



GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

TREBAJO DE FINAL DE GRADO

Caracterización de patrones topográficos

Natalia Michelle Paniagua De La Paz

Directora: Carme Serés Revés
Departamento: Óptica y Optometría

12 de Junio de 2019



GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

La Sra. Carme Serés Revés como directora del trabajo certifica que la Sra. Natalia Paniagua ha realizado bajo su supervisión el trabajo '*Caracterización de Patrones Topográficos*' que se recoge en esta memoria para optar al título de grado en Óptica y Optometría.

Y para que conste, firmo este certificado.

Sra. Carme Serés Revés
Directora del trabajo

Terrassa, 12 de Junio de 2019



GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

Caracterización de patrones topográficos

RESUMEN

OBJETIVO: Identificar cuáles son los patrones topográficos más característicos de la población.

MÉTODO: Se seleccionaron aleatoriamente 126 historias de la base de datos del topógrafo Pentacam, del Centro Universitario de la Visión (CUV). Se descartaron 26 por no cumplir los criterios establecidos para formar parte del estudio. De la muestra restante se identificó el tipo de patrón topográfico y se hizo una tabla porcentual de los resultados. Por último, comparamos nuestros resultados con los estudios de Bogan et al y Kanpolat et al. También corroboramos que las muestras escogidas aleatoriamente se trataban de corneas sanas.

RESULTADOS: El estudio de los 100 ojos analizados nos muestra que el patrón topográfico que predomina es la pajarita asimétrica (31%), seguido del redondo (29%), oval (19%), pajarita simétrica (12%) y irregular (9%) respectivamente.

CONCLUSIONES: Es muy importante poder identificar los diferentes tipos de patrones topográficos para poder saber si una córnea presenta alguna alteración. Además, hemos podido comprobar que el patrón más común es la pajarita asimétrica, pero que dependiendo de la edad y de los criterios de inclusión y de exclusión, la incidencia varía.



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

Caracterització de patrons topogràfics

RESUM

OBJECTIU: Identificar quins son els patrons topogràfics més característics de la població.

MÈTODE: Es van seleccionar 126 històries, aleatòriament, de la base de dades del topògraf Pentacam, del Centre Universitari de la Visió (CUV). Es van descartar 26 per no complir els criteris establerts per formar par de l'estudi. De la mostra restant es va identificar el tipus de patró topogràfic i es va fer una taula percentual dels resultats. Finalment, vam comparar els nostres resultats amb els estudis de Bogan et al i Kanpolat et al. També vam corroborar que les mostres escollides aleatòriament es tractaven de còrnies sanes.

RESULTATS: L'estudi dels 100 ulls analitzats ens mostra que el patró topogràfic que predomina és el corbatí asimètric (31%), seguit del rodó (29%), oval (19%), corbatí simètric (12%) i irregular (9 %) respectivament.

CONCLUSIONS: És molt important poder identificar els diferents tipus de patrons topogràfics per poder saber si una còrnia presenta alguna alteració. També, hem pogut comprovar que el patró més comú és el corbatí asimètric, però que depenent del rang d'edat y dels criteris d'inclusió i d'exclusió, la incidència varia.



GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

CHARACTERIZATION OF TOPOGRAPHIC PATTERNS

ABSTRACT

PURPOSE: Identify which are the most characteristic topographic patterns of the population.

METHOD: 126 stories were selected, randomly, from the Pentacam topography database of the University Center of Vision (CUV). 26 were discarded because they did not meet the criteria established to be part of the study. From the remaining sample, we identified the type of topographic pattern and made a percentage table of the results. Finally, we have compared our results with the studies by Bogan et al and Kanpolat et al. We also corroborated that the randomly selected samples were healthy corneas.

RESULTS: The study of the 100 eyes analyzed shows that the predominant topographic pattern is the asymmetrical bowtie (31%), followed by the round (29%), oval (19%), symmetric bowtie (12%) and irregular (9%) respectively.

CONCLUSIONS: It is very important to be able to identify the different types of topographic patterns to be able to know if a cornea presents any alteration. Also, we have been able to verify that the most common pattern is the asymmetrical bowtie, but this depends on the age range and the inclusion and exclusion criteria, the incidence can vary.

Índice

1. Introducció.....	8
2. Topografia corneal.....	9
2.1. ¿Para qué se utiliza?.....	9
2.2. Topógrafos.....	10
2.3. Escalas y mapas topográficos más comunes.....	12
2.4. Índices topográficos cuantitativos.....	16
2.5. Patrones topográficos normales característicos.....	19
2.6. Mapas topográficos anormales.....	23
2.7. Errores de medida.....	28
3. Método experimental.....	29
3.1. Objetivo.....	29
3.2. Material y Método.....	29
3.2.1. Determinación de la muestra. Criterios de inclusión y exclusión.....	30
3.3. Descripción general del Pencatam.....	30
4. Resultados.....	31
5. Conclusión y discusión.....	33
6. Bibliografía y webgrafía.....	35

Índice de figuras

Figura 1. Pentacam, basado en el principio de Scheimpflug.....	11
Figura 2. Topografía corneal con escala Normalizada Topcon Cornea Analyzer.....	13
Figura 3. Comparación de mapa axial y tangencial de la misma córnea.	14
Figura 4. Comparación de mapa de elevación (izquierda) y axial (derecha). Lucen diferentes, son la inversa uno del otro.....	15
Figura 5. Mapa refractivo.....	15
Figura 6. Variación del enfoque en función del factor o coeficiente de asfericidad Q en distintas superficies.....	17
Figura 7. Topografía Corneal. Patrón: Redondo.	20
Figura 8. Topografía Corneal. Patrón: Ovalado.....	20
Figura 9. Topografía Corneal. Patrón: Pajarita simétrica.....	21
Figura 10. Topografía Corneal. Patrón: Pajarita asimétrica.....	21
Figura 11. Topografía Corneal. Patrón: Irregular.....	22
Figura 12. Tipos de patrones topográficos normales.....	22
Figura 13. Comparación córnea normal con Queratocono.....	23
Figura 14. Mapa queratométrico. A: queraratocono subclínico (Galilei, Ziemer), B: queratocono clínico (Pentacam HR, Oculus).....	24
Figura 15. Queratoplastia Conductirva (CK). Resumen del procedimiento.....	25
Figura 16. Queratotoro, biomicroscopio.....	26
Figura 17. Mapa queratométrico. Queratotoro. Tomey.	26
Figura 18. Queratoglobo, biomicroscopio.....	27
Figura 19. Mapa queratométrico de un Queratoglobo.....	27
Figura 20. Base de datos del Oculus Pentacam HR en el CUV.....	29

Índice de tablas

Tabla 1. Código de Colores según el topógrafo de reflexión y de elevación.....	12
Tabla 2. Resumen de los mapas topográficos.....	16
Tabla 3. Tabla de índices realizada por Jaume Pauné y Fernando Palomar Mascaro.....	19
Tabla 4. Resumen los patrones topográficos característicos según Bogan et al y Kanpolat et al.....	22
Tabla 5. Resultado de los 100 patrones topográficos en el CUV.....	31
Tabla 6. Descripción de datos de los patrones topográficos utilizados.....	31
Tabla 7. Resultado de los patrones topográficos según el rango de edad del estudio.....	32

1. Introducció

La superfície corneal presenta una geometria especial per lo que es difícil quantificarla numèricament com a fer una descripció matemàtica. El diagnosticar i fer un seguiment de alteracions de la morfologia corneal, la aplicació i estudis pre i post cirurgia ocular i les adaptacions especials de lentes de contacte requereixen un coneixement de la superfície de la còrnea que es pot aconseguir a través del topògraf corneal.

La topografia corneal és una prova molt habitual en clíniques oftalmològiques i en òptiques ja que és una prova fonamental per descriure i poder estudiar detalladament la superfície de la còrnea.

Los primers topògrafs corneals que es comercialitzaren, i que en la actualitat se segueixen utilitzant, són els que es basen en la projecció en la còrnea dels discos de Plácido. En la actualitat, existeixen altres tipus de topògrafs que permeten, incorporant un altre principi de funcionament anomenat Scheimpflug, tant complementari com alternatiu, moltes més mesures i anàlisis de la còrnea.

Per poder fer un bon ús del topògraf, s'ha de saber interpretar els resultats, i per això és necessari conèixer detalladament les representacions, l'escala que s'està utilitzant, el codi de colors, el tipus de mapa, els índexs quantitius i els patrons més comuns.

Gràcies als estudis que han realitzat anteriorment altres autors, sobre els patrons topogràfics més característics, es pot determinar si una còrnea és sana o si presenta irregularitats i això és un avanç important en el camp de l'optometria.

El objectiu principal d'aquest treball és interpretar els patrons topogràfics, de còrnees sanes, obtinguts de la base de dades del Centre Universitari de la Visió.

Com a objectiu secundari compararem els nostres dades amb estudis realitzats per altres autors.

2. Topografía corneal

La palabra topografía viene del griego donde '*topos*' significa lugar y '*grafia*' dibujo. Por lo tanto, la topografía corneal es la ciencia encargada de describir y delinear detalladamente la superficie de la córnea. Aporta un mapa detallado de la superficie corneal basándose en el estudio de la luz reflejada tras una proyección previa en la superficie anterior de la córnea.

