

## **Incisiones arqueadas - técnica quirúrgica para astigmatismo resultados preliminares**

**DRA. CARMEN BARRAOUER C.\***  
**DRA. ANGELA MARIA GUTIERREZ M.\*\***

### **RESUMEN**

*Las incisiones arqueadas son más adecuadas para la corrección de astigmatismos mixtos e hipermetrópicos. Generan aplanación en el eje perpendicular a la incisión y aumento del poder corneal en el área comprendida entre las incisiones. Se mencionan los resultados obtenidos en las diferentes ametropías y se demuestra el efecto mecánico con el estudio topográfico de varias córneas intervenidas.*

### **INTRODUCCIÓN**

Desde el punto de vista teórico y quirúrgico, el astigmatismo ha sido la ametropía de más difícil aproximación. Históricamente fue el primer defecto refractivo tratado quirúrgicamente (1864, Snellen; 1898, Lans) y paradójicamente es el menos predecible hasta el momento. Las técnicas de abordaje quirúrgico han sido tanto de aplanación (relajación) como de incurvación (resección). Se sabe que la córnea por ser una estructura elástica con forma esferoidal, se comporta siguiendo las leyes de la "Curva Total de Gauss" (1860, Gauss; 1987, Merlin); en la práctica, el efecto de aplanación en las técnicas de corrección de astigmatismo ha podido ser calculado matemáticamente con una predecibilidad aceptable; sin embargo, la magnitud de incurvación que se obtiene como efecto secundario a la aplanación no ha podido ser calculada con la misma precisión.

Debido a la facilidad de las técnicas por aplanación de un eje -relajación- se ha concentrado la atención en ellas, desarrollándose multitud de patrones de incisión a lo largo de los últimos diez años. Actualmente se pretende encon-

---

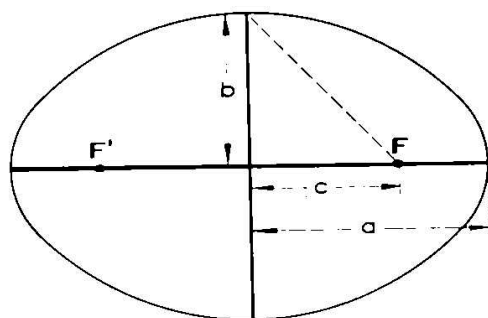
Trabajo presentado en la reunión de la Sociedad Internacional de Cirugía Refractiva durante el Congreso Panamericano de Oftalmología de Rio de Janeiro, en septiembre de 1989, y en la reunión de la Sociedad Internacional de Cirugía Refractiva en New Orleans, en octubre de 1989.

\* Profesora de Cirugía Refractiva y Segmento Anterior. Escuela Superior de Oftalmología. Instituto Barraquer de América. Bogotá, Colombia.

\*\* Profesora Auxiliar en el Departamento de Cirugía Refractiva y Segmento Anterior. Escuela Superior de Oftalmología. Instituto Barraquer de América. Bogotá, Colombia.

trar la forma de incurvar un eje en la magnitud requerida, partiendo de una aplanación controlada.

Trípoli y Cohen (1987, 1988), en un trabajo experimental realizado sobre 20 ojos de cadáver, desarrollaron un nomograma con base en la excentricidad de la elipse, asociando el comportamiento de este modelo a la forma de una córnea esférica (astigmática) (figuras 1 y 2). Utilizan el coeficiente de excentricidad (PIM, 1984) para determinar la magnitud de relajación a que se debe someter el tejido, tratando de aproximarlo en su forma a una esfera. Emplearon para ello incisiones circulares con longitud de arco determinado, con zonas ópticas de 3, 5, 7 y 9 mm., y con profundidad del 73% del espesor corneal.



$$c = \sqrt{a^2 - b^2}$$

$$e = c/a < 1$$

Figura 1: Esquema de una elipse con sus radios mayor y menor y los focos. Fórmula de la excentricidad de la elipse.

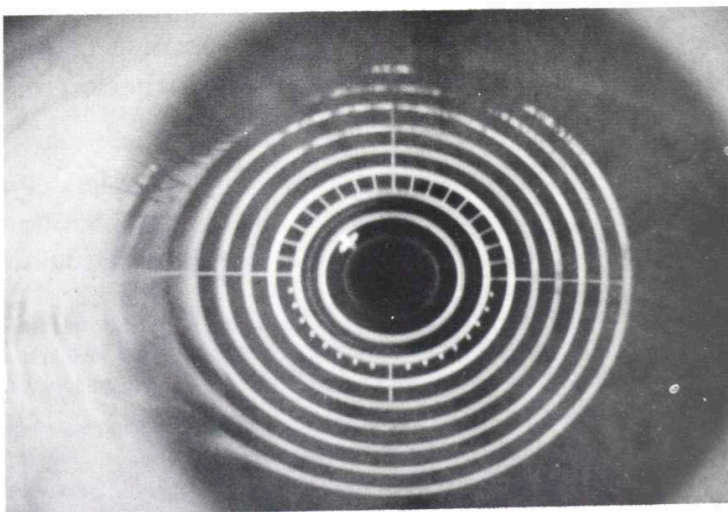


Figura 2: Queratografía de una córnea con astigmatismo. Nótese la forma elíptica de los anillos.

