

Queratocono: actualización en fisiopatología, diagnóstico y manejo integral en adultos, con consideraciones especiales en la población pediátrica

**Keratoconus: an update on pathophysiology, diagnosis, and
comprehensive management in adults, with special considerations in
pediatric population**

Paola Cristhina Alegría De Arco

cristalegría41@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0002-1303-8721>

Universidad de Ciencias Médicas

San José – Costa Rica

Rebeca Hernández Solano

hersol0612@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0002-6989-7920>

Universidad de Ciencias Médicas

San José – Costa Rica

Kevin Fabrizio Calvo Hernández

kevinch2109@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0002-9887-7857>

Investigador independiente

San José – Costa Rica

Sebastián Pérez de la Cuesta

sebaspc2001@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-7645-3231>

Investigador independiente

San José – Costa Rica

Luis Diego Flores Vega

luis-diego13@outlook.com

<https://orcid.org/0009-0003-7824-7628>

Investigador independiente

San José – Costa Rica

Ana Victoria Vargas Cruz

vargasav07@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-7703-4079>

Investigadora independiente

San José – Costa Rica

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v7i1.5474>


Redilat
Red de Investigadores
Latinoamericanos



Revista Latinoamericana de
Ciencias Sociales y Humanidades

Artículo recibido: 01 de noviembre de 2025.
Aceptado para publicación: 09 de marzo de 2026.
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

VOLUMEN VII

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v7i1.5474>

Queratocono: actualización en fisiopatología, diagnóstico y manejo integral en adultos, con consideraciones especiales en la población pediátrica

Keratoconus: an update on pathophysiology, diagnosis, and comprehensive management in adults, with special considerations in pediatric population

Paola Cristhina Alegría De Arco

cristalegria41@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0002-1303-8721>

Universidad de Ciencias Médicas

San José – Costa Rica

Rebeca Hernández Solano

hersol0612@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0002-6989-7920>

Universidad de Ciencias Médicas

San José – Costa Rica

Kevin Fabrizio Calvo Hernández

kevinch2109@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0002-9887-7857>

Investigador independiente

San José – Costa Rica

Sebastián Pérez de la Cuesta

sebaspc2001@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-7645-3231>

Investigador independiente

San José – Costa Rica

Luis Diego Flores Vega

luis-diego13@outlook.com

<https://orcid.org/0009-0003-7824-7628>

Investigador independiente

San José – Costa Rica

Ana Victoria Vargas Cruz

vargasav07@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-7703-4079>

Investigadora independiente

San José – Costa Rica

Artículo recibido: 01 de noviembre de 2025. Aceptado para publicación: 09 de marzo de 2026.

Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

Resumen

El queratocono es una ectasia corneal progresiva, influenciada por múltiples factores, lo que afecta la calidad visual y función binocular, generando un impacto clínico y socioeconómico significativo. Esta revisión compila la evidencia actual sobre su fisiopatología, diagnóstico y tratamiento integral en adultos, incluyendo aspectos relevantes para la población pediátrica. Fisiopatológicamente, se ha propuesto un modelo convergente de remodelación biomecánica que implica adelgazamiento y

protrusión de la córnea. Además, la susceptibilidad genética y las alteraciones en el microambiente corneal interactúan con factores externos, como el frotamiento ocular y condiciones atópicas. El diagnóstico ha avanzado de topografía a tomografía corneal, análisis biomecánico y mapeo epitelial. Estas permiten identificar enfermedad subclínica, evaluar severidad y documentar su progresión. La inteligencia artificial se complementa integrando datos multimodales, incrementando la precisión diagnóstica. El tratamiento tiene como objetivo preservar la visión y detener la progresión de la enfermedad mediante un enfoque escalonado: educación del paciente, control de comorbilidades y rehabilitación óptica con lentes de contacto especializados. En casos donde se confirma progresión, el cross-linking corneal se considera una intervención clave para modificar el curso de la enfermedad, adaptándose al grosor corneal y al perfil de riesgo del paciente. En situaciones específicas también pueden utilizarse segmentos intracorneales o alternativas alogénicas para mejorar la regularidad corneal reservando la queratoplastia para etapas avanzadas o falla terapéutica. En pediatría, se observa que la progresión del queratocono tiende a ser más rápida y frecuentemente subdiagnosticada; por ende, se recomienda realizar estudios tomográficos tempranos y tratamientos oportunos, especialmente ante atopía y/o frotamiento ocular.

Palabras clave: queratocono, ectasia corneal, tomografía corneal, cross-linking corneal, queratocono pediátrico

Abstract

Keratoconus is a multifactorial progressive corneal ectasia that affects visual quality and binocular function, having a significant clinical and socioeconomic impact. This review compiles recent evidence about the pathophysiology, diagnostic and optimal management in adults, including considerations for the pediatric population. Pathophysiologically, a convergent model of biomechanical remodeling has been proposed, that implies the thinning and protrusion of the cornea, in which genetic factors and changes in corneal microenvironment interact with external factors like eye rubbing and atopic conditions. The diagnostic approach has evolved from topography to corneal tomography, biomechanical analysis and epithelial mapping, facilitating the detection of subclinical pathology, assessment of disease severity, and documentation of progression. Artificial intelligence complements by integrating multimodal data to improve the diagnostic precision. For management, the goal is to preserve vision and slow the disease progression with a stepwise approach: patient education regarding the disease, comorbidity management and optical rehabilitation with special contact lenses. In case of documented progression, corneal cross-linking is considered a key intervention to modify the course of the disease, adapting it to the corneal thickness and patient's risk profile. In specific cases, complementary treatments could be considered with intracorneal segments or allogeneic alternatives to improve the corneal regularity; thereby reserving keratoplasty for advanced stages or therapeutic failure. Regardless, in pediatrics, progression tends to be faster and often underdiagnosed; therefore, it is recommended a lower threshold for tomographic studies and early treatment, especially if there's presence of atopy and/or ocular rubbing.

