

VOLUMEN 36

Nº 2 • 2026



RAO

REVISTA
ARGENTINA DE
QUEMADURAS

 FUNDACION BENAIM

Sulfadiazina de Plata
Lidocaína
Vitamina A

Platsul-A®

Gasa y Gasa en Rollo

*Para todo tipo de Heridas,
Quemaduras y Úlceras*



- ▶ Amplio espectro antimicrobiano, incluidos Pseudomonas, SARMS, SAMS, Pyogenes y C. albicans.
- ▶ Fácil aplicación.
- ▶ Favorece la reepitelización.
- ▶ Alivia el dolor.



SCH SOUBEIRAN
CHOBET

Siempre confiable

www.soubeiranchobet.com.ar



Matriz de colágeno y elastina para la regeneración dérmica en un solo paso.

Principales indicaciones:

Quemaduras parciales y totales.
Liberación de cicatrices.
Reconstrucciones.
Defectos congénitos.
Traumas.
Heridas crónicas.

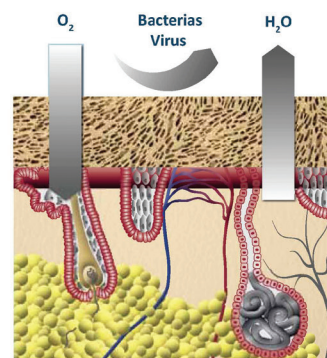


SUPRATHEL®

Sustituto dérmico reabsorbible microporoso con estructura de colágeno y ácido láctico.

Suprathel SKIN

Ajustable a las formas del cuerpo.
Sin riesgos residuales.
Alivia Significativamente el dolor.
Acelera el proceso de curado.
Bacteriostático (evita la formación de bacterias).
Una única aplicación.
Bajo costo de tratamiento.



RedDress ActiGraft

Se aplica tópicamente para el tratamiento de heridas cutáneas exudativas, como piernas, úlceras por presión o diabéticas, y heridas desbridadas mecánica o quirúrgicamente.

ECONÓMICO

Cubre la herida durante largos períodos de tiempo con un cuidado mínimo entre aplicaciones.

EFICIENTE

Proporciona a la herida un ambiente natural que optimiza una curación fluida sin interrupción.

SENCILLO

Se puede preparar al lado de la camilla del paciente en menos de 10 minutos, sin equipo ni materiales adicionales.

AUTÓLOGO

Creado de la sangre propia del paciente, asegurando curación natural y eficaz.

DISMINUCIÓN DEL DOLOR

El manejo mínimo de la herida ofrece un tratamiento más agradable y conveniente.



WOUND CARE DryMax®

DryMax Extra Soft es un apósito superabsorbente adecuado para heridas con mucho exudado.

La tecnología Extra Core de polímeros superabsorbentes facilita la rápida absorción. El fluido se concentra en su núcleo formando un gel impidiendo a las bacterias regresar a la herida, sin llegar a formar la maseración y protegiendo el tejido circundante.

Minimiza el potencial de adherencia al lecho de la herida, por lo que no produce dolor en su recambio.

Es económico ya que puede dejarse por mas tiempo.

Se puede utilizar con terapia de elastocompresión.

ABSORBEST TECHNOLOGY





Fundación del Quemado Dr. Fortunato Benaim

Fundador y Presidente 1981 – 2021
Dr. Fortunato Benaim

CONSEJO DE ADMINISTRACIÓN 2021

Presidente

Dr. Alberto Bolgiani

Vicepresidente 1°

Lic. Pedro M. Bilyk

Tesorero

Dr. Ramón Belloni

Secretaria

Inst. Carmen Mangieri

Vocal

Dr. Horacio López

Vocal

Sr. Jorge A. Rivas

Vocal

Lic. Osvaldo Patiño



REVISTA ARGENTINA DE QUEMADURAS

Órgano Oficial de la Fundación Benaim
Registro Nacional de la Propiedad Intelectual N° 229.158 ISSN 0326-4823
Fundador y Director 1983 – 2013

Dr. Fortunato Benaim

DIRECTOR HONORARIO

Dr. Fortunato Benaim

EDITOR

Dr. Alberto Bolgiani

SECRETARIO DE REDACCION

Lic. en Psicología Pedro Bilyk

DIRECTOR EJECUTIVO

Sr. Jorge A. Rivas

CONSEJO EDITORIAL NACIONAL

ABAD MARCELO, Lic. / C.A.B.A
BASILICO HUGO, Dr. / La Plata, Buenos Aires
BELLONI RAMÓN, Dr. / C.A.B.A.
BRUNOLDI DANIEL, Lic. Kglo. / C.A.B.A
LABORDE SANTIAGO, Dr. / C.A.B.A.
PATIÑO OSVALDO, Lic. Kglo. / C.A.B.A

CONSEJO EDITORIAL INTERNACIONAL

CABRERA JULIO, Dr. / Uruguay
CORRO MARVIS, Dra. / Panamá
LORENTE JOSÉ ÁNGEL, Dr. / España
NAVARRETE NORBERTO, Dr. / Colombia
RODRIGUEZ PABLO, Dr. / México
SANTISO LOURDES, Dra. / Guatemala
SERRA CRISTINA, Dra. / Brasil
WIEGERING CECCHI GUILLERMO, Dr. / Perú

La Revista Argentina de Quemaduras es el Órgano Oficial de la Fundación Benaim.

raq.fundacionbenaim.org.ar

Responsabilidad legal: La responsabilidad por los juicios, opiniones y puntos de vista expresados en los artículos y de las imágenes corresponde exclusivamente a los autores. Tampoco la publicación de avisos constituye el aval de la Fundación del Quemado Dr. Fortunato Benaim o del Cuerpo

Editorial a los productos y servicios anunciados.

Copyright: Todos los derechos reservados.

Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización expresa de la Fundación Benaim.

Correspondencia Postal a: Fundación del Quemado

Dr. Fortunato Benaim, Rodríguez Peña 454 4° B, CP 1020 ADJ C.A.B.A., Argentina.

