography. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 1977, 16:54-61.

(172) ROSS J.E.: Clinical detection of abnormalities in central vision in chronic simple glaucoma using contrast sensitivity. Int. Ophthalmol. 1985, 8:167-177.

(173) ROSS J.E., BRON A.J., CLARKE D.D.: Contrast sensitivity and visual disability in chronic simple glaucoma. Br.J.Ophthalmol. 1984, 68:821-827.

(174) SAMPLE P.A., BOYNTON R.M., WEINREB R.N.: Isolating the color vision loss in primary open-angle glaucoma. Am.J.Ophthalmol. 1988, 106:686-691.

(175) SAMPLE P.A., WEINREB R.N.: Color perimetry in glaucoma: Isolation of short-wavelength-sensitive mechanisms. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 1989, 30 (Suppl):56.

(176) SAMPLE P.A., WEINREB R.N.: Color Perimetry for assessment of primary open-angle glaucoma. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 1990, 31,9:1869-1875.

(177) SAMPLE P.A., WEINREB R.N., BOYNTON R.M.: Acquired dyschromatopsia in glaucoma. *Surv. Ophthalmol.* 1986, 31:54-64.

(178) SAMUELSON T.W., SPAETH G.L.: Focal and diffuse glaucomatous visual fields defects: their relationship to intraocular pressure. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 1991, 32 (Suppl):810.

(179) SCHULTZ J.S.: The learning effect in automated perimetry. *Ophthalmology.* 1990, 97, 7:838-840.

(180) SCHWARTZ B.: Cupping and pallor of the optic disc. *Arch. Ophthalmol.* 1973, 89: 272-277.

(181) SCHWARTZ B., RIESER J.C., FISHBEIN S.L.: Fluorescein angiographic defects of the optic disc in glaucoma. *Arch. Ophthalmol.* 1977, 95: 1961-1974.

(182) SEAMONE C., LeBLANC R., RUBOLLOWICZ M., MANN C., ORR A.: The value of indices in the central and peripheral visual fields for the detection of glaucoma. *Am. J. Ophthalmol.* 1988, 106:180-185.

(183) SEARLE A.E., WILD J.M., SHAW D.E., O'NEILL E.C.: Eye asymmetry in automated perimetry. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 1991. 32 (Suppl): 1192.

- (184) SKALKA H.W.: Comparison of Snellen acuity, V.E.R. acuity and Arden grating scores in macular and optic nerve diseases. Br.J.Ophthalmol. 1980, 64:24-29.
- (185) SLOAN L.L., FEIOCK K.: Selective impairment of cone function. Perimetric techniques for its detection. Mod. Prob. Ophthal. 1972, 11:50-62.
- (186) SMITH V.C., POKORNY J., PASS A.S.: Color-axis determination on the Farnsworth-Munsell 100 hue test. Am. J. Ophthalmol. 1985, 100:176-182.
- (187) SOKOL S., DOMAR A., MOSKOWITZ A.: Utility of the Arden grating test in glaucoma screening: high false-positive rate in normals over 50 years of age. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 1980, 19:1529-1533.
- (188) SOKOL S., DOMAR A., MOSKOWITZ A., SCHWARTZ B.: Pattern evoked potential latency and contrast sensitivity in glaucoma and ocular hypertension. Doc. Ophthalmol. Proc. Ser. 1981, 27:79-86.
- (189) SOMMER A., KATZ J., QUIGLEY H.A., MILLER N.R., ROBIN A.L., RICHTER R.C. et al: Clinically detectable nerve fiber layer atrophy precedes the onset of glaucomatous field loss. Arch. Ophthalmol. 1991, 109:77-83.

(190) SOMMER A., MILLER N.R., POLLACK I., MAUMENEE A.E., GEORGE T.: The nerve fiber layer in the diagnosis of glaucoma. Arch. Ophthalmol. 1977, 95:2149-2156.

(191) SOMMER A., POLLACK I., MAUMENEE E.: Optic disc parameters and onset of glaucomatous field loss. Arch. Ophthalmol. 1979, 97:1444-1454.

(192) STURMER J., GLOOR B., TOLBER H.J.: How glaucomatous visual fields manifest themselves in reality. Klin. Mbl. Augenheilk. 1984. 184:390-395.

(193) TYLER C.W.: Specific deficits of flicker sensitivity in glaucoma and ocular hypertension. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 1981, 20:204-212.

(194) TYTLA M.E., TROPE G.E., BUNCIC J.R.: Flicker sensitivity in ocular hypertension. Ophthalmology. 1990, 97:36-43.

