

DETERMINACION DEL ANGULO SOLIDO DEL CAMPO VISUAL

Por

GONZALEZ DE LA ROSA M.*

MUIÑO VAZ E.**

y AGUILAR ESTEVEZ J.*

RESUMEN ESPAÑOL: Determinación del ángulo sólido del campo visual. Se describe un método para deducir el ángulo sólido del campo visual a partir de la representación gráfica convencional, por medio de un digitalizador de gráficos y un microordenador.

RÉSUMÉ FRANÇAIS: Determination de l'angle solide du champ visuel. On décrit dans cet article une méthode permettant de calculer l'angle solide du champ visuel, à l'aide d'un digitaliseur de graphiques et d'un microordinateur.

ENGLISH SUMMARY: Determination of the solid angle of the visual field. A method is described to deduce the solid angle of the visual field starting from the conventional graphic representation, by means of a digitator of graphics and a microcomputer.

INTRODUCCION

Si nuestro ojo se encontrase situado inmóvil en el centro de una esfera, podría contemplar tan solo una porción de su superficie. Para una esfera de un determinado radio, el tamaño del campo visual podría quedar definido por el área de esta superficie esférica o por el ángulo que subtende sobre el ojo.

Sin embargo el espacio que contemplamos habitualmente no es esférico, y dibujar el ángulo sólido resulta muy difícil pues habría de representarse tridimensionalmente, y a consecuencia de ello nos vemos obligados a utilizar otros métodos para definirlo.

Por razones prácticas se recurre habitualmente a representar en un plano la amplitud angular de la visión en cada uno de los meridianos que, partiendo radialmente desde el punto de fijación, dividieran la esfera en dos mitades idénticas.

Esta representación, si bien conserva, en el sentido radial, las proporciones angulares del campo visual real, es incorrecta en el sentido circunferencial, deformando la posición relativa de los puntos de un meridiano con respecto a los de los meridianos restantes.

Este hecho ha de tomarse en consideración a la hora de realizar estudios estadísticos o al interpretar la evolución funcional de un paciente pues, aunque la información morfoscópica que nos proporciona el gráfico sea correcta, la valoración cuantitativa del área de un escotoma o de

una superficie residual de visión puede resultar incorrecta.

Nosotros hemos elaborado un método para obtener, a partir de la representación gráfica convencional del campo visual, el ángulo sólido que representa, expresado en grados cuadrados: Se coloca el campo visual a estudiar sobre una tabla digitalizadora de gráficos conectada a un microordenador APPLE II (Fig. 1) y, siguiendo las instrucciones que aparecen en la pantalla se define, con la punta del lápiz digitalizador, la posición del punto de fijación y la correspondiente a los 90 grados de excentricidad para de esta forma reconocer la escala del dibujo. A continuación se recorren lentamente, con el mismo lápiz, los límites del escotoma o de la isóptera a investigar siguiendo el sentido de las agujas del reloj.

De esta forma el ordenador identifica las coordenadas de los diversos puntos del dibujo.

Pulsando la tecla de espacio, o regresando exactamente al punto de partida, el ordenador deja de admitir datos y comienza a triangular las superficies definidas sobre el plano de la gráfica, para transformarlas a continuación en sus equivalentes en ángulos sólidos según la fórmula explicada por el ejemplo de la Fig. 2.

En el caso de que una isóptera corte en mas de una ocasión a un meridiano, definiendo dentro de él zonas ciegas y zonas con visión, el programa suma o resta convenientemente los datos hasta calcular la superficie en la que el paciente tiene realmente visión.