E-mail: raqfundacionbenaim@gmail.com

Diseño y Diagramación

Ernesto Bertolino
Mariano Pérez Forte

RAQ

Revista Argentina de Quemaduras

**Suscripción gratuita
a la revista**



Complete el formulario que se abre al clickear sobre el banner respectivo de la página de inicio de la web y envíelo a:

raqfundacionbenaim@gmail.com

EDITORIAL**1 Cuando el centro vuelve a ser el niño**

Dra. Fanny Rondón Torres

3 ARTÍCULOS DE REVISIÓN**Realidad virtual en la atención de pacientes con quemaduras: una revisión narrativa de la evidencia actual (2016-2026)**

Karen Michelle Lara Morales; Edgar Andrés Perea Celestín

16 MONOGRAFÍAS**Avances en el Tratamiento y Mejora Estética de las Cicatrices Postquemadura**

Dra. María Margarita Castro Fera

31 Fagoterapia en quemaduras: evidencia preclínica y potencial como estrategia preventiva

Dra. María Belén Taleb

34 Triamcinolona intralesional postquirúrgica para queloides auriculares en pediatría: revisión bibliográfica, análisis retrospectivo y propuesta de protocolo prospectivo

Dra. Marcela Di Vincenzo

REGLAMENTO DE PUBLICACIÓN

1 EDITORIAL**When the child becomes the center again**

Dra. Fanny Rondón Torres

3 REVIEW ARTICLES**Virtual Reality in the Care of Burn Patients: A Narrative Review of Current Evidence (2016-2026)**

Karen Michelle Lara Morales; Edgar Andrés Perea Celestín

16 MONOGRAPHS**Advances in the Treatment and Aesthetic Improvement of Post – Burn Scars**

Dra. María Margarita Castro Fera

31 Phage therapy in burns: preclinical evidence and potential as a preventive strategy

Dra. María Belén Taleb

34 Postoperative Intralesional Triamcinolone for Auricular Keloids in Pediatrics: Literature Review, Retrospective Analysis, and Prospective Protocol Proposal

Dra. Marcela Di Vincenzo

PUBLISHING RULES

Cuando el centro vuelve a ser el niño

When the child becomes the center again

Reflexiones después del II Congreso Regional de Quemaduras de Centroamérica y el Caribe

“Dra. Margarita Saravia y Dr. Manuel Antonio Bonilla”

San Salvador, El Salvador | Hotel Hilton 11 al 13 de mayo de 2026

Existen congresos que actualizan conocimientos y existen otros que además nos invitan a reflexionar sobre el sentido profundo de nuestra práctica profesional. El II Congreso Regional de Quemaduras de Centroamérica y el Caribe, realizado en San Salvador, fue para mí una de esas experiencias.

Tuve el honor de participar con cuatro conferencias y formar parte de una mesa redonda sobre el Registro Latinoamericano de Quemaduras (RELAQ), compartiendo experiencias con colegas provenientes de distintos países de nuestra región. Durante esos días hablamos de comunicación, trabajo interdisciplinario, formación de recursos humanos, prevención, innovación terapéutica e investigación. Sin embargo, más allá de los contenidos científicos, regresé a Argentina con una convicción renovada: el principal desafío de la atención de las quemaduras infantiles sigue siendo profundamente humano.

Las conferencias que presenté abordaron temas diversos. Compartí nuestra experiencia en comunicación asertiva entre cirugía plástica, terapia intensiva y enfermería; reflexioné sobre la necesidad de entusiasmar a los jóvenes profesionales para trabajar en torno a los pacientes con quemaduras; expuse resultados vinculados a terapias regenerativas para el tratamiento de secuelas cicatrízales; y participé en el intercambio regional generado por RELAQ. Sin embargo, al observarlas en conjunto comprendí que todas convergían en un mismo punto: el niño quemado debe estar siempre en el centro de nuestras decisiones.

En ocasiones, los sistemas de salud nos empujan a enfocarnos en indicadores, protocolos, estructuras o limitaciones. Son herramientas necesarias, pero nunca deben hacernos perder de vista que detrás de cada quemadura existe una historia de vida. Existe un niño que sufre, una familia que atraviesa incertidumbre y un equipo de salud llamado a acompañar uno de los momentos más difíciles de esa experiencia.

CITA DESTACADA

“El trabajo de los niños es jugar. Nuestro trabajo es cuidarlos y hacer todo lo posible para que sigan jugando. Y el camino, sin lugar a dudas, es la prevención.”

Dra. Fanny Rondón Torres

Esta frase resume una forma de entender nuestra tarea. Cuando un niño se quema, no solo se lesiona la piel. Se interrumpe su juego, su rutina, su desarrollo y muchas veces la tranquilidad de toda una familia. Por eso la prevención debe ocupar un lugar prioritario en nuestras estrategias sanitarias. Cada quemadura evitada representa sufrimiento prevenido y oportunidades preservadas.

Uno de los temas que generó gran interés durante el Congreso fue la creciente dificultad para incorporar jóvenes profesionales al área de quemaduras. Esta situación no es exclusiva de un país. Se trata de una realidad observada en gran parte de América Latina, donde confluyen la alta exigencia laboral, la carga emocional, el desgaste profesional y limitaciones estructurales de los sistemas de salud.

Con frecuencia se interpreta este fenómeno como una falta de interés de las nuevas generaciones. Personalmente creo que el análisis debe ser más profundo. Los jóvenes profesionales buscan propósito, formación, acompañamiento y condiciones que les permitan desarrollarse. Nuestro desafío consiste en transmitir la relevancia de esta especialidad y construir espacios donde puedan crecer profesional y humanamente.

Trabajar con pacientes quemados exige conocimientos técnicos, capacidad de adaptación y una enorme fortaleza emocional. Pero también ofrece algo que pocas áreas de la medicina brindan con tanta claridad: la oportunidad de transformar vidas. Acompañar la recuperación de un niño quemado implica participar en un proceso complejo donde cada integrante del equipo contribuye a reconstruir mucho más que tejidos.

Otra de las reflexiones que me dejó el encuentro en San Salvador tiene relación con el valor del trabajo interdisciplinario. Nuestra experiencia en el CePSI Eva Perón demuestra que los mejores resultados aparecen cuando diferentes profesionales trabajan alrededor de un propósito común. Cirujanos, intensivistas, enfermeros, kinesiólogos, psicólogos, infectólogos y tantos otros actores forman parte indispensable del proceso asistencial. En ese contexto, la comunicación adquiere una importancia central. Con frecuencia se habla de la comunicación como una habilidad complementaria, cuando en realidad constituye una verdadera herramienta de

cuidado. Equipos que se escuchan, que comparten objetivos y que construyen confianza mutua son capaces de enfrentar desafíos mucho más complejos y de ofrecer una atención más segura y humana.