## MÉTODOS

La experiencia en incisiones relajantes para queratoplastia penetrante (1977, Troutman), practicadas por nosotros desde hace varios años, nos permitió iniciar la técnica de incisiones curvas en astigmatismo adquirido secundario a cirugía refractiva y en casos de astigmatismo congénito.

En octubre de 1988 iniciamos la técnica quirúrgica para corrección de astigmatismos siguiendo 2 patrones: 20 casos de incisiones semicirculares con longitud de arco de más de 90°, según técnica preconizada por U. Merlin (1987), y 50 casos con incisiones semicirculares, no mayores de 70°, según el nomograma de Tripoli y Cohen (1988). Hasta julio de 1989 habíamos intervenido 70 ojos en total.

La mayoría de los casos operados corresponden a astigmatismo mixto, seguidos por casos de astigmatismo hipermetrópico compuesto. Hemos tenido experiencia con pocos casos de hipermetrópico y miópico simples. Finalmente tratamos algunos ojos con astigmatismo miópico compuesto con cilindros altos, para reducir la asfericidad central y de esta forma poder practicar una cirugía de resección de tejido como la queratomileusis miópica, para corregir el defecto esférico remanente.

También utilizamos el coeficiente de excentricidad como medida del efecto de la cirugía, obteniéndolo al dividir el radio queratométrico vertical sobre el horizontal y la cifra resultante se resta de uno. Cuando el coeficiente se invierte de signo en el post-operatorio, consideramos que se ha producido una hipercorrección. En los astigmatismos con la regla es positivo y en los casos contra la regla es negativo.

$$\text{Excentricidad (E)} = R_v/R_h$$

$$\text{Coeficiente de excentricidad} = 1 - E (R_v/R_h)$$

## RESULTADOS

En todos los casos operados se logró en mayor o menor grado un cambio refractivo favorable. La hipercorrección del defecto también ocurrió con esta técnica y se hizo evidente por el cambio de signo en la excentricidad postoperatoria.

Analizando globalmente el grupo de pacientes, la excentricidad promedio preoperatoria fue de 0.08 con intervalo de 0.15 hasta -0.14 (55 casos con la regla y 15 casos de astigmatismo contra la regla). La excentricidad promedio postoperatoria fue de 0.02 con un intervalo de 0.10 a -0.03.

Para mostrar el efecto de aplanación-incurvación mostraremos un caso intervenido con esas incisiones:

Pre-operatorio: + 3.00 -5.50 x 155°

K : 8.15 x 158  
7.30 x 68

(E) : 0.10

Post-operatorio: +0.50 -0.50 x 90°

K : 7.50 x 0°  
7.80 x 90°

(E) : -0.04

En este caso se puede observar el cambio de eje post-operatorio simultáneo con el cambio de signo en el coeficiente de excentricidad de 0.10 a -0.04, lo que indica un efecto quirúrgico mayor al esperado.

La zona óptica más empleada fue de 7 mm. y de acuerdo con la ametropía se observó:

- En astigmatismo mixto: reducción de la excentricidad con base en aplanación del eje perpendicular a la incisión e incurvación en el eje paralelo a ésta, incurvación que fue variable según la longitud de la incisión, pero no fue posible lograr una correlación en esta primera serie.
- En astigmatismo hipermetrópico compuesto se observó un aumento global del poder corneal, a pesar de coexistir la respuesta aplanación/incurvación en los respectivos ejes; se logró, por tanto, reducir la hipermetropía y el astigmatismo.
- En astigmatismo miópico simple, a pesar de ser muy pocos casos, en todos se indujo miopía esférica, lo que nos indica que existe un aumento en el poder corneal total. Esto es debido, en primera instancia, a longitudes de arco muy largas para esta ametropía.
- En astigmatismo miópico compuesto se observó el mismo comportamiento descrito; se utilizó la técnica para reducir la excentricidad previo a la corrección de la esfera.

### **TOPOGRAFÍA CORNEAL COMPUTARIZADA**

*Efecto de las incisiones arqueadas sobre la superficie anterior de la córnea*

Se realizó el análisis preoperatorio y post-operatorio de la topografía corneal de algunos de los pacientes intervenidos con incisiones arqueadas, con zonas

ópticas de 7 mm., diferentes longitudes de arco y profundidades de incisión del 90% aproximadamente.