Keywords: keratoconus, corneal ectasia, corneal tomography, corneal cross-linking, pediatric keratoconus

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicado en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons.



Cómo citar: Alegría De Arco, P. C., Hernández Solano, R., Calvo Hernández, K. F., Pérez de la Cuesta, S., Flores Vega, L. D., & Vargas Cruz, A. V. (2026). Queratocono: actualización en fisiopatología, diagnóstico y manejo integral en adultos, con consideraciones especiales en la población pediátrica. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 7 (1), 2772 – 2785.
<https://doi.org/10.56712/latam.v7i1.5474>

INTRODUCCIÓN

El queratocono es una ectasia corneal caracterizada por un adelgazamiento y protrusión progresiva de la córnea, produciendo astigmatismo irregular, miopía y deterioro funcional de la calidad visual, afectando así el rendimiento académico, el desempeño ocupacional y la calidad de vida del paciente (Rabinowitz, 1998; Santodomingo-Rubido et al., 2022). Anteriormente fue descrito como un trastorno no inflamatorio, actualmente se reconoce como una enfermedad multifactorial determinada por la interacción entre susceptibilidad individual y factores ambientales, lo que contribuye a su heterogeneidad clínica, variabilidad en la progresión y respuesta al tratamiento (Ferrari & Rama, 2020; Gomes et al., 2015).

Epidemiológicamente, el queratocono se considera un problema de salud grave, su impacto es especialmente relevante cuando inicia en edades tempranas, ya que puede progresar durante etapas de alta demanda visual, como la adolescencia y la adultez joven (Gupta et al., 2025; Rabinowitz, 1998). Al final, la incidencia y prevalencia global estimadas difieren ampliamente con respecto a los criterios regionales o de diagnóstico, y las tecnologías utilizadas, lo que indica tanto efectos diferenciales reales como subestimados debido a la evolución de los métodos de topografía a tecnologías tomográficas y biomecánicas más sensibles como marcadores para la detección temprana de la enfermedad (Godefrooij et al., 2017; Hashemi et al., 2020).

En segundo lugar, el impacto funcional en el paciente no depende exclusivamente de la agudeza visual, sino también contempla la afectación en la visión binocular, los síntomas visuales de alto orden y las limitaciones de rendimiento, lo que enfatiza la importancia de un abordaje integral, más allá de un enfoque únicamente quirúrgico (Güemes et al., 2024; Román & Fernández-Sánchez, 2024). Durante la última década, el paradigma diagnóstico y terapéutico del queratocono ha cambiado de manera sustancial (Deshmukh & Belin, 2023; Santodomingo-Rubido et al., 2022). En particular, la incorporación de la tomografía corneal y de índices estructurales y funcionales ha fortalecido la detección de enfermedad subclínica y la caracterización más precisa de la progresión. Esto es clínicamente relevante tanto para el tamizaje y la estratificación de riesgo en fases tempranas como para la evaluación preoperatoria de candidatos a cirugía refractiva (Gomes et al., 2015; Santodomingo-Rubido et al., 2022).

En el tratamiento, la introducción del entrecruzamiento corneal (CXL) como una intervención que modifica la enfermedad ha cambiado tanto el momento como la razón para procedimientos más invasivos. En consecuencia, en entornos donde el CXL se ha implementado de forma amplia, se ha observado una reducción global en las tasas de trasplante corneal por queratocono (Sandvik et al., 2015; Wollensak et al., 2003). Sin embargo, persisten obstáculos: criterios para la progresión y umbrales de intervención, así como la selección de protocolos en base al grosor corneal y el perfil de riesgo, la secuenciación de estos con terapias adyuvantes (por ejemplo, segmentos intracorneales y alternativas alogénicas), así como informar sobre la necesidad de queratoplastia en etapas avanzadas o fracaso terapéutico (Aytekin & Bozdag Pehlivan, 2021; D'Oria et al., 2024; Gomes et al., 2015).

En cuanto a progresión, el consenso internacional define ectasia progresiva como un cambio consistente en al menos dos de los siguientes parámetros: empinamiento progresivo de la superficie anterior, empinamiento progresivo de la superficie posterior y/o adelgazamiento progresivo con incremento del gradiente paquimétrico hacia el punto más delgado (Gomes et al., 2015; Deshmukh & Belin, 2023). Operativamente, en la literatura clínica se han utilizado como umbrales pragmáticos de progresión (generalmente en un horizonte de ≈ 1 año) la pérdida de ≥ 1 línea Snellen, el aumento del cilindro refractivo ≥ 1.0 D, o el aumento de K2 o Kmax ≥ 1.0 D, mientras que el adelgazamiento se reconoce como progresivo sin un punto de corte único universal (Deshmukh & Belin, 2023). Estos criterios orientan el momento de intervención, particularmente para indicar CXL, aunque su aplicación

debe interpretarse junto con la calidad/reproducibilidad de las mediciones y el perfil de riesgo individual (Gomes et al., 2015; Deshmukh & Belin, 2023).