Del mismo modo, las familias deben convertirse en participantes activos del proceso de recuperación. La confianza, la información clara y el acompañamiento emocional no son aspectos secundarios. Forman parte esencial de la atención integral del paciente pediátrico quemado.

La mesa redonda sobre RELAQ aportó otra dimensión de enorme valor. Los registros permiten conocer nuestra realidad regional, identificar problemas comunes y generar evidencia propia. Pero también representan algo más: una red de colaboración entre profesionales y centros que comparten los mismos desafíos.

América Latina necesita información de calidad para mejorar la atención de las quemaduras, pero también necesita espacios de encuentro donde podamos aprender unos de otros. RELAQ constituye una oportunidad para fortalecer esa construcción colectiva del conocimiento y para transformar la experiencia acumulada en mejores resultados para nuestros pacientes.

Uno de los aspectos más enriquecedores del Congreso fue comprobar que, a pesar de las diferencias entre nuestros países, compartimos preocupaciones y objetivos similares. Todos buscamos disminuir la incidencia de quemaduras, mejorar la calidad de atención, acceder a mejores recursos, formar equipos sólidos y brindar a nuestros pacientes las mayores oportunidades de recuperación posibles.

Esa coincidencia nos recuerda que los desafíos actuales no pueden abordarse de manera aislada. La colaboración regional, el intercambio de experiencias y la construcción de redes profesionales son fundamentales para el futuro de nuestra especialidad.

Regresé de San Salvador profundamente agradecida. Agradecida con los organizadores, con los colegas que compartieron generosamente sus conocimientos y con cada profesional que trabaja diariamente en unidades de quemados de nuestra región, muchas veces enfrentando importantes limitaciones y desafíos.

Pero también regresé con una certeza.

El futuro de la atención de las quemaduras infantiles dependerá menos de individualidades y más de la fortaleza de nuestros equipos. Dependerá menos de los discursos y más de nuestra capacidad para escucharnos. Dependerá menos de esperar condiciones ideales y más de la decisión cotidiana de trabajar juntos alrededor de aquello que verdaderamente importa.

Porque al final de cada congreso, de cada innovación tecnológica, de cada protocolo y de cada investigación, seguimos persiguiendo el mismo objetivo: que nuestros niños puedan recuperar su vida, su bienestar y su futuro.

Que puedan volver a jugar.

Y mientras mantengamos ese propósito en el centro de nuestro trabajo, seguiremos avanzando.

El trabajo de los niños es jugar; el nuestro es cuidarlos. Y el camino, sin dudas, es la prevención.

Nos vemos en el próximo Congreso!

Dra. Fanny Rondón Torres

Cirujana Plástica

Encargada del Servicio de Quemaduras

CePSI Eva Perón, Santiago del Estero, Argentina

Realidad virtual en la atención de pacientes con quemaduras: una revisión narrativa de la evidencia actual (2016-2026)

Virtual Reality in the Care of Burn Patients: A Narrative Review of Current Evidence (2016-2026)

Autores:

1. Karen Michelle Lara Morales, Médico Pasante del Servicio Social, Universidad Anáhuac Querétaro.

2. Edgar Andrés Perea Celestín, Residente de Cirugía General, Centro Médico Lic. Adolfo López Mateos.

Autor de correspondencia:

karenliramorales@gmail.com tel: +52 442 122 2649

No existen conflictos de interés por ninguno de los autores y no se recibió ningún tipo de financiamiento.

Resumen

Objetivo: Sintetizar y analizar críticamente la evidencia publicada entre 2016 y 2026 sobre el uso de la realidad virtual como intervención complementaria no farmacológica en el manejo del dolor procedimental, la ansiedad y la rehabilitación funcional en pacientes pediátricos y adultos con quemaduras.

Método: Se llevó a cabo una revisión narrativa estructurada de la literatura en las bases de datos PubMed/MEDLINE y Scopus. Se incluyeron estudios originales, revisiones sistemáticas, metaanálisis y ensayos clínicos publicados entre enero de 2016 y febrero de 2026, en idioma inglés y español, que abordaran el uso de realidad virtual en la atención de pacientes con quemaduras. Tras el cribado de títulos, eliminación de duplicados y evaluación a texto completo conforme a criterios predefinidos, se incluyeron 30 artículos en la síntesis final.

Resultados: La realidad virtual, predominantemente en su modalidad inmersiva, demostró una reducción clínicamente significativa del dolor procedimental durante curaciones y desbridamiento, con tamaños de efecto entre moderados y grandes reportados en múltiples metaanálisis. Los efectos sobre la ansiedad fueron favorables aunque más variables, con mayor consistencia en población pediátrica. En rehabilitación funcional, la realidad virtual se asoció con mejoras en el rango de movimiento articular y en la adherencia terapéutica, si bien los resultados sobre fuerza de prensión no fueron concluyentes. La modalidad inmersiva e interactiva mostró superioridad sobre la no inmersiva en los análisis disponibles. El perfil de seguridad fue favorable y la experiencia del paciente consistentemente positiva. No se documentó una reducción sistemática del consumo de opioides.

Conclusiones: La evidencia respalda la incorporación de la realidad virtual como adyuvante no farmacológico dentro de protocolos de analgesia multimodal en pacientes con quemaduras. No obstante, la heterogeneidad metodológica, los tamaños muestrales reducidos y la falta de estandarización en desenlaces e instrumentos limitan la solidez de las conclusiones. Se requieren ensayos clínicos aleatorizados multicéntricos con protocolos homogéneos y seguimiento prolongado.

Palabras Clave: realidad virtual; quemaduras; dolor procedimental; ansiedad; rehabilitación.

Abstract

Objective: To synthesize and critically analyze the evidence published between 2016 and 2026 on the use of virtual reality as a complementary non-pharmacological intervention for procedural pain management, anxiety reduction, and functional rehabilitation in pediatric and adult burn patients.

