

11234

2 ej 46



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Medicina

División de Estudios de Postgrado

Hospital Oftalmológico de Nuestra

Señora de la Luz

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

METODO MATEMATICO COMPUTARIZADO
PARA EL ESTUDIO CAMPIMETRICO DEL
PACIENTE GLAUCOMATOSO

TESIS DE POSTGRADO

Que para obtener el título en la Especialidad de
OFTALMOLOGO

presenta

Dr. Bernardo Velázquez Pallares

México, D. F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1988



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE.

- I. INTRODUCCION. Página 1.**
 - PLANTEAMIENTO CIENTIFICO.**
 - ANTECEDENTES.**
 - OBJETIVOS.**
- II. MATERIAL Y METODOS. Página 10.**
- III. RESULTADOS. Página 35.**
- IV. DISCUSION. Página 41.**
- V. CONCLUSIONES. Página 44.**
- VI. APENDICE. Página 46.**
- VII. BIBLIOGRAFIA. Página 59.**

I. INTRODUCCION.

PLANTEAMIENTO CIENTIFICO.

Se ha dicho que existen dos grados principales -- del conocimiento científico. El primero está relacionado a la observación de los fenómenos naturales y sus probable relación causa-efecto; este conocimiento llega a ser de gran valor cuando se emplea una metodología científica adecuada y, sobretudo, cuando el fenómeno investigado no es alterado por el mismo método empleado. El segundo grado de conocimiento científico trata sobre la síntesis conceptual de los hechos previamente descubiertos. Es aquí donde se representan modelos y se formulan teorías, siendo este grado del conocimiento frágil y fugaz.

Actualmente la investigación científica ha desarrollado logros impresionantes en el primer grado del conocimiento, empleando tecnología muy sofisticada y experimentación costosa para, finalmente, inundar la literatura mundial de datos de difícil aplicación.

Por otra parte existe una marcada carencia de modelos científicos y teorías que engloben y expliquen los conocimientos ya adquiridos, llegándose a formar una gran brecha entre ambos tipos de conocimiento, la llamada area ininteligible (10).

El presente método matemático trata de ser una --
herramienta mediante la cual podamos ordenar la -
serie de datos, que representan la progresión de-
la pérdida visual en el glaucoma y que, finalmente,
quizas nos ayude a conocer el area ininteligible-
que a este tema respecta.

ANTECEDENTES.

El estudio del campo visual es la herramienta más importante en el control del paciente glaucomatoso; este examen presenta las siguientes variables: intensidad del estímulo medido en Apostilbs (Asb), tamaño del estímulo en mm^2 , localización del estímulo y velocidad del mismo dentro del campo visual.

El Apostilb es una unidad de reflectancia lumínica y equivale a 132.847 candelas-pié reflejadas; el perímetro tipo Goldmann tiene una serie de filtros que modifican cuantitativamente la intensidad lumínica previamente calibrada, el cambio en este caso se produce logarítmicamente; ya sea 0.1 log en los filtros a, b, c, d, e; como 0.5 log en los filtros 1, 2, 3, 4. De esta manera cuando se calibra la intensidad en 1000 Asb., obtenemos pequeños cambios de intensidad entre las primeras combinaciones de filtros, por ejemplo: 2b a 2c son 50 a 63 Asb., y grandes cambios de intensidad entre las últimas combinaciones de filtros, por ejemplo: 4d a 4e son 800 a 1000 Asb. (TABLA I.).

1	31.5 Asb	25 Asb	20 Asb	16 Asb	12.5 Asb
2	100 Asb	80 Asb	63 Asb	50 Asb	40 Asb
3	315 Asb	250 Asb	200 Asb	160 Asb	125 Asb
4	1000 Asb	800 Asb	630 Asb	500 Asb	400 Asb
	e	d	c	b	a

TABLA I.
COMBINACION DE FILTROS Y VALOR
DE LA INTENSIDAD CALIBRADO A 1000 ASB.

El tamaño del estímulo se mide en mm² y corresponde al área elíptica del mismo; el perímetro de Goldmann tiene 6 tamaños disponibles. (TABLA II.).

Clave	0	I	II	III	IV	V
Tamaño	1/16	1/4	1	4	16	64

TABLA II.
TAMAÑO DEL ESTÍMULO EN mm².

Con respecto a la localización del estímulo, ésta se lleva a cabo cuando se realiza la campimetría-cinética, la velocidad del estímulo se ha descrito que debe ser de 3 a 5 grados por segundo (1). El progreso de la pérdida del campo visual se ha documentado extensamente, haciendo gran hincapié en la localización campimétrica precisa de los defectos subsecuentes (3).

El primero de estos cambios es la presencia súbita de un escalón de localización nasal como consecuencia del daño a la capa de fibras nerviosas-retinianas; la progresión de este defecto va a dar lugar a escotomas absolutos o relativos en esta área, mismos que gradualmente se fusionan y convierten en el clásico escotoma en cimitarra.

Posteriormente se presenta déficit visual en la otra mitad del campo que da lugar al llamado escotoma anular, mismo que aún presenta el escalón-nasal por la asimetría de la afección de los haces de fibras nerviosas.

Finalmente el escotoma anular progresa tanto hacia la periferia como hacia el centro del campo visual, dejando dos pequeñas islas de visión remanente, la central y la temporal, pudiéndose perder por último cualquiera de estas.

Hay que notar que los escotomas paracentrales - -
únicos de el area de Bjerrum y aún defectos mayo-
res pueden mejorar y hasta desaparecer.