Dicho análisis se efectuó con el Corneal Modeling System (1988, Gromley), el cual hace una lectura de los diferentes poderes corneales basados en medidas tomadas sobre una imagen de video que tiene 32 anillos reflejados sobre la córnea por analizar. El poder corneal es codificado según una escala de colores, siendo los más cálidos (rojo-amarillo) los que indican los poderes más altos o curvos y los colores fríos (azul-verde) los poderes más planos o bajos (figuras 3, 4 y 4a.).

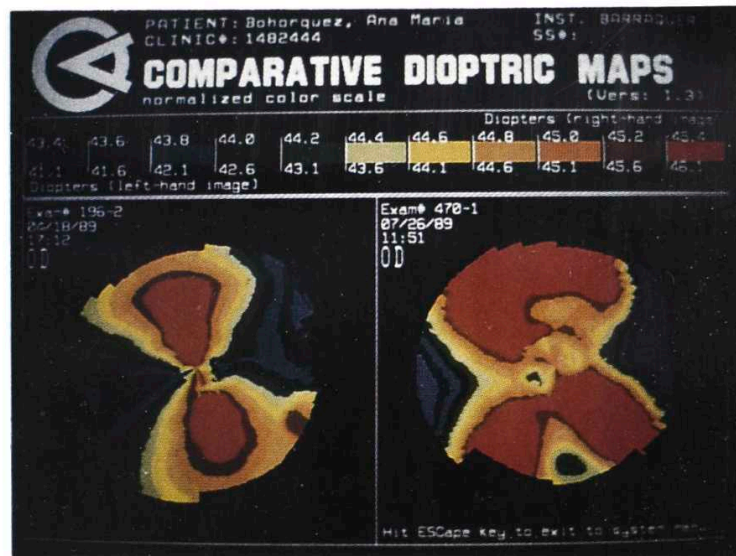


Figura 3: Topografía preoperatoria (derecha) y postoperatoria (izquierda) de un ojo intervenido de incisiones arqueadas para un astigmatismo mixto.

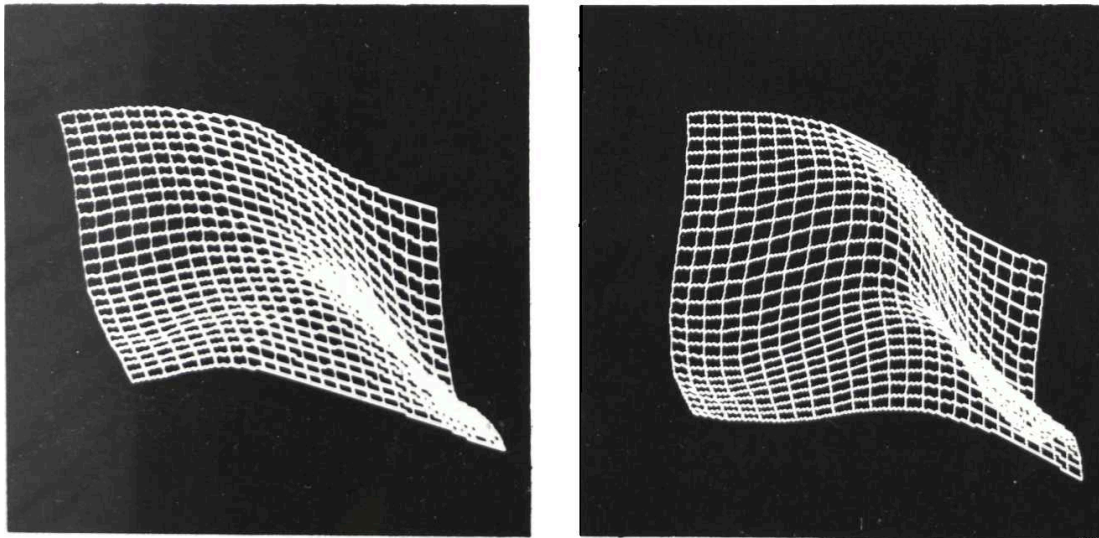
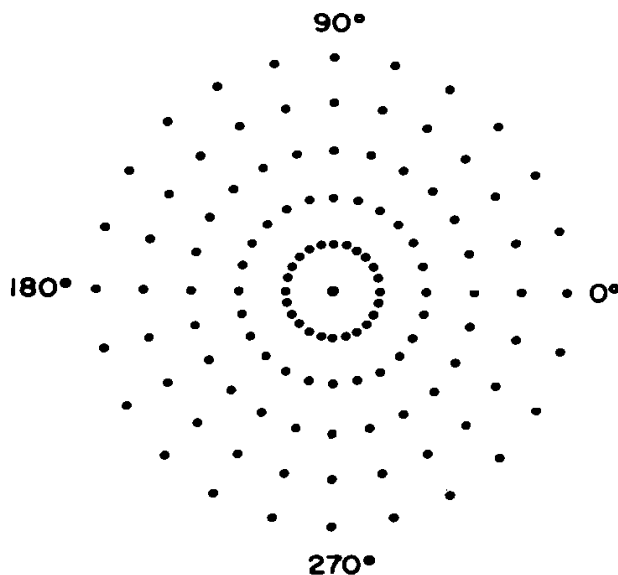


Figura 4 y 4a: Reja de alambre representando tridimensionalmente las anteriores topografías. La de la derecha es la preoperatoria y la de la izquierda la postoperatoria. Nótese la gran aplanación que se produce luego de la cirugía.