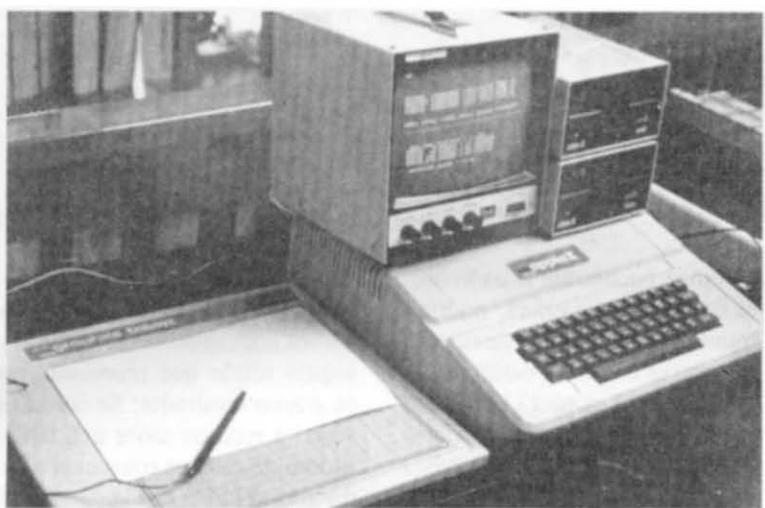


Fig. 1

$$S = 20.625 \times (1 - \cos B) \times A / 360$$

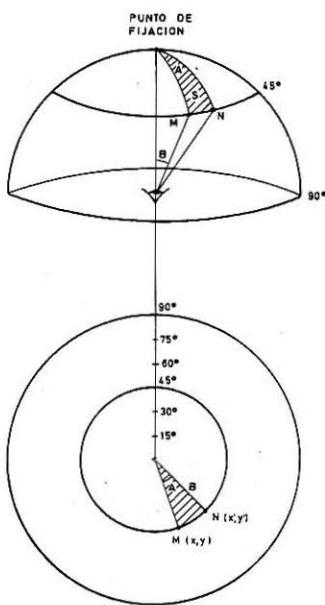


Fig. 2

Una segunda rutina distribuye las superficies angulares obtenidas en cuadrantes, de tal forma que, finalmente, el ordenador nos informará del ángulo sólido to-

tal de visión o del tamaño de un escotoma expresado en grados cuadrados, así como de su distribución por cuadrantes.

PROGRAMA

```

100 DT = 0
110 HOME : CLEAR : PRINT : PRINT : PRINT : PRINT : PRINT
120 PRINT " ****": PRINT "*"
130 PRINT " *      ANGULO SOLIDO      *": PRINT "*"
140 PRINT " *      DEL      *": PRINT "*"
150 PRINT " *      CAMPO VISUAL      *": PRINT "*"
160 PRINT " *      M.GLEZ. DE LA ROSA  *": PRINT "*"
170 PRINT " *": PRINT "*"
180 FOR I = 1 TO 1500: NEXT I
190 DIM XX(1500),YY(1500)
200 DIM X(200,9)
210 F1 = 3.1415927
220 HOME : PRINT : PRINT : PRINT " COLOQUE EL ESQUEMA
230 PRINT "      DEL CAMPO VISUAL": PRINT
240 PRINT "      SOBRE LA TABLA DE GRAFICOS": PRINT
250 PRINT "      Y EL PUNTERO SOBRE EL PUNTO CENTRAL"
260 PRINT : PRINT "      DEL ESQUEMA"
270 FOR I = 1 TO 500: NEXT I
270 GOSUB 1070: REM ENTRA X0,Y0
280 X1 = X0:Y1 = Y0: HOME : PRINT : PRINT
290 PRINT "      COLOQUE EL PUNTERO EN EL LUGAR DEL"
300 PRINT : PRINT "      MERIDIANO DE LOS 0 GRADOS"
310 PRINT : PRINT "      CORRESPONDIENTE AL ANGULO VISUAL DE 90"
320 PRINT : PRINT "      GRADOS"
330 FOR I = 1 TO 600: NEXT I
340 GOSUB 1070
350 R0 = SQR ((X1 - X0) ^ 2 + (Y1 - Y0) ^ 2)
360 X0 = X1:Y0 = Y1
370 HOME
380 REM
390 HOME : PRINT : PRINT
400 PRINT "      COLOQUE EL PUNTERO SOBRE UN LUGAR": PRINT : PRINT
410 PRINT "      DE LA ISOPTERA O ESCOTOMA"
410 PRINT : PRINT "      A MEDIR Y DIBUJE SUS LIMITES HASTA": PRINT
420 PRINT : PRINT "      REGRESAR AL MISMO PUNTO"
420 PRINT : PRINT "      SIGUIENDO EL SENTIDO DE LAS AGUJAS": PRINT
430 PRINT "      DEL RELOJ"
430 FOR I = 1 TO 1200: NEXT I