Es una prueba muy habitual en clínicas oftalmológicas y en ópticas. Se la define como una herramienta diagnóstica computarizada que crea un mapa en 3D de la superficie de la córnea.

La topografía nos permite detectar irregularidades corneales y conocer los detalles de la forma de la córnea, detectar distrofias corneales en áreas amplias y describir las propiedades ópticas para casi cualquier tamaño pupilar.

Además, al ofrecer información muy detallada del perfil corneal, permite aplicar correcciones ópticas más complejas como nomogramas esféricos o correcciones de aberraciones corneales.

2.1. ¿Para qué se utiliza?

La topografía corneal se utiliza para:

- Diagnosticar y hacer el seguimiento de enfermedades corneales como el queratocono o los astigmatismos irregulares.
- Estudios pre y post cirugía de miopía, hipermetropía y astigmatismo.
- Trasplantes de córnea.
- Adaptaciones especiales de lentes de contacto como:
 - Orto-K (Ortoqueratología nocturna), que consiste en adaptar lentes de contacto Rígidas Permeables al Gas (RPG) con diseño especial. Se utilizan por la noche mientras dormimos con el fin de reducir la curvatura central de la córnea y evitar el uso de la LC durante el día.
 - Queratoconos, es decir, córneas con distrofias, ya que se pueden realizar simulaciones y adaptaciones virtuales de lentes de contacto que permitan una mejor elección de la primera lente a probar.

- Astigmatismos elevados, para definir el grado del astigmatismo y la zona de córnea afectada.
- Trasplantes de córnea, nos ayuda a orientarnos sobre la mejor lente de contacto a probar.
- Moldeos corneales: se produce en casos donde la córnea está modificada por un mal uso de la lente de contacto, entonces es necesario hacer un seguimiento hasta que desaparezca para poder realizar una nueva adaptación.
- Aberrometrías.

El proceso de someterse a una topografía es indoloro, breve y no hay contacto directo con el ojo [1].

2.2. Topógrafos

Existe una gran variedad de topógrafos, por lo que una descripción uniforme es imposible. Todos los modelos tienen, prácticamente, los mismos componentes: unas miras en forma de círculos concéntricos (disco de Plácido), una cámara que permite captar el reflejo de las miras en la primera superficie corneal y un procesador de información con un software que construye diferentes representaciones gráficas de la topografía corneal a partir del análisis de la imagen. A partir de este esquema básico y general de lo que está compuesto, cada fabricante particulariza su instrumento.

El tamaño, la disposición, el número de anillos que componen las miras y el software son los elementos que diferencian un aparato de otro. Respecto al número y anchura de los anillos pueden ser: muchos anillos y muy delgados o pocos anillos y más gruesos.

En función de la distribución de los anillos, estos instrumentos se clasifican en dos grupos:

- Conos anchos: Es menos propenso a los errores de enfoque y alineación, pero sufre de errores de las sombras de los elementos anatómicos como las cejas y la nariz.
- Conos estrechos: Obtenemos resultados con mayor precisión local, evita la sombra de los elementos anatómicos, pero cualquier error de enfoque o alineación se agrava.

A pesar de que estos tipos de topógrafos, basados en la proyección de unas miras, nos proporcionan información del diagnóstico y seguimiento de alteraciones y son muy útiles para realizar adaptaciones de lentes de contacto, presentan limitaciones ya que no pueden medir más allá de la superficie corneal anterior y a menudo no dan lecturas fiables, se producen errores o existe dificultad en la utilización del instrumento. Esto puede ser debido a córneas altamente irregulares o con cicatrices y por la inestabilidad de la película lagrimal, sea por exceso de lágrima o por ojo seco.

En la actualidad existen topógrafos que permiten, incorporado otros principios de funcionamiento (complementarios o alternativos), la medida de ambas superficies corneales (anterior y posterior), análisis de la cámara anterior y del espesor corneal mediante cálculos de un modelo 3D. Este tipo de topógrafos están basados en el principio de Scheimpflug, que consiste en una cámara rotatoria 360° alrededor del ojo, sin contacto, creando imágenes en 3D, nítidas y suaves, con información de la superficie del segmento anterior del ojo para estudios clínicos de pacientes con diversas condiciones visuales, como el queratocono, cataratas, aberraciones corneales o cirugía refractiva [2].



Figura 1: Pentacam, basado en el principio de Scheimpflug [3].

2.3. Escalas y mapas topográficos más comunes

Generalmente los mapas mostrados en las topografías son representaciones en 2D mediante una escala de colores (Código de Colores en Escala). Estos colores son asignados a un rango dióptrico concreto, donde los colores fríos (azules) indican corneas planas, es decir, radios grandes y potencias bajas, por el contrario, colores cálidos (rojos) implican corneas con curvatura elevada, es decir, radios pequeños y potencias altas. El rango entre ambos colores describe el gradiente de potencias entre ese máximo (rojo) y mínimo (azul). Esto es válido para todo tipo de topógrafos y marcas comerciales ya que es un convenio establecido.

Cada topógrafo asigna un descriptor numérico a cada punto de la córnea, por lo tanto en topógrafos de reflexión se aportarán valores de curvatura corneal en mm o D y en topógrafos de elevación aportarán valores de altura, en micras.

A continuación presentamos una tabla resumen de la interpretación del Código de Colores en Escala según el topógrafo de reflexión y de elevación:


Código de Colores en Escalas		
	Topógrafo de reflexión (mm o D)	Topógrafo de elevación (micras)
Colores fríos (Azul, violeta)	Puntos de menor curvatura (radios grandes, córnea plana, potencias bajas)	Puntos de elevación negativos (Por debajo de la esfera de referencia)
Colores neutros (Verdes y amarillos)	Puntos de curvatura media	Puntos de elevación cero
Colores cálidos (Rojo, naranja)	Puntos de mayor curvatura (radios pequeños, córnea curvada, potencias altas)	Puntos de elevación positivos (Por encima de la esfera de referencia)

Tabla 1: Código de Colores según el topógrafo de reflexión y de elevación.

Para el gradiente del color se utilizan escalas de tres tipos: absoluta, normalizada y ajustable. Éstas pueden estar representadas en milímetros, si hablamos de mapas de curvatura y en micras si hablamos de mapas de elevación o refractivos.

- **Escala Absoluta:** La escala es la misma en cada mapa generado, es decir, muestra la córnea en igual gradación y con los mismos intervalos dióptricos, 35 colores. Permite la comparación directa de 2 mapas. Útil en screening ya que siempre usa la misma relación color/curvatura para cada paciente, lo cual reduce el riesgo de confusión y permite familiarizarse con los colores. Recomendable para analizar varios mapas.
- **Escala Normalizada:** La escala es diferente en cada mapa. Presenta unos intervalos dióptricos con pasos menores que la escala absoluta, aportando una descripción de la superficie más detallada; 15 colores. Útil para examinar detalles, no se recomienda para comparar topografías.
- **Escala Ajustable:** Se puede seleccionar el intervalo de la escala (valor máximo y mínimo) así como los incrementos dióptricos, es decir, el ordenador permite que el examinador asigne valores diferentes a cada color para construir una escala personalizada. Es idónea para analizar varios mapas.

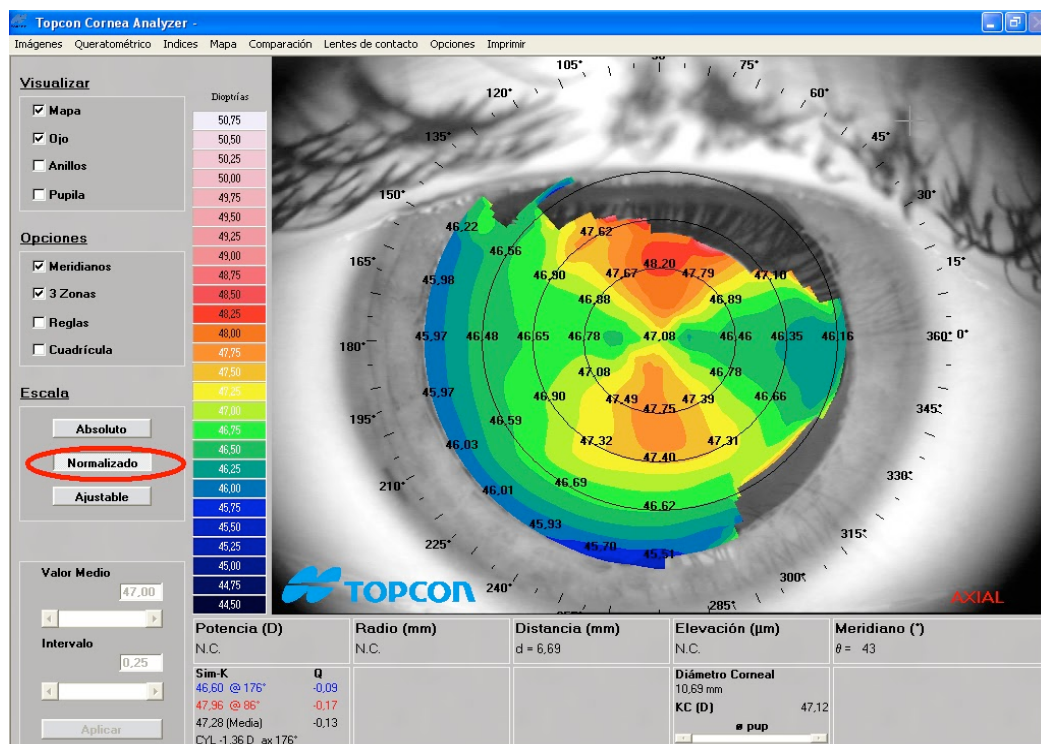


Figura 2: Topografía corneal con escala Normalizada Topcon Cornea Analyzer.