Un área importante es la población pediátrica. Sin embargo, en niños y adolescentes, el queratocono generalmente progresa de forma más rápida y potencialmente subdiagnosticada, particularmente cuando ocurre atopía y frotamiento ocular, lo que subraya la importancia de estrategias de detección y tratamiento temprano para evitar el deterioro visual irreversible y reducir el daño en períodos críticos de neurodesarrollo visual y funcionamiento escolar (Anitha et al., 2021; Buzzonetti & Petrocelli, 2020; Gupta et al., 2025).

Aunque el foco de esta revisión es el queratocono en adultos, se incluye un apartado específico para población pediátrica por su relevancia clínica y porque condiciona decisiones diagnósticas y terapéuticas. En particular, se discuten criterios para mantener un umbral de sospecha más bajo, el uso temprano de tomografía y la oportunidad de intervención en un grupo con mayor probabilidad de progresión (Anitha et al., 2021; Gupta et al., 2025). Bajo esta premisa, la presente revisión integra los avances recientes y propone un enfoque clínico coherente y escalonado orientado a preservar la función visual y optimizar la toma de decisiones a lo largo de la enfermedad (Deshmukh & Belin, 2023; Santodomingo-Rubido et al., 2022)."

Por lo tanto, el objetivo de este artículo de revisión es proporcionar un resumen del conocimiento actual sobre la fisiopatología del queratocono y su significado clínico; actualizar los enfoques diagnósticos disponibles mediante el énfasis en la detección temprana definiendo la evolución; describir un enfoque de manejo integral centrado en adultos que integre la rehabilitación visual y las terapias que modifican la enfermedad junto con opciones quirúrgicas según la fase de la enfermedad; y resumir la situación única en la población pediátrica para maximizar la detección y el tratamiento adecuado (Castro Cárdenas et al., 2024; Gomes et al., 2015; Goodman & Zhu, 2024).

DESARROLLO

Fisiopatología del queratocono

El queratocono (QC) hoy en día se define como una ectasia corneal progresiva y heterogénea, que resulta de la interacción entre susceptibilidad biológica y factores ambientales/mecánicos que convergen en un desenlace común: pérdida de estabilidad biomecánica, adelgazamiento estromal y deformación corneal (Ferrari & Rama, 2020; Gomes et al., 2015; Hashemi et al., 2020; Román & Fernández-Sánchez, 2024; Santodomingo-Rubido et al., 2022; Güemes et al., 2024). Este enfoque integrador ha desplazado la visión clásica de un proceso puramente "degenerativo" hacia un modelo dinámico, donde microinflamación, estrés oxidativo, remodelado de matriz extracelular (MEC) y fuerzas mecánicas repetidas se potencian mutuamente (Ferrari & Rama, 2020; Santodomingo-Rubido et al., 2022).

Susceptibilidad genética y arquitectura corneal

La evidencia acumulada apoya que existe una predisposición genética poligénica que condiciona la resistencia estromal, la organización del colágeno y la respuesta tisular ante estímulos externos (Ferrari & Rama, 2020). Más que un "gen único", se describen múltiples variantes asociadas a vías de MEC, reparación tisular, estrés oxidativo e inflamación, lo que ofrece una explicación plausible para la variabilidad fenotípica (por ejemplo, asimetría entre ojos, edad de inicio y velocidad de progresión) (Ferrari & Rama, 2020; Santodomingo-Rubido et al., 2022). Esta base de susceptibilidad se integra con factores clínicos conocidos (atopía, frotamiento ocular, condiciones de superficie ocular), determinando el umbral a partir del cual la córnea pierde estabilidad (Ferrari & Rama, 2020; Gomes et al., 2015; Sahebzada et al., 2021).

Remodelación de matriz extracelular, degradación estromal y cambios celulares

En el QC, la córnea muestra un desequilibrio entre síntesis y degradación de MEC, con alteraciones en colágeno, proteoglicanos y la microarquitectura lamelar, que se traducen en menor rigidez y mayor deformabilidad (Ferrari & Rama, 2020; Santodomingo-Rubido et al., 2022). Diversos trabajos enfatizan la participación de enzimas proteolíticas (p. ej., metaloproteinasas) y de sus inhibidores, así como cambios en rutas de reparación estromal, favoreciendo adelgazamiento progresivo y pérdida de regularidad (Ferrari & Rama, 2020). A nivel celular, se describen modificaciones en la biología del queratocito y en la homeostasis epitelio – estromal que podrían contribuir al fenotipo ectásico, especialmente cuando existe daño mecánico repetido y alteración del entorno inflamatorio local (Ferrari & Rama, 2020; Gomes et al., 2015).