Methods: A structured narrative review was conducted using PubMed/MEDLINE and Scopus databases. Original studies, systematic reviews, meta-analyses, and clinical trials published between January 2016 and February 2026 in English and Spanish that specifically addressed virtual reality use in the care of burn patients were included. After title and abstract screening, duplicate removal, and full-text assessment according to predefined criteria, 30 articles were included in the final synthesis.

Results: Virtual reality, predominantly in its immersive modality, demonstrated a clinically significant reduction in procedural pain during wound care and debridement, with moderate-to-large effect sizes reported across multiple meta-analyses. Effects on anxiety were favorable yet more variable, with greater consistency in pediatric populations. In functional rehabilitation, virtual reality was associated with improvements in joint range of motion and treatment adherence, although results regarding grip strength were inconclusive. Immersive and interactive modalities showed superiority over non-immersive approaches. The safety profile was favorable and patient experience consistently positive. No systematic reduction in opioid consumption was documented.

Conclusions: The evidence supports incorporating virtual reality as a non-pharmacological adjunct within multi-

modal analgesia protocols for burn patients. However, methodological heterogeneity, small sample sizes, and lack of standardization in outcomes and instruments limit the strength of conclusions. Multicenter randomized clinical trials with homogeneous protocols and long-term follow-up are needed.

Keywords: virtual reality; burns; procedural pain; anxiety; rehabilitation

Introducción

Las quemaduras constituyen una de las principales causas de morbilidad y mortalidad por trauma a nivel mundial. El manejo clínico de las quemaduras implica procedimientos repetitivos inherentemente dolorosos, como curaciones, cambios de apósitos, desbridamientos, cuidados de injertos y sesiones de fisioterapia. El dolor en estos pacientes incluye un componente basal, un componente incidental asociado al movimiento y un componente procedimental directamente relacionado con las intervenciones terapéuticas, siendo este último el de mayor intensidad y el que genera mayor impacto en la experiencia del paciente.

El abordaje farmacológico convencional, basado principalmente en opioides y antiinflamatorios no esteroideos dentro de esquemas multimodales, con frecuencia resulta insuficiente para lograr un control óptimo del dolor procedimental. Además, el uso repetido de opioides se asocia con efectos adversos como náuseas, sedación, depresión respiratoria, tolerancia farmacológica y riesgo de dependencia.

En este contexto, la realidad virtual ha emergido como una herramienta tecnológica con creciente respaldo científico para el manejo complementario del dolor. A través de entornos tridimensionales inmersivos proyectados mediante visores montados en la cabeza, proporciona estímulos visuales y auditivos que compiten por los recursos atencionales del paciente. Su efecto analgésico se explica principalmente por mecanismos de distracción cognitiva inmersiva, sustentados en la teoría del control de la compuerta del dolor y en estudios de neuroimagen que muestran disminución de la actividad en regiones cerebrales implicadas en el procesamiento nociceptivo.

Durante la última década el número de investigaciones sobre realidad virtual en pacientes con quemaduras ha aumentado de forma significativa, incluyendo ensayos clínicos, revisiones sistemáticas y metaanálisis que evalúan sus efectos sobre dolor, ansiedad, rehabilitación funcional y experiencia del paciente. No obstante, la evidencia disponible presenta heterogeneidad considerable en las poblaciones estudiadas, los dispositivos utilizados y los desenlaces evaluados.

El objetivo de la presente revisión es sintetizar y analizar críticamente la evidencia publicada entre 2016 y 2026 sobre el uso de la realidad virtual como intervención complementaria no farmacológica en el

manejo del dolor procedimental, la ansiedad y la rehabilitación funcional en pacientes con quemaduras.

Método

Se realizó una revisión narrativa estructurada de la literatura científica sobre el uso de realidad virtual en pacientes con quemaduras.

La revisión se realizó con el propósito de sintetizar y analizar la evidencia disponible sobre el empleo de la realidad virtual como estrategia complementaria no farmacológica en el tratamiento del dolor, la ansiedad y la rehabilitación funcional de pacientes con quemaduras.

La búsqueda bibliográfica se efectuó en las bases de datos PubMed/MEDLINE y Scopus. La estrategia se diseñó mediante la combinación de términos controlados del vocabulario Medical Subject Headings (MeSH) y palabras clave en texto libre, articulados con operadores booleanos (AND, OR). La cadena de búsqueda empleada en PubMed fue la siguiente:

“Virtual Reality”[MeSH] OR “virtual reality”[tiab] OR “immersive virtual reality”[tiab] OR VR[tiab]) AND (“Burns”[MeSH] OR burn[tiab] OR burns[tiab] OR “burn injury”[tiab] OR “burn wound”[tiab] OR quemadura[tiab] OR quemaduras[tiab]) AND (“wound care”[tiab] OR debridement[tiab] OR “dressing change”[tiab] OR rehabilitation[tiab] OR procedure[tiab]) AND (pain[tiab] OR anxiety[tiab] OR fear[tiab] OR distress[tiab] OR “patient experience”[tiab] OR dolor[tiab] OR ansiedad[tiab]).

En Scopus se implementó una estrategia análoga adaptada a la sintaxis de dicha plataforma. La búsqueda combinada en ambas bases de datos identificó un total de 111 registros.

El periodo de búsqueda comprendió desde enero de 2016 hasta febrero de 2026. Se incluyeron publicaciones en idioma inglés y español. La población de interés abarcó pacientes pediátricos y adultos de ambos sexos con diagnóstico de quemaduras.

El proceso de selección se realizó en dos fases. En la primera, dos revisores examinaron de manera independiente los títulos y resúmenes de los 111 registros identificados, descartando aquellos claramente no pertinentes y eliminando los duplicados. En la segunda fase, los artículos potencialmente elegibles fueron evaluados mediante lectura del texto completo, aplicando criterios de inclusión y exclusión previamente definidos.