(195) VERRIEST G.: Summary of session VIII: Color Perimetry. Doc. Ophthalmol. Proc.Ser. 1977, 14:474-475.

(196) VERRIEST G., VAN LAETHEM J., UVIJLS A.: A new assessment of normal ranges of the Farnsworth-Munsell 100 hue test scores. Am. J. Ophthalmol. 1982, 93:635-642.

(197) VICENTE J.M., MAQUET J.A.: Fluctuación a corto plazo y diagnóstico de glaucoma precoz. Glaucoma. 1988,10,5:144-147.

(198) WALSH T.J.: Visual fields. Examination and interpretation. American Academy of Ophthalmology. Ophthalmology Monographs nº 3. Singapore: Palace Press. 1990. 3:71-106.

(199) WEBER J., DOBEK K.: What is the most suitable grid for computer perimetry in glaucoma patients ?. Ophthalmol. 1986, 192:88-96.

(200) WELEBER R.G.: Pruebas electrofisiológicas en el glaucoma. In: Van Buskirk E.M. Atlas clínico del glaucoma. Barcelona: Ed.Doyma. 1989.18: 42-43.

(201) WERNER E.B., ADELSON A., KRUPIN T.: Effect of patient experience on the results of automated perimetry in clinically stable glaucoma patients. Ophthalmology. 1988,95, 6:764-767.

(202) WERNER E.B., BISHOP K.I., KOELLE J., DOUGLAS G.R., LeBLANC R.P., MILLS R.P., et al.: A comparison of experienced clinical observers and statistical tests in detection of progressive visual field loss in glaucoma using automated perimetry. Arch. Ophthalmol. 1988, 106:619-623.

(203) WERNER E.B., DRANCE S.M.: Early visual field disturbances in glaucoma. Arch. Ophthalmol. 1977, 95:1173-1175.

(204) WERNER E.B., KRUPIN T., ADELSON A., FEITL M.E.: Effect of patient experience on the results of automated

perimetry in glaucoma suspect patients. *Ophthalmology*. 1990, 97,1:44-48.

(205) WERNER E.B., PETRIG B., KRUPIN T., BISHOP K.I.: Variability of automated visual fields in clinically stable glaucoma patients. *Invest. Ophthalmol.Vis.Sci.* 1989, 30, 6:1083-1089.

(206) WILENSKY J.T., JOONDEPH B.C.: Variation in visual field measurements with an automated perimeter. *Am. J. Ophthalmol.* 1984, 97:328-331.

(207) WILENSKY J.T., PODOS S.M., BECKER B.: Prognostic indicators in ocular hypertension. *Arch. Ophthalmol.* 1974, 91:200-202.

(208) WILLIAMS D.R., MACLEOD D.I.A., HAYHOE M.M.: Foveal tritanopia. *Vision Res.* 1981, 21:1341-1356.

(209) WIRTSCHAEFTER J.D., BECKER W.L., HOWE J.B. YOUNGE B.R.: Glaucoma visual field analysis by computer profile of nerve fiber function in optic disc sectors. *Ophthalmology*. 1982, 89:255-267.

(210) YAMAZAKI Y., LAKOWSKI R., DRANCE S.M.: A comparison of the blue color mechanism in high and low-tension glaucoma. *Ophthalmology* 1989, 96, 1:12-15.

(211) YAMAZAKI Y., DRANCE S.M., LAKOWSKI R., SCHULZER M.: Correlation between color vision and highest intraocular pressure in glaucoma patients. Am.J.Ophthalmol. 1988, 106, 4:397-399.

(212) YU T.C., ARDEN G.B., HOGG C.R., O'SULLIVAN F. SPI-LEERS W., FALCAO REIS F.: New colour vision test of retinal periphery: very high sensitivity and selectivity for damage in glaucoma prior to field loss. Invest. Ophthalmol.Vis.Sci.1991, 32(Suppl):1108.

(213) ZULAUF M.: Beitrag zur angioskotometrie: stimulusgrosse und programmwahl. Klin. Mbl. Augenheilk. 1988, 192:631-618.

(214) ZULAUF M., CAPRIOLI J.: Fluctuation of the visual field in glaucoma. In: Caprioli J: Contemporary Issues in Glaucoma. Ophthalmology Clinics of North America. Philadelphia: W.B. Saunders Co. 1991,4:4:659-669.

(215) ZULAUF M., CAPRIOLI J., HOFFMAN D.: Asymmetry of the visual field in a normal population. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 1991. 32 (Suppl):1192.

(216) ZWAS F., SHIN D.H., MCKINNON P.F.: Early diagnosis of glaucoma in ocular hypertensive patients. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 1984, 25 (Suppl): 193.