

## **Comprehensive study of the prevalence of keratoconus**

### **Estudio integral de la prevalencia del Queratocono**

**Autores:**

Maldonado-Vera, Maritza Carolina  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ  
Candidata a Magíster en Optometría  
Portoviejo, Ecuador



[maritza.maldonado@utm.edu.ec](mailto:maritza.maldonado@utm.edu.ec)



<https://orcid.org/0000-0002-5513-2137>

Zapata-Giraldo, Paulo César  
UNIVERSITARIA DEL AREA ANDINA  
Magister en Ciencias de la Visión cPhD Ciencias de la Educación  
Pereira, Colombia



[pczapata@arcandina.edu.co](mailto:pczapata@arcandina.edu.co)



<https://orcid.org/0000-0003-1874-5273>

Navia-Cedeño, Emigdio  
CENTRO OFTALMOLÓGICO ENACE  
MD. D. Oftalmólogo, subespecialista en microcirugía del segmento anterior  
Director Científico  
Portoviejo, Ecuador



[e\\_navia@hotmail.com](mailto:e_navia@hotmail.com)



<https://orcid.org/0000-0002-8643-2028>

Fechas de recepción:02-FEB-2024 aceptación:02-MAR-2024 publicación:15-MAR-2024



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://mqrinvestigar.com/>



## Resumen

El estudio realizado en el Centro Oftalmológico Dr. Emigdio Navia en Portoviejo, Ecuador (2021-2023), tuvo como fin caracterizar el queratocono mediante topografía corneal, utilizando un enfoque cuantitativo y descriptivo. Analizando 187 pacientes, se clasificaron según estadios de queratocono, edad y género. Se encontró una prevalencia mayor en menores de 20 años (40.64%) y en hombres (57.22%), destacando la detección en fases tempranas. Esto resalta la importancia de la detección precoz y la intervención temprana. Se subraya la necesidad de programas de detección temprana, especialmente en jóvenes, y de investigar los factores etiológicos del queratocono. Se recomienda el uso de tecnologías avanzadas para un diagnóstico preciso, crucial para prevenir la progresión a estados más severos.

**Palabras clave:** Queratocono; Topografía Corneal; Detección Temprana

### **Abstract**

The study conducted at the Centro Oftalmológico Dr. Emigdio Navia in Portoviejo, Ecuador (2021-2023), aimed to characterize keratoconus by means of corneal topography, using a quantitative and descriptive approach. Analyzing 187 patients, they were classified according to stages of keratoconus, age and gender. A higher prevalence was found in those under 20 years of age (40.64%) and in men (57.22%), highlighting detection in early stages. This highlights the importance of early detection and early intervention. The need for early detection programs, especially in young people, and for research into the etiological factors of keratoconus is emphasized. The use of advanced technologies for accurate diagnosis, crucial to prevent progression to more severe stages, is recommended.

**Keywords:** Keratoconus; Corneal Topography; Early Detection

## Introducción

El queratocono, una patología oftalmológica que se caracteriza por el adelgazamiento y protrusión progresiva de la córnea, ha sido objeto de numerosas investigaciones y estudios clínicos a lo largo de las últimas décadas. El presente artículo tiene como propósito fundamental desarrollar una caracterización detallada del queratocono a través del uso de topografía corneal en los pacientes atendidos en el Centro Oftalmológico Dr. Emigdio Navia, en Portoviejo, Ecuador, durante el período comprendido entre 2021 y 2023. Esta investigación aporta una perspectiva regional sobre una condición global, contribuyendo significativamente al entendimiento y manejo de esta patología.

La relevancia de la topografía corneal en el diagnóstico y seguimiento del queratocono es incuestionable. Esta técnica, que permite una evaluación detallada de la morfología corneal, es fundamental para la detección precoz y el manejo adecuado del queratocono (1). En el contexto ecuatoriano, donde los recursos y tecnologías médicas pueden estar limitados, estudios como el presente son de vital importancia para optimizar el uso de las herramientas diagnósticas disponibles.

El queratocono, que generalmente se manifiesta en la segunda década de vida, puede tener un impacto significativo en la calidad de vida del paciente debido a la disminución progresiva de la agudeza visual y a la distorsión visual que provoca (2). Esta enfermedad, aunque clasificada como no inflamatoria, tiene un curso que puede variar significativamente entre individuos, lo que plantea desafíos en su manejo clínico. El diagnóstico temprano y preciso es, por lo tanto, crucial para implementar intervenciones que puedan retardar su progresión.