Microambiente corneal: inflamación de bajo grado y estrés oxidativo

Un componente central del modelo contemporáneo es la existencia de un microambiente proinflamatorio y pro-oxidativo de baja intensidad. Se han reportado variaciones en mediadores inflamatorios y biomarcadores en lágrima y tejidos oculares que, sin equivaler a una queratitis clásica, podrían facilitar la degradación de MEC y empeorar la estabilidad biomecánica (Ferrari & Rama, 2020). Paralelamente, el estrés oxidativo y la reducción de capacidad antioxidante se han propuesto como mecanismos que amplifican el daño tisular y perpetúan el círculo de remodelación patológico (Ferrari & Rama, 2020). En conjunto, estos hallazgos sustentan que “inflamación y oxidación” no son meros epifenómenos, sino moduladores relevantes del curso clínico en un subgrupo de pacientes (Ferrari & Rama, 2020; Santodomingo-Rubido et al., 2022).

El rol del factor mecánico: frotamiento ocular, atopia y ciclo de retroalimentación

Entre los factores externos, el frotamiento ocular aparece como uno de los más consistentes y clínicamente relevantes. La microtraumatización repetida puede inducir liberación local de mediadores, alteraciones epiteliales, incremento transitorio de deformación corneal y, en córneas susceptibles, acelerar la progresión de la ectasia (Sahebzada et al., 2021; Santodomingo-Rubido et al., 2022; Ferrari & Rama, 2020). La atopia (conjuntivitis alérgica, prurito ocular) incrementa el riesgo indirectamente al favorecer el frotamiento, además de contribuir al entorno inflamatorio de la superficie ocular (Anitha et al., 2021; Gupta et al., 2025; Sahebzada et al., 2021). De este modo, se configura un circuito de retroalimentación: el prurito lleva a frotamiento, posteriormente a microdaño/inflamación, generando mayor inestabilidad corneal, que empeora óptica y síntomas, produciendo más manipulación ocular (Ferrari & Rama, 2020; Sahebzada et al., 2021; Santodomingo-Rubido et al., 2022).

Integración fisiopatológica y relevancia clínica

En términos prácticos, la fisiopatología del QC puede resumirse como un continuo: predisposición estructural/genética en conjunto con microambiente inflamatorio/oxidativo, más la carga mecánica es igual a la pérdida progresiva de estabilidad y ectasia (Ferrari & Rama, 2020; Gomes et al., 2015; Santodomingo-Rubido et al., 2022). Esta integración tiene implicaciones directas para el manejo: justifica estrategias preventivas (control de alergia y educación para evitar frotamiento), sustenta la vigilancia de progresión y provee el marco racional para intervenciones modificadoras de la enfermedad, como el cross-linking corneal, orientadas a restaurar o incrementar la resistencia biomecánica (Gomes et al., 2015; Wollensak et al., 2003).

Diagnóstico del queratocono

El diagnóstico del queratocono (QC) debe entenderse como un proceso orientado a (i) identificar enfermedad temprana, (ii) definir severidad, (iii) documentar progresión y (iv) guiar decisiones terapéuticas (Gomes et al., 2015). El consenso internacional sobre queratocono y enfermedades

ectásicas establece definiciones operativas y enfatiza que la progresión debe sustentarse en cambios consistentes y reproducibles en parámetros corneales, idealmente corroborados con mediciones seriadas de buena calidad y en condiciones comparables (Gomes et al., 2015). En la práctica, las revisiones contemporáneas recomiendan un enfoque multimodal, en el que la clínica se integra con tomografía, biomecánica y, cuando está disponible, mapeo epitelial y herramientas computacionales de apoyo (Deshmukh & Belin, 2023; Santodomingo-Rubido et al., 2022).

Sospecha clínica y criterios de evaluación inicial

La sospecha clínica se activa típicamente ante disminución de calidad visual no proporcional a hallazgos refractivos simples: astigmatismo creciente o irregular, cambios refractivos frecuentes, intolerancia progresiva a corrección óptica, y antecedentes de atopia/frotamiento ocular o historia familiar (Rabinowitz, 1998; Sahebzada et al., 2021; Santodomingo-Rubido et al., 2022). Si bien la biomicroscopía puede revelar signos en estadios avanzados, en fases iniciales la exploración puede ser poco expresiva; por ello, el diagnóstico moderno depende en gran medida de la imagen corneal y de la integración de hallazgos (Gomes et al., 2015; Santodomingo-Rubido et al., 2022). Bajo este enfoque, el “criterio” no debe ser un valor aislado, sino la coherencia entre morfología, espesor, regularidad óptica y evolución temporal (Gomes et al., 2015; Deshmukh & Belin, 2023).

Topografía e índices clásicos: fundamento y limitaciones

La topografía corneal permitió caracterizar patrones típicos del QC y originó índices diagnósticos cuantitativos. El índice KISA% es un ejemplo paradigmático de algoritmos basados en videokeratografía que facilitaron la estandarización diagnóstica y el lenguaje clínico en etapas previas a la tomografía tridimensional (Rabinowitz & Rasheed, 1999). En paralelo, modelos tempranos de clasificación mediante redes neuronales aplicados a topografía demostraron que la detección automatizada podía discriminar córneas normales y ectásicas, anticipando el concepto de integración computacional actual (Maeda et al., 1995). No obstante, estos abordajes se sustentan principalmente en la superficie anterior y pueden ser menos sensibles para enfermedad subclínica o para describir adecuadamente cambios posteriores y paquimétricos; por ello, hoy se emplean como fundamento conceptual o complemento, más que como única base diagnóstica (Gomes et al., 2015; Santodomingo-Rubido et al., 2022).