El análisis topográfico de la superficie corneal se realizó midiendo el radio de curvatura a distancias de 1, 2, 3, 4, 5 mm. del centro de la córnea y cada 15 grados, tomándose en total 121 medidas a cada córnea analizada (figura 5).



*Figura 5: Diagrama de los puntos analizados en la topografía.*

## RESULTADOS

- La córnea se aplana por delante de la incisión en el eje perpendicular a ella; sin embargo, la medida tomada en el centro de la córnea es más curva que la preoperatoria.
- En el meridiano paralelo a la incisión, conocido como el orthogonal, ocurre incurvación, cuya magnitud debe ser proporcional a la aplanación obtenida, pero no fue posible relacionarla en los casos analizados en esta primera serie.
- Inmediatamente por delante y por detrás de la incisión, hay incurvación que conforma la rodilla descrita en todas las cirugías de tipo relajante (1977, Fyodorov).
- Comparando el mapa topográfico pre-operatorio vs. post-operatorio se observa que la extensión de la aplanación central es pequeña respecto a la incurvación global que sufre la córnea a lo largo de casi todos sus meridianos; la medida queratométrica postoperatoria en el centro de la córnea es más curva que la preoperatoria (figura 6). Los efectos máximos de aplanación/incurvación se observan en los primeros 3 mm. centrales (figura 7).
- En todos los casos al realizar la incisión arqueada hay disminución de la excentricidad corneal preoperatoria en el área comprendida entre las dos incisiones; por fuera de ellas, es decir por detrás de la incisión, la asfericidad

corneal persiste. La topografía corneal post-operatoria guarda la simetría preoperatoria aunque con menor amplitud; se reconocen las hipercorrecciones cuando aparece la inversión topográfica en el análisis (figura 8).

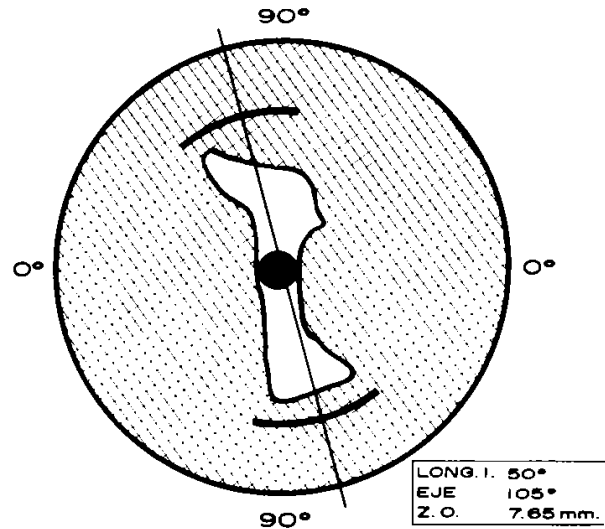


Figura 6: La superposición de todos los puntos pre y postoperatorios muestra la aplanación central en el eje quirúrgico. El resto del área en cuadrícula representa los puntos que se incurvaron con la cirugía.