Se consideraron elegibles los ensayos clínicos alea-

torizados, estudios cuasiexperimentales, estudios observacionales, revisiones sistemáticas y metaanálisis que evaluaran la aplicación de realidad virtual en pacientes con quemaduras y que abordaran, al menos, uno de los siguientes ejes temáticos: ⁽¹⁾ contexto clínico y justificación del uso de realidad virtual; ⁽²⁾ características poblacionales y procedimientos evaluados; ⁽³⁾ tipos de dispositivos y modalidades de intervención; ⁽⁴⁾ mecanismos propuestos de acción analgésica y efecto sobre el dolor durante curaciones o desbridamiento; ⁽⁵⁾ impacto sobre la ansiedad; ⁽⁶⁾ comparación entre realidad virtual inmersiva y no inmersiva; ⁽⁷⁾ rehabilitación funcional posquemadura; ⁽⁸⁾ consumo de opioides, seguridad y experiencia del paciente; y ⁽⁹⁾ limitaciones de la evidencia disponible. Los criterios de exclusión comprendieron: estudios sin texto completo disponible, publicaciones en idiomas distintos al inglés o al español, investigaciones que no involucraran población con quemaduras, trabajos que no emplearan realidad virtual como intervención, resúmenes o ponencias presentadas en congresos, protocolos de investigación, registros duplicados, publicaciones anteriores al año 2016 y artículos cuyo acceso al contenido íntegro no fue posible. Adicionalmente, se excluyó un estudio por haber sido formalmente retractado.

Tras la aplicación de los criterios mencionados, 30 estudios fueron incluidos en el análisis final.

De cada estudio incluido se registraron las siguientes variables: autor principal y año de publicación, diseño metodológico, tamaño muestral, características demográficas y clínicas de la población (edad, sexo, porcentaje de superficie corporal total quemada), tipo de procedimiento evaluado, modalidad de realidad virtual utilizada, desenlaces principales (intensidad del dolor, niveles de ansiedad, rango de movimiento articular, requerimiento de opioides), tamaño del efecto con intervalos de confianza del 95 %, heterogeneidad entre estudios (^I²) y limitaciones metodológicas reportadas por los autores.

La información extraída fue organizada y analizada cualitativamente en una síntesis narrativa estructurada de acuerdo con los nueve ejes temáticos previamente definidos. Todo el proceso se condujo respetando principios de rigor metodológico, transparencia y reproducibilidad.

Contexto clínico y justificación del uso de realidad virtual

El dolor asociado a las lesiones por quemaduras es ampliamente reconocido como uno de los síndromes dolorosos más intensos en la práctica clínica contemporánea. Su severidad se exacerba de manera particular durante las intervenciones terapéuticas repetidas que forman parte del tratamiento estándar

—desbridamiento, limpieza de heridas, cambios de apósitos, cuidados de injertos y sesiones de fisioterapia—, configurando un escenario de dolor procedimental recurrente y de difícil control ⁽¹⁾. La síntesis de múltiples revisiones sistemáticas y metaanálisis ha puesto de manifiesto que, pese al empleo de esquemas analgésicos convencionales, el dolor durante estos procedimientos persiste como un problema clínicamente significativo en una proporción sustancial de pacientes ^(2,3). En la población adulta, la farmacoterapia analgésica aislada frecuentemente no alcanza un control óptimo del dolor en el contexto de curaciones sucesivas ⁽⁴⁾. En pacientes pediátricos, esta dificultad se intensifica debido a la mayor reactividad emocional, la coexistencia de ansiedad anticipatoria y las restricciones inherentes al uso seguro de determinados fármacos en este grupo etario ⁽⁵⁻⁷⁾.

El abordaje estándar del dolor por quemaduras se sustenta en un modelo multimodal que integra opioides, analgésicos no opioides y estrategias complementarias de índole no farmacológica ⁽⁸⁾. No obstante, la administración reiterada de opioides durante procedimientos dolorosos puede requerir escalamiento progresivo de dosis y se asocia con efectos adversos clínicamente relevantes, incluyendo náuseas, sedación excesiva, depresión respiratoria y desarrollo de tolerancia farmacológica ⁽⁹⁻¹¹⁾. En determinados contextos, especialmente en países de ingresos bajos y medios, la disponibilidad limitada de opioides y el acceso restringido a técnicas de sedación profunda complejizan aún más el manejo analgésico ⁽¹²⁾. Asimismo, diversos estudios han documentado incrementos significativos en la intensidad del dolor durante los cambios de apósitos respecto a los niveles basales, aun bajo analgesia opioide, lo que evidencia la persistencia de un control nociceptivo incompleto en un número considerable de casos ^(12,13). Este escenario ha consolidado el interés clínico por integrar intervenciones no farmacológicas dentro de protocolos multimodales que potencien la eficacia analgésica sin incrementar la carga farmacológica ⁽¹⁴⁾.

En la población pediátrica, las curaciones y desbridamientos no solo desencadenan dolor agudo de elevada intensidad, sino también respuestas de ansiedad, temor y activación fisiológica del estrés, manifestadas por incrementos en la frecuencia cardíaca y otros parámetros autonómicos ^(15,16). Dado que la experiencia dolorosa constituye un fenómeno multidimensional con componentes sensoriales, afectivos y cognitivos, su abordaje exclusivamente farmacológico resulta insuficiente para intervenir sobre la totalidad de sus dimensiones ⁽¹⁶⁾. A ello se suma la creciente preocupación respecto a la exposición acumulativa a opioides en la infancia, cuyo perfil de seguridad exige especial vigilancia ^(17,18). En respuesta a estas necesi-

dades, la realidad virtual (RV) ha emergido como una estrategia coadyuvante no farmacológica diseñada para complementar la analgesia convencional durante procedimientos de alta carga dolorosa, tanto en el entorno hospitalario como en escenarios domiciliarios supervisados ⁽¹⁹⁾.

Más allá del dolor procedimental agudo, la fase de rehabilitación posterior a la quemadura representa un desafío clínico sustancial. Se ha reportado que una proporción considerable de pacientes con quemaduras graves presenta limitaciones articulares y compromiso funcional al momento del egreso hospitalario ⁽²⁰⁾. Los programas de rehabilitación convencional, caracterizados por ejercicios repetitivos y potencialmente dolorosos, pueden asociarse con adherencia subóptima, disminución de la motivación y presencia de sintomatología ansiosa o depresiva ^(20,21). Un control inadecuado del dolor durante esta etapa se ha vinculado con prolongación de la estancia hospitalaria y deterioro funcional a mediano plazo ⁽²²⁾. Las quemaduras que comprometen las manos revisten particular relevancia, dado su impacto directo sobre la motricidad fina y la autonomía en actividades de la vida diaria ⁽²³⁾. En este contexto, la RV se ha propuesto como herramienta de distracción inmersiva y retroalimentación visual interactiva, con potencial para mejorar la tolerancia al ejercicio terapéutico y favorecer la participación activa del paciente en el proceso rehabilitador ⁽²⁴⁾.