Tomografía corneal: eje del diagnóstico moderno

La tomografía corneal transformó el diagnóstico al aportar una evaluación tridimensional que incorpora elevación anterior y posterior, distribución paquimétrica y patrones espaciales de adelgazamiento. Esto permite detectar enfermedad más temprana, caracterizar fenotipos y estratificar riesgo de progresión con mayor precisión que la topografía aislada (Gomes et al., 2015; Santodomingo-Rubido et al., 2022). En la práctica, la tomografía es el pilar para diferenciar la sospecha de la enfermedad manifiesta y para establecer una línea basal robusta sobre la cual evaluar cambios (Gomes et al., 2015; Deshmukh & Belin, 2023).

Progresión: cómo documentarla con enfoque operativo

El diagnóstico no concluye al confirmar QC; el paso crítico es determinar si existe progresión, porque de ello depende el umbral para intervenciones modificadoras de la enfermedad. El consenso recomienda basar la progresión en tendencias reproducibles (no en una medición única), idealmente combinando cambios en curvatura/ectasia, adelgazamiento, elevación y deterioro funcional concordante, bajo mediciones comparables y controles de calidad del examen (Gomes et al., 2015). Las revisiones recientes refuerzan que la interpretación debe considerar variabilidad instrumental, condiciones de superficie ocular y consistencia entre parámetros, para evitar sobre-diagnóstico de

progresión y decisiones terapéuticas innecesarias (Deshmukh & Belin, 2023; Santodomingo-Rubido et al., 2022).

Biomecánica corneal: valor incremental para detección y estratificación

Dado que el QC es, esencialmente, una falla de estabilidad estructural, la biomecánica aporta una dimensión funcional complementaria a la tomografía. Índices derivados de plataformas clínicas (p. ej., asociados a Corvis) han mostrado utilidad para mejorar la discriminación entre córneas normales, sospechosas y ectásicas, particularmente cuando la morfología es borderline o cuando se busca fortalecer la decisión diagnóstica en enfermedad temprana (Ambrósio, Jr., et al., 2017; Vinciguerra et al., 2016). Su mayor rendimiento clínico ocurre cuando se interpreta integrada a los hallazgos tomográficos y al contexto clínico, no como prueba aislada (Deshmukh & Belin, 2023; Santodomingo-Rubido et al., 2022).

Mapeo epitelial: detección de compensación y ectasia incipiente

El epitelio corneal puede redistribuirse para compensar irregularidades estromales y “enmascarar” signos tempranos en la superficie anterior. Por ello, el mapeo del grosor epitelial se ha consolidado como herramienta útil para apoyar la detección de ectasia incipiente, aportar evidencia adicional en casos subclínicos o limítrofes y mejorar la coherencia diagnóstica entre capas corneales (Alghamdi et al., 2023; Reinstein et al., 2010). En la práctica, su utilidad es mayor cuando existe discordancia entre clínica y tomografía o cuando se requiere refinamiento diagnóstico previo a decisiones de alto impacto (Deshmukh & Belin, 2023; Santodomingo-Rubido et al., 2022).

Inteligencia artificial: apoyo en integración multimodal y gestión clínica

La inteligencia artificial (IA) aplicada al QC busca integrar variables de distintas modalidades (topografía/tomografía, biomecánica, epitelio y datos clínicos) para mejorar la clasificación, detección temprana y aportar soporte a la toma de decisiones. La evidencia reciente sugiere que estos modelos pueden aumentar precisión diagnóstica y consistencia al reconocer patrones complejos, pero su uso debe entenderse como complementario: depende de la calidad de los datos, de la validación externa y de su integración responsable con el juicio clínico (Goodman & Zhu, 2024). En este sentido, la IA se alinea con una continuidad histórica de clasificación automatizada iniciada con redes neuronales sobre topografía, ahora ampliada por mayor potencia computacional y multimodalidad (Goodman & Zhu, 2024; Maeda et al., 1995).

Consideraciones diagnósticas especiales en pediatría

Aunque el abordaje pediátrico se desarrolla en un apartado específico, es clave destacar que en niños y adolescentes la pesquisa requiere especial vigilancia. Estudios orientados a detección temprana con tomografía (p. ej., parámetros de Pentacam) y revisiones clínicas regionales sobre queratocono infantil refuerzan la necesidad de umbrales bajos de sospecha y evaluación tomográfica oportuna en este grupo (Castro Cárdenas et al., 2024; Oliveira et al., 2024).

El diagnóstico contemporáneo del QC se sustenta en clínica dirigida y tomografía como eje, con documentación rigurosa de progresión; biomecánica y mapeo epitelial aportan valor incremental para casos tempranos o limítrofes, mientras que la IA emerge como herramienta de apoyo para integrar información multimodal y mejorar la consistencia diagnóstica (Alghamdi et al., 2023; Ambrósio, Jr., et al., 2017; Castro Cárdenas et al., 2024; Deshmukh & Belin, 2023; Gomes et al., 2015; Goodman & Zhu, 2024; Maeda et al., 1995; Oliveira et al., 2024; Rabinowitz & Rasheed, 1999; Reinstein et al., 2010; Santodomingo-Rubido et al., 2022; Vinciguerra et al., 2016).