Ultimamente no solo se ha estudiado la localiza-
ción de la perdida visual en el glaucoma crónico-
simple, sino también se ha cuantificado ésta, ob-
teniendo resultados interesantes; el Dr. Frede-
rick S. Mikelberg (5) de la Universidad de la Co-
lumbia Británica en Vancouver midió el area de --
los escotomas y su progreso en el tiempo, encon-
trando tres tipos de progresión: lineal, episódi-
ca y estable; uno de los principales defectos de-
su estudio es la llamada deformación cartográfica
que se presenta cuando se miden areas en repre-
sentaciones bidimensionales de un fenómeno tridi-
mensional, como sucede en la campimetría (11); el -
Dr. Mikelberg utiliza una unidad denominada masa-
de escotoma, misma que es obtenida multiplicando-
los mm^2 del area del escotoma por los decibeles -
empleados (db), el db es la medida de cambio lo-
garítmico (logaritmo de base 10) entre una inten-
sidad luminosa y otra, empleadas durante la cam-
pimetría; este tipo de unidad trae consigo un ---
problema de base, ya que no es posible definir -
y reproducir los datos, dado que se desconocen --
tanto la calibración del campímetro como el valor
absoluto al que el cambio logarítmico se refiere.

OBJETIVOS.

Los objetivos de este trabajo son los siguientes:

- 1.- La definición de una unidad numérica que nos permita cuantificar el campo visual y reproducir los valores que le dieron lugar.
- 2.- La realización de un método matemático con el cual valoremos la ganancia o pérdida del campo visual.
- 3.- La aplicación de un método matemático que ayude a predecir el valor de las campimetrías subsecuentes.
- 4.- La aplicación de ambas metodologías en el estudio de los campos visuales de pacientes con glaucoma crónico simple, del Hospital Oftalmológico de Nuestra Señora de la Luz.

II. MATERIAL Y METODOS.

MATERIAL.

Se estudiaron 21 campimetrías (62 isópteras) de 11 pacientes con glaucoma crónico simple, realizadas del 10 de Diciembre de 1983 al 18 de Agosto de 1987 en el Departamento de Glaucoma del Hospital Oftalmológico de Nuestra Señora de la Luz; de los 11 pacientes, 10 eran mujeres y un hombre, las edades fluctuaban de los 43 a los 70 años y los tratamientos recibidos fueron en la mayoría de los casos, múltiples (Tabla III.), llegándose a combinar tanto a bloqueadores y epinefrínicos con acetazolamida, pilocarpina, trabeculoplastia y trabeculectomía.

Caso	Sexo	Edad	Tratamiento
1.	Fem.	65	Maleato de timolol 0.5%, epinefrina.
2.	Fem.	63	Maleato de timolol 0.5%, pilocarpina 4%, clorhidrato de dipivefrín 0.1%.
3.	Fem.	64	Maleato de timolol 0.5%, acetazolamida, pilocarpina 2%, metipranolol 0.6%, epinefrina, trabeculectomía.
4.	Fem.	62	Maleato de timolol 0.5%, pilocarpina 2%.
5.	Masc.	63	Maleato de timolol 0.5%, pilocarpina 2%, acetazolamida.
6.	Fem.	65	Maleato de timolol 0.5%.
7.	Fem.	70	Maleato de timolol 0.5%, pilocarpina 2%, epinefrina, acetazolamida.
8.	Fem.	43	Sin tratamiento.
9.	Fem.	43	Maleato de timolol 0.5%, pilocarpina 2%, metipranolol 0.6%, betaxolol 0.5%, trabeculoplastia.
10.	Fem.	51	Epinefrina, metipranolol 0.6%, trabeculoplastia.
11.	Fem.	61	Maleato de timolol 0.5%, pilocarpina 2%, metipranolol 0.6%, clorhidrato de dipivefrín 0.1%, trabeculoplastia .

TABLA III.
SEXO, EDAD Y TRATAMIENTO.

Las campimetrías fueron realizadas mediante el -- campímetro tipo Goldmann, marca Topcon y modelo - SBP-11 , habiéndose calibrado el estímulo a 1000- Apostilbs y la intensidad del fondo a 31.5 Apos-- tilbs; estudiándose aquellas campimetrías secuen-- ciales que presentaban el mismo tipo de estímulo; el mayor lapso entre ambos estudios fue de 1348 - días y el menor de 65 días(TABLA IV.) descartán-- dose aquellos estudios realizados con estímulos - mayores de 0.25 mm² y los que fueron considerados como no confiables.

Caso.	Tipo de Estimulo.	Lapso del Estimulo.
1.	I3e	153 días
2.	I3e, I4e	179 días
3.	I2e	103 días
4.	I4e	287 días
5.	I3e, I4e	65 días
6.	I4e	146 días
7.	I2e, I3e, I4e	304 días
8.	I3a, I4a	100 días
9.	I3e, I4e	341 días
10.	I2e, I4e	294 días
11.	I1e, I2e, I3e I4e	1378 días

TABLA IV.
TIPO Y LAPSO DEL ESTIMULO.

Las presiones intraoculares antes y durante el --
tratamiento variaron ampliamente en todos los ca--
sos, siendo la menor de 7 mm de Hg. y la mayor de
42 mm de Hg., con una media de 20.05 mm de Hg.---
TABLA V.).

Caso.	Presión menor.	Presión mayor.	Media.
1.	12	20	16.4
2.	18	24	20.6
3.	10	42	25.4
4.	18	25	19.7
5.	7	40	15.1
6.	17	21	18.1
7.	22	26	23.4
8.	16	22	17.4
9.	21	30	25
10.	15	28	20.5
11.	16	22	19

TABLA V.
PRESION INTRAOCULAR.

METODOS.

1.- Análisis matemático.

El análisis matemático se realizó mediante una - - computadora personal IBM compatible, misma que - - tenía un disco duro tipo Winchester y 20 megabytes de memoria. Se utilizó lenguaje tipo Basic.

2.- Definición de Unidad numérica.