La topografía corneal, que proporciona un mapa detallado de la curvatura y la forma de la córnea, es una herramienta esencial en el diagnóstico del queratocono. Esta técnica no solo ayuda en la detección temprana de la enfermedad, sino que también es invaluable en la monitorización de su progresión y en la evaluación de la efectividad de los tratamientos (3).

En el Centro Oftalmológico Dr. Emigdio Navia, se ha realizado un esfuerzo concertado para utilizar esta tecnología de manera efectiva para beneficio de los pacientes.



La metodología de este estudio implica un análisis retrospectivo de los casos diagnosticados con queratocono en el periodo mencionado. Se ha hecho énfasis en una caracterización integral que incluye no solo aspectos clínicos, sino también datos demográficos y socioeconómicos de los pacientes. Esto permite no solo entender las manifestaciones clínicas del queratocono en esta población, sino también apreciar el impacto social y económico de la enfermedad en un contexto específico.

El análisis de datos se ha realizado empleando técnicas estadísticas avanzadas, asegurando así la objetividad y precisión en los resultados obtenidos. Estos se discuten en el marco de la literatura existente, tanto a nivel nacional como internacional, proporcionando un contexto amplio y detallado sobre el estado actual del conocimiento sobre el queratocono (4).

En la literatura internacional, se ha destacado la importancia de estudios regionales que proporcionen datos específicos sobre la prevalencia, características clínicas y respuestas al tratamiento del queratocono en diferentes poblaciones (5). Este estudio responde a esa necesidad, aportando datos valiosos y específicos que pueden ser utilizados para mejorar las estrategias de diagnóstico y tratamiento del queratocono en Ecuador y, potencialmente, en regiones con características similares.

## Material y Métodos

La presente investigación, desarrollada en el Centro Oftalmológico Dr. Emigdio Navia entre los años 2021 y 2023, se enmarcó en un estudio retrospectivo y detallado de la patología del queratocono. Dicha investigación se alineó con la línea de investigación de Gestión de la Calidad en Salud de la Facultad de Ciencias de la Salud, abordando un aspecto fundamental de la salud ocular y ofreciendo una comprensión amplia y detallada de esta condición oftalmológica.

El enfoque metodológico adoptado fue cuantitativo, permitiendo un análisis sistemático y riguroso de los datos recopilados. Esta metodología se eligió por su idoneidad para manejar y analizar grandes volúmenes de datos clínicos, esencial dada la magnitud de la población

estudiada. El objetivo principal fue examinar exhaustivamente las características clínicas y los valores queratométricos asociados con el queratocono, utilizando un conjunto de herramientas y procedimientos bien definidos.

La unidad de análisis se centró en los pacientes diagnosticados con queratocono, una enfermedad progresiva y degenerativa de la córnea. La población universo abarcó a 4210 pacientes atendidos en el Centro Oftalmológico durante el período de estudio. De este grupo, se seleccionó una muestra representativa de 187 pacientes, basándose en un análisis meticuloso de registros clínicos y datos demográficos.

Los criterios de selección para la muestra fueron claramente definidos. Los criterios de inclusión contemplaron a pacientes con signos clínicos y topográficos de queratocono, incluyendo aquellos con topografías corneales que indicaban valores queratométricos característicos de la enfermedad. Los criterios de exclusión removieron a pacientes que habían sido sometidos a cirugías oculares previas o cuyas topografías corneales no mostraban un diagnóstico claro de queratocono.

La investigación se llevó a cabo mediante un enfoque observacional descriptivo de corte retrospectivo. Se realizó una revisión y sistematización de historias clínicas y topografías corneales, siendo estos los pilares centrales del enfoque. Este método permitió un análisis detallado de los datos históricos, ofreciendo una visión clara y precisa de la progresión y las características del queratocono durante el periodo específico.

La hipótesis de trabajo se enfocó en la caracterización detallada del queratocono entre los pacientes atendidos en el Centro Oftalmológico. Se planteó que un análisis exhaustivo de las variables clínicas y topográficas revelaría patrones significativos en relación con la prevalencia y la progresión de la enfermedad. La variable independiente fue la presencia de queratocono, determinada a través de criterios clínicos y topográficos, mientras que la variable dependiente se relacionó con los grados de severidad del queratocono, evaluados mediante valores queratométricos y clasificación de la enfermedad.