[5]

A continuació comentarem els tipus de mapes topogràfics més utilitzats, aquests poden ser de curvatura, de elevació o refractius:

- **Mapa axial:** És el mapa més utilitzat. Mide la curvatura en un cert punt de la superfície corneal en una direcció axial amb relació al centre. Se assumeix que el radi de curvatura de cada punt està en l'eix òptic. Requiere calcular el centre de la imatge.
- **Mapa tangencial:** Mide la curvatura en un cert punt de la superfície corneal en una direcció tangencial als altres punts en el mateix anell. Cada punt pot tenir el centre de curvatura fora de l'eix òptic.

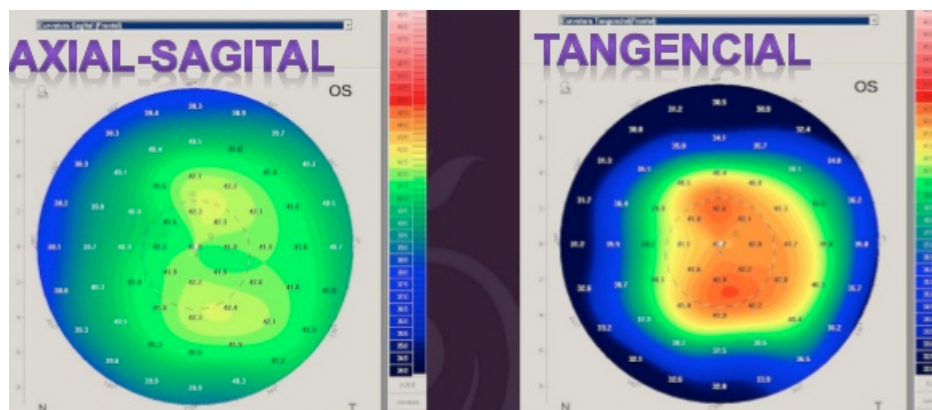


Figura 3: Comparació de mapa axial i tangencial de la mateixa còrnea.
[6]

- **Mapa de elevació:** La elevació ve donada per l'altura d'un punt de la superfície corneal amb respecte a la superfície d'una esfera de referència. El dispositiu calcula l'esfera de referència i correspon a la superfície esfèrica que millor s'adapta a la superfície corneal.

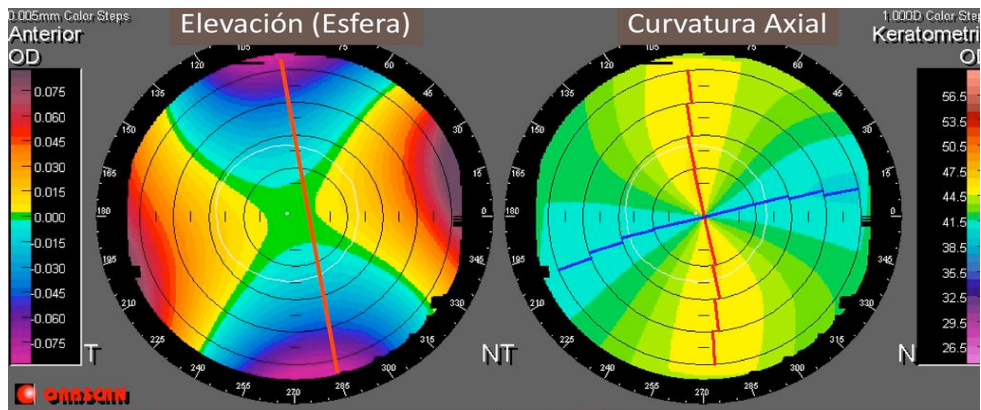


Figura 4: Comparación de mapa de elevación (izquierda) y axial (derecha). Lucen diferentes, son la inversa uno del otro [7].

- **Mapa refractivo:** Mapa de potencias corneales calculadas según la Ley de Snell, asumiendo que el ojo tiene un índice de refracción de 1.3375. Representa el poder refractivo de la córnea. El lazo topográfico está invertido respecto al obtenido en el mapa de curvatura [4].

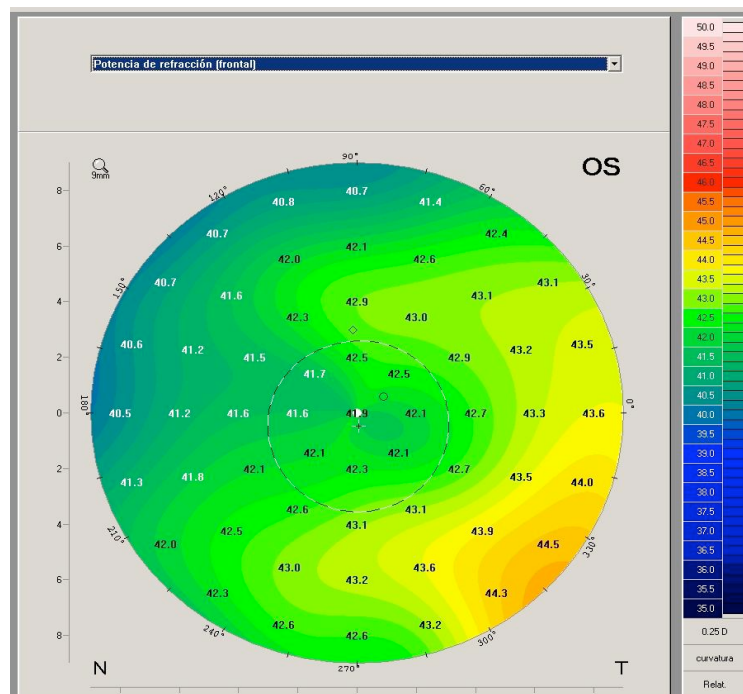


Figura 5: Mapa refractivo [5].

A continuació les mostrarem una taula resum de los tipus de mapes topogràfics:

Resumen mapas topográficos				
Mapa	Descripción	Repetitividad	Comentarios	Aplicación
Axial	Centros de los radios en eje óptico	Alta	Distorsiona la posición de ápex corneal y mala información periferia	Primer análisis conjunto y para contactología
Tangencial	Centros de radios no están en el mismo eje	Baja	Da posición exacta de ápex y buena información periferia	Queratocono, orto-K, LASIK
Elevación	Compara córnea con superficie esférica de referencia	Muy baja	Manera más directa de medir la forma corneal futura	Determinación de elevación o depresión patológica.
Refractivo	Marcha de rayos Ley de Snell	Baja	Potencia óptica del ojo	Control de calidad visual

Tabla 2: Resumen de los mapas topográficos.

2.4. Índices topográficos cuantitativos

Dingledein, Wilson y Klyce [8], crearon varios índices cuantitativos, éstos son representaciones numéricas que facilitan la interpretación de los resultados topográficos, y el estudio evolutivo de los cambios corneales pre y postquirúrgicos, actuando como valores de referencia para el control.

Cada topógrafo puede presentar diferentes índices topográficos, pero todos ellos derivan de la excentricidad y la asfericidad corneal:

- **Excentricidad corneal (e) :**

La córnea tiene forma de elipse prolata, esto significa que a medida que nos alejamos del centro, la curvatura se va aplanando. Por lo tanto, la excentricidad corneal es una medida de aplanamiento de la curvatura de la córnea desde su centro hacia la periferia.

El término de excentricidad (e) se toma de la descripción matemática de una elipse, donde "e=0" representa un círculo (no hay aplanamiento), y "e=1" representa un aplanamiento máximo en la periferia. Por lo tanto, a mayor valor de excentricidad, mayor es el aplanamiento periférico. El valor medio de aplanamiento en córneas normales está en torno a una excentricidad de 0.55 con un rango de 0.45 +/- 0.10.

- **Asfericidad corneal (Q):**

La córnea es una superficie esférica que como hemos comentado anteriormente, su curvatura se va aplanando a medida que vamos del centro a la periferia. La asfericidad o Q es el factor de forma que determina qué porcentaje de diferencia hay entre el radio de curvatura marginal y el axial.

Las córneas normales, es decir, sin haber estado sometida a procedimientos quirúrgicos ni patologías, son prolatas en mayor o menor medida, con un valor promedio de -0.22 y con un rango de -0.23 +/-0.08 en una población adulta joven . En caso de queratocono, el valor será más negativo. Se toman valores negativos que indican el aplanamiento de la córnea, donde se podrán deducir las aberraciones esféricas [1].



Figura 6: Variación del enfoque en función del factor o coeficiente de asfericidad Q en distintas superficies [5].