La Unidad numérica debe tener las siguientes ca---racterísticas:

a) Incorporar el valor de la intensidad del esti---mulo luminoso (A_{sb}) y de su tamaño (mm^2), siendo - su valor mayor cuando la sensibilidad retiniana es alta y el tamaño del estímulo pequeño, y menor -- cuando la sensibilidad sea baja y el tamaño mayor.

b) Presentar relación numérica con los valores ---considerados como normales de las correspondientes isópteras.

c) Ser fácilmente reproducible a partir de los - - gráficos campimétricos usuales.

d) Poderse obtener a partir de la Unidad los datos que la formaron (A_{sb} , mm^2 , isoptera normal).

Tomando en cuenta estas características, pensé que una de las formas de integrar todos estos datos se lograría mediante una ecuación.

La ecuación que cumple todas las características -
mencionadas es la siguiente:

$$\text{BEVEL} = ((d2)(100)/(d1))/((I)(D))$$

donde: d2= distancia del punto de fijación al lí-
mite de la isóptera del caso en estudio
(en mm)

d1= distancia del punto de fijación al lí-
mite de la isóptera normal (en mm)

I= intensidad (en Asb)

D= diámetro (en mm²)

Hay que notar que el BEVEL presenta una relación -
inversa con la Intensidad y el Diámetro, incremen-
tándose el BEVEL cuando éstos disminuyen; se rela-
ciona a su vez con la localización del límite de -
la isóptera adquiriendo un valor porcentual con --
respecto de los valores normales: $((d2)(100)/(d1))$.
También es posible conocer alguna de las variables
de la ecuación al sustituir los valores que tenga-
mos y despejar la incógnita.

Vemos entonces que este valor del BEVEL corresponde
solamente a un grado de la gráfica campimétrica y-
adquiere en su formación características numéricas

que le imprimen la localización normal, la localización del caso en estudio y la intensidad y el diámetro con los cuales la campimetría fué realizada (FIG. 1).

3.- Definición del campo visual normal.

Las isópteras consideradas como normales (4) fueron obtenidas de sujetos normales de 20 a 30 años de edad, empleando estímulos de $1/4$ de mm y con las siguientes intensidades: 31.5 Asb, 100 Asb, 315 Asb y 1000 Asb (o sea los filtros 1e, 2e, 3e, 4e); teniendo una gráfica del campo visual supuestamente normal (FIG. 2).

De esta gráfica campimétrica se midieron las distancias normales (d1) cada 15 grados (TABLA VI.).

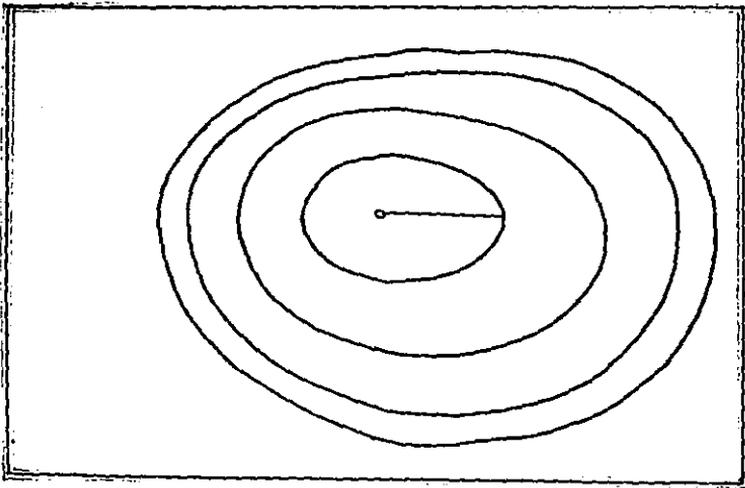


FIG. 1. BEVEL GRAFICADO EN EL GRADO 0 DE LA ISOPTERA I1e.

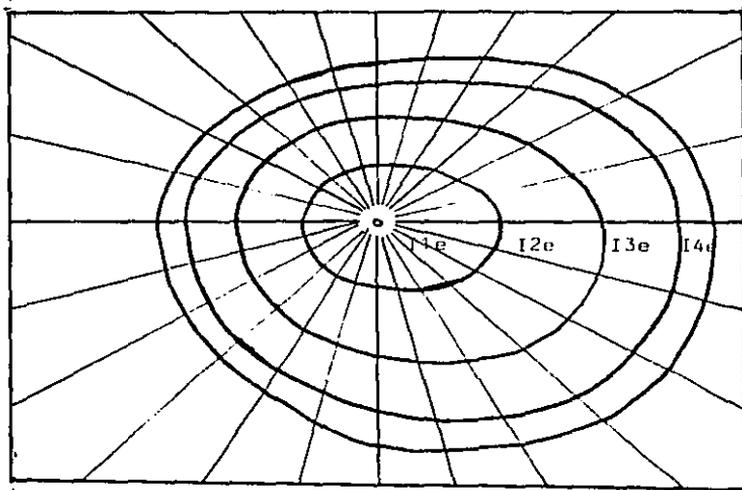


FIG 2. ISOPTERAS NORMALES.

Isoptera		1e	2e	3e	4e
Grado	0	37.5	68	89.5	100
	15	35	61	86	96
	30	29.5	53.5	77	86
	45	25	46	66.5	76
	60	22	41	56.5	65
	75	20	37	50	57
	90	19.5	35.5	47	54
	105	19	36	46.5	54
	120	18.5	36	47.5	54
	135	19.5	37	49	56
	150	20	38.5	51.5	59
	165	21	40	54.5	62
	180	22	41.5	56	65
	195	22.5	41.5	56	65
	210	22.5	41.5	56.5	65
	225	21.5	42	57.5	66
	240	21.5	42.5	58.5	67
	255	21.5	43.5	60.5	71
	270	21.5	45	64	75
	285	23	47.5	69	80
	300	25	53.5	76	87
	315	28.5	60.5	84	95
	330	32.5	65.5	87	100
	345	36.5	69	90	101

TABLA VI.
DISTANCIAS NORMALES EN MM.