Desde una perspectiva neurocognitiva, el efecto analgésico de la RV se fundamenta en el principio de distracción atencional inmersiva. Mediante la exposición a un entorno tridimensional interactivo, habitualmente a través de dispositivos de visualización montados en la cabeza (head-mounted displays, HMD), se redirige la atención del paciente desde los estímulos nociceptivos hacia estímulos audiovisuales envolventes. Esta competencia por recursos atencionales limitados reduce la capacidad del sistema nervioso central para procesar señales dolorosas ⁽²⁵⁾. Se ha postulado que mayores niveles de inmersión se asocian con una reducción más pronunciada en la percepción del dolor ⁽²⁵⁾. Este fenómeno puede interpretarse a la luz de modelos clásicos como la teoría del control de la compuerta, que describe la modulación descendente de la transmisión nociceptiva a nivel medular, así como de modelos contemporáneos que integran mecanismos supraespinales de regulación cognitiva y emocional del dolor ⁽²²⁾. A diferencia de otras estrategias distractoras predominantemente unisensoriales, como la musicoterapia, la RV ofrece estimulación multisensorial sincronizada, lo que podría potenciar su efecto analgésico ⁽²⁶⁾.

La evidencia acumulada indica que variables psicológicas como la ansiedad anticipatoria, la

catastrofización y las expectativas negativas amplifican significativamente la experiencia dolorosa durante los procedimientos de cuidado de heridas ^(9,10). En este marco, la RV se perfila como una intervención no invasiva, generalmente bien tolerada y con un perfil de seguridad favorable, concebida como complemento —y no sustituto— del manejo farmacológico estándar ^(2,8,14). Su integración en la atención del paciente con quemaduras se inscribe dentro de una estrategia multimodal orientada a optimizar el control del dolor, reducir la carga emocional asociada a los procedimientos y mejorar de manera integral la experiencia asistencial y funcional ^(27,28).

Características poblacionales y procedimientos evaluados

La investigación sobre el empleo de la realidad virtual (RV) en pacientes con quemaduras se ha desarrollado en un amplio espectro de contextos clínicos, incluyendo población pediátrica y adulta, con diseños metodológicos heterogéneos, tamaños muestrales variables y escenarios asistenciales que abarcan unidades hospitalarias de agudos, consultas ambulatorias y entornos domiciliarios supervisados. No obstante, la interpretación del volumen acumulado de evidencia requiere cautela, dado que existe una probable superposición parcial de estudios primarios entre las distintas revisiones sistemáticas y metaanálisis publicados. En la población adulta, diversas revisiones han integrado un número sustancial de ensayos clínicos. Se han reportado cohortes acumuladas de hasta 660 pacientes distribuidos en 21 ensayos, con una edad media cercana a los 31 años, procedentes de centros especializados en Estados Unidos, Irán, Australia y Sudáfrica, todos ellos sometidos a curaciones repetidas de heridas por quemadura ⁽⁴⁾. Un metaanálisis posterior agrupó 16 estudios con 748 participantes, describiendo una edad media de 35 años, predominio masculino del 70,7 % y una superficie corporal quemada (SCQ) promedio del 26,4 %, incluyendo procedimientos de curación de heridas, fisioterapia y desbridamiento realizados en múltiples países ⁽²²⁾. En síntesis más amplias se integraron hasta 30 estudios con un total de 1293 pacientes, con una edad media aproximada de 23 años y predominio masculino superior al 70 %; sin embargo, en dicho análisis no se realizó una estratificación etaria detallada en los resultados cuantitativos ⁽²⁾, lo que limita la interpretación clínica de esa media de edad, especialmente en revisiones que combinan población pediátrica y adulta.

Otra revisión reunió 17 ensayos clínicos aleatorizados con 1119 pacientes pertenecientes a distintos grupos etarios —pediátricos, adolescentes, adultos y adultos mayores—, con SCQ que oscilaron entre 4,7 % y 86

%⁽²⁶⁾. En ese conjunto predominaban las quemaduras con SCQ inferior al 30 %, rango que varios de los estudios incluidos consideraron de gravedad leve a moderada; no obstante, la clasificación de severidad no fue homogénea entre trabajos, lo que introduce variabilidad clínica relevante. En población exclusivamente adulta, una revisión integrativa examinó nueve estudios con participantes de 18 a 65 años, con quemaduras de diversa etiología y extensión, atendidos en unidades especializadas de alta complejidad⁽²⁷⁾. Asimismo, un ensayo controlado realizado en Irán incluyó 60 adultos con SCQ entre 5 % y 50 %, asignados aleatoriamente a tres grupos —RV, distracción auditiva y control— durante cambios hospitalarios de apósitos⁽¹³⁾. Este estudio constituye uno de los pocos que comparó la RV con otra intervención no farmacológica activa; sin embargo, su tamaño muestral relativamente limitado y su carácter unicéntrico deben considerarse al valorar la generalización de los resultados.

En la población pediátrica, la evidencia disponible es igualmente amplia, aunque también heterogénea. Un metaanálisis actualizado incorporó 15 ensayos clínicos aleatorizados con un total de 622 niños y adolescentes hospitalizados por quemaduras, sometidos a curaciones y desbridamientos repetidos⁽⁵⁾. Otro metaanálisis, centrado específicamente en el cambio de apósitos, agrupó seis ensayos con 241 pacientes de entre 3 y 18 años, procedentes de Australia, Estados Unidos y Turquía⁽²⁹⁾. Una síntesis posterior integró 11 ensayos con 445 pacientes menores de 18 años, evaluando la aplicación de RV durante curación de heridas, hidroterapia, cambios de apósitos y desbridamiento superficial⁽¹⁵⁾. Además, se han descrito hasta 17 estudios en población menor de 21 años, con tamaños muestrales que oscilaron entre 7 y 143 participantes⁽²⁵⁾. Esta variabilidad en el tamaño de las muestras —incluyendo estudios piloto de pequeña escala— limita la potencia estadística de algunos ensayos individuales y contribuye a la heterogeneidad global de la evidencia.