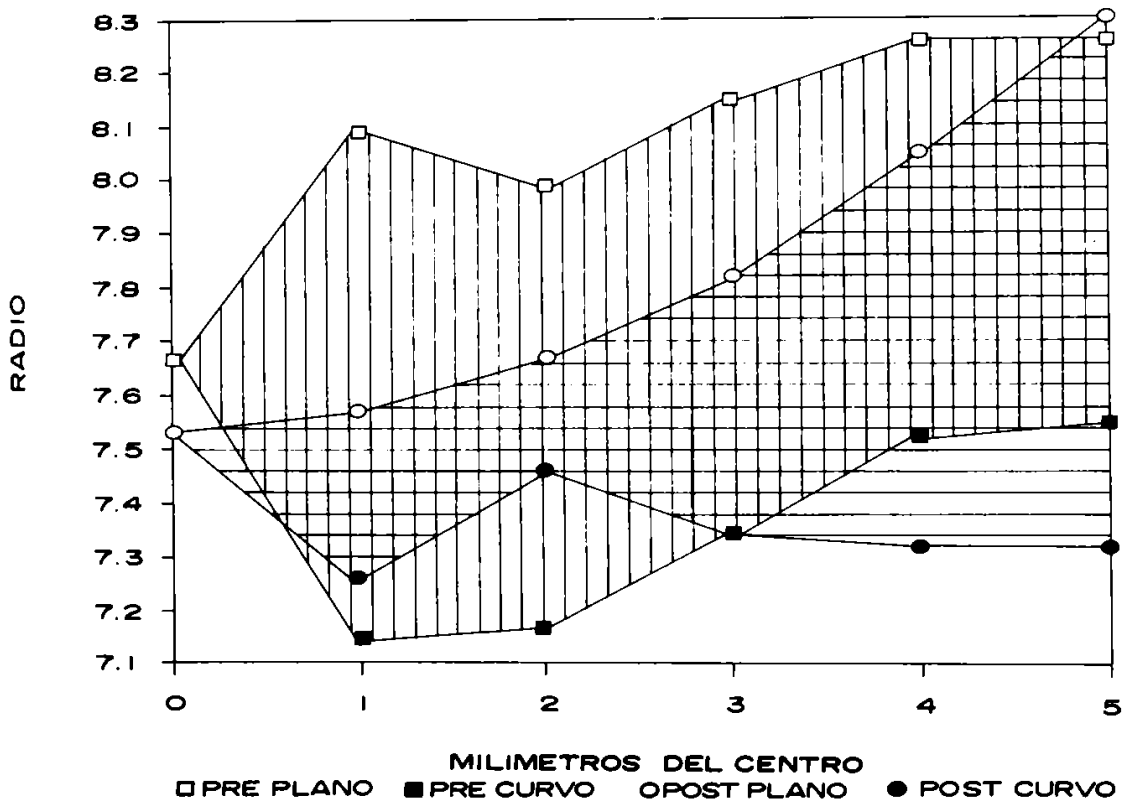
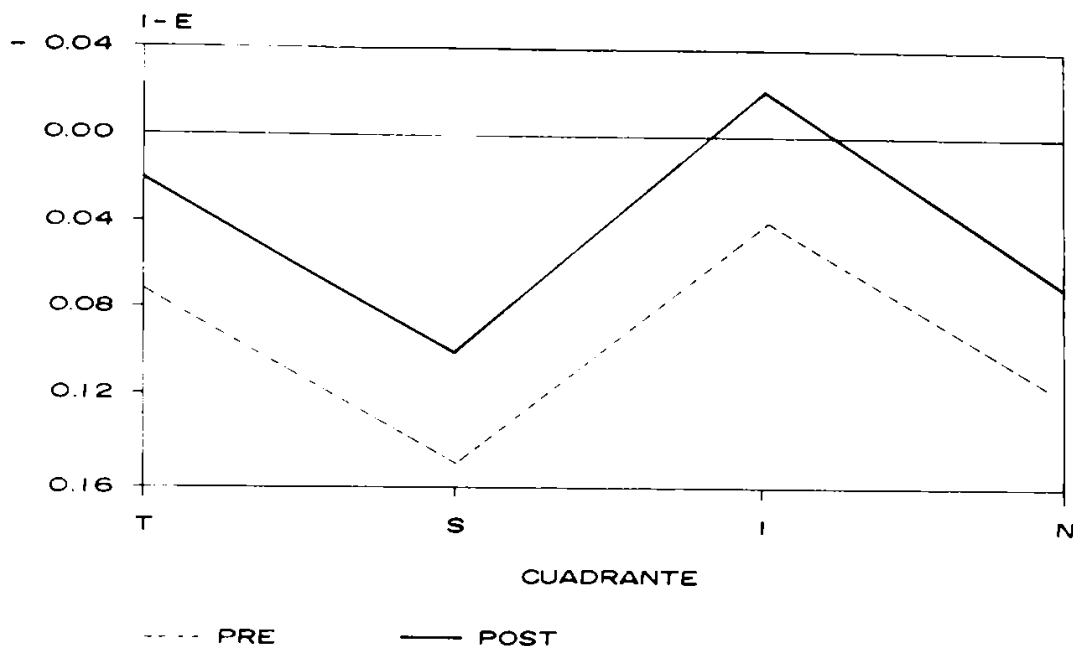


Figura 7: Cambio de radios en los meridianos primario y secundario entre el pre y postoperatorio. La zona superimpuesta señala la diferencia de radios postoperatoria a lo largo de los 5 mm analizados.



*Figura 8: Cambio en excentricidad a 4 mm. En el postoperatorio disminuye la excentricidad pero guarda simetría a lo largo de los diferentes cuadrantes. En el cuadrante inferior, la excentricidad se invierte indicando una hipercorrección.*

- Al hacer un análisis topográfico de las “curvas de nivel” en la córnea postoperatoria, se observa una curva bifásica en los ejes correspondientes al meridiano quirúrgico y al orthogonal. Este análisis comprueba los cambios que ocurren en la superficie corneal y que mecánicamente se traducen en aplanación/incurvación (figura 9). Otra forma de expresar estos cambios de poder es analizando las dioptrías de aplanación e incurvación (figura 10). Denominamos “curvas de nivel” al perfil formado por las medidas queratométricas a lo largo de los 360 grados a una distancia dada del centro de la córnea.