Hay que notar que en estos valores normales solo se consideraron las isópteras: I1e, I2e, I3e y I4e; no tomándose en cuenta aquellas que resultan de la combinación de los filtros a,b,c,d, por lo cual -- fué necesario calcular estas últimas. La base de este cálculo fué la suposición de que las isópteras son equidistantes una de otra, ya que su valor, como antes ya vimos, disminuye o aumenta en escala logarítmica; en el caso de la serie a, b, c, d, mediante unidades 0.1 log y en la serie 1, 2, 3, 4 mediante unidades 0.5 log; de tal manera que si -- tenemos la distancia normal entre dos isópteras de la serie o filtro "e", la distancia de las isópteras a, b, c, d será de 1/5 de aquella.

Para obtener estos valores faltantes se realizó un programa de cálculo de los mismos mediante lenguaje Basic (ver Apéndice) (TABLA VII, VIII, IX y X.).

Isóptera	I1a	I1c	I1c	I1d	I1e
Grado 0	7.5	15	22.5	30	37.5
15	7	14	21	28	35
30	5.9	11.9	17.7	23.6	29.5
45	5	10	15	20	25
60	4.4	8.79	13.2	17.6	22
75	4	8	12	16	20
90	3.9	7.79	11.7	15.6	19.5
105	3.8	7.60	11.4	15.2	19
120	3.7	7.4	11.1	14.8	18.5
135	3.9	7.79	11.7	15.6	19.5
150	4	8	12	16	20
165	4.2	8.40	12.6	16.8	21
180	4.4	8.79	13.2	17.6	22
195	4.5	9	13.5	18	22.5
210	4.5	9	13.5	18	22.5
225	4.29	8.59	12.9	17.2	21.5
240	4.29	8.59	12.9	17.2	21.5
255	4.29	8.59	12.9	17.2	21.5
270	4.29	8.59	12.9	17.2	21.5
285	4.60	9.20	13.8	18.4	23
300	5	10	15	20	25
315	5.70	11.4	17.1	22.8	28.5
330	6.5	13	19.5	26	32.5
345	7.29	14.6	21.9	29.2	36.5

TABLE VII.
 DISTANCIAS EN mm DE LAS
 ISOPTERAS NORMALES I1a-I1e.

Isoptera	I2a	I2b	I2c	I2d	I2e
Grado 0	43.6	49.7	55.8	61.9	68
15	40.2	45.4	50.6	55.8	61
30	34.3	39.1	43.9	48.7	53.5
45	29.2	33.4	37.6	41.8	46
60	25.8	29.6	33.4	37.2	41
75	23.4	26.8	30.2	33.6	37
90	22.7	25.9	29.1	32.3	35.5
105	22.4	25.8	29.2	32.6	36
120	22	25.5	29	32.5	36
135	23	26.5	30	33.5	37
150	23.7	27.4	31.1	34.8	38.5
165	24.8	28.6	32.4	36.2	40
180	25.9	29.8	33.7	37.6	41.5
195	26.3	30.1	33.9	37.7	41.5
210	26.3	30.1	33.9	37.7	41.5
225	25.6	29.7	33.8	37.9	42
240	25.7	29.9	34.1	38.3	42.5
255	25.9	30.3	34.7	39.1	43.5
270	26.2	30.9	35.6	40.3	45
285	27.9	32.8	37.7	42.6	47.5
300	30.7	36.4	42.1	47.8	53.5
315	34.9	41.3	47.7	54.1	60.5
330	39.1	45.7	52.3	58.9	65.5
345	43	49.5	56	62.5	69

TABLA VIII.
 DISTANCIAS EN mm DE LAS
 ISOPTERAS NORMALES I2a-I2e.

Isóptera	I3a	I3b	I3c	I3d	I3e
Grado 0	72.3	76.6	80.9	85.2	89.5
15	66	71	76	81	86
30	58.2	62.9	67.6	72.3	77
45	50.1	54.2	58.3	62.4	66.5
60	44.1	47.2	50.3	53.4	56.5
75	39.6	42.2	44.8	47.4	50
90	37.8	40.1	42.4	44.7	47
105	38.1	40.2	42.3	44.4	46.5
120	38.3	40.6	42.9	45.2	47.5
135	39.4	41.8	44.2	46.6	49
150	41.1	43.7	46.3	48.9	51.5
165	42.9	45.8	48.7	51.6	54.5
180	44.4	47.3	50.2	53.1	56
195	44.4	47.3	50.2	53.1	56
210	44.5	47.5	50.5	53.5	56.5
225	45.1	48.2	51.3	54.4	57.5
240	45.7	48.9	52.1	55.3	58.5
255	46.9	50.3	53.7	57.1	60.5
270	48.8	52.6	56.4	60.2	64
285	51.8	56.1	60.4	64.7	69
300	59	62.5	67	71.5	76
315	65.2	69.9	74.6	79.3	84
330	69.8	74.1	78.4	82.7	87
345	73.2	77.4	81.6	85.8	90

TABLA IX.
DISTANCIAS EN mm DE LAS
ISOPTERAS NORMALES I3a-I3e.

Isóptera	I4a	I4b	I4c	I4d	I4e
Grado 0	91.8	93.7	95.8	97.9	100
15	88	90	92	94	96
30	78.8	80.6	82.4	84.2	86
45	68.4	70.3	72.2	74.1	76
60	58.2	59.9	61.6	63.3	65
75	51.4	52.8	54.2	55.6	57
90	48.4	49.8	51.2	52.6	54
105	48	49.5	51	52.5	54
120	48.8	50.1	51.4	52.7	54
135	50.4	51.8	53.2	54.6	56
150	53	54.5	56	57.5	59
165	56	57.5	59	60.5	62
180	57.8	59.6	61.4	63.2	65
195	57.8	59.6	61.4	63.2	65
210	58.2	59.9	61.6	63.3	65
225	59.2	60.9	62.6	64.3	66
240	60.2	61.9	63.6	65.3	67
255	62.6	64.7	66.8	68.9	71
270	66.2	68.4	70.6	72.8	75
285	71.2	73.4	75.6	77.8	80
300	78.2	80.4	82.6	84.8	87
315	86.2	88.4	90.6	92.8	95
330	89.6	92.2	94.8	97.4	100
345	92.2	94.4	96.6	98.8	101

TABLA X.
 DISTANCIAS EN mm DE LAS
 ISOPTERAS NORMALES I4a-I4e.