A continuació destacarem alguns índexs topogràfics quantitativs:

- **Queratometria simulada (SIM-K):** Este índice nos indica el poder y el eje de los meridianos. Su valor se utiliza para cuantificar el poder dióptrico de la córnea, con el fin de calcular el valor del cilindro y el eje topográfico, identificando así las diferencias entre los exámenes iniciales y finales. Se puede encontrar alterado en las siguientes situaciones:
 - SIM-K aumentado si hay ectasias, queratocono complicado, queratoplastia penetrante reciente o elevación fisiológica.
 - SIM-K disminuido si hay queratomileusis miópica o córneas planas.
- **Queratometria mínima (Min K):** Mide la media de la potencia corneal dióptrica entre los anillos 6, 7 y 8 y presenta una evaluación mínima en cada meridiano donde nos indica el poder y la ubicación del meridiano más plano.
- **Índice de regularidad corneal (SRI):** Evalúa la frecuencia de distribución de los radios de curvatura corneal en los 4.5 mm centrales de la córnea. Cuando SRI se aproxima al 0 estamos frente a una córnea muy regular, por el contrario los valores del SRI se irán alejando del 0 en presencia de astigmatismos irregulares. Además permite el cálculo de la mejor AV corregida que debería tener el paciente. Su valor de normalidad es de 0 a 0.56. Se encuentran valores altos de SRI si hay ojo seco, trauma que comprometa el área pupilar, queratoplastia o usuarios de lentes de contacto.
- **Índice de asimetría superficial (SAI):** Se determina por la suma valorada centralmente de las diferencias en el poder corneal entre puntos correspondientes separados 180° en las miras centrales del vídeoqueratoscopio a lo largo de 128 meridianos equidistante. Cuando el SAI se aproxima a cero estamos frente a una superficie anterior regular y simétrica. El valor de normalidad es menor a 0.5 y puede aumentar cuando hay queratocono, ectasia, queratoplastia penetrante, trauma, síndrome de deformación corneal secundario a lentes de contacto o queratomileusis miópica descentrada.
- **Agudeza visual esperada (PVA):** Es la agudeza visual esperada con la mejor corrección óptica, consiste en un cálculo computarizado que simula el potencial visual del paciente después de ser corregido con su mejor prescripción óptica. Está en relación directa con el SRI. Las causas que pueden afectar a la PVA son, alteraciones en la película lagrimal, queratoconjuntivitis sicca, queratoplastia lamelar, queratitis por HVS o síndrome de deformación corneal secundario al uso de lentes de contacto [9].

Además de estos índices, también se utilizan otros que nos proporcionan diferente información. A continuación les presentamos una tabla realizada por Jaume Pauné y Fernando Palomar Mascaro [10] donde aparecen diferentes tipos de índices, una breve descripción y su valor de normalidad:

Índice	Descripción	Rango Normal
K	Valor K central. Valora el grado de encurvamiento de la zona central de la cornea	<47.2 D o >7.15 mm
CIM	Grado de irregularidad de la superficie	<0.69 micras
TKM	Queratometría Tórica Media. Se deriva de los parámetros de elevación.	<43.1 a 45.9 D.
SF	Factor de Forma o valor $-Q$ (e^2)	<0.36
I-S	Asimetría Inferior-Superior (En D.)	<1.4
ACP	Potencia Corneal Media	40.5 a 46.7 D
CEI	Índice de Excentricidad Corneal o Factor de Forma Global. Positivo para una superficie prolata y negativo para una oblata	-0.114 a 0.806
SDP	Desviación Estándar de la Potencia. Se incrementa cuando existe un amplio rango de potencias dentro de la cornea	0.37 a 1.33
DSI	Índice de Sector Diferente. Aporta la mayor diferencia en potencia media entre dos sectores cualquiera	0.21 a 3.51
OSI	Índice de Sector Opuesto. Representa la mayor diferencia en potencia media en dos sectores opuestos	-0.55 a 2.09
CSI	Índice de Centro-Alrededor. La diferencia entre la media en potencia del área central (3 mm de diámetro) y de un área anular de 3 mm alrededor del área central	-0.28 a 0.80
IAI	Índice de Astigmatismo Irregular. Aporta la media de la variación inter-anillo en potencia a lo largo de los semimeridianos	0.19 a 0.49
AA	Area Analizada. La relación del área utilizada para cálculos comparada con la total de la topografía	0.70 a 0.94
SAI	Índice de Asimetría de la Superficie. Detecta la alteración de la simetría corneal.	0.10 a 0.42
SRI	Índice de Irregularidad de la Superficie. Los valores pueden ser usados para predecir la calidad óptica a partir de la topografía corneal.	0.0 a 0.56

Tabla 3. Tabla de índices realizada por Jaume Pauné y Fernando Palomar Mascaro [10].

Estos parámetros cuantitativos proporcionan información útil, tanto para uso clínico como para investigación, incrementan la información sobre la superficie corneal cuando se combinan con los mapas topográficos con color, al ser incorporados al software del topógrafo.

2.5. Patrones topográficos normales característicos

Cuando hablamos de patrones topográficos nos referimos a la distribución de los poderes dióptricos vistos en los mapas topográficos.

Es importante poder reconocer los diferentes patrones de astigmatismo que se presentan en la topografía.

A continuación hablaremos sobre las cinco formas mas frecuentes de los mapas topográficos normales según Bogan et al.

- **Redondo:** Se presenta en el 22.6% de los casos. Este patrón muestra uniformidad entre los diferentes meridianos.

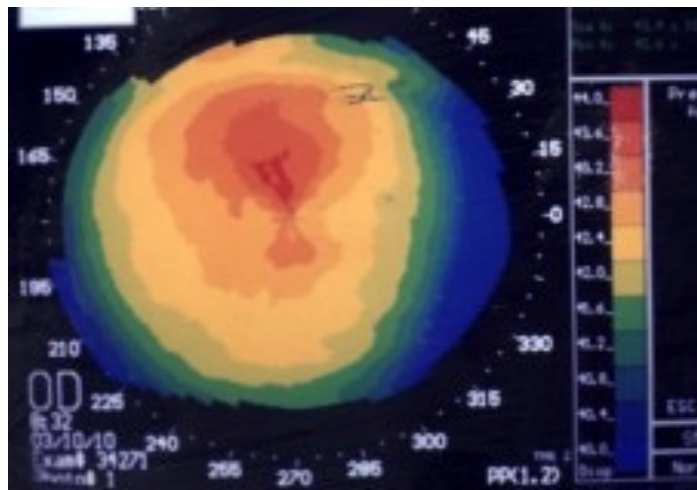


Figura 7. Topografía Corneal. Patrón: Redondo.

- **Oval:** Se presenta en el 20.8% de los casos. Se comporta de manera similar que el mapa topográfico redondo, con uniformidad entre los diferentes meridianos.

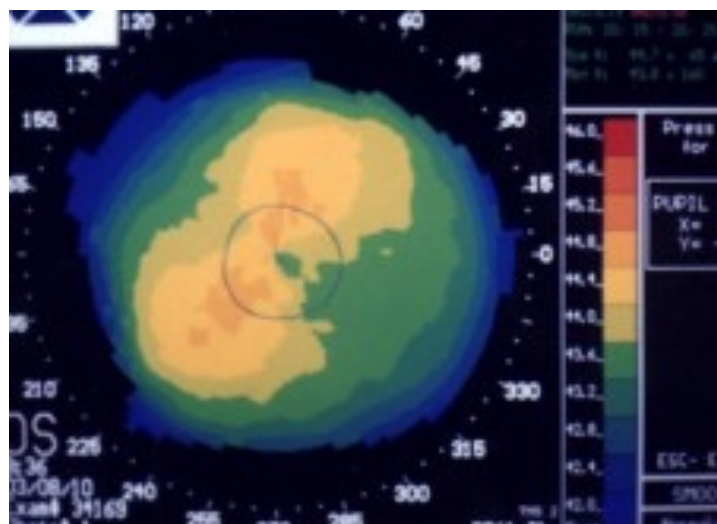


Figura 8. Topografía Corneal. Patrón: Ovalado.

- **Pajarita simétrica:** Se presenta en el 17.5% de los casos. Este patrón presenta una constricción central en el eje de mayor elevación dividiendo el poder de este meridiano en mitades uniformes.

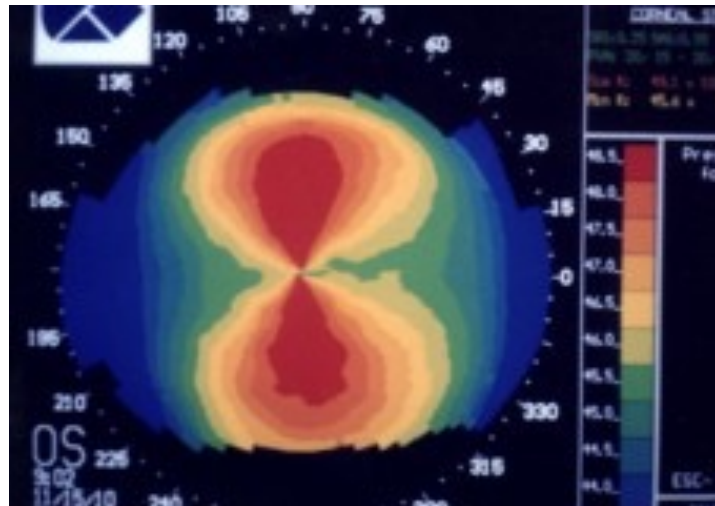


Figura 9. Topografía Corneal. Patrón: Pajarita simétrica.