La recolección de información fue un proceso clave, llevado a cabo con precisión y rigor metodológico. Se realizó una revisión exhaustiva de las historias clínicas y las topografías corneales de los pacientes, utilizando el equipo Atlas de Zeiss para la evaluación y diagnóstico del queratocono. Los datos fueron organizados y analizados en función de las características clínicas y el número de pacientes diagnosticados con la enfermedad.

## Resultados

El queratocono, una enfermedad oftalmológica progresiva que afecta la estructura y claridad de la córnea, ha sido objeto de extensa investigación en los últimos años. Este trastorno conduce a una disminución significativa en la calidad de la visión y plantea desafíos únicos tanto para los pacientes como para los profesionales de la salud. El presente marco teórico aborda diversos aspectos de esta patología, basándose en estudios recientes y en una variedad de investigaciones que han contribuido a la comprensión actual del queratocono.

### Evolución y Manejo del Queratocono

Los avances en el tratamiento del queratocono han sido notables. Kankariya et al. (6) describen la combinación de la técnica de crosslinking corneal (CXL) con cirugía refractiva como un enfoque integral en el manejo del queratocono. Esta combinación ha demostrado ser efectiva en estabilizar la córnea y mejorar la calidad visual. Sarac et al. (7) exploran la dinámica de la progresión del queratocono después de un tratamiento exitoso de CXL acelerado, subrayando la importancia de un seguimiento continuo, especialmente durante y después del embarazo.

### Detección y Evaluación del Queratocono

La detección temprana del queratocono es crucial para un tratamiento efectivo. Moshirfar et al. (8) enfatizan la importancia del cribado de queratocono en niños de edad escolar, sugiriendo que la intervención temprana puede alterar significativamente el curso de la enfermedad. Neuhann et al. (14) comparan variables medidas con un dispositivo

Scheimpflug para la evaluación de la progresión y detección del queratocono, demostrando la utilidad de tecnologías avanzadas en el diagnóstico temprano.

### Factores Genéticos y Ambientales

El papel de los factores genéticos y ambientales en el desarrollo del queratocono ha sido un área de investigación intensiva. Lucas y Burdon (9, 24) resumen los hallazgos actuales sobre los factores de riesgo genéticos y ambientales para el queratocono. Estudios como el de McComish et al. (11) y Hardcastle et al. (15, 26) amplían este conocimiento, identificando variaciones genéticas asociadas con el queratocono e implicando la integridad de la matriz de colágeno y los caminos de diferenciación celular en su patogénesis.

### Características Clínicas y Topográficas del Queratocono

Las características clínicas y topográficas del queratocono son distintivas. Maleszka-Kurpiel et al. (16, 17) examinan la asimetría interocular en la refracción manifiesta, la queratometría y la paquimetría en ojos con queratocono, destacando la variabilidad y complejidad de la enfermedad. El estudio de Eliasi et al. (18) sobre la asociación entre el queratocono y el índice de masa corporal en adolescentes añade una dimensión interesante a la comprensión de los factores de riesgo.

### Influencia de la Genética y el Trauma Corneal Crónico

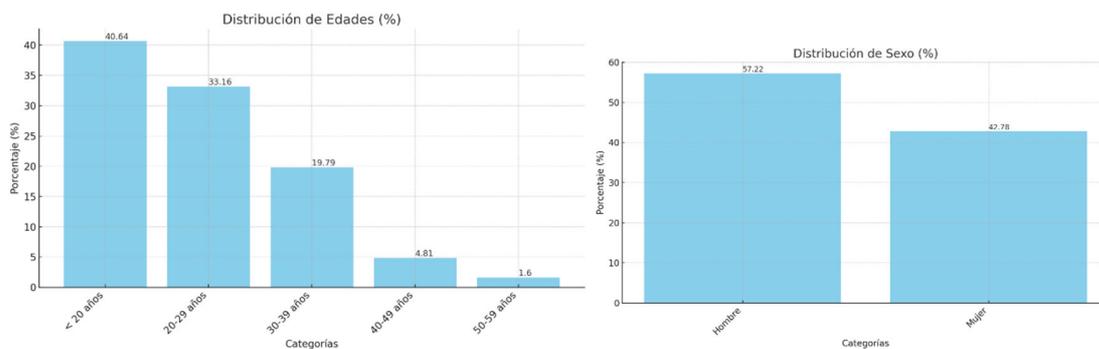
Rabinowitz et al. (20) y Crawford et al. (21) discuten la interacción entre los factores genéticos y el trauma corneal crónico en la etiología del queratocono, proporcionando una perspectiva holística sobre los posibles mecanismos de desarrollo de la enfermedad. Khawaja et al. (22) profundizan en esta área, identificando variantes genéticas asociadas con las propiedades biomecánicas corneales que podrían conferir susceptibilidad al queratocono.