4.- Valoración del cambio campimétrico.

La valoración del cambio entre una campimetría y la subsecuente se realizó mediante el cálculo de los BEVELS por isóptera.

Fué necesario medir los BEVELS por cada grado; como solo había valores de la distancia normal cada 15 grados, se tomaron los restantes 14 grados similares al primer grado previo, por ejemplo: los grados 16 a 29 tienen el valor del grado 15, los grados 31 a 44 tienen el valor del grado 30. De esta manera, el valor en BEVELS de una isóptera dada, es la suma de 360 BEVEL correspondientes a cada grado estudiado; logrando así una medida más o menos exacta de el valor funcional de la isóptera en cuestión, existe la ventaja de que no se obtiene área alguna y por lo tanto no hay la deformación cartográfica antes descrita (11).

Todos estos cálculos se realizaron mediante un programa escrito en lenguaje Basic, en el cual se empleó la fórmula del BEVEL antes descrita (ver APENDICE).

5.- Predicción de campimetrías subsecuentes.

En la predicción de las campimetrías subsecuentes se empleó análisis estadístico del tipo de regresión lineal de orden N.

La regresión lineal es utilizada en fenómenos en los cuales las variables del mismo se relacionan de tal manera que forman una línea al ser graficadas (FIG. 3), guardan por lo tanto una relación lineal y pueden predecirse futuros valores de la variable dependiente (Y) a partir de la variable independiente (X), su fórmula estadística está dada por una ecuación de primer grado:

$$Y.X = \alpha + \beta X$$

donde: α es el valor de Y cuando X es igual a cero

β es un coeficiente del efecto lineal ó pendiente de la recta (6,7).

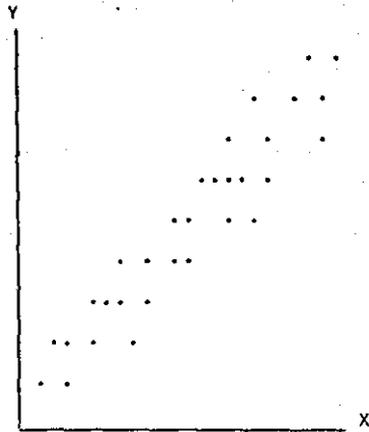


FIG. 3.
GRAFICA DE PUNTOS EN LA QUE
LA FUNCION DE REGRESION ES LINEAL.

La regresión lineal de orden N se emplea en aquellos fenómenos en donde las variables (independiente y dependiente) forman una línea curva al ser graficadas (FIG. 4), su fórmula estadística está dada por una ecuación de segundo grado:

$$\mu_{Y.X} = \alpha + \beta_1 X + \beta_2 X^2$$

donde: α es el valor de Y cuando X es igual a cero

β_1 es el coeficiente del efecto lineal ó pendiente de la recta

β_2 es el coeficiente del efecto de curvatura (6,7).

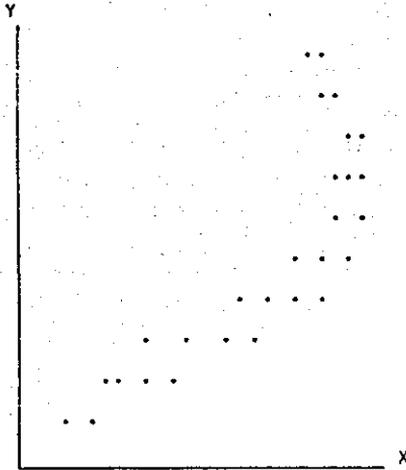


FIG 4.
GRAFICA DE PUNTOS EN LA QUE
LA FUNCION DE REGRESION NO ES LINEAL.

Los antecedentes en la literatura (5) indican que al graficar tiempo/incremento de la "masa de escotoma" en el glaucoma crónico simple se obtiene un patrón ya sea lineal, estable (también lineal pero con otra pendiente) y episódico (con curvatura). - Es por este motivo que escogí el análisis de regresión lineal de orden N, con el cual se puede predecir todo tipo de cambio en la campimetría; es posible también tener una serie de parámetros que nos ayudan a conocer el grado en el cual esta predicción es correcta como son el coeficiente de determinación y el error estandar. Explicaré brevemente cada uno de ellos:

Coefficiente de determinación.- Indica el grado en el cual se puede predecir la variable dependiente (Y) a partir de la variable independiente (X); un coeficiente de determinación igual a cero indica que el conocimiento de X no es una ayuda adicional para predecir Y, en este caso se dice que X no está correlacionada con Y. Por otra parte, un coeficiente de determinación igual a 1 denota, entonces, que pueden hacerse predicciones perfectas de Y a partir de un conocimiento de X; en este caso, incidentalmente, todos los puntos en la gráfica caerían exactamente sobre la línea de regresión.

Error estandar.- Indica el grado en el cual el resultado se puede desviar de la media.

El análisis de regresión lineal de orden N se realizó también mediante lenguaje Basic (?) (ver APENDICE).

III. RESULTADOS.

Se calcularon los BEVELS por isóptera normal, en contrandose una mayor cantidad de éstos cuando el estímulo empleado fué de menor intensidad y tamaño (TABLA XI.).

