

## Topógrafos de elevación en el diagnóstico del queratocono

### Height topographers in the diagnosis of keratoconus

**Dr. Oslay Mijail Tirado Martínez, Dra. Arianna Hernández Pérez**

Instituto Cubano de Oftalmología "Ramón Pando Ferrer". La Habana, Cuba.

---

#### RESUMEN

Se revisó la literatura electrónica y gris en busca de características generales, de funcionamiento y configuración de los topógrafos de elevación existentes en el mercado: Orbscan (*Bausch&Lomb, Rochester, NY*), Pentacam (*OculusOptikgerateGmbH, Wetzlar, Alemania*) y Galilei (*ZiemerOphthalmology Co, Suiza*). Fueron analizados los resultados que cada mapa aporta relacionados con el diagnóstico de queratocono. La topografía de elevación es una herramienta novedosa en la pesquisa de ectasias corneales primarias. Se da mayor importancia al análisis integral de la información que brindan estos topógrafos.

**Palabras clave:** Topografía de la córnea/métodos.

---

#### ABSTRACT

Electronic and printed literature was reviewed in the search for general and operational characteristics of the height topographers existing in the market (Orbscan (Bausch & Lomb, Rochester, NY), Pentacam (Oculus Optikgerate GmbH, Wetzlar, Germany) and Galilei (Ziemer Ophthalmology Co, Switzerland). The results related to keratoconus diagnosis were analyzed for each map. Height corneal topography is a novel tool for primary corneal ectasia screening, therefore, it is important to comprehensively analyze the information that they provide.

**Key words:** Topography of the cornea/methods.

---

## INTRODUCCIÓN

El queratocono (QC) es una enfermedad no inflamatoria que cursa con adelgazamiento progresivo, protrusión anterior en forma cónica de la córnea y empeoramiento gradual de la visión. La incidencia del QC en la población general oscila entre 1,4 y 2,2 por 100 000 habitantes entre los diferentes países. Sin embargo, la prevalencia de esta enfermedad muestra un comportamiento menos estable; en la población general es de 54,5 por 100 000 habitantes mientras que entre los solicitantes de cirugía refractiva en regiones donde ha sido prolongado el servicio es de 1,7 por 100 habitantes y asciende aún más cuando es reciente la asistencia (5,7 por 100 habitantes).<sup>1</sup>

El diagnóstico clínico del QC no ofrece dificultades en estadios avanzados de la enfermedad, pero es reto constante la búsqueda de sus formas más precoces para evitar la ectasia después de la cirugía corneal con láser. Por tal motivo se han desarrollado diferentes topógrafos e índices basados en los datos que estos aportan en aras de encontrar el "gold standard" para el diagnóstico temprano de esta enfermedad.

Existe gran variedad de topógrafos que solo analizan la superficie anterior de la córnea (videoqueratógrafos), pero solo se han desarrollado tres, hasta el presente, que evalúan también la superficie posterior; Orbscan (*Bausch & Lomb, Rochester, NY*), Pentacam (*Oculus Optikgerate GmbH, Wetzlar, Alemania*) y Galilei (*Zieler Ophthalmology Co, Suiza*).

Es bien conocido que a nivel de la superficie posterior de la córnea es donde aparecen las primeras alteraciones del QC.<sup>2,3</sup> Por ello se exploró la literatura en busca de los elementos que nos permitan interpretar adecuadamente la información aportada por estos topógrafos de elevación.

## DESARROLLO

Se realizó una revisión de la literatura electrónica contenida en las bases de datos MEDLINE, MedicLatina y Academia Search Premier a través de EBSCO con acceso al texto completo del artículo por HINARI cuando no estuviera disponible desde la plataforma inicial. Igualmente se revisó la literatura impresa relacionada con el tema en el Instituto Cubano de Oftalmología "Ramón Pando Ferrer". La última revisión se realizó el 10 de enero de 2010. Se utilizaron las siguientes palabras clave: topografía de la córnea y método, topografía de elevación, Pentacam, Galilei y Orbscan. Se revisó la bibliografía disponible en idiomas inglés y español.

### Generalidades de los topógrafos de elevación

Todos estos dispositivos comparten la ventaja de no contactar con la superficie del ojo y por tanto, no causar molestias al paciente. Muestran la información por medio de mapas con códigos de colores, resúmenes cuantitativos y diferentes índices desarrollados para el diagnóstico de QC, entre otras utilidades.

El Orbscan es un sistema de escaneo topográfico tridimensional mediante hendidura *queen*. Sus versiones II y IIZ incorporan un disco de Plácido, toma 40 imágenes del

segmento anterior y analiza 18 000 puntos en 1,5 segundos de ambas superficies de la córnea, paquimetría, queratometría simulada, así como la relación de ambas caras corneales con la esfera que mejor se ajusta (por sus siglas en inglés, BFS) a cada cara. También mide profundidad de la cámara anterior, amplitud del ángulo iridocorneal, diámetro pupilar en condiciones fotópicas, características del iris y cristalino. Posee un sistema "eye-tracking" para el seguimiento de los movimientos sacádicos durante el examen.<sup>4,5</sup> El sistema utiliza varios logaritmos matemáticos para realizar ajustes necesarios, lo que determina una baja repetibilidad y resultados poco reales.<sup>6-9</sup>

El Pentacam es un sistema de escaneo que utiliza una cámara rotatoria de *Scheimpflug* y un disco de Plácido para analizar 25 000 puntos de elevación real. Toma hasta 50 fotos mientras rota alrededor del ápex corneal y calcula un modelo matemático tridimensional del segmento anterior del ojo, sobre la base de la elevación de ambas superficies de la córnea. Todos los demás valores son estimados por algoritmos matemáticos, como la curvatura de ambas caras. Igualmente, provee información sobre la paquimetría, profundidad de cámara anterior, centro y diámetro pupilar, densitometría del cristalino y otras mensuraciones del segmento anterior.<sup>10,11</sup>

El Galilei es un sistema que usa dos cámaras de *Scheimpflug* ubicadas a 180° una de la otra y un disco de Plácido para capturar entre 30 y 60 imágenes. Analiza 122 000 puntos del segmento anterior del ojo en un modelo tridimensional. Calcula la elevación de ambas superficies de la córnea y de ello estima la paquimetría central y periférica. Provee información sobre queratometría, densitometría de la córnea y cristalino, diámetro y centro de la pupila, entre otras utilidades.<sup>12</sup> Se presume que Galilei supera las desventajas que se han atribuido a los otros dos sistemas.

### **Estado del Arte**

Para poder interpretar adecuadamente la información que brindan los diferentes topógrafos, sean de elevación o videoqueratoscopios, es necesario establecer algunos principios básicos a seguir. Debemos aclarar que se tratarán solamente los elementos relacionados con el diagnóstico de queratocono.

Estos sistemas permiten al usuario personalizar la forma en que se tomarán y mostrarán las diferentes imágenes, manteniendo invariables sus principios de funcionamiento. Así se pueden tomar 25 o 50 imágenes, comparar las superficies anterior o posterior con un patrón elíptico, esférico, acónico, tórico, entre otros. Definir los mapas que deseamos analizar y la ubicación en que aparecerán en pantalla, aunque el Galilei, por ejemplo, tiene cuatro mapas predeterminados para la detección de queratocono.

Es cierto que existen diferencias en cuanto a las áreas de análisis entre los diferentes sistemas, lo cual genera confusión entre los que se acercan al tema. Ocurren discordancias en la validez de los datos aportados por los diferentes topógrafos, sobre todo tendencia a la subestimación de la paquimetría o sobrestimación de la elevación posterior por Orbscan.<sup>13-15</sup> No se reportan muchos estudios clínicos controlados que comparen estos sistemas y menos aún que propongan nuevos criterios diagnósticos basados en la información que ellos brindan. Por todo esto es trascendental, homogenizar la adquisición de las imágenes porque los valores mostrados son dependientes de los ajustes predeterminados.

Para el uso del Orbscan se recomienda activar la opción "quadmap" con el filtro de banda normal (NB). Los mapas de elevación consideran  $NB \pm 25 \mu m$  con relación a

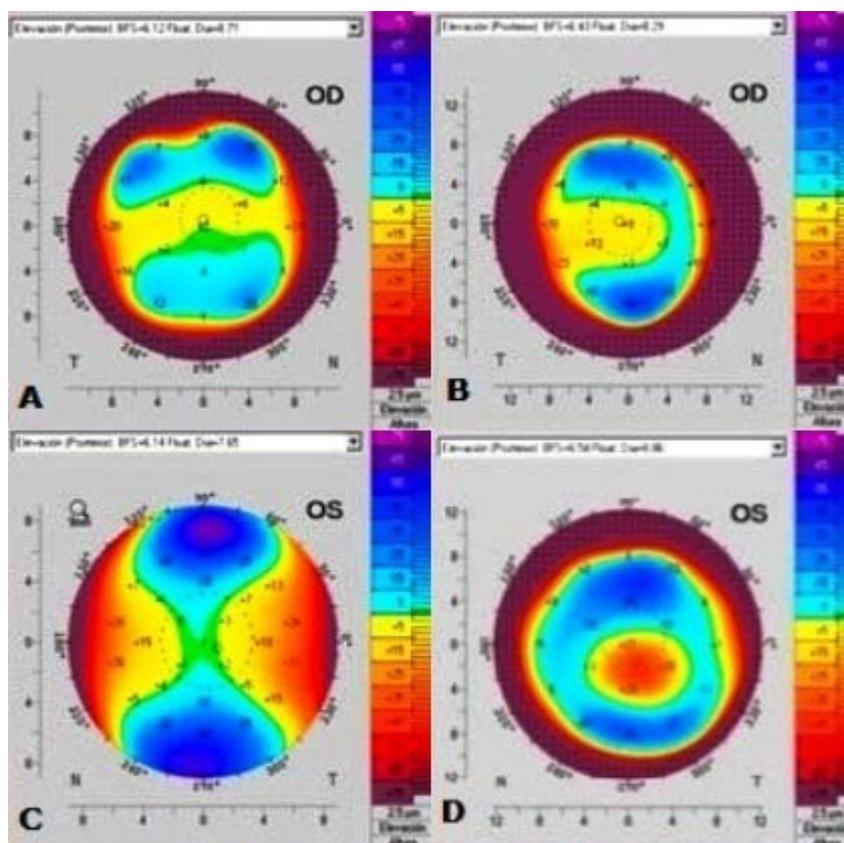
la esfera mejor ajustada (BFS). En los mapas queratométricos la NB oscila entre 40 y 48 dioptrías (D) y en el mapa paquimétrico de 500 a 600  $\mu\text{m}$ . Con estos parámetros las áreas normales mostrarán color verde.<sup>16</sup>

Para el Pentacam se recomienda la captura de 25 imágenes de forma automática, usando como cuerpo de referencia la BFS con la opción "float" activada y diámetro automático. El factor de forma corneal es: asfericidad (Q) donde  $Q < 0$  representa córneas vírgenes o normales y  $Q > 1$  se relaciona con córneas tratadas (LASIK, LASEK, PRK y otros). En los mapas de elevación se deben usar pasos de 2,5  $\mu\text{m}$ , en los queratométricos de 1 D y en los paquimétricos de 10  $\mu\text{m}$ , con escala de color "American Style" en todos ellos y función de lupa a 9 mm.<sup>17</sup> El descriptor de calidad debe indicar características óptimas.

Para Galilei se sugiere activar opción estándar en la adquisición de imágenes y BFS con "float" activado. En los mapas de elevación pasos de 5  $\mu\text{m}$ , en mapas de curvatura de 1,5 D y en paquimétricos de 20  $\mu\text{m}$ , con escala de colores ANSI.<sup>18</sup> Todos los ítems de la ventana de verificación deben estar marcados en verde.

### Mapas de elevación

Tanto en los mapas de elevación anterior como posterior se pueden encontrar cuatro patrones básicos: banda positiva completa (71,87 %), banda positiva incompleta (18,75 %), patrón en alas de mariposa (6,25 %) indicativo de astigmatismos elevados, y patrón en isla central (3,13 %) sugestivo de elevaciones posteriores significativas (Fig. 1).<sup>6</sup>



**Fig. 1.** Mapa de elevación posterior. A: banda positiva completa, B: banda positiva incompleta, C: alas de mariposa, D: isla central. (Pentacam HR, Oculus).

La córnea no es una esfera perfecta, sino una superficie prolata, más curva en el centro que en la periferia. Los softwares de los diferentes topógrafos comparan los valores reales de ambas superficies corneales con valores hipotéticos de superficies de referencia que mejor se ajustan, y la diferencia entre ellos es la que denominamos elevación y denotamos en micras. Así podemos escoger entre superficies de referencia esférica, elíptica, tórica, acónica, entre otras.

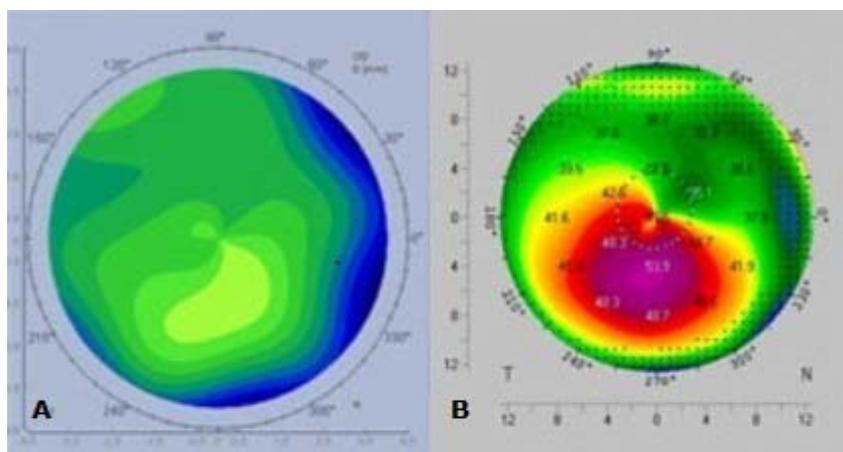
Para representar esta elevación se recurre a mapas de colores donde los colores cálidos (espectro del rojo al blanco) representan elevaciones por encima de la superficie y los colores fríos (del azul al morado) indican depresiones por debajo de la misma. Se consideran normales valores de elevación próximos a 10  $\mu\text{m}$  en los mapas de elevación anterior y alrededor de 20  $\mu\text{m}$  para los mapas de elevación posterior.<sup>17</sup>

Se ha establecido que las superficies de referencia con valores de  $\pm 51$  D queratométricas (radio de curvatura:  $\pm 6,61$  mm) son normales. Sin embargo, valores por encima de 55 D (6,13 mm) sugieren estados como QC o tan solo córneas muy pronunciadas; blanco a blanco  $< 11$  mm o pacientes con fenotipo asiático por lo que este signo debe ser correlacionado con otros antes de establecerlo como francamente patológico.<sup>15</sup>

Igualmente, valores de elevación de la superficie corneal posterior sobre la BFS  $> 45$   $\mu\text{m}$  son considerados anómalos, mas pudiera tratarse de ojos con astigmatismo  $> 2,50$  D.<sup>15</sup> Al comparar los puntos más y menos elevados en los 7 mm centrales del mapa de elevación posterior (criterio de Rousch) se consideran sospechosos valores mayores a 70  $\mu\text{m}$  y francamente patológicos cuando ascienden a 100  $\mu\text{m}$ .<sup>19</sup>

### Mapa queratométrico

Valores de la queratometría promedio superiores a 46 D debe alertarnos sobre la posibilidad de QC. También debe hacernos sospechar la presencia de patrones en lazo roto cuando el eje se desvía más de  $20^\circ$  (Fig. 2 A) o cuando existe una asimetría mayor de 3 D entre el extremo superior e inferior del círculo de 3 mm centrales (Índice I-S).<sup>20</sup> Este último signo se puede ver tanto en ojos con QC (Fig. 2 B) como en astigmatismos asimétricos, por lo cual debe ser cuidadosamente valorado.

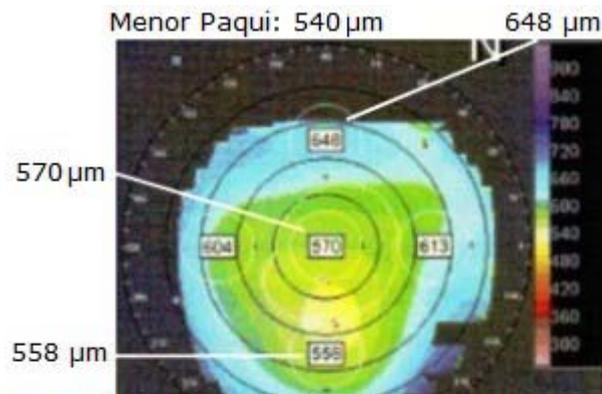


**Fig. 2.** Mapa queratométrico. A: queratocono subclínico (Galilei, Ziemer), B: queratocono clínico (Pentacam HR, Oculus).

### Mapa paquimétrico

Es conocida la tendencia a la desviación del ápex del QC hacia temporal inferior, por tanto la ubicación del punto más delgado en este sector debe hacernos sospechar este diagnóstico.<sup>19</sup> Aunque existen córneas con paquimetrías inferiores a 500  $\mu\text{m}$  sin otras alteraciones, cuando los valores son inferiores a 470  $\mu\text{m}$  se considera francamente anómalo y nunca debe someterse ese paciente a cirugía refractiva corneal con láser.<sup>19</sup>

El gradiente paquimétrico consiste en analizar las variaciones del grosor corneal del centro a la periferia. Debe alertarnos sobre alteraciones estructurales la diferencia de más de 100  $\mu\text{m}$  entre el punto más delgado de la córnea y el de mayor paquimetría en un círculo de 7 mm centrales. Otro signo que denota un gradiente anómalo es la diferencia de menos de 30  $\mu\text{m}$  entre el centro y la periferia del círculo de 7 mm, pues se espera que la periferia sea mayor que el centro (Fig. 3).



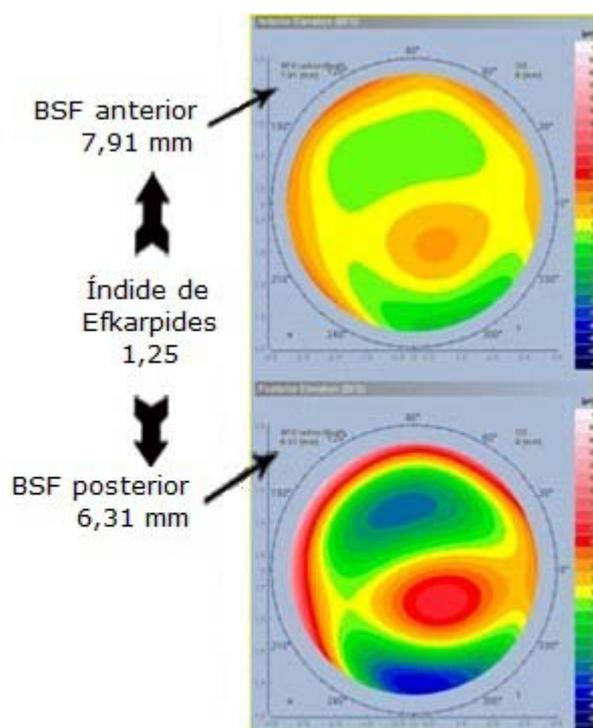
**Fig. 3.** Gradiente paquimétrico. Mapa paquimétrico. (Orbscan, Bausch&Lomb). Modificado de Agarwal S. Dr. Agarwal's Textbook on Corneal Topography. Jaypee Brothers Medical Publishers. New Delhi; 2006.

### Información integrada

Sin dudas, la mayor utilidad clínica de estos topógrafos la tenemos cuando integramos la información que nos brindan, porque no existe ningún signo aislado que sea 100 % específico y sensible. Al relacionar el radio de la BFS anterior con el radio de la BFS posterior (Índice de Efkarpidés) consideraríamos dudoso un resultado entre 1,23 y 1,27. Valores superiores serían francamente patológicos (Fig. 4).

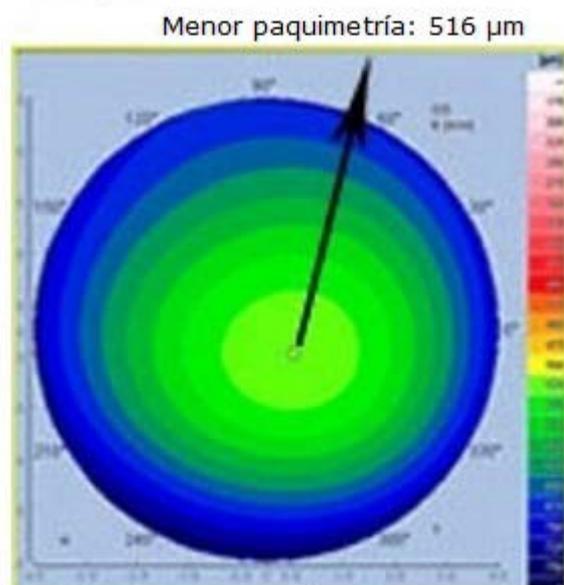
Se consideran signos de sospecha el desplazamiento inferotemporal del punto más elevado en ambos mapas de elevación y las diferencias mayores a 1 D astigmática entre ambos ojos. El signo topográfico más fuerte en el diagnóstico del QC precoz es la correspondencia de las áreas por encima de la BFS en mapas de elevación anterior y posterior, sobre todo si coinciden con el punto de menor paquimetría (Fig. 5).<sup>19</sup>

Estudios recientes sugieren que los valores de elevación posterior medidos en el ápex corneal y en el punto de menor paquimetría deberían ser evaluados. Estos muestran diferencias significativas entre córneas sanas comparadas con queratocónicas.<sup>21</sup>



BFS: esfera mejor ajustada.

**Fig. 4.** Índice de Efkarpides. Mapas de elevación anterior y posterior. (Galilei, Ziemer).



**Fig. 5.** Correspondencia de puntos. Mapa paquimétrico del caso mostrado en la fig. 4. (Galilei, Ziemer).

De manera práctica se propone la "regla de los tres pasos" en el examen preoperatorio para candidatos de LASIK, donde alteraciones en un mapa denotaría precaución, dos mapas anómalos indicaría preocupación y si fueran tres mapas alterados estaría contraindicado el procedimiento quirúrgico.<sup>22</sup> Esta regla no debe ser atendida arbitrariamente puesto que no debe considerarse como candidato para LASIK a un paciente con paquimetrías inferiores a 490  $\mu\text{m}$  como único hallazgo preoperatorio.

## CONCLUSIONES

No existe ningún criterio, ni combinación de ellos, 100 % sensible y específico en diagnóstico de QC. Se deben analizar los mapas e informes de topografía de elevación en el equipo y no en el *pdf* o impreso. Si un ojo muestra alteraciones no se debe tratar ninguno de los dos ojos. Al encontrar alteraciones en un solo mapa, y es prudente aún, realizar LASIK; sino valorar ablación superficial. No realizar LASIK si existen alteraciones en dos mapas, es preferible LASEK o PRK si estuvieran indicados. De existir alteraciones en tres mapas considerar al paciente no apto para cirugía refractiva corneal con láser. Entonces realizar cirugía refractiva intraocular o lentes de contacto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Nielsen K, Hjortdal J, Nohr EA, Ehlers N. Incidence and prevalence of keratoconus in Denmark. *Acta Ophthalmologica Scandinavica*. 2007;85:890-2. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-0420.2007.00981.x/pdf>
2. Smole MK. What is keratoconus? En: Boxer BS. *Modern management of Keratoconus*. New Delhi: Jaypee Brothers; 2008. p. 3-4.
3. Sonmez B, Doan MP, Hamilton DR. Identification of scanning slit-beam topographic parameters important in distinguishing normal from keratoconic corneal morphologic features. *Am J Ophthalmol*. 2007;143(3):401-8. [Acceso: 25/08/2009]. Disponible en: [http://www.ajo.com/article/S0002-9394\(06\)01330-4/abstract](http://www.ajo.com/article/S0002-9394(06)01330-4/abstract)
4. Simon Castellvi GL, Simon S, Simon JM, Simon C. Topographic Machines. En: Agarwal S, Agarwal A, Agarwal A. *Dr Agarwal's Textbook on Corneal Topography*. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers; 2006. p. 40-60.
5. Nilforoushan MR, Speaker M, Marmor M, Abramson J, Tullo W, Morschauser D, et al. Comparative evaluation of refractive surgery candidates with Placido topography, Orbscan II, Pentacam, and wavefront analysis. *J Cataract Refract Surg*. 2008;34(4):623-31. [Acceso: 12/09/2009]. Disponible en: [http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0886-3350\(08\)00102-8](http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0886-3350(08)00102-8)
6. Garzón N, Poyales Galán F. ORBSCAN: Mapas topográficos. *Gaceta Optica*, 2005;420:24-8. Disponible en: <http://www.cnoo.es/modulos/gaceta/actual/gaceta420/cientifico2.pdf>
7. Mantry S, Shah S. Refractive surgery: lessons to be learned. *Clin Experiment Ophthalmol*. 2005;33(2): 115-6. [Acceso: 23/08/2009]. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1442-9071.2005.00999.x/abstract?systemMessage=Wiley+Online+Library+will+be+disrupted+2+July+from+10-12+BST+for+monthly+maintenance>
8. Cairns G, McGhee CNJ. Orbscan computerized topography: attributes, applications, and limitations. *J Cataract Refract Surg*. 2005;31(1):205-20. [Acceso:

15/09/2009]. Disponible en: [http://www.jcrsjournal.org/article/S0886-3350\(04\)01046-6/abstract](http://www.jcrsjournal.org/article/S0886-3350(04)01046-6/abstract)

9. Ha BJ, Kim SW, Kim SW, Kim EK, Kim T. Pentacam and Orbscan II Measurements of Posterior Corneal Elevation Before and After Photorefractive Keratectomy. *J Refract Surg.* 2009;25(3):290-95. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19370825>

10. Khachikian SS, Belin MW, Ciolino JB. Intrasubject corneal thickness asymmetry. *J Refract Surg.* 2008;24(6):606-9. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18581786>

11. Kawamorita T, Nakayama N, Uozato H. Repeatability and Reproducibility of Corneal Curvature Measurements Using the Pentacam and Keratron Topography Systems. *J Refract Surg.* 2009;25(6):539-44. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19603622>

12. Menassa N, Kaufmann C, Goggin M, Job OM, Bachmann LM, Thiel MA. Comparison and reproducibility of corneal thickness and curvature readings obtained by the Galilei and the Orbscan II analysis systems. *J Cataract Refract Surg.* 2008;34(10):1742-7. [Acceso: 16/11/2009]. Disponible en: [http://www.jcrsjournal.org/article/S0886-3350\(08\)00694-9/abstract](http://www.jcrsjournal.org/article/S0886-3350(08)00694-9/abstract)

13. Hashemi H, Mehravaran S. Corneal changes after laser refractive surgery for myopia: comparison of Orbscan II and Pentacam findings. *J Cataract Refract Surg.* 2007;33(5):841-7. Disponible en: [http://www.jcrsjournal.org/article/S0886-3350\(07\)00249-0/abstract](http://www.jcrsjournal.org/article/S0886-3350(07)00249-0/abstract)

14. Schlegel Z, Hoang-Xuan T, Gatinel D. Comparison of and correlation between anterior and posterior corneal elevation maps in normal eyes and keratoconus-suspect eyes. *J Cataract Refract Surg.* 2008;34(5):789-95. Disponible en: [http://www.jcrsjournal.org/article/S0886-3350\(08\)00160-0/abstract](http://www.jcrsjournal.org/article/S0886-3350(08)00160-0/abstract)

15. Quisling S, Sjoberg S, Zimmerman B, Goins K, Sutphin J. Comparison of Pentacam and OrbscanIIz on Posterior Curvature Topography Measurements in Keratoconus Eyes. *Ophthalmology.* 2006;113(9):1629-32. [Acceso: 26/04/2009]. Disponible en: [http://www.ophsource.org/periodicals/ophtha/article/S0161-6420\(06\)00534-3/abstract](http://www.ophsource.org/periodicals/ophtha/article/S0161-6420(06)00534-3/abstract)

16. Agarwal A, Soosan J, Agarwal S, Agarwal A, Kanjani N. Posterior Corneal Changes in Refractive Surgery. En: Agarwal S, Agarwal A, Agarwal A. *Dr Agarwal's Textbook on Corneal Topography.* New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers; 2006. p. 154-63.

17. Pentacam. Guía de interpretación clínica. Oculus; 2007.

18. Morales López, R. Índices para interpretación clínica con el Galilei. Rocol-Schwind Latin; 2008.

19. Sanchez Leon F. Orbscan Corneal Mapping in Refractive Surgery. En: Agarwal S, Agarwal A, Agarwal A. *Dr Agarwal's Textbook on Corneal Topography.* New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers; 2006. p. 102-15.

20. Mertens EL, Gulani AC, Karpecki P. Corneal Ectasia Post-LASIK. The Orbscan Advantage. En: Agarwal S, Agarwal A, Agarwal A. Dr Agarwals' Textbook on Corneal Topography. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers; 2006. p. 209-20.

21. Khachikian SS, Belin MW. Posterior Elevation in Keratoconus. Ophthalmol 2009;116(4):816-7. [Acceso: 26/04/2010]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19344833>

22. Feinerman G, Peters NP, Nguyen K, Solorzano M, Scott S. The OrbscanIIz diagnostic system and Zwave analysis. En: Agarwal S, Agarwal A, Agarwal A. DrAgarwals' Textbook on Corneal Topography. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers; 2006. p. 77-101.

Recibido: 10 de octubre de 2011.

Aprobado: 25 de octubre de 2011.

Dr. *Oslay Mijail Tirado Martínez*. Instituto Cubano de Oftalmología "Ramón Pando Ferrer". Ave. 76 No. 3104 entre 31 y 41 Marianao, La Habana, Cuba. Correo electrónico: [uveitis@infomed.sld.cu](mailto:uveitis@infomed.sld.cu)