Manejo y tratamiento de queratocono en adultos

El manejo del queratocono (QC) en adultos debe orientarse a dos metas: optimizar la función visual y detener la progresión. La estrategia más defendible para un manuscrito indexable es un enfoque escalonado, que inicia con control de factores modificables y rehabilitación óptica, incorpora cross-linking corneal (CXL) como intervención modificadora de la enfermedad cuando hay progresión, y reserva procedimientos adyuvantes o trasplante para casos seleccionados (Deshmukh & Belin, 2023; D’Oria et al., 2024; Santodomingo-Rubido et al., 2022).

Manejo integral y rehabilitación visual

El primer nivel es clínico-funcional. Incluye educación sobre la enfermedad, adherencia al seguimiento y reducción del frotamiento ocular, además del manejo de comorbilidades de superficie ocular (alergia, ojo seco), idealmente con un abordaje multidisciplinario cuando corresponda (Güemes et al., 2024). En paralelo, la rehabilitación óptica busca mejorar la calidad visual y desempeño: lentes de contacto especializados (RGP, híbridos o esclerales) suelen ser el eje terapéutico cuando aparece astigmatismo irregular, porque regularizan la superficie óptica y mejoran síntomas de aberraciones (Deshmukh & Belin, 2023; Santodomingo-Rubido et al., 2022). Dado que el impacto del QC trasciende la agudeza visual, se recomienda incorporar una mirada integral (a los síntomas, el desempeño y la visión binocular) para ajustar la corrección y expectativas, especialmente en pacientes con limitación significativa en tareas diarias (Román & Fernández-Sánchez, 2024).

Cross-linking corneal (CXL): intervención modificadora de la enfermedad

El CXL constituye el punto de inflexión del manejo contemporáneo al aumentar la rigidez corneal mediante fotoactivación de riboflavina con UVA, con el objetivo de estabilizar la ectasia (Wollensak et al., 2003). La evidencia de seguimiento a largo plazo respalda su capacidad para frenar la progresión en una proporción importante de casos (Raiskup-Wolf et al., 2008), y revisiones, y síntesis de evidencia apoyan resultados sostenidos con protocolos estándar y variaciones técnicas en contextos clínicos (Aytekin & Bozdog Pehlivan, 2021; Deshmukh & Belin, 2023). La elección del protocolo debe individualizarse: metaanálisis de ensayos aleatorizados comparando el QC convencional vs el QC acelerado sugieren eficacia global para estabilización, con diferencias dependientes de técnica y selección de pacientes (Kobashi & Tsubota, 2020).

En cuanto a técnica, el debate epi-off vs transepitelial (epi-on) se apoya en evidencia comparativa, donde la decisión debe ponderar eficacia, seguridad y tolerancia, especialmente según superficie ocular y riesgo epitelial (Al Favez et al., 2015). En córneas delgadas, revisiones sistemáticas muestran que existen enfoques adaptados que permiten ampliar la elegibilidad con criterios de seguridad (Hafezi et al., 2009). Una revisión de variantes de CXL resulta útil para describir estas alternativas y su racional (Aytekin & Bozdog Pehlivan, 2021).

Procedimientos adyuvantes y quirúrgicos: cuándo y para qué

Cuando la rehabilitación óptica es insuficiente o la irregularidad limita la función, pueden considerarse procedimientos que mejoren la regularidad corneal sin sustituir el control de progresión. La revisión de estrategias quirúrgicas y refractivas en QC permite enmarcar indicaciones y secuencias terapéuticas (D’Oria et al., 2024). Los segmentos intracorneales (ICRS) tienen un rol clásico para reducir la irregularidad y mejorar la forma corneal en casos seleccionados (Colin et al., 2000), mientras que el procedimiento “segmentos de anillos intraestromales alogénicos” (CAIRS por sus siglas en inglés) emerge como alternativa con evidencia sintetizada en revisiones sistemáticas y metaanálisis (Friedrich et al., 2025). Finalmente, la queratoplastia se reserva para enfermedad avanzada, cicatriz/ectasia severa o fracaso terapéutico; comparaciones sistemáticas entre DALK y PK aportan un marco para escoger la técnica según riesgo y objetivos visuales (Keane et al., 2014). A nivel poblacional, la

implementación amplia del CXL se asocia con una reducción en tasas de trasplante por QC, lo que refuerza la importancia de diagnosticar y tratar progresión de forma temprana (Sandvik et al., 2015).

Grupo especial: población pediátrica

Aunque el foco de esta revisión es el adulto, la población pediátrica merece un abordaje diferenciado porque el queratocono en niños y adolescentes tiende a progresar con mayor rapidez, suele diagnosticarse en fases más avanzadas y con frecuencia coexiste con atopia y frotamiento ocular, factores que aceleran el deterioro corneal y dificultan el control sintomático (Anitha et al., 2021; Buzzonetti & Petrocelli, 2020; Castro Cárdenas et al., 2024; Gupta et al., 2025). En consecuencia, el objetivo clínico se desplaza hacia detección precoz y tratamiento oportuno, minimizando el tiempo entre sospecha diagnóstica e intervención, y reduciendo el riesgo de pérdida funcional durante etapas críticas del desarrollo visual.

En diagnóstico, se recomienda un umbral bajo para realizar tomografía y establecer una línea basal temprana, especialmente en pacientes con antecedentes de alergia ocular, prurito crónico, frotamiento habitual o hallazgos refractivos sospechosos (Anitha et al., 2021; Castro Cárdenas et al., 2024). Estudios enfocados en parámetros tomográficos para detección pediátrica respaldan el uso sistemático de herramientas como Pentacam para identificar enfermedad incipiente y estratificar riesgo (Oliveira et al., 2024). Dado el mayor riesgo de infradiagnóstico, la pesquisa activa en poblaciones de riesgo y el seguimiento estrecho son componentes centrales del manejo (Buzzonetti & Petrocelli, 2020; Gupta et al., 2025).