- **Pajarita asimétrica:** Se presenta en el 32.1%, como podemos ver, es el patrón mas usual, presenta una asimetría de poder entre la córnea superior y la inferior.

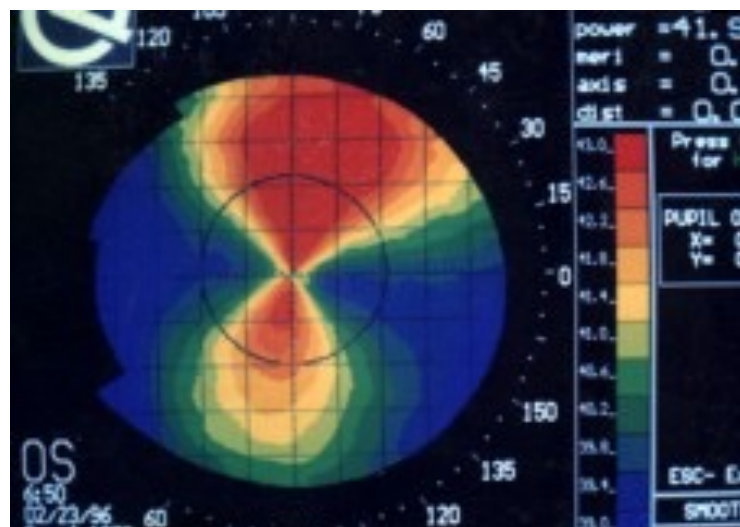


Figura 10. Topografía Corneal. Patrón: Pajarita asimétrica.

- **Irregular:** Se presenta en el 7.1% de los casos. No es posible determinar ningún tipo de patrón específico [9].

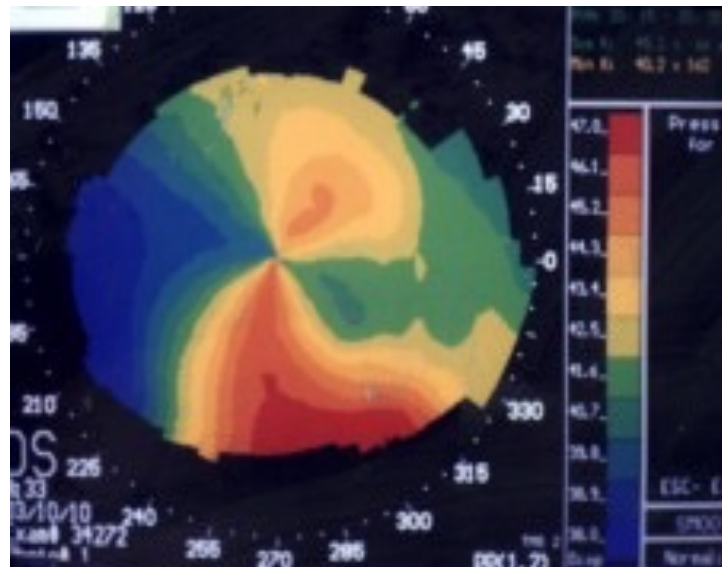


Figura 11. Topografía Corneal. Patrón: Irregular.

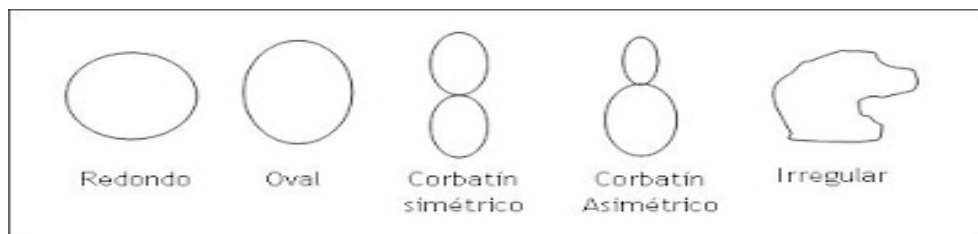


Figura 12. Tipos de patrones topográficos normales [12].

A continuación le presentaremos una tabla resumen de los porcentajes de los patrones topográficos según dos autores diferentes, Bogan et al y Kanpolat et al:

PATRONES	AUTOR: Bogan	AUTOR: Kanpolat
Pajarita Asimétrica	32.1%	33.3%
Pajarita Simétrica	17.5%	29%
Redondo	22.6%	14%
Oval	20.8%	11.4%
Irregular	7.1%	12.3%

Tabla 4. Resumen los patrones topográficos característicos según Bogan et al y Kanpolat et al.

2.6. Mapas topogràfics anormals.

Un patró topogràfic alterado puede deberse a degeneraciones, ectasias y distrofias corneales.

No existen patrones distintivos para las diferentes distrofias corneales pero se pueden observar las irregularidades de la superficie producidas por la evolución de la enfermedad.

- **Queratocono:**

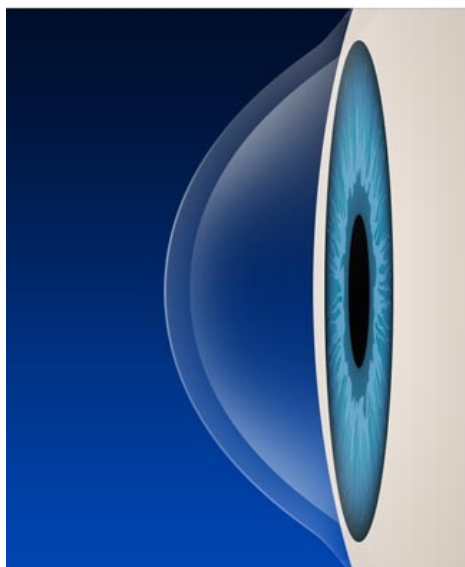
El Queratocono es una alteración no inflamatoria de la córnea, benigna y generalmente bilateral, que resulta en un alto grado de astigmatismo miópico irregular.

Se caracteriza porque el adelgazamiento de la córnea es progresivo a la porción más curva de esta, causado por una degeneración del estroma y que termina con la formación de una ectasia del casquete corneal.

En la población general la incidencia del queratocono es alrededor de 50:10.000 y es más común en climas calientes y secos.

Es una patología que inicialmente es asintomática, puede haber una disminución visual durante o después de la pubertad, donde se pueden ver imágenes fantasmas o diplopía monocular debido al astigmatismo irregular, destellos de luz, fotofobia. La progresión puede darse durante 5 -10 años con un avance lento [9].

Córnea normal



Queratocono

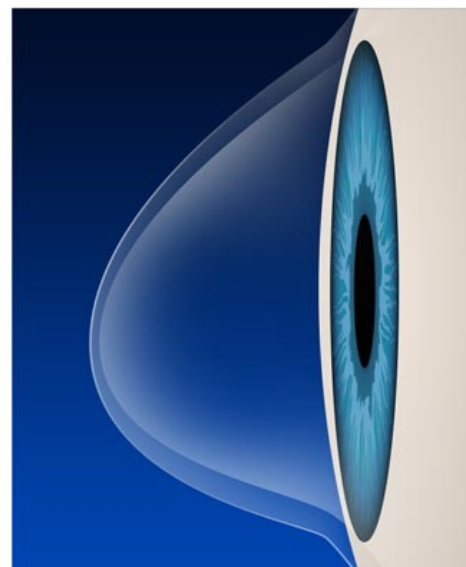


Figura 13. Comparación córnea normal con Queratocono [14]

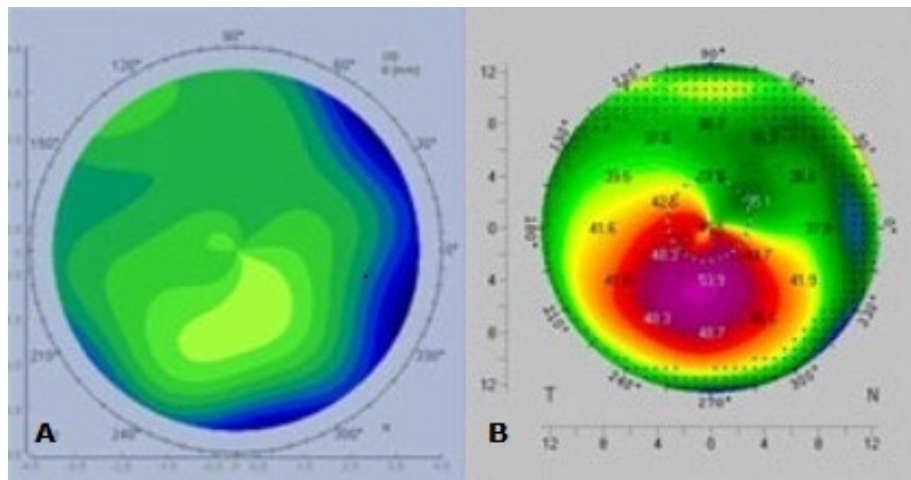


Figura 14. Mapa queratomètric. A: queraratocono subclínic (Galilei, Ziemer), B: queratocono clínic (Pentacam HR, Oculus) [15].