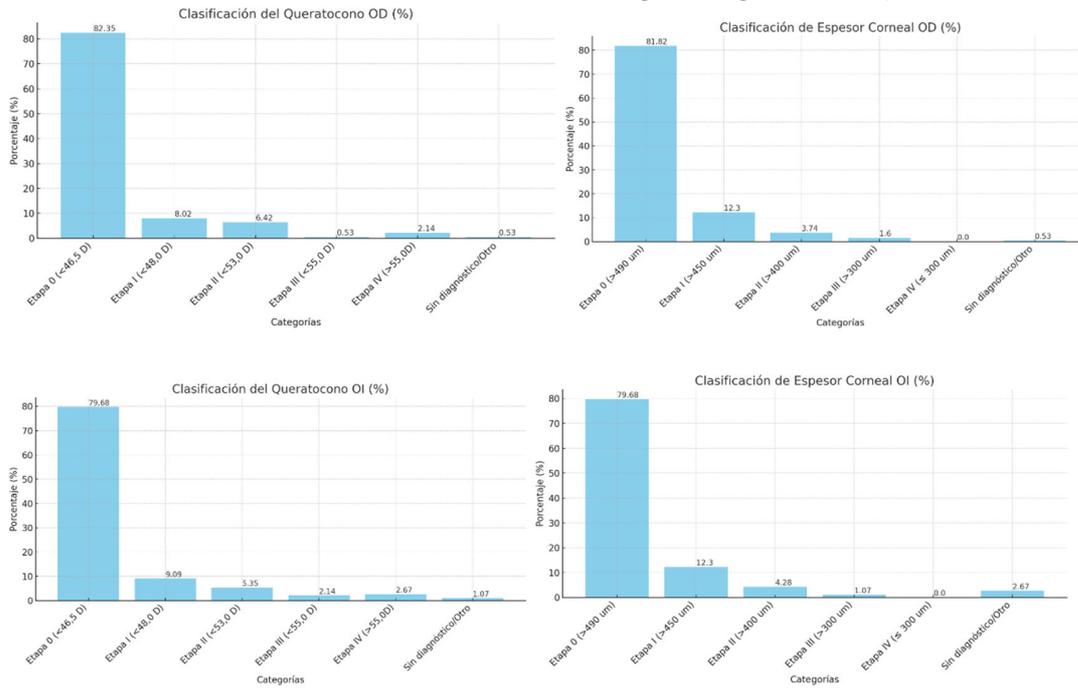
### Perfil Inmunológico y Alteraciones Bioquímicas

La investigación también ha explorado el perfil inmunológico y las alteraciones bioquímicas asociadas con el queratocono. D'Souza et al. (23) revelan un perfil inmunitario y inflamatorio distintivo en la superficie ocular de los pacientes con queratocono. Shetty et al. (28) investigan los marcadores bioquímicos y las alteraciones en el queratocono, lo que podría tener implicaciones para el diagnóstico y el tratamiento.

### Factores de Riesgo para el Desarrollo del Queratocono

Los estudios de Almusawi y Hamied (29) y Vitar et al. (30) exploran los factores de riesgo para el desarrollo del queratocono, incluyendo aspectos nutricionales y metabólicos. Estos hallazgos sugieren que la gestión integral del queratocono debe considerar tanto los factores oculares como los sistémicos. El queratocono es una enfermedad multifactorial que presenta desafíos únicos tanto en su diagnóstico como en su tratamiento. La investigación actual refleja un enfoque multidisciplinario para comprender esta enfermedad, abarcando desde los aspectos genéticos y biomecánicos hasta los factores ambientales y nutricionales. A medida que la ciencia avanza, se hace evidente que un enfoque integral, que considere todos estos factores, es crucial para mejorar el manejo y los resultados del tratamiento del queratocono.