Los pacientes estudiados se dividieron en tres - grupos:

- 1.- Sin tratamiento, un caso.
- 2.- Tratado con maleato de timolol 0.5%, un caso.
- 3.- Multitratados, 9 casos.

Todos los casos estudiados presentaron una cantidad menor de BEVELS por isóptera que los considerados como valores normales para el grupo de edad de 20 a 30 años.

Se calculó la ganancia ó pérdida de BEVELS por día encontrandose similar pérdida de campo visual en la paciente sin tratamiento (caso 8) que en los -- pacientes multitratados, aunque este resultado no es estadísticamente significativo; la paciente con tratamiento único a base de maleato de timolol al 0.5% (caso 6) presentó una pequeña ganancia del -- campo visual al igual que dos de los casos multitratados (casos 5 y 9) (TABLA XII.) (TABLA XIII.).

Isóptera	BEVELS
I1a	11520
I1b	9000
I1c	7200
I1d	5760
I1e	4571.42
I2a	3600
I2b	2880
I2c	2285.71
I2d	1800
I2e	1440
I3a	1152
I3b	900
I3c	720
I3d	576
I3e	457.14
I4a	360
I4b	288
I4c	228.57
I4d	180
I4e	144

TABLA XI.

BEVELS DE LAS ISOPTERAS NORMALES.

Tratamiento	No.Casos	Ganancia campo	Pérdida campo
Sin	1		2.50 BEVEL día
Maleato de timolol 0.5%	1	0.037BEVEL	
Multitratados	9		1.61 BEVEL día

TABLA XII.
TIPO DE TRATAMIENTO
CAMBIO CAMPIMETRICO EN BEVELS.

Caso.	Ganancia campo	Pérdida campo
1		0.24 BEVEL día
2		0.16 BEVEL día
3		4.75 BEVEL día
4		0.01 BEVEL día
5	0.68 BEVEL día	
6	0.03 BEVEL día	
7		4.02 BEVEL día
8		2.58 BEVEL día
9	0.32 BEVEL día	
10		3.51 BEVEL día
11		2.88 BEVEL día

TABLA XIII.
PACIENTES.
CAMBIO CAMPIMETRICO EN BEVELS.

No fué posible utilizar el análisis de regresión - lineal de orden N, dado que ningún paciente tuvo - más de dos campimetrías subsecuentes con similar - tipo de estímulo empleado. En el caso de haberse - empleado en los pacientes con solo dos campime--- trías subsecuentes, se hubiera corrido el riesgo - de obtener valores falsos, ya que no se tomaría en cuenta el posible efecto de curvatura de la linea- de regresión.

IV. DISCUSSION.

El presente trabajo trata de emplear un método matemático que ayude a valorar el cambio en las campimetrías y nos permita conocer si un tratamiento médico ó quirúrgico, en el caso del glaucoma, esta teniendo éxito.

Otra posible utilidad es la predicción de valores en las campimetrías subsecuentes y de tal manera - conocer de ante mano el pronóstico del caso en - - cuestión; es necesario para esto tener cuando menos tres campimetrías secuenciales bien realizadas y - haberlas hecho con el mismo tipo de estímulo.

Sin embargo quizas el valor más importante de este trabajo, se logre al realizar un futuro estudio a largo plazo, en el cual se planteen varios tratamientos y en diversos tipos de glaucoma, el resultado será de gran utilidad ya que nos dará a conocer la evolución visual en estos pacientes, pudiendose correlacionar con estudios etiopatológicos ó - con casos clínicos específicos.

Los resultados obtenidos del pequeño grupo de casos del Hospital Oftalmológico de Nuestra Señora - de la Luz indican que estos métodos son facilmente aplicables, siendo su interpretación de buena ayuda en un mejor control de estos pacientes.

Con respecto a los programas de computadora empleados pueden ser modificados y mejorados para lograr una completa automatización en su manejo, así mismo ser incorporados al sistema Apple que maneja el Hospital.

V. CONCLUSIONES.

1.- El BEVEL es la unidad numérica de una isóptera dada; en su formación intervienen el límite de la isóptera y el diámetro e intensidad del estímulo-- empleado.

2.- Se describen varios métodos matemáticos computarizados para el cálculo de la ganancia o pérdida del campo visual.

3.- El análisis de regresión lineal de orden N es un buen método estadístico que nos permite la predicción del valor numérico en BEVELS de futuras -- campimetrías, se describe un programa computarizado que lo lleva a cabo (7).

4.-Estos métodos pueden ayudar a un mejor control-- médico o quirúrgico del paciente con glaucoma.

VI. APENDICE.

Se realizaron los siguientes programas mediante --
lenguaje Basic (Basic Microsoft, versión 2.11): -

1.- Cálculo de la localización de las isópteras --
normales.

2.- Cálculo de Bevels por isóptera.

3.- Cálculo de pérdida de Bevels en isópteras se--
cuenciales.

4.- Predicción de futuras isópteras mediante aná--
lisis de regresión lineal de orden N (7).

A continuación se encuentran los listados en len--
guaje Basic de los programas realizados.

Cálculo de isópteras normales.