El queratocono puede ser tratado de diferentes maneras:

- **Reticulació corneal:** Este procedimiento también se conoce como entrecruzamiento del colágeno corneal o Cross-Linking (CXL). Se puede realizar en cualquier fase, excepto cuando el queratocono está muy avanzado. Es un procedimiento que refuerza la estructura corneal y frena la evolución del queratocono. Se realiza mediante una combinación de anillos intracorneales y/o lentes fáquicas. Se trata de cirugía no invasiva.
- **Lentes de contacto:** En los casos leves o incipientes se puede conseguir una buena visión corrigiendo el defecto refractivo con gafas o lentes de contacto blandas personalizadas. En casos mas avanzados es necesaria la utilización de lentes de contacto rígidas para corregir el astigmatismo irregular.
- **Intacts y anillos intraestromales:** Se trata de un procedimiento quirúrgico en el que se insertan unos anillos corneales de plástico, que se coloca debajo de la superficie del ojo en la periferia de la córnea y promueve el cambio de la forma de la misma. Regularizan la topografía modificando el grado y la irregularidad del astigmatismo. Suelen necesitarse cuando el paciente con queratocono carece de visión funcional con lentes de contacto. Si el queratocono avanza, los Intacts no lo detienen, solo retrasan un posible trasplante de córnea.

- **Queratoplastia conductiva (CK):** Este procedimiento puede llegar a suavizar las irregularidades de la superficie corneal. La Queratoplastia Conductiva usa una descarga controlada de energía radiofrecuente para modificar la forma de la córnea.

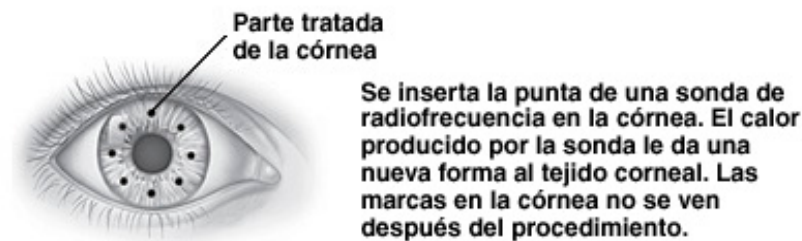


Figura 15. Queratoplastia Conductiva (CK). Resumen del procedimiento [16]

- **Trasplante corneal:** En la fase final, cuando la patología esta muy avanzada y en los casos más graves el tratamiento indicado es la queratoplastia o trasplante de córnea [13].

- **Degeneración marginal pelúcida o Queratotoro:**

Se diferencia del queratocono en que el adelgazamiento se produce en la periferia y el problema visual que presenta el paciente suele ser menor, aunque también pueden darse fluctuaciones de la visión.

El diagnóstico es posible por topografía corneal, biomicroscopía y por microscopio electrónico.

Si realizamos retinoscopía puede presentar sombras en tijera poco evidentes. Presenta un eje más curvo. La mejor corrección se logra con la adaptación de lentes de contacto de gran diámetro. También se puede tratar con queratoplastia penetrante o lamelar de media luna.

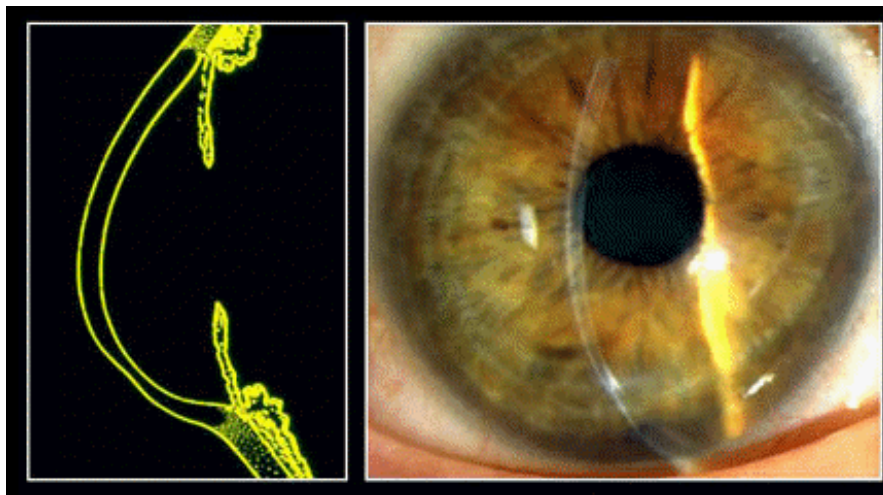


Figura 16. Observación del Queratotoro mediante el biomicroscopio [17].

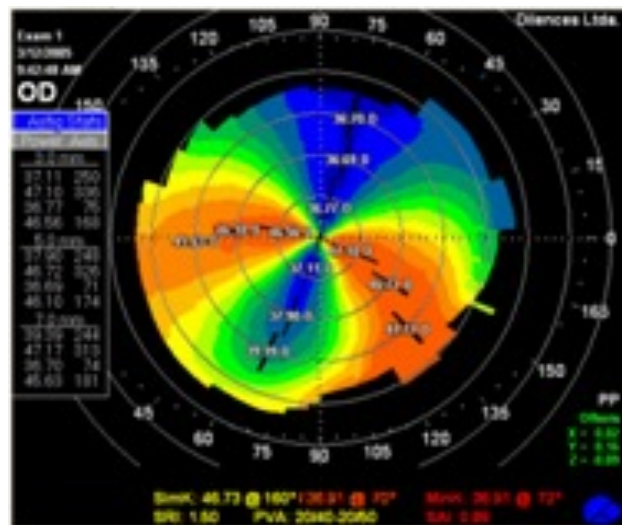


Figura 17. Mapa queratométrico. Queratotoro. Tomey [9].

○ **Queratoglobo:**

Es una anomalía congénita caracterizada por distensión del globo ocular o del segmento anterior del ojo. También llamado megalocórnea. Se produce ectasia no inflamatoria en toda la córnea y el encorvamiento es generalizado.

Se suele iniciar en la periferia.

Su síntoma más característico es la disminución importante de la AV. Una de las soluciones de tratamiento es la queratoplastia lamelar grande.

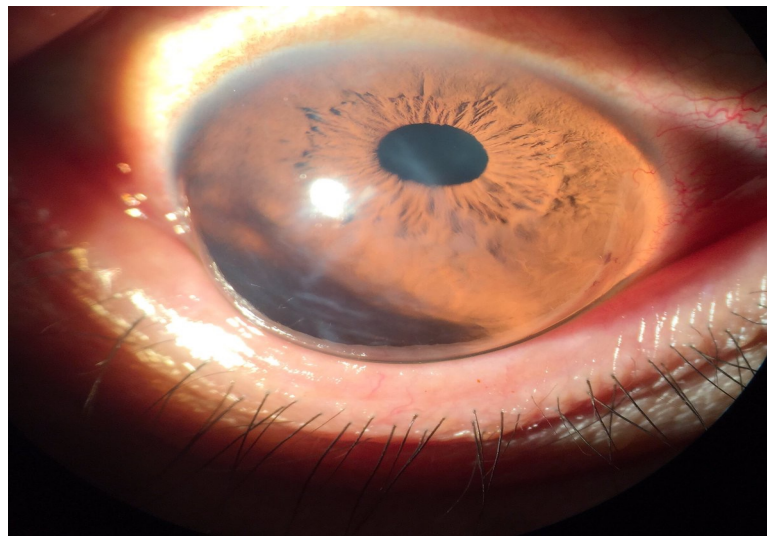


Figura 18. Queratoglobo, biomicroscopio.
Autor: Alberto Ferreyra.

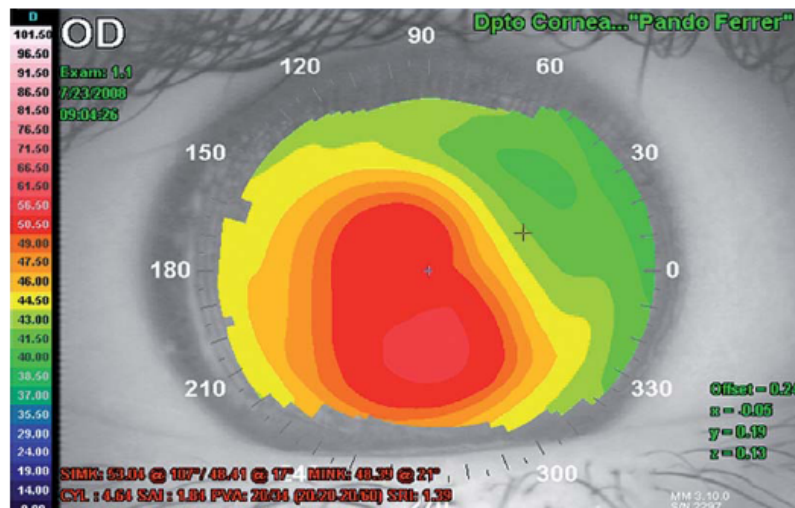


Figura 19. Mapa queratométrico de un Queratoglobo [18].

o **Moldeamiento corneal:**

Es una deformación cornea causada por una adaptación incorrecta de las lentes de contacto rígidas aunque también se puede dar en adaptaciones de lentes de hidrogel de lato módulo de elasticidad o que producen edema en córnea. Puede causar reducción del espesor junto con una alteración irregular de la superficie corneal, que se recuperará al abandonar el uso de las LC [9].