En tratamiento, cuando se documenta progresión —o cuando el contexto clínico sugiere alto riesgo—, el cross-linking corneal (CXL) se considera la intervención modificadora de la enfermedad con mayor impacto potencial para preservar visión a largo plazo en este grupo (Anitha et al., 2021; Gupta et al., 2025; McAnena et al., 2017). La evidencia sintetizada en revisiones sistemáticas apoya su uso en población pediátrica bajo protocolos adecuados y criterios de seguridad, integrándolo con rehabilitación óptica y control riguroso de comorbilidades de superficie ocular (Fard et al., 2020; McAnena et al., 2017). Finalmente, el manejo debe ser explícitamente preventivo: tratamiento de la alergia ocular, educación familiar y estrategias para evitar el frotamiento, ya que estas medidas influyen en síntomas, adherencia y progresión (Anitha et al., 2021; Sahebjada et al., 2021).

CONCLUSIONES

El queratocono es una ectasia corneal progresiva y multifactorial cuyo impacto excede la agudeza visual, afectando calidad visual, desempeño y, en algunos casos, función binocular; por ello, requiere un abordaje integral y centrado en la preservación funcional. El diagnóstico contemporáneo se sostiene en un modelo multimodal, con tomografía como eje, complementada por herramientas que mejoran la detección temprana y la estratificación.

En adultos, el manejo escalonado prioriza educación, control de factores modificables y rehabilitación óptica; ante progresión confirmada, el CXL constituye la intervención modificadora de la enfermedad con respaldo sólido y opciones protocolizadas según el caso. En escenarios seleccionados, procedimientos adyuvantes como ICRS/CAIRS pueden optimizar la regularidad corneal, reservando la queratoplastia para estadios avanzados o fracaso terapéutico; a nivel poblacional, la implementación amplia de CXL se asocia con disminución de trasplantes por queratocono.

En pediatría, la progresión más rápida y el subdiagnóstico justifican pesquisa tomográfica temprana y un umbral terapéutico más oportuno, especialmente cuando coexisten atopia y frotamiento ocular. En conjunto, la evidencia respalda que el pronóstico del queratocono mejora de forma sustantiva cuando

se detecta temprano, se interviene la progresión de manera oportuna y se integra la rehabilitación visual dentro de un plan individualizado.

REFERENCIAS

- Al Fayez, M. F., Alfayez, S., & Alfayez, Y. (2015). Transepithelial versus epithelium-off corneal collagen cross-linking for progressive keratoconus: A prospective randomized controlled trial. *Cornea*, 34(Suppl 10), S53–S56. <https://doi.org/10.1097/ICO.0000000000000518>
- Alghamdi, A., Alharbi, A., & Alghamdi, W. (2023). Understanding corneal epithelial thickness mapping. *Middle East African Journal of Ophthalmology*, 29(3), 147–155. https://doi.org/10.4103/meajo.meajo_256_22
- Ambrósio, R., Jr., et al. (2017). Tomographic and biomechanical index (TBI) for detecting ectasia and keratoconus. *Journal of Refractive Surgery*, 33(7), 434–443.
- Anitha, V., Vanathi, M., Raghavan, A., Rajaraman, R., Ravindran, M., & Tandon, R. (2021). Pediatric keratoconus - Current perspectives and clinical challenges. *Indian Journal of Ophthalmology*, 69, 214–225. https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_1263_20
- Aytekin, E., & Bozdogan Pehlivan, S. (2021). Corneal cross-linking approaches on keratoconus treatment. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 63, 102524.
- Buzzonetti, L., & Petrocelli, G. (2020). Keratoconus in children: A literature review. *Clinical Ophthalmology*, 14, 2241–2252. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S258948>
- Castro Cárdenas, K., Mayea Díaz, D. Y., Zayas Ribalta, Y., & Fernández Cuevas, A. (2024). Aspectos a considerar para el diagnóstico del queratocono infantil. *MEDISAN*, 28(2), e3942.
- Colin, J., Cochener, B., Savary, G., & Malet, F. (2000). Correcting keratoconus with intracorneal rings. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 26(8), 1117–1122. [https://doi.org/10.1016/S0886-3350\(00\)00451-X](https://doi.org/10.1016/S0886-3350(00)00451-X)
- D’Oria, F., Bagaglia, S. A., Alió Del Barrio, J. L., et al. (2024). Refractive surgical correction and treatment of keratoconus. *Survey of Ophthalmology*, 69, 122–139.
- Deshmukh, R., & Belin, M. W., et al. (2023). Management of keratoconus: An updated review. *Frontiers in Medicine*, 10, 1212314.
- Fard, A. M., Reynolds, A. L., Lillvis, J. H., & Nader, N. D. (2020). Corneal collagen cross-linking in pediatric keratoconus with three protocols: A systematic review and meta-analysis. *Journal of AAPOS*, 24(6), 331–336. <https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2020.08.013>
- Ferrari, G., & Rama, P. (2020). The keratoconus enigma: A review with emphasis on pathogenesis. *The Ocular Surface*, 18(3), 363–373.
- Friedrich, M., et al. (2025). Visual and topographic outcomes after corneal allogeneic intrastromal ring segments (CAIRS) for keratoconus: A systematic review and meta-analysis. *American Journal of Ophthalmology*. (PMID: 40157443)
- Godefrooij, D. A., de Wit, G. A., Uiterwaal, C. S., Imhof, S. M., & Wisse, R. P. L. (2017). Age-specific incidence and prevalence of keratoconus: A nationwide registration study. *American Journal of Ophthalmology*, 175, 169–172.
- Gomes, J. A., Tan, D., Rapuano, C. J., Belin, M. W., Ambrósio, R., Jr., Guell, J. L., et al. (2015). Global consensus on keratoconus and ectatic diseases. *Cornea*, 34(4), 359–369.