## COMENTARIOS

Las incisiones arqueadas han demostrado ser útiles en la corrección de astigmatismos, principalmente mixtos e hipermetrópicos. No logramos establecer la magnitud del efecto de acoplamiento (relación aplanación/incurvación), como informan otros autores, realizando los cálculos sobre ojos de cadáver (1985, Lundergan; 1988, Duffey). Al analizar los parámetros principales que intervienen en la técnica quirúrgica, observamos:

1. Las incisiones arqueadas actúan produciendo incurvación en el centro, efecto que aumenta al reducir el tamaño de la zona óptica (figura 11); de



INCISIONES ARQUEADAS TECNICA QUIRURGICA PARA ASTIGMATISMO

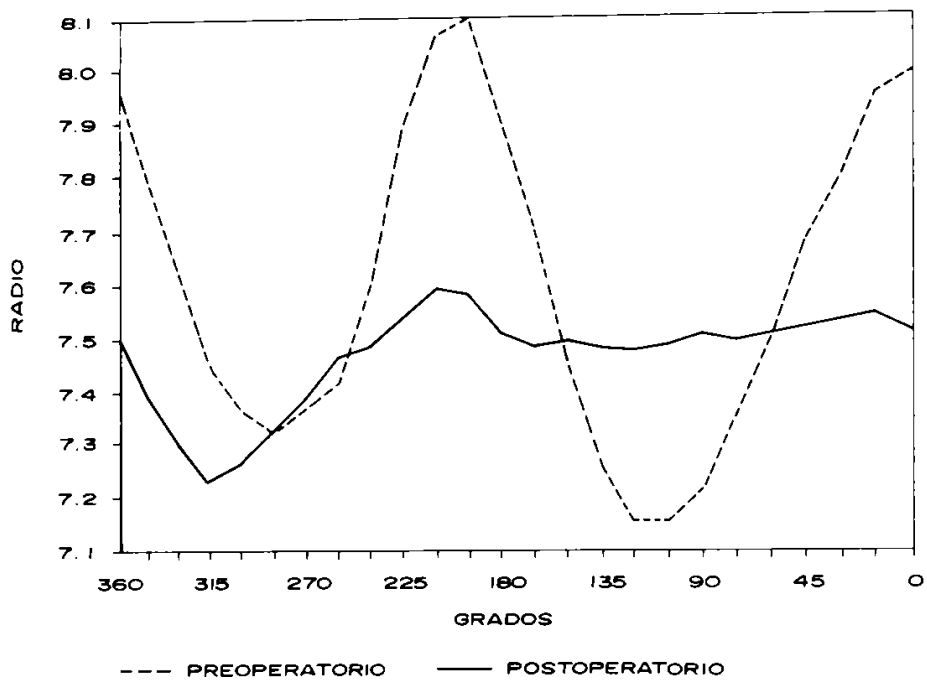


Figura 9: Diferencia de Radios a 1 mm. Muestra la curva bifásica preoperatoria a lo largo de los 360 grados. La curva postoperatoria demuestra los efectos de aplanación / incurvación, haciendo más esférica la córnea a 1 mm.