```

```

440 GOSUB 890: REM ENTRA X,Y()
450 HOME
460 PRINT "RELATIVIZANDO COORDENADAS"
470 M5 = 0
480 FOR I = 1 TO N
490 XX(I) = XX(I) - XO
500 YY(I) = YY(I) - YO
510 NEXT I
520 HOME
530 PRINT "CALCULANDO ";N;" AREAS"
540 A = 0:A1 = 0:A2 = 0:A3 = 0:A4 = 0
550 D1 = 1:D2 = 1:D3 = 1:D4 = 1
560 G = 0
570 R = 0:G = 0
580 A6 = Z1 * 90 / RO
590 FOR I = 1 TO N
600 X = XX(I):Y = YY(I)
610 IF Y < 0 THEN M5 = 1
620 GOSUB 1170: REM CALCULA
630 HOME : PRINT I: PRINT : PRINT : PRINT
640 PRINT "PRIMER CUADRANTE ";"A1;" GRAD.^2"
650 PRINT "SEGUNDO CUADRANTE ";"A2;" GRAD.^2"
660 PRINT "TERCER CUADRANTE ";"A3;" GRAD.^2"
670 PRINT "CUARTO CUADRANTE ";"A4;" GRAD.^2"
680 PR1NT
690 NEXT I
700 A5 = A1 + A2 + A3 + A4
710 PRINT : PRINT "AREA TOTAL =";A5;" GRADOS CUADRADOS"
720 PRINT : PRINT "-----"; PRINT

730 IF D7 = 1 THEN GOTO 850
740 IF Z1 > RO THEN Z1 = RO
750 IF Z2 > RO THEN Z2 = RO
760 IF Z3 > RO THEN Z3 = RO
770 IF Z4 > RO THEN Z4 = RO
780 PRINT " LIMITE EN 0 GRADOS =";Z1 * 90 / RO
790 PRINT " LIMITE EN 90 GRADOS =";Z2 * 90 / RO
800 PRINT " LIMITE EN 180 GRADOS =";Z3 * 90 / RO
810 PRINT " LIMITE EN 270 GRADOS =";Z4 * 90 / RO
820 PRINT : INPUT "MANCHA CIEGA? (S/N)";BA$: IF BA$ < > "S" THEN
850
830 D7 = 1
840 GOTO 380
850 D7 = 0: PRINT : INPUT "NUEVO ESTUDIO ? (S/N)";BA$: IF BA$ <
> "N" THEN 380
860 HOME : NEW
870 END
880 O IF G < G9 THEN DA = - DA
890 REM ****
900 REM ENTRA X,Y()
910 REM ****
920 MARGEN = 5
930 PRINT CHR$(4); "PR#5"
940 N = 0
950 PRINT "T1,S1,X670,Y6180,R,B,Q"
960 PRINT CHR$(4); "IN#5": INPUT X,Y,Z
970 PRINT CHR$(4); "PR#0": PRINT CHR$(4); "IN#0"
980 HOME : PRINT N

```

DETERMINACION DEL ANGULO SOLIDO DEL CAMPO VISUAL

```

990 IF Z < 0 THEN 1060
1000 N = N + 1:XX(N) = X:YY(N) = - Y
1010 IF ABS (XX(N) - XX(1)) < R0 / 60 AND ABS (YY(N) - YY(1))
    ) < R0 / 60 AND N > 5 THEN GOTO 1060
1020 ZZ = PEEK (- 16336) + PEEK (- 16336) + PEEK (- 16336)
    )
1030 IF ABS (XX(N) - XX(N - 1)) < MARGEN AND ABS (YY(N) - YY
    (N - 1)) < MARGEN THEN N = N - 1
1040 FOR I = 1 TO 100: NEXT I
1050 GOTO 960
1060 PRINT CHR$ (4); "PR#0": PRINT CHR$ (4); "IN#0": RETURN
1070 REM *****
1080 REM ENTRA X0,Y0
1090 REM *****
1100 PRINT CHR$ (4); "PR#5"
1110 PRINT "T1,S1,X670,Y6180,R,B,0"
1120 PRINT CHR$ (4); "IN#5": INPUT X0,Y0,Z
1130 Y0 = - Y0
1140 PRINT CHR$ (4); "PR#0": PRINT CHR$ (4); "IN#0"
1150 PRINT CHR$ (7): FOR T = 1 TO 800: NEXT T
1160 RETURN
1170 REM *****
1180 REM CALCULA
1190 REM *****
1200 R9 = R: REM RADIO ANTERIOR
1210 G9 = G: REM ANGULO ANTERIOR
1220 GOSUB 1550: REM CALC G
1230 IF G = PI / 2 THEN R = X: GOTO 1320
1240 IF G = 0 THEN R = Y: GOTO 1320
1250 IF G = PI THEN R = Y: GOTO 1320
1260 IF G = 3 * PI / 2 THEN R = X: GOTO 1320
1270 IF X = 0 THEN R = Y: GOTO 1320
1280 IF Y = 0 THEN R = X: GOTO 1320
1290 IF G = 2 * PI THEN R = Y
1300 IF X = 0 AND Y = 0 THEN GOTO 1540
1310 R = X / SIN (G)
1320 R = ABS (R)
1330 IF R > R0 THEN R = R0
1340 REM *** R5= RADIO MEDIO ***
1350 R5 = (R + R9) / 2
1360 R5 = R5 * (PI / 2) / R0
1370 IF I = 1 THEN G9 = G
1380 G5 = ABS (G - G9)
1390 REM *** DA= ULTIMA AREA ***
1400 DA = G5 * 20625 * (1 - COS (R5)) / (2 * PI)
1410 IF DA = 0 THEN GOTO 1540
1420 IF NI = 1 THEN GOTO 1490
1430 REM *** SUMA AREAS POR CUADRANTES ***
1440 IF G = < PI / 2 THEN A1 = A1 + DA
1450 IF G = < PI AND G > PI / 2 THEN A2 = A2 + DA
1460 IF G = < 3 * PI / 2 AND G > PI THEN A3 = A3 + DA
1470 IF G = < 2 * PI AND G > 3 * PI / 2 THEN A4 = A4 + DA
1480 GOTO 1540
1490 IF G < PI / 2 AND G > = 0 THEN A1 = A1 - DA
1500 IF G < PI AND G > = PI / 2 THEN A2 = A2 - DA
1510 IF G < 3 * PI / 2 AND G > = PI THEN A3 = A3 - DA
1520 IF G < 2 * PI AND G > = 3 * PI / 2 THEN A4 = A4 - DA
1530 RETURN