Algunos estudios primarios aportan mayor precisión clínica sobre los participantes y el contexto asistencial. En el ámbito pediátrico ambulatorio, un ensayo clínico con 90 pacientes de 6 a 17 años comparó RV activa y pasiva frente al cuidado estándar durante curaciones en consulta externa; predominaban quemaduras de segundo grado con SCQ inferior al 5 %⁽⁷⁾. En contraste, un ensayo en pacientes pediátricos con quemaduras extensas —SCQ media del 44%— evaluó la RV como complemento de la analgesia estándar durante procedimientos repetidos de limpieza y desbridamiento en la unidad de cuidados intensivos⁽¹⁹⁾, representando una de las poblaciones de mayor gravedad incluidas en la literatura analizada. Por otra

parte, un estudio de factibilidad realizado en Estados Unidos incluyó 24 niños que completaron seguimiento utilizando RV durante cambios diarios de apósitos en el domicilio a lo largo de una semana⁽¹⁸⁾, lo que amplía el espectro de aplicación hacia entornos extrahospitalarios, aunque con las limitaciones inherentes a su diseño piloto.

En relación con los procedimientos evaluados, los cambios de apósitos y las curaciones de heridas constituyen el escenario más frecuentemente investigado, presente de manera consistente en la mayoría de las revisiones analizadas^(2,22,26). El desbridamiento y la limpieza de heridas —incluyendo procedimientos en hidrotanque— también han sido evaluados de forma reiterada^(9,17). La rehabilitación funcional posquemadura representa un tercer ámbito relevante. Un metaanálisis que integró 16 ensayos con 535 participantes analizó intervenciones aplicadas durante ejercicios de rango de movimiento, rehabilitación de mano y muñeca y movilización de grandes articulaciones; nueve estudios reportaron uso concomitante de analgésicos durante las sesiones⁽²⁰⁾. Revisiones centradas en rehabilitación del paciente adulto han examinado programas estructurados de ejercicio con medición objetiva del rango de movimiento mediante goniómetros manuales y electrónicos⁽²⁴⁾. En el subgrupo de quemaduras de mano, ensayos prospectivos evaluaron programas de rehabilitación con RV de cuatro semanas de duración, empleando pruebas funcionales estandarizadas como el Jebsen–Taylor Hand Function Test (JTT), el Purdue Pegboard Test (PPT) y el Michigan Hand Outcomes Questionnaire (MHQ)⁽²³⁾.

A pesar de la amplitud geográfica —con estudios realizados en Estados Unidos, Australia, Países Bajos, Egipto, Corea del Sur, Turquía, China, Arabia Saudita, Irán, Reino Unido y Brasil, entre otros^(22,26)—, la mayoría de los ensayos se concentran en centros especializados y en países de ingresos medios y altos, lo que podría limitar la generalización de los resultados a contextos con recursos más restringidos. Encuestas realizadas en centros verificados por la American Burn Association han documentado la implementación de la RV tanto en unidades exclusivamente adultas como en centros mixtos adulto-pediátricos, utilizándose predominantemente durante cambios de apósitos y desbridamientos, sin establecerse un umbral mínimo uniforme de SCQ como criterio de indicación⁽⁸⁾.

En conjunto, la evidencia muestra una heterogeneidad considerable en cuanto a edad de los participantes, extensión de la quemadura, contexto asistencial, tipo de procedimiento, diseño de los estudios y tamaño muestral. Asimismo, la probable superposición de estudios primarios entre revisiones y la

variabilidad en la clasificación de severidad de las quemaduras dificultan la comparación directa entre metaanálisis. No obstante, se observa un patrón consistente: la aplicación predominante de la RV durante procedimientos repetitivos e inherentemente dolorosos —principalmente cambios de apósitos, curaciones, desbridamientos y sesiones de rehabilitación física— tanto en población pediátrica como adulta (2,5,18,22). Esta amplitud poblacional y procedimental sugiere una versatilidad potencial de la RV como intervención coadyuvante; sin embargo, la diversidad metodológica existente debe considerarse cuidadosamente al interpretar la magnitud y consistencia de los efectos reportados en la literatura.

Tipos de realidad virtual y características de la intervención

A lo largo de la literatura revisada, la modalidad de realidad virtual (RV) más empleada fue la inmersiva, implementada mediante visores tipo head-mounted display (HMD). En la mayoría de las revisiones sistemáticas analizadas, más del 70 % de los estudios incluidos utilizaron dispositivos inmersivos con aislamiento visual y auditivo parcial o total (2,5,26,15). El objetivo central consistió en generar distracción multisensorial durante procedimientos terapéuticos dolorosos, particularmente curaciones y desbridamientos. En todos los estudios analizados, la RV se aplicó como intervención complementaria a la analgesia farmacológica estándar; en ninguno de los ensayos reemplazó el tratamiento analgésico convencional (17,19,9,13). Este punto es clínicamente relevante, ya que la evidencia disponible respalda su uso como estrategia adyuvante y no sustitutiva.

Desde el punto de vista clasificatorio, las intervenciones pueden agruparse según el grado de inmersión tecnológica. La RV inmersiva implicó el uso de HMD con generación de entornos tridimensionales, audio integrado y, en una proporción considerable de estudios, interacción activa mediante controles manuales o seguimiento cefálico (25,6,11). La RV no inmersiva incluyó pantallas convencionales, tabletas, videojuegos comerciales o visores de bajo costo acoplados a teléfonos inteligentes (30,11). Sólo una de las revisiones realizó una diferenciación formal y análisis cuantitativo estratificado entre ambas modalidades (30), lo que evidencia la limitada estandarización conceptual en este campo.