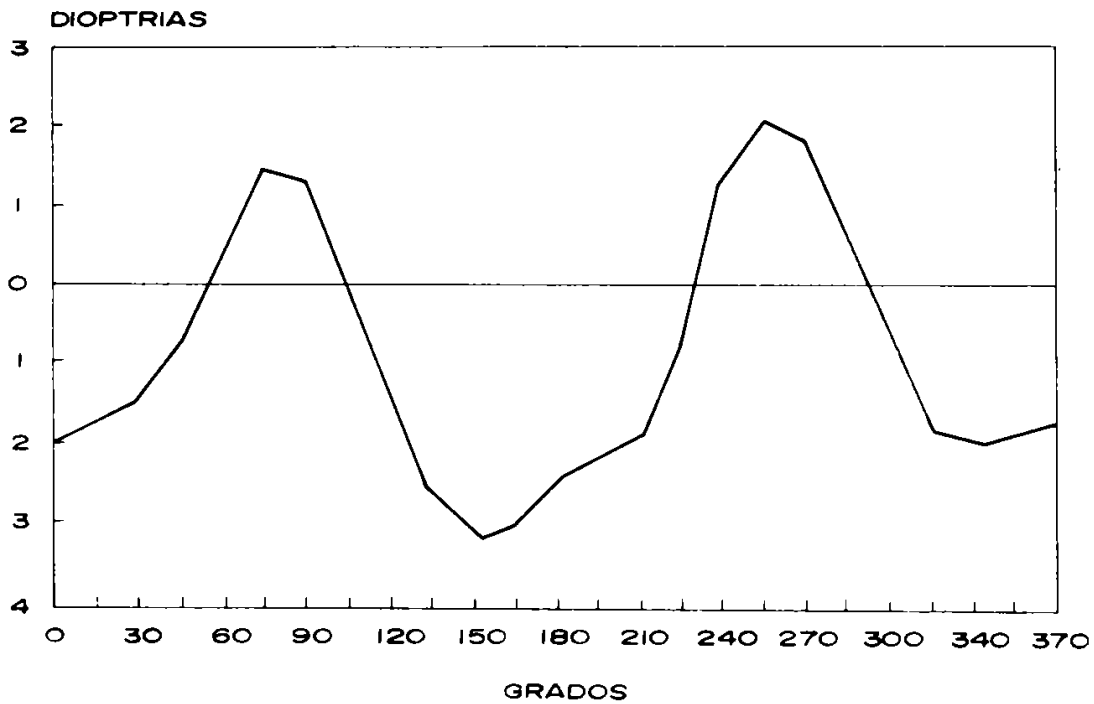
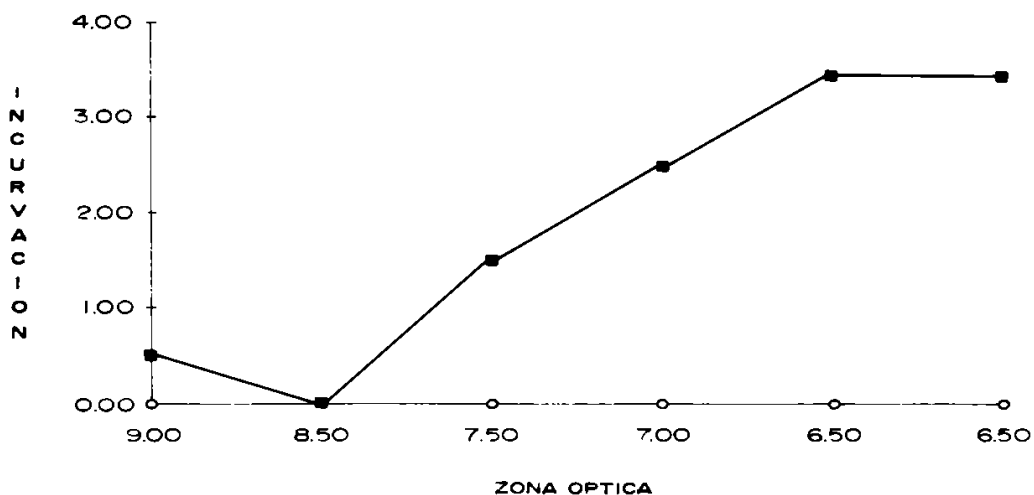
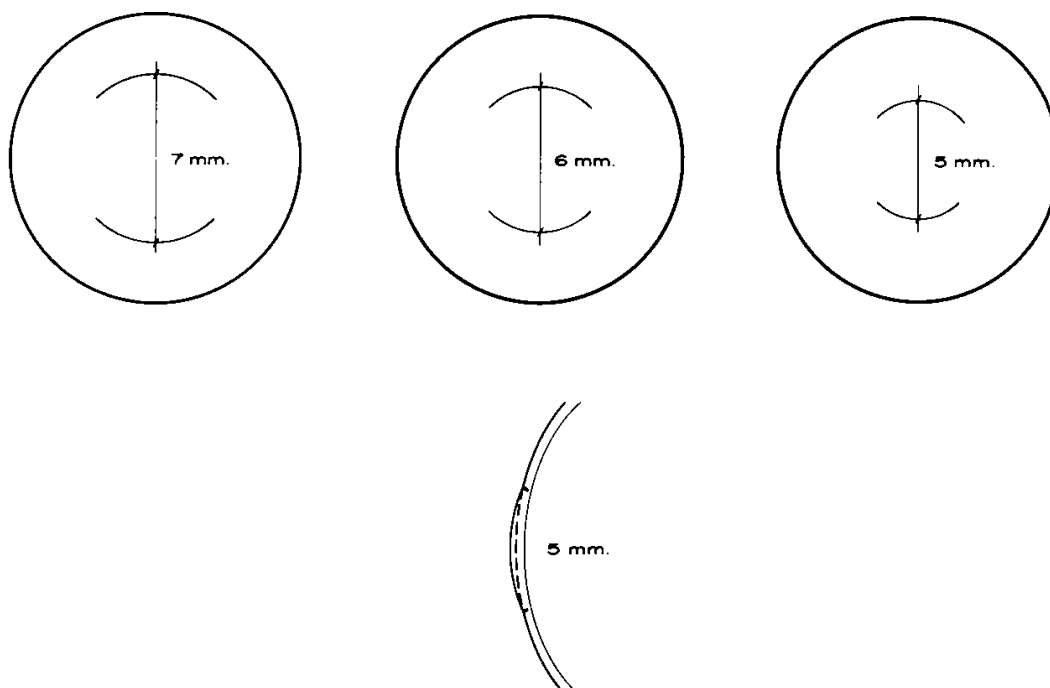


Figura 10: Cambio en dioptrías a 2 mm. En positivo están representadas las dioptrías de aplanación y con negativo las que se incurvaron, mostrando los cambios bifásicos de cambio de poder en los 360 grados.