2.7. Errores de medida

La precisión en la estimación topográfica proporcionada por los topógrafos también puede verse afectada por la dinámica natural del ojo y las características de la superficie corneal anterior, estos son llamados factores externos que se producen al realizar medidas topográficas y pueden afectar a su fiabilidad.

Los factores que pueden inducir a un error de lectura pueden ser:

- **La película lagrimal:** Las imágenes se forman a través del reflejo que ocurre en la capa de la película lagrimal, si ésta es uniforme sobre toda la superficie corneal, no causará problemas pero si el paciente experimenta lagrimeo, pueden formarse lagos lagrimales que distorsionarán los anillos del queratoscopio y producirán errores de digitalización.
También puede verse alterada por la calidad, cantidad y estabilidad de la película lagrimal (ojo seco).
- **Los párpados:** Tanto los párpados como las pestañas son responsables de ciertas medidas erróneas topográficas, sobre todo en la parte superior. El párpado tenso provocará un aplanamiento corneal en su borde que hará que la zona continua de la córnea se abombe por redistribución epitelial, dando valores de curvatura más cerrados, manteniendo la potencia cornea constante.
- **El enfoque:** La imagen depende del operador y la colaboración del paciente. Para capturar una imagen topográfica buena es necesario que la córnea esté en el centro del cono y el paciente tiene que mantener el enfoque sobre el objeto en el centro del disco de Placido. Errores pequeños de enfoque, dan como resultado cambios y asimetría topográfica [2] y [1].

3. Método experimental

3.1. Objetivo.

- Identificar y estudiar los patrones topográficos más característicos.
- Comparar nuestros resultados estudios realizados por otros autores.

3.2. Material y método.

Para realizar este estudio hemos sacado la información de la base de datos que contiene el topógrafo Oculus Pentacam HR del Centro Universitario de la Visión (CUV),

Se han analizado los mapas topográficos de cada uno de los pacientes (Fig.20) para poder estudiar su patrón, utilizando para ello el mapa axial y la escala absoluta.

También se han analizado los índices topográficos de los pacientes para comprobar su normalidad.

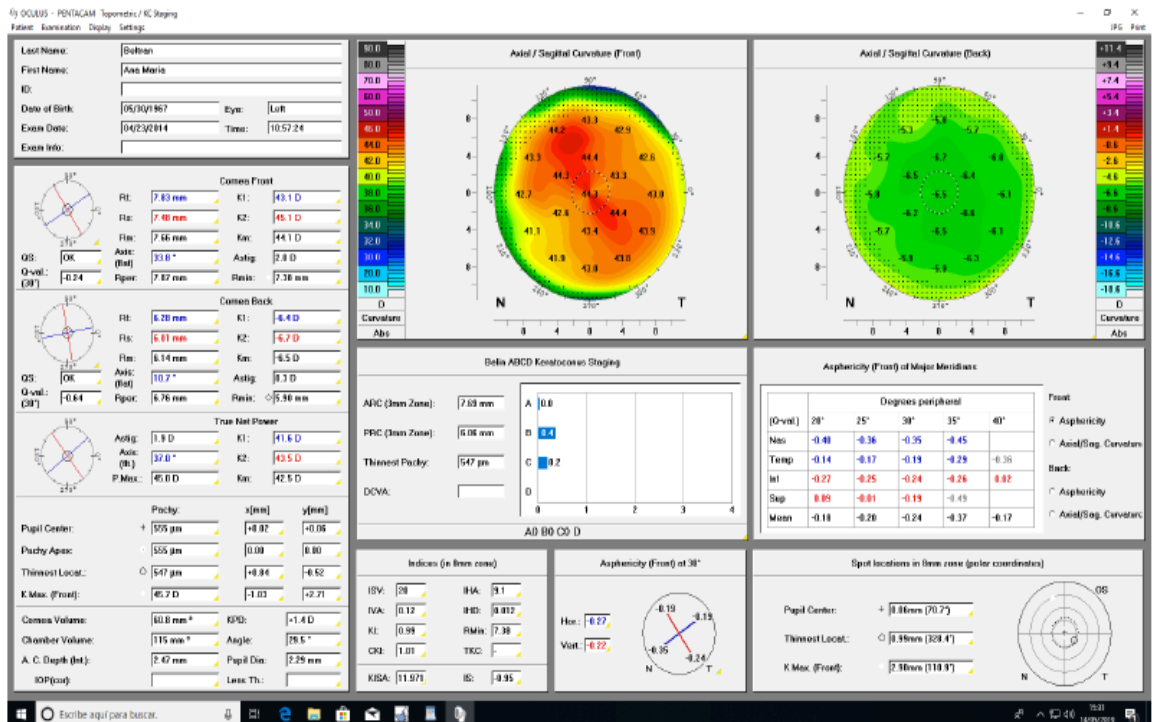


Figura 20. Base de datos del Oculus Pentacam HR en el CUV.

3.2.1. Determinación de la muestra. Criterios de inclusión y exclusión.

Se seleccionaron 126 pacientes, aleatoriamente, de la base de datos del CUV, sin tener en cuenta edad, sexo ni etnia. De la muestra inicial se descartaron 26 patrones debido a los siguientes criterios de exclusión:

- Errores de medida al cerrar el párpado o de enfoque como la fijación inestable o la desviación.
- Tomar las medidas con la luz encendida.
- Alteraciones en la película lagrimal.
- Queratocono.

3.3. Descripción general del Pentacam®

El instrumento utilizado para el estudio de patrones topográficos ha sido el Pentacam® (OCULUS).

El topógrafo Pentacam utiliza una cámara con un sistema de rotación basada en las imágenes de Scheimpflug. Realiza las medidas de ambas superficies corneales (anterior y posterior), analiza la cámara anterior y el espesor corneal mediante cálculos de un modelo 3D. También crea imágenes en 3D, nítidas y suaves, con información de la superficie del segmento anterior del ojo para estudios clínicos de pacientes con diversas condiciones visuales, como el queratocono, cataratas, aberraciones corneales o cirugía refractiva [4].

Los índices topográficos que utiliza el Pentacam para establecer la normalidad son:

- ISV: Índice de variación de superficie.
- IVA: Índice de asimetría vertical.
- KI: Índice de queratocono.
- CKI: Índice de queratocono central.
- IHA: Índice de asimetría elevada.
- IHD: Índice de elevado descentramiento.
- Rmin: Curvatura sagital mínima.
- ABR: Coeficiente de aberración.

Estos índices se han utilizado para comprobar si eran patrones, de la muestra seleccionada, eran normales y poder descartar los que tenían irregularidades.

4. Resultados

Al principio del estudio se seleccionaron 126 ojos de la base de datos pero tuvimos que descartar los datos de 26 ojos debido a los criterios de exclusión. Por lo tanto al final quedaron 100 ojos con los que pudimos identificar y comparar el tipo de patrón topográfico de nuestro estudio con los estudios de Bogan et al y Kanpolat et al.

El rango de edad de la muestra es de 8 a 82 años con una media de 42 años y con respecto al sexo, un 21% era de sexo masculino y un 79% femenino.

A continuación mostraremos las tablas resultado del estudio:

PATRÓN TOPOGRÁFICO	Nº DE OJOS	%
Redondo	29	29
Oval	19	19
Pajarita simétrica	12	12
Pajarita asimétrica	31	31
Irregular	9	9
TOTAL	100	100

Tabla 5. Resultado de los 100 patrones topográficos del CUV

Radio medio cara anterior (mm)	Potencia refractiva cara anterior media (D)	Astigmatismo Corneal Anterior "ACA" (D)	Eje (°)	Excentricidad "e"
7,80 +/- 0,15	41 +/- 3	1 +/- 0,10	85 +/- 5	0,49 +/- 0,06

Tabla 6. Descripción de datos de los patrones topográficos utilizados

RANGO DE EDAD	PATRONES TOPOGRÁFICOS	Nº DE OJOS	%
De 8 a 24 años	Redondo	7	7
	Oval	6	6
	Pajarita simétrica	2	2
	Pajarita asimétrica	11	11
	Irregular	1	1
	Total:	27	27
De 25 a 50 años	Redondo	6	6
	Oval	7	7
	Pajarita simétrica	6	6
	Pajarita asimétrica	11	11
	Irregular	4	4
	Total:	34	34
Más de 50 años	Redondo	16	16
	Oval	6	6
	Pajarita simétrica	4	4
	Pajarita asimétrica	9	9
	Irregular	4	4
	Total:	39	39
	TOTAL	100	100

Tabla 7. Resultado de los patrones topográficos según el rango de edad del estudio.

5. Conclusión y discusión

El resultado del estudio de la muestra analizada muestra que el patrón topográfico que predomina es la pajarita asimétrica (31%), seguido del redondo (29%), oval (19%), pajarita simétrica (12%) y irregular (9%) respectivamente. Hemos podido corroborar que las muestras de ojos escogidas aleatoriamente eran córneas sanas sin desviaciones ni aberraciones con un valor medio de ACA de 1 D.

También podemos ver que según el rango de edad, varían los patrones topográficos más característicos:

En el caso de la muestra de 8 a 24 años hemos encontrado la proporción siguiente: patrones de pajarita asimétrica (11%), seguido del redondo (7%), oval (6%), pajarita simétrica (2%) y irregular (1%) respectivamente.