**Figura 1.** Principales resultados estadísticos

El estudio realizado en el Centro Oftalmológico Dr. Emigdio Navia entre 2021 y 2023 sobre el queratocono ha arrojado luz sobre aspectos clave de esta afección oftalmológica, analizando una muestra de 187 pacientes. Se destacó la prevalencia de la enfermedad en individuos jóvenes, especialmente menores de 20 años, marcando una tendencia significativa hacia el diagnóstico precoz. Esto subraya la importancia de estrategias orientadas a la detección temprana y el tratamiento adecuado en las fases iniciales, considerando especialmente el impacto que tiene en la vida académica y profesional de los jóvenes adultos. La distribución por género reveló una predominancia masculina en los casos de queratocono, lo que plantea interrogantes sobre los factores de riesgo específicos por género, incluidos los genéticos, hormonales y de comportamiento, como el frotamiento ocular. Este hallazgo sugiere la necesidad de enfoques de diagnóstico y tratamiento diferenciados por género, así como la importancia de la investigación para comprender mejor las bases de esta disparidad.

En términos geográficos, se observó una mayor prevalencia de queratocono en ciertos cantones, como Portoviejo y Manta, lo que apunta a la necesidad de focalizar recursos médicos y campañas de concientización en estas áreas. Esta distribución sugiere la influencia

de factores ambientales o socioeconómicos y subraya la importancia de investigaciones epidemiológicas detalladas para desarrollar estrategias de prevención y tratamiento adaptadas a cada región.

El análisis de diagnósticos asociados reveló una diversidad de condiciones clínicas en pacientes con queratocono, destacando la complejidad de sus necesidades médicas. Esto enfatiza la importancia de un enfoque holístico en el manejo de la enfermedad, considerando tanto el queratocono como otras posibles afecciones oculares concurrentes.

La clasificación del queratocono y del espesor corneal en ambos ojos mostró que la mayoría de los pacientes se encuentran en etapas tempranas de la enfermedad, lo cual es alentador para el tratamiento temprano y la prevención de la progresión. Sin embargo, la presencia de casos en etapas avanzadas resalta la necesidad de seguimiento continuo y adaptación del manejo clínico a lo largo de la evolución de la enfermedad.

La simetría en la presentación del queratocono entre ambos ojos resalta la necesidad de un enfoque de tratamiento integral y bilateral, asegurando que ambos ojos reciban la atención adecuada. Esto es crucial para optimizar los resultados clínicos y mejorar la calidad de vida de los pacientes.

En síntesis, los hallazgos del estudio subrayan la importancia de la detección temprana, el tratamiento efectivo y el manejo integral del queratocono, considerando las variables de edad, género y geografía. La investigación futura debería enfocarse en entender mejor los factores de riesgo y las bases etiológicas de la enfermedad, así como en desarrollar estrategias de manejo personalizadas que aborden las necesidades específicas de cada paciente. Este enfoque multidimensional es esencial para mejorar los resultados clínicos y la calidad de vida de los pacientes con queratocono.

En este estudio, también se emplearon pruebas de Chi-Cuadrado para examinar la relación entre la edad y el género con las etapas del queratocono. Los análisis revelaron que ni la edad ni el género están significativamente relacionados con la progresión o la severidad del

queratocono. Específicamente, un valor de Chi-cuadrado de 14.43 con un p-valor de 0.8081 para la relación entre edad y etapas del queratocono indica que la edad no es un factor determinante en la enfermedad. Igualmente, un valor de Chi-cuadrado de 9.35 con un p-valor de 0.0958 en la relación entre género y etapas del queratocono sugiere que el género no influye significativamente en la clasificación de las etapas de la enfermedad. Estos hallazgos destacan la necesidad de enfocar el diagnóstico y tratamiento del queratocono en una variedad de factores más allá de la edad y el género, como la genética, los factores ambientales y el estilo de vida.

### Discusión

Este estudio proporciona una valiosa perspectiva sobre la distribución de las etapas del queratocono, complementando y contrastando con investigaciones previas en el campo. Por ejemplo, trabajos como el de Bikbov et al. (31) se enfocaron en el tratamiento de la ametropía en pacientes con queratocono y cataratas, sugiriendo la relevancia de nuestra distribución etaria del queratocono para la planificación de tratamientos. Además, la investigación de Jansone-Langina et al. (32) sobre las diferencias biomecánicas corneales en el queratocono apoya la importancia de considerar estos aspectos para la evaluación y seguimiento de la enfermedad.