Listado del programa:

```
10 REM -PROGRAMA DE CALCULO DE ISOPTERAS NDRMALES
50 PRINT "QUE ISOPTERAS ESTUDIARA: I2abcde(1),
          I3abcde (2), I4abcde (3)"
100 INPUT I
150 IF I=2 THEN 500
170 IF I=3 THEN 700
190 PRINT "CALCULO DE LAS ISOPTERAS I2a,I2b,I2c,I2d"
200 PRINT "CUANTOS GRADOS DESEA UD. ESTUDIAR"
210 INPUT G
220 FOR F=11 TO G STEP 15
230 PRINT "PONGA DISTANCIA IDEAL I2e"
240 INPUT N
250 PRINT "PONGA DISTANCIA IDEAL I1e"
260 INPUT R
270 LET A=(N)-((N-R)/(5))*(4)
280 PRINT "DISTANCIA IDEAL DE LA I2a:"A
290 LET B=(N)-((N-R)/(5))*(3)
300 PRINT "DISTANCIA IDEAL DE LA I2b:"B
310 LET C=(N)-((N-R)/(5))*(2)
320 PRINT "DISTANCIA IDEAL DE LA I2c:"C
330 LET D=(N)-((N-R)/(5))
340 PRINT "DISTANCIA IDEAL DE LA I2d:"D
350 NEXT F
```

```
360 PRINT "QUIERE ESTUDIAR OTRAS ISOPTERAS,SI(1),NO(2)"
370 INPUT W
380 IF W=1 THEN 50
390 GOTO 1000
490 PRINT "CALCULO DE DISTANCIAS NORMALES I3a,I3b,I3c,I3d"
500 PRINT "CUANTOS GRADOS DESEA UD. ESTUDIAR"
510 INPUT G
520 FOR F=1 TO G STEP 15
530 PRINT "PONGA LA DISTANCIA IDEAL I3e"
540 INPUT N
550 PRINT "PONGA LA DISTANCIA IDEAL I2e"
560 INPUT R
570 LET A=(N)-((N-R)/(5))*(4)
580 PRINT "DISTANCIA IDEAL DE LA I3a:"A
590 LET B=(N)-((N-R)/(5))*(3)
600 PRINT "DISTANCIA IDEAL DE LA I3b:"B
610 LET C=(N)-((N-R)/(5))*(2)
620 PRINT "DISTANCIA IDEAL DE LA I3c:"C
630 LET D=(N)-((N-R)/(5))
640 PRINT "DISTANCIA IDEAL DE LA I3d:"D
645 NEXT F
650 PRINT "QUIERE ESTUDIAR OTRAS ISOPTERAS,SI(1),NO(2)"
660 INPUT W
670 IF W=1 THEN 50
680 GOTO 1000
```

```
690 PRINT "CALCULO DISTANCIAS NORMALES I4a,I4b,I4c,I4d"  
700 PRINT "CUANTOS GRADOS DESEA UD. ESTUDIAR"  
710 INPUT G  
720 FOR F=1 TO G STEP 15  
730 PRINT "PONGA LA DISTANCIA IDEAL I4e"  
740 INPUT N  
750 PRINT "PONGA LA DISTANCIA IDEAL I3e"  
760 INPUT R  
770 LET A=(N)-((N-R)/(5))*(4)  
780 PRINT "DISTANCIA IDEAL DE LA I4a:"A  
790 LET B=(N)-((N-R)/(5))*(3)  
800 PRINT "DISTANCIA IDEAL DE LA I4b:"B  
810 LET C=(N)-((N-R)/(5))*(2)  
820 PRINT "DISTANCIA IDEAL DE LA I4c:"C  
830 LET D=(N)-((N-R)/(5))  
840 PRINT "DISTANCIA IDEAL DE LA I4d:"D  
850 PRINT "QUIERE ESTUDIAR OTRAS ISOPTERAS,SI(1),NO(2)"  
860 INPUT W  
870 IF W=1 THEN 50  
880 GOTO 1000  
1000 END
```

Cálculo de Bevels por isóptera.

Es necesario en este programa poner los siguientes valores de la isóptera en cuestión:

- valor de la intensidad en Asb.
- valor del diámetro en mm².
- cantidad de grados que se desean estudiar.
- distancia normal de la isóptera.
- distancia real de la isóptera estudiada.

Listado del programa:

```
10 REM -CALCULO DE BEVELS POR ISOPTERA
15 PRINT "CALCULO DE BEVELS POR ISOPTERA"
20 PRINT "PONGA EL VALOR DE LA INTENSIDAD"
30 INPUT I
40 PRINT "PONGA EL VALOR DEL DIAMETRO"
50 INPUT D
54 PRINT "CUANTOS GRADOS DESEA ESTUDIAR"
56 INPUT N
60 FOR G=1 TO N STEP 15
70 PRINT "PONGA LA DISTANCIA REAL Y LA IDEAL"
80 INPUT B,A
110 LET X=(B 100/A)/(I D)
120 PRINT "GRADO"G
130 PRINT "BEVELS"X
140 LET W=X*15
150 LET S=S+W
160 NEXT G
170 PRINT "BEVELS POR ISOPTERA"S
180 END
```

Cálculo de pérdida de Bevels en isópteras secuenciales.

Este programa determina la pérdida de Bevels por día; es necesario conocer previamente el valor en Bevels de las isópteras secuenciales, y el lapso en días entre una y otra.

Listado del programa:

```
10 REM -PERDIDA DE BEVELS POR DIA
40 PRINT "CUANTOS PACIENTES ESTUDIARA"
50 INPUT R
60 FOR L=1 TO R
150 PRINT "CUANTAS ISOPTERAS ESTUDIARA EN ESTE
      PACIENTE"
170 INPUT N
175 PRINT "PONGA EL LAPSO DE LAS CAMPIMETRIAS EN DIAS"
177 INPUT Z
180 FOR W=1 TO N
300 PRINT "PONGA LOS BEVELS INICIALES"
400 INPUT I
500 PRINT "PONGA LOS BEVELS FINALES"
600 INPUT F
700 LET X=((I)-(F))/(Z)
730 PRINT "LA PERDIDA ES DE:"X"BEVELS AL DIA"
740 LET S=S+X
750 NEXT W
```

770 NEXT L

800 LET A=5/R

1000 PRINT "LA PERDIDA PROMEDIO ES DE:"A"BEVELS AL DIA"

1200 END

Regresión lineal de orden N.