En el caso de la muestra de 25 a 50 años, patrones de pajarita asimétrica (11%), seguido del oval (7%), redondo (6%), pajarita simétrica (6%) y irregular (4%).

En caso de la muestra de más de 50 años, patrón redondo (16%), seguido de la pajarita asimétrica (9%), oval (6%), pajarita simétrica (4%) y irregular (4%).

Podemos ver que para los rangos de edad de 8 a 50 años, el patrón más usual es el de pajarita asimétrica pero que a partir de más de los 50 años, es el redondo.

Comparando los resultados con estudios de otros autores como Bogan et al y Kanpolat et al podemos ver:

Bogan et al realizó su estudio con 399 ojos donde las córneas eran sanas. La edad media de los sujetos es de 37 años con un rango de 8-79 años. El error refractivo esférico medio fue de -1.00 D con un rango de +5,50 a -8,37 dioptrías. En los resultados del estudio se pudieron ver que predomina el patrón de pajarita asimétrica (32,1%), seguida del redondo (22.6%), oval (20.8%), pajarita simétrica (17.5%) y irregular (7.1%) respectivamente.

Como podemos ver, la muestra que escogió el autor fue mucho más extensa que la nuestra pero tanto el rango de edad y la edad media como los resultados de patrones topográficos más característicos son similares.

Respecto a Kanpolat et al que realizó su estudio con 114 córneas normales de 114 sujetos emétopes con un astigmatismo queratométrico de 0,5 dioptrías o menos, se observa que el patrón topográfico más común es la pajarita asimétrica (33%), seguido de la pajarita simétrica (29%), redondo (14%), irregulares (12%) y ovalados (11%) respectivamente.

Comparando nuestro estudio y el de Bogan et al con este autor, primero de todo podemos ver que los sujetos escogidos de este autor eran emétopes, por lo que difiere de nuestro estudio y del estudio de Bogan et al donde no se han excluido las córneas con errores refractivos. En segundo lugar, tanto para estos dos autores como para los resultados de nuestro estudio, coincidimos en que el patrón más común es el de pajarita asimétrica. Por lo contrario, tanto en este estudio como en el de Bogan et al no coincide con el orden de los siguientes patrones más característicos. En nuestro caso, el orden de más a menos común continúa con el patrón redondo, seguido del oval, pajarita simétrica e irregular y en el caso de Kanpolat et al continua con el patrón de pajarita asimétrica, seguido del redondo, irregulares y ovalados. Esto puede ser debido a que el estudio de Kanpolat et al se ha basado en estudiar ojos cuyas córneas eran emétopes, sin error refractivo, y tanto en nuestro estudio como en el de Bogan et al se han realizado las muestras de ojos con errores refractivos pero teniendo en cuenta que eran córneas sanas.

Para acabar, me gustaría destacar que la clasificación de los patrones topográficos es importante para diferenciar córneas normales de patológicas. Además hemos podido comprobar que el patrón más común es el de pajarita asimétrica, pero que depende del rango de edad de la muestra y los criterios de inclusión y de exclusión, la incidencia de estos varía.

6. Bibliografía y Webgrafía

[1] Saona, Carlos L. *Contactología clínica*. 2ª ed. Barcelona: Masson, 2006. ISBN 978-84-458-1637-0.

[2] Shukair, Tamara. *Estudio de topografía corneal y estudio refractivo en niños de tres a quince años* [en línea]. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid, 2011. [Consultado 21 enero 2019].
Disponible en: <https://eprints.ucm.es/12203/1/T32544.pdf>.

[3] sooleil salud visual. *Pentacam* [en línea] [fecha de consulta 23 enero 2019].
Disponible en: www.sooleilsaludvisual.com/pentacam-examen-chia.html.

[4] Sanders, Donald R. *An Atlas of Corneal Topography*. 1ª ed. New York: McGraw-Hill, 1993. ISBN 978-15-564-221-88.

[5] Carmona, David. *Interpretación de topografías corneales* [en línea] [fecha de consulta 23 enero 2019]. Disponible en:
<http://areaprofesional.blogspot.com/2011/08/interpretacion-de-topografias-corneales.html>.

[6] Montoya, Laura. *Pentacam* [en línea] [fecha de consulta 23 enero 2019]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/lauramontoyalopez58/pentacam-lml>.

[7] Marchant, Valeria. *Topografía Corneal ORBSCAN* [en línea] [fecha de consulta 24 enero 2019]. Disponible en: <https://slideplayer.es/slide/12384089/>.

[8] Wilson SE, Klyce S. *Quantitative descriptors of corneal topography*. A clinical study. Arch ophthalmol 1991 March; 109(3): 349-53.

[9] González Alcazar, Fernando. *Queratografía y topografía corneal computarizada "Aplicaciones prácticas"* [en línea] [fecha de consulta 15 febrero 2019].
Disponible en: <https://es.scribd.com/document/254470009/Topografia>.

[10] Pauné-Febré J, Palomar-Mascaro F. Índices actuales en la detección del queratocono por análisis de la topografía corneal. *Gaceta Óptica* [en línea]. Abril-marzo, N°436. 22-26 [fecha de consulta 16 febrero 2019].
Disponible en: <https://es.scribd.com/document/212734387/Indices-Actuales-en-La-Deteccion-de-Queratocono-Por-Analisis-de-La-Topografia-Corneal>.

[11] Bogan SJ, Waring III GO, Ibrahim O, Drews C, Curtis L. "Classification of normal corneal topography based on computer-assisted videokeratography". Arch. Ophthalmol. 108. 1990. 945.



[12] Bedoya, Jonathan. *Métodos de evaluación de la superficie corneal* [en línea] [25 febrero 2019]. Disponible en : <http://alteracionesoculares.blogspot.com>.

[13] Boyd, Samuel. *Distrofias y degeneraciones corneales*. 1ª ed. Panamá: Jaypee Highlights, 2012. ISBN 978-996-267-849-6.

[14] AAV Media, LLC [en línea] [fecha de consulta 10 marzo 2019]. Disponible en: <https://www.allaboutvision.com/es/trastornos/>

[15] Tirado Martinez O, Hernández Pérez A. Topógrafos de elevación en el diagnóstico del queratocono. *Revista Cubana Oftalmológica* [en línea]. 2011, julio-diciembre, vol. 24 nº 2. [Fecha de consulta 10 marzo 2019]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21762011000200016

[16] The StayWell Company, LLC [en línea] [Fecha de consulta 12 marzo 2019]. Disponible en: <https://mychart.geisinger.org/Staywel/html/Inpatient/3,85476.html>

[17] Jason Morrow. *Degeneración marginal pelúcida* [en línea] [Fecha de consulta 12 marzo 2019]. Disponible en: <http://queratocono.es/degeneracion-marginal-pelucida/>

[18] Raycat, *Queratogloblo* [en línea] [Fecha de consulta 13 marzo 2019]. Disponible en: <http://queratoblobo.blogspot.com/2011/10/descripcion-de-imagen.html>

FIGURAS:

- Figura 1.** Pentacam, basado en el principio de Scheimpflug.
- Figura 2.** Topografía corneal con escala Normalizada Topcon Cornea Analyzer.
- Figura 3.** Comparación de mapa axial y tangencial de la misma córnea.
- Figura 4.** Comparación de mapa de elevación (izquierda) y axial (derecha). Lucen diferentes, son la inversa uno del otro.
- Figura 5.** Mapa refractivo.
- Figura 6.** Variación del enfoque en función del factor o coeficiente de asfericidad Q en distintas superficies.
- Figura 7.** Topografía Corneal. Patrón: Redondo.
- Figura 8.** Topografía Corneal. Patrón: Ovalado.
- Figura 9.** Topografía Corneal. Patrón: Pajarita simétrica.
- Figura 10.** Topografía Corneal. Patrón: Pajarita asimétrica.
- Figura 11.** Topografía Corneal. Patrón: Irregular.
- Figura 12.** Tipos de patrones topográficos normales.
- Figura 13.** Comparación córnea normal con Queratocono.
- Figura 14.** Mapa queratométrico. A: queraratocono subclínico (Galilei, Ziemer), B: queratocono clínico (Pentacam HR, Oculus).
- Figura 15.** Queratoplastia Conductirva (CK). Resumen del procedimiento.
- Figura 16.** Queratotoro, biomicroscopio.
- Figura 17.** Mapa queratométrico. Queratotoro. Tomey.
- Figura 18.** Queratoglobos, biomicroscopio.
- Figura 19.** Mapa queratométrico de un Queratoglobos.
- Figura 20.** Base de datos del Oculus Pentacam HR en el CUV.

TABLAS:

- Tabla 1.** Código de Colores según el topógrafo de reflexión y de elevación.
- Tabla 2.** Resumen de los mapas topográficos.
- Tabla 3.** Tabla de índices realizada por Jaume Pauné y Fernando Palomar Mas-caro.
- Tabla 4.** Resumen los patrones topográficos característicos según Bogan et al y Kanpolat et al.
- Tabla 5.** Resultado de los 100 patrones topográficos en el CUV.
- Tabla 6.** Descripción de datos de los patrones topográficos utilizados.
- Tabla 7.** Resultado de los patrones topográficos según el rango de edad del estudio.