La ausencia de una correlación significativa entre la edad o el género y las etapas del queratocono en nuestro estudio apunta hacia la complejidad de la enfermedad y la influencia de factores genéticos o biomecánicos, reforzando la necesidad de un enfoque multidimensional para su manejo. Los hallazgos de Mounir et al. (33) sobre la densitometría corneal y de Franco et al. (34) sobre cambios en el grosor del epitelio corneal en diferentes etapas del queratocono subrayan la necesidad de un monitoreo detallado de estas variaciones para comprender mejor la progresión de la enfermedad.

Además, la aplicación de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, investigadas por Shanthi et al. (35) y Satani et al. (36), promete mejorar la precisión en la detección y clasificación del queratocono. Esto podría facilitar tratamientos más efectivos y personalizados. Los estudios de Hamed et al. (37) y Malyugin et al. (38) también sugieren la utilidad de analizar más detalladamente los mapas de elevación

corneal y aplicar algoritmos de aprendizaje automático para una mejor clasificación y manejo de la enfermedad.

Por último, el trabajo de Shao et al. (39) sobre las propiedades biomecánicas de la córnea mediante espectroscopía Brillouin indica la importancia de evaluar estas características en diferentes etapas del queratocono. Este enfoque podría ofrecer perspectivas más profundas sobre la patología de la enfermedad y orientar las estrategias de tratamiento (40, 41).

## **C**onclusiones

La investigación en el Centro Oftalmológico Dr. Emigdio Navia ha arrojado conclusiones pertinentes a los objetivos específicos planteados. Respecto al primer objetivo de caracterizar el perfil sociodemográfico de los pacientes con queratocono, se ha identificado una prevalencia mayor en jóvenes menores de 20 años, que representan el 40.64% de los casos, y una mayor prevalencia en hombres (57.22%). Este hallazgo resalta la necesidad de políticas de salud dirigidas a la detección temprana y el tratamiento en estas poblaciones.

En cuanto al segundo objetivo, relacionado con la correlación entre la progresión del queratocono y variables sociodemográficas, se observa que no existe una relación directa, indicando que otros factores, probablemente genéticos o biomecánicos, juegan un papel más significativo en la evolución de la enfermedad. Este descubrimiento apunta hacia la importancia de enfocar las investigaciones y tratamientos en estos factores determinantes más que en aspectos demográficos.

Finalmente, el tercer objetivo se centró en la clasificación de los estadios del queratocono mediante el uso de valores queratométricos y estadística descriptiva, revelando una mayor prevalencia de la enfermedad en etapas iniciales. La mayoría de los pacientes fueron clasificados en la Etapa 0 (<46,5 D), subrayando la efectividad de la detección temprana y la importancia de intervenciones clínicas precoces para controlar la progresión del queratocono.