Este programa determina los coeficientes de una ecuación de orden N utilizando el método de los mínimos cuadrados. La ecuación es de la forma siguiente:

$$Y = C + A_1X + A_2X^2 + \dots + A_nX^n$$

donde: Y = variable dependiente

C = constante

A₁, ..., A_n = coeficientes de las variables independientes X, ..., Xⁿ respectivamente.

Como resultado, se imprimen los coeficientes de la ecuación, los coeficientes de determinación y la desviación estandar de las estimas.

Es necesario dar las coordenadas X, Y de puntos conocidos. Una vez que se calcula la ecuación, se pueden predecir valores de Y para valores dados de X.

Listado del programa:

```
10 PRINT "NTH-ORDER REGRESSION"
20 PRINT
29 REM -SET LIMITS ON DEGREE OF EQUATION TO A(2D+1),
    R(D+1,D+2),T(D+2) (WHERE D=MAXIMUM DEGREE
    OF EQUATION)
30 DIM A(7),R(3,4),T(4)
40 PRINT "DEGREE OF EQUATION";
```

```
50 INPUT D
60 PRINT "NUMBER OF KNOWN POINTS";
70 INPUT N
80 A(1)=N
89 REM -ENTER COORDINATES OF DATA POINTS
90 FOR I=1 TO N
100 PRINT "X,Y OF POINT";I;
110 INPUT X,Y
118 REM -LINES 120-200 POPULATE MATRICES WITH A
      SYSTEM OF EQUATIONS
120 FOR J=2 TO 2*D+1
130 A(J)=A(J)+X^2(J-1)
140 NEXT J
150 FOR K=1 TO D+1
160 R(K,D+2)=T(K)+Y*X^2(K-1)
170 T(K)=T(K)+Y*X^2(K-1)
180 NEXT K
190 T(D+2)=T(D+2)+Y^2
200 NEXT I
209 REM -LINES 210-490 SOLVE THE SYSTEM OF EQUATIONS
      IN THE MATRICES
210 FOR J=1 TO D+1
220 FOR K=1 TO D+1
230 R(J,K)=A(J+K-1)
240 NEXT K
```

```
250 NEXT J
260 FOR J=1 TO D+1
270 K=J
280 IF R(K,J)<>0 THEN 320
290 K=K+1
295 IF K=D+1 THEN 280
300 PRINT "NO UNIQUE SOLUTION"
310 GOTO 790
320 FOR I=1 TO D+2
330 S=R(J,I)
340 R(J,I)=R(K,I)
350 R(K,I)=S
360 NEXT I
370 Z=1/R(J,J)
380 FOR I=1 TO D+2
390 R(J,I)=Z*R(J,I)
400 NEXT I
410 FOR K=1 TO D+1
420 IF K=J THEN 470
430 Z=-R(K,J)
440 FOR I=1 TO D+2
450 R(K,I)=R(K,I)+Z*R(J,I)
460 NEXT I
470 NEXT K
480 NEXT J
```

```
490 PRINT
495 PRINT "          CONSTANT=";R(1,D+2)
499 REM -PRINT EQUATION COEFFICIENTS
500 FOR J=1 TO D
510 PRINT J;"DEGREE COEFFICIENT=";R(J+1,D+2)
520 NEXT J
530 PRINT
539 REM -COMPUTE REGRESSION ANALYSIS
540 P=0
550 FOR J=2 TO D+1
560 P=P+R(J,D+2)*(T(J)-A(J)*T(1))/N
570 NEXT J
580 Q=T(D+2)-T(1)2/N
590 Z=Q-P
600 I=N-D-1
620 PRINT
630 J=P/Q
640 PRINT "COEFFICIENT OF DETERMINATION (R2) =;J
650 PRINT "COEFFICIENT OF CORRELATION =";SQR(J)
660 PRINT "STANDARD ERROR OF ESTIMATE =";SQR(Z/I)
670 PRINT
679 REM -COMPUTE Y-COORDINATE FROM ENTERED
      X-COORDINATE
680 PRINT "INTERPOLATION:(ENTER 0 TO END PROGRAM)"
690 P=R(1,D+2)
```

```
700 PRINT "X=";  
710 INPUT X  
720 IF X=0 THEN 790  
730 FOR J=1 TO D  
740 P=P+R(J+1,D+2)*X2J  
750 NEXT J  
760 PRINT "Y=";P  
770 PRINT  
780 GOTO 690  
790 END
```

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

VII. BIBLIOGRAFIA.

1. Anderson Douglas R. Testing the Field of Vision. Editorial Mosby. 1982.
2. Coan James S. Basic Básico. 2a Impresión. 1986. Editorial Diana.
3. Duane Thomas D. Clinical Ophthalmology. Vol.3,- Cap.49, Págs. 1-23. Editorial Harper & Row. 1984.-
4. Harms, H., Die praktische Bedeutung quantitati-- ver Perimetrie. Klin. Mbl. Augenheilkunde 121,683-692 (1952).
5. Mikelber Frederick S. The Rate of Progression - of Scotomas in Glaucoma. American Journal of Oph-- thalmology 101:1-6, Enero, 1986.
6. Neter John. Fundamentos de Estadística. 3a Edi-- ción. 1975. Compañía Editorial Continental.
7. Pool Lon, Borchers Mary. Algunos programas de - uso común en Basic. 3a Edición. 1982. Editorial - Osborne/McGraw-Hill.
8. Sheldon Thomas. PC-DOS y MS-DOS. 1a Edición. - 1987. Mc-Craw Hill.
9. Silver Gerald A. Programación Basic Simplifica-- da para Microcomputadoras. Compañía Editorial Con-- tinental. 1987.
10. Sodi Pallares Demetria. Salto Inverosímil, de - los modelos biológicos a Parménides de Elea. Edi-- torial Parménides, México.
11. Weleber Richard G. Computerized Quantitative -- Analysis of Kinetic Visual Fields. American Jour-- nal of Ophthalmology 101:461-468, Abril, 1986.