Goodman, D., & Zhu, A. Y. (2024). Utility of artificial intelligence in the diagnosis and management of keratoconus: A systematic review. *Frontiers in Ophthalmology*, 4, 1380701.

Güemes, L. A., Pita Romero, F., Lawson, A., Malán, G., Merlini, G., Mestorino, N., et al. (2024). Queratocono: ¿es solo un problema del oftalmólogo? *Archivo Argentino de Oftalmología*, 26, 15–23.

Gupta, Y., Shanmugam, C., K. P., Mandal, S., Tandon, R., & Sharma, N. (2025). Pediatric keratoconus. *Survey of Ophthalmology*, 70(2), 296–330. <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2024.10.003>

Hafezi, F., Mrochen, M., Iseli, H. P., & Seiler, T. (2009). Collagen crosslinking with ultraviolet-A and hypotonic riboflavin solution in thin corneas. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 35(4), 621–624. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2008.10.060>

Hashemi, H., Heydarian, S., Hooshmand, E., Saatchi, M., Yekta, A., Aghamirsalim, M., et al. (2020). The prevalence and risk factors for keratoconus: A systematic review and meta-analysis. *Cornea*, 39(2), 263–270.

Keane, M., Coster, D. J., Ziaei, M., & Williams, K. A. (2014). Deep anterior lamellar keratoplasty versus penetrating keratoplasty for treating keratoconus. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (7), CD009700. (PMID: 25055058)

Kobashi, H., & Tsubota, K. (2020). Accelerated versus standard corneal cross-linking for progressive keratoconus: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Cornea*, 39(2), 172–180. <https://doi.org/10.1097/ICO.0000000000002092>

Maeda, N., Klyce, S. D., & Smolek, M. K. (1995). Neural network classification of corneal topography. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 36(7), 1327–1335.

McAnena, L., Doyle, F., & O'Keefe, M. (2017). Cross-linking in children with keratoconus: A systematic review and meta-analysis. *Acta Ophthalmologica*, 95(3), 229–239. <https://doi.org/10.1111/aos.13224>

Oliveira, R. S., Gil, J. Q., Rosa, A., et al. (2024). Keratoconus detection in high-astigmatism pediatric patients: Optimal Pentacam indices and cutoff points. *Cornea*. <https://doi.org/10.1097/ICO.0000000000003755>

Rabinowitz, Y. S. (1998). Keratoconus. *Survey of Ophthalmology*, 42(4), 297–319.

Rabinowitz, Y. S., & Rasheed, K. (1999). KISA% index: A quantitative videokeratography algorithm diagnosing keratoconus. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 25(10), 1327–1335.

Raiskup-Wolf, F., Hoyer, A., Spoerl, E., & Pillunat, L. E. (2008). Collagen crosslinking with riboflavin and ultraviolet-A light in keratoconus: Long-term results. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 34(5), 796–801.

Reinstein, D. Z., Gobbe, M., Archer, T. J., Silverman, R. H., & Coleman, D. J. (2010). Epithelial thickness profile in the diagnosis of keratoconus. *Journal of Refractive Surgery*, 26(4), 259–271.

Román, L., & Fernández-Sánchez, V. A. (2024). Aspectos de los pacientes con queratocono que afectan el desarrollo de la visión binocular. *Archivo Argentino de Oftalmología*, 25, 36–48.

Sahebjada, S., Al-Mahrouqi, H. H., Schache, M., Richardson, A. J., Snibson, G., Daniell, M., et al. (2021). Eye rubbing in the aetiology of keratoconus: A systematic review and meta-analysis. *Graefes' Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 259(7), 2057–2067.

Sandvik, G. F., Thorsrud, A., Raen, M., et al. (2015). Does corneal collagen cross-linking reduce the need for keratoplasties in patients with keratoconus? *Cornea*, 34(9), 991–995.

Santodomingo-Rubido, J., Carracedo, G., Suzuki, A., Villa-Collar, C., Vincent, S. J., & Wolffsohn, J. S. (2022). Keratoconus: An updated review. *Contact Lens and Anterior Eye*, 45, 101559.

Vinciguerra, R., et al. (2016). Corneal biomechanical index (CBI) for keratoconus detection (Corvis ST-derived). *Journal of Refractive Surgery*, 32(12), 803–810.

Wollensak, G., Spoerl, E., & Seiler, T. (2003). Riboflavin/ultraviolet-A-induced collagen crosslinking for the treatment of keratoconus. *American Journal of Ophthalmology*, 135(5), 620–627.

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](#) .