*Figura 11: Incurvación Vs. Zona Óptica. Longitud de Arco mayor a 90 grados. A medida que se reduce la zona óptica, el efecto de incurvación es mayor.*

este hallazgo se puede deducir que se genera cierto grado de ectasia del tejido comprendido entre las incisiones (figura 12). La técnica del hexágono que realiza Méndez (1986) para el tratamiento de las hipercorrecciones en queratotomía radial tiene un efecto semejante.



*Figura 12: Esquema demostrativo de la ectasia que se produce en el tejido comprendido entre las 2 incisiones con diferentes zonas ópticas.*

2. La profundidad de la incisión es tan crítica en incisiones circulares como en cualquiera de las técnicas relajantes y se ha visto pérdida de corrección con el tiempo en los casos en donde la profundidad no alcanza el 90%. Sin embargo, a diferencia de otras técnicas, hemos visto descompensación corneal central por incisiones arqueadas con exceso de profundidad.
3. La perpendicularidad o eje de ataque y la relación del centraje respecto al eje visual también son importantes para obtener un buen resultado refractivo.
4. Las incisiones arqueadas de una longitud de arco determinada producen los efectos de aplanación/incurvación buscados, pero la dificultad técnica para hacerlas bien, compromete los resultados obtenidos y por consiguiente su análisis.
5. En el estudio topográfico se demostró que las incisiones arqueadas producen aplanación central en el meridiano donde ellas se realizan e incurvan el meridiano a 90 grados. Además, dichas incisiones incurvan globalmente la córnea.
6. Los mayores cambios queratométricos ocurren dentro de los 3 mm. centrales, llevando esta zona a una mayor esfericidad; por detrás de las incisiones la asfericidad persiste.
7. Las incisiones arqueadas reducen la excentricidad corneal en el área comprendida entre las incisiones. La excentricidad corneal residual postoperatoria guarda relación de simetría respecto a la excentricidad preoperatoria.

## BIBLIOGRAFÍA

1. SNELLEN. Citado por Lans, (1864).
2. LANS, L.S. *Experimentelle Untersuchungen Uber Enttsbehung von Astigmatismus durch nicht-perforierende Corneawunden*. Albrecht von Graefes. Arch Ophthaimol, vol. 45, p. 117, (1898).
3. GAUSS. Citado por U. Merlin, (1860).
4. MERLIN, U. *Curved Keratotomy Procedure for Congenital Astigmatism*. Journal of Refractive Surgery, vol. 3, p. 92, (1987).
5. TRIPOLI, N.; COHEN, K.; HOLMAN, R. *Corneal Topographic Response to Circumferential Keratotomies*. Journal of Refractive Surgery, vol. 3, p. 129, (1987).
6. COHEN, K. *En el manuscrito entregado en el curso No. 417 (Queratoplastia Refractiva: Análisis de la topografía corneal) de la Academia Americana de Oftalmología*. Noviembre 1o., 1988.
7. COHEN, K.; TRIPOLI, N. et al. *A New Photogrammetric Method for Quantifying Corneal Topography*. Invest Ophthalmol Vis Sci, vol. 25, p. 323. (1984)

CARMEN BARRAQUER C. ANGELA MARIA GUTIERREZ

8. TROUTMAN, R. *Microsurgery of the anterior Segment of the Eye*. St. Louis, Mosby, 1977.
9. GROMLEY, D.; GERSTEN, M.; KOPLIN, R.; LUBKIN, V. *Corneal Modeling*. *Cornea*, vol. 7, No. 1, p. 30, (1988).
10. FYODOROV, S.N.; DURNEV, V.V. *The use of anterior radial keratotomy method with the purpose of surgical correction of myopia*. *Pressing Problems of Modern Ophthalmological Surgery*. Moscow, p. 47, 1977.
11. LUNDERGAN, M.; ROWSEY, J. *Relaxing Incisions*. *Ophthalmology*, vol. 92, p. 1226, (1985).
12. DUFFEY, R.; VIVANTI, J. et al. *Paired Arcuate Keratotomy*. *Arch. Ophthalmol*, vol. 106, p 1130, (1988).
13. MENDEZ A. *Advances in hyperopia correction with hexagonal keratotomy*. Conferencia presentada en la reunión de la Am. Soc. Cat. Refract. Surg., en abril de 1986.