## Referencias bibliográficas

1. Crahay F, Debellemannièrè G, Tobalem S, Ghazal W, Moran S, Gatinel D. Quantitative interocular comparison of total corneal surface area and corneal diameter in patients with highly asymmetric keratoconus. *Sci Rep.* 2021;12.
2. Bolarín JM, Cavas F, Velázquez J, Alió J. A Machine-Learning Model Based on Morphogeometric Parameters for RETICS Disease Classification and GUI Development. *Appl Sci.* 2020;10(5):1874.
3. Zhang FJ, Song Y. [Thought of corneal collagen cross-linking combined with excimer laser ablation for irregular corneas in keratoconus]. [*Zhonghua yan ke za zhi*] *Chin J Ophthalmol.* 2021;57(4):251-253.
4. Averich V, Egorova GB. Ocular aberrations in keratoconus. *Russ J Clin Ophthalmol.* 2022.
5. Lavric A, Popa V. KeratoDetect: Keratoconus Detection Algorithm Using Convolutional Neural Networks. *Comput Intell Neurosci.* 2019.
6. Kankariya V, Dube AB, Grentzelos M, Kontadakis G, Diakonis V, Petrelli M, Kymionis G. Corneal cross-linking (CXL) combined with refractive surgery for the comprehensive management of keratoconus: CXL plus. *Indian J Ophthalmol.* 2020;68:2757-2772.
7. Sarac O, Yesilirmak N, Çağlayan M, Yaman D, Ozdas D, Toklu Y, Çağlı N. Dynamics of keratoconus progression after a previous successful accelerated crosslinking treatment during and after pregnancy. *J Cataract Refract Surg.* 2021;48:599-603.
8. Moshirfar M, Heiland MB, Rosen D, Ronquillo Y, Hoopes P. Keratoconus Screening in Elementary School Children. *Ophthalmol Ther.* 2019;8:367-371.
9. Lucas S, Burdon K. Genetic and Environmental Risk Factors for Keratoconus. *Annu Rev Vis Sci.* 2020.
10. Vastardis I, Sagri D, Fili S, Wölfelschneider P, Kohlhaas M. Current Trends in Modern Visual Intraocular Lens Enhancement Surgery in Stable Keratoconus: A Synopsis of Do's, Don'ts and Pitfalls. *Ophthalmol Ther.* 2019;8:33-47.
11. McComish BJ, Sahebjada S, Bykhovskaya Y, Willoughby C, Richardson A, Tenen A, Charlesworth J, Macgregor S, Mitchell P, Lucas S, Mills R, Mackey D, Li

- X, Wang J, Jensen R, Rotter J, Taylor K, Hewitt A, Rabinowitz Y, Baird P, Craig J, Burdon K. Association of Genetic Variation With Keratoconus. *JAMA Ophthalmol.* 2019.
12. Dimacali V, Koronis S, Koukoula S, Rasoglou A, Adamopoulou A, Siskou E, Balidis M. Keratoconus and Cone-Rod Dystrophy among Brothers: Clinical Case Study and Genetic Analysis. *Trends Ophthalmol Open Access J.* 2019.
13. Anitha V, Vanathi M, Raghavan A, Rajaraman R, Ravindran M, Tandon R. Pediatric keratoconus - Current perspectives and clinical challenges. *Indian J Ophthalmol.* 2021;69:214-225.
14. Neuhann S, Schuh A, Krause D, Liegl RG, Schmelter V, Kreutzer T, Mayer W, Kohlen T, Priglinger S, Shajari M. Comparison of variables measured with a Scheimpflug device for evaluation of progression and detection of keratoconus. *Sci Rep.* 2020;10.
15. Hardcastle A, Lišková P, Bykhovskaya Y, McComish BJ, Davidson A, Inglehearn C, Li X, Choquet H... et al. A multi-ethnic genome-wide association study implicates collagen matrix integrity and cell differentiation pathways in keratoconus. *Commun Biol.* 2021;4.
16. Maleszka-Kurpiel M, Michalski A, Robak M, Warchoń W. Inter-eye asymmetry in manifest refraction, keratometry and pachymetry in eyes with keratoconus. *Klinika oczna.* 2020;122:112-116.
17. Maleszka-Kurpiel M, Michalski A, Robak M, Warchoń W. Influence of corneal cross-linking on visual acuity and topometric indices in keratoconus.
18. Eliasi E, Bez M, Megreli J, Avramovich E, Fischer N, Barak A, Levine H. The association between keratoconus and body-mass index: a population-based cross-sectional study among half a million adolescents. *Am J Ophthalmol.* 2020.
19. Aljohani S. A study to create a risk factor models to predict the development of keratoconus among the Saudi Arabian population. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2022;26(20):7344-7348.
20. Rabinowitz Y, Galvis V, Tello A, Rueda D, García JD. Genetics vs chronic corneal mechanical trauma in the etiology of keratoconus. *Exp Eye Res.* 2020.