```

```

1540 RETURN
1550 REM *** CALCULO DEL ANGULO ***
1560 IF X > 0 AND Y > 0 THEN G = ATN (X / Y)
1570 IF X > 0 AND Y < 0 THEN G = ATN (-Y / X) + PI / 2
1580 IF X < 0 AND Y < 0 THEN G = ATN (X / Y) + PI
1590 IF X < 0 AND Y > 0 THEN G = ATN (Y / -X) + 3 * PI / 2
1600 IF X = 0 AND Y = 0 THEN GOTO 1540
1610 IF X = 0 AND Y > 0 THEN G = 0
1620 IF X > 0 AND Y = 0 THEN G = PI / 2
1630 IF X = 0 AND Y < 0 THEN G = PI
1640 IF X < 0 AND Y = 0 THEN G = 3 * PI / 2
1650 IF G > 0 AND G < PI / 2 AND G9 = 2 * PI THEN G9 = 0
1660 IF G > PI / 2 AND G < PI AND G9 > 0 AND G9 < PI / 2 THEN
    G = PI / 2
1670 IF G < 3 * PI / 2 AND G > PI AND G9 < PI AND G9 > PI / 2 THEN
    G = PI
1680 IF G > 3 * PI / 2 AND G < 2 * PI AND G9 > PI AND G9 < 3 *
    PI / 2 THEN G = 3 * PI / 2
1690 IF G > = 0 AND G9 > 3 * PI / 2 AND G9 < 2 * PI AND G < P
    I / 2 THEN G = 2 * PI
1700 IF G > G9 THEN GOSUB 1860
1710 IF G = 2 * PI AND G9 > 0 AND G9 < PI / 2 THEN G = 0
1720 IF G < PI / 2 AND G > 0 AND G9 > PI / 2 AND G9 < PI THEN
    G = PI / 2
1730 IF G > PI / 2 AND G < PI AND G9 > PI AND G9 < 3 * PI / 2 THEN
    G = PI
1740 IF G > PI AND G < 3 * PI / 2 AND G9 > 3 * PI / 2 AND G9 <
    2 * PI THEN G = 3 * PI / 2
1750 IF G < 2 * PI AND G > 3 * PI / 2 AND G9 = 0 THEN G9 = 2 *
    PI
1760 IF G < 2 * PI AND G > 3 * PI / 2 AND G9 > 0 AND G9 < PI /
    2 THEN G = 0
1770 IF G < G9 THEN GOSUB 1880
1780 REM *** RADIOS MERIDIANOS PRINCIPALES ***
1790 IF G = PI / 2 THEN Z1 = X
1800 IF G = 0 THEN Z2 = Y
1810 IF G = 2 * PI THEN Z2 = Y
1820 IF G = 3 * PI / 2 THEN Z3 = -X
1830 IF G = PI THEN Z4 = -Y
1840 RETURN
1850 REM *** AREA A SUMAR O RESTAR ***
1860 N1 = 0
1870 RETURN
1880 N1 = 1
1890 RETURN

```

*Dpto. de Oftalmología. Facultad de Medicina.
 Universidad de La Laguna. Islas Canarias. España.
 **Instituto Barraquer. Barcelona.