La diversidad tecnológica fue notable. Se emplearon dispositivos como i-glasses, eMagin, Samsung Gear VR, Oculus Rift DK2 y Oculus Quest 2 (25,21,12). Algunos ensayos describieron especificaciones técnicas (campo visual de 90 grados, resolución de 1280x1024 píxeles por ojo, audífonos con cancelación de ruido) (9), aunque la mayoría no reportó parámetros técnicos

clave como latencia o tasa de refresco. La ausencia de comparaciones sistemáticas entre plataformas y la falta de criterios uniformes de selección de hardware fueron señaladas en varias revisiones como fuentes importantes de heterogeneidad metodológica (4,28,26). En cuanto al contenido virtual, predominó el uso de entornos interactivos gamificados. SnowWorld fue el escenario más reportado (22,17,19,20), utilizado en una proporción significativa de los ensayos clínicos incluidos en metaanálisis tempranos. Otros contenidos incluyeron videojuegos interactivos y experiencias pasivas basadas en paisajes naturales o estímulos audiovisuales relajantes (16,18,9,27). La elección del contenido varió según la edad; en estudios pediátricos, algunos protocolos permitieron la selección del entorno virtual por parte del niño, lo que se asoció a mayores niveles de involucramiento (21).

Una distinción relevante fue la modalidad activa (interactiva) frente a la pasiva. La RV activa implicó interacción directa con el entorno virtual, mientras que la pasiva se limitó a la visualización sin manipulación (27,10). En los metaanálisis que realizaron análisis por subgrupos, las intervenciones interactivas tendieron a mostrar tamaños del efecto mayores en la reducción del dolor en comparación con modalidades pasivas (20,7). Aunque la magnitud exacta varió entre estudios, esta tendencia sugiere que la carga atencional y la participación cognitiva podrían modular la intensidad del efecto analgésico. Sin embargo, estas conclusiones provienen principalmente de análisis secundarios y comparaciones indirectas; no se identificaron ensayos diseñados específicamente para contrastar ambas modalidades bajo condiciones controladas equivalentes.

Las revisiones sistemáticas incluidas reportaron calidad metodológica variable. Si bien varios ensayos fueron clasificados como de riesgo de sesgo bajo a moderado, limitaciones frecuentes incluyeron ausencia de cegamiento (difícil de implementar por la naturaleza de la intervención), tamaños muestrales pequeños (algunos menor a 30 participantes por grupo) y falta de estandarización en escalas de medición del dolor. Estas limitaciones metodológicas influyen directamente en la precisión de los estimadores de efecto.

En los metaanálisis publicados, se reportaron niveles de heterogeneidad estadística moderados a altos, con valores de I^2 que en algunos análisis superaron el 50 %, e incluso alcanzaron rangos elevados en determinados subgrupos (2,5,26). Esta heterogeneidad refleja diferencias en dispositivos, contenidos, duración de sesiones, poblaciones, procedimientos evaluados y comparadores utilizados. Aunque los efectos analgésicos fueron estadísticamente significativos en la mayoría de los análisis globales, la variabilidad inter-

estudio limita la extrapolación uniforme de la magnitud del beneficio.

La duración de las sesiones durante cambios de apósitos osciló entre 2 y 30 minutos, con medias reportadas cercanas a 10–15 minutos ⁽²²⁾. En programas de rehabilitación funcional, las sesiones alcanzaron 30 minutos y se repitieron diariamente durante varias semanas ^(21,23,24,26). No obstante, ningún estudio definió formalmente una dosis óptima de RV, ni se realizaron análisis de relación dosis-respuesta, lo que constituye una brecha importante en la literatura.

En cuanto a seguridad y criterios de exclusión, algunos protocolos excluyeron pacientes con antecedentes de vértigo, cinetosis o claustrofobia ⁽¹²⁾. Sin embargo, la notificación sistemática de eventos adversos fue limitada, y la mayoría de los ensayos no presentó análisis estructurados de seguridad, lo que impide establecer conclusiones robustas sobre tolerabilidad en subgrupos vulnerables.

En conjunto, la evidencia sugiere que la RV inmersiva, especialmente en modalidad interactiva, puede generar una reducción clínicamente significativa del dolor cuando se utiliza como complemento de la analgesia estándar durante procedimientos dolorosos en pacientes con quemaduras. Sin embargo, la heterogeneidad metodológica, la variabilidad tecnológica y la calidad desigual de los ensayos indican que, aunque la implementación es prometedora y factible en entornos hospitalarios y ambulatorios, aún se requiere estandarización técnica y ensayos comparativos directos antes de establecer recomendaciones clínicas universales sobre tipo de dispositivo o modalidad óptima.

Mecanismos propuestos de acción analgésica y efecto de la realidad virtual sobre el dolor durante curaciones y desbridamiento

La evidencia analizada converge en identificar la distracción cognitiva inmersiva como el principal mecanismo mediante el cual la realidad virtual (RV) ejerce su efecto analgésico. Al sumergir al paciente en un entorno virtual altamente estimulante, se genera una competencia por los recursos atencionales limitados del sistema nervioso central, disminuyendo la capacidad disponible para procesar las señales nociceptivas procedentes de la herida. En este contexto, la atención actúa como un recurso finito: cuanto mayor es el grado de inmersión y presencia subjetiva en el entorno virtual, menor es la percepción consciente del dolor durante el procedimiento ^(2,3,8).

Desde el punto de vista teórico, este fenómeno se sustenta en modelos clásicos y contemporáneos del procesamiento del dolor. La teoría del control de la compuerta plantea que los mecanismos descendentes de modulación cognitiva pueden inhibir la transmisión

nociceptiva a nivel medular, reduciendo la señal dolorosa antes de su integración cortical ⁽¹⁶⁾. De manera complementaria, el modelo de la neuromatriz entiende el dolor como una experiencia multidimensional generada por redes cerebrales distribuidas que integran componentes sensoriales, emocionales y cognitivos ⁽¹⁾. La inmersión multisensorial característica de la RV, junto con la participación activa del paciente en entornos interactivos, podría modular estas redes, disminuyendo la activación de regiones implicadas en el procesamiento nociceptivo, como la corteza somatosensorial, la ínsula, la corteza cingulada anterior y el tálamo, según lo descrito en estudios de neuroimagen funcional ⁽¹⁾. La asociación entre menor activación en estas áreas y menores puntuaciones de dolor refuerza la plausibilidad biológica del efecto observado.

Es importante destacar que la RV no actúa exclusivamente sobre la intensidad del dolor. Diversos estudios han documentado reducciones simultáneas en la desagradabilidad y en el componente cognitivo del dolor, medido como el tiempo que el paciente dedica a pensar en él durante el procedimiento ⁽²⁰⁾. Esta