21. Crawford AZ, Zhang J, Gokul A, McGhee C, Ormonde S. The Enigma of Environmental Factors in Keratoconus. *Asia Pac J Ophthalmol*. 2020.
22. Khawaja A, Rojas López KE, Hardcastle A, Hammond C, Lišková P, Davidson A, Gore D, Hafford Tear NJ, Pontikos N, Hayat S, Wareham N, Khaw K, Tuft S, Foster P, Hysi P. Genetic Variants Associated With Corneal Biomechanical Properties and Potentially Conferring Susceptibility to Keratoconus in a Genome-Wide Association Study. *JAMA Ophthalmol*. 2019.
23. D'Souza S, Nair A, Sahu GR, Vaidya T, Shetty R, Khamar P, Mullick R, Gupta S, Dickman M, Nuijts R, Mohan R, Ghosh A, Sethu S. Keratoconus patients exhibit a distinct ocular surface immune cell and inflammatory profile. *Sci Rep*. 2021;11.
24. Lucas S, Burdon K. Genetic and Environmental Risk Factors for Keratoconus. *Annu Rev Vis Sci*. 2020.
25. Jeng B, Belin M. New Consideration for Old Conditions. *Asia Pac J Ophthalmol*. 2020.
26. Hardcastle A, Lišková P, Bykhovskaya Y, McComish BJ, Davidson A, Inglehearn C, Li X, Choquet H, Habeeb M, Lucas S, Sahebjada S... et al. A multi-ethnic genome-wide association study implicates collagen matrix integrity and cell differentiation pathways in keratoconus. *Commun Biol*. 2021;4.
27. McKay T, Serjersen H, Hjortdal J, Zieske J, Karamichos D. Characterization of Tear Immunoglobulins in a Small-Cohort of Keratoconus Patients. *Sci Rep*. 2020;10.
28. Shetty R, D'Souza S, Khamar P, Ghosh A, Nuijts R, Sethu S. Biochemical Markers and Alterations in Keratoconus. *Asia Pac J Ophthalmol*. 2020.
29. Almusawi LAM, Hamied FM. Risk Factors for Development of Keratoconus: A Matched Pair Case-Control Study. *Clin Ophthalmol*. 2021;15:3473-3479.
30. Vitar RLL, Bonelli F, Rama P, Ferrari G. Nutritional and Metabolic Imbalance in Keratoconus. *Nutrients*. 2022.
31. Khawaja A, Rojas López KE, Hardcastle A, Hammond C, Lišková P, Davidson A, et al. Genetic Variants Associated With Corneal Biomechanical Properties and Potentially Conferring Susceptibility to Keratoconus in a Genome-Wide Association Study. *JAMA Ophthalmol*. 2019.

32. Chen X, Zhao J, Iselin K, Borroni D, Romano D, Gokul A, et al. Keratoconus detection of changes using deep learning of colour-coded maps. *BMJ Open Ophthalmol.* 2021;6.
33. Bikbov M, Orenburkina OI, Babushkin A, Nuriev IF. Two-stage treatment of ametropia in patients with keratoconus and cataracts. *Acta Biomed Scientifica.* 2021.
34. Jansone-Langina Z, Mikelsone R, Gertnere J. Differences of corneal biomechanical parameters for keratoconus patients. 2022;12146:121460B - 121460B-8.
35. Mounir A, Awny I, Yousef H, Mostafa E. Distribution of corneal densitometry in different grades of keratoconus. *Indian J Ophthalmol.* 2023;71(3):830-836.
36. Franco J, White CA, Kruh J. Analysis of Compensatory Corneal Epithelial Thickness Changes in Keratoconus Using Corneal Tomography. *Cornea.* 2020.
37. Shanthi S, Nirmaladevi K, Pyingodi M, Dharanesh K, Gowthaman T, Harsavardan B. Machine learning approach for detection of keratoconus. *IOP Conf Ser: Mater Sci Eng.* 2021.
38. Satani J, Gandhi S. A REVIEW: APPLICATIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MACHINE LEARNING IN KERATOCONUS DETECTION. *Towards Excellence.* 2022.
39. Hamed AA, Fayek H, Abdrabbo M, Riad M. Comparison and correlation between anterior and posterior elevation maps in normal and keratoconus patients. 2021.
40. Malyugin B, Sakhnov S, Izmailova S, Boiko E, Pozdeyeva N, Axenova L, et al. Keratoconus Diagnostic and Treatment Algorithms Based on Machine-Learning Methods. *Diagnostics.* 2021;11.
41. Shao P, Eltony A, Seiler T, Tavakol B, Pineda R, Koller T, et al. Spatially-resolved Brillouin spectroscopy reveals biomechanical abnormalities in mild to advanced keratoconus in vivo. *Sci Rep.* 2019;9.

**Conflicto de intereses:**

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

**Financiamiento:**

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

**Agradecimiento:**

N/A

**Nota:**

El artículo no es producto de una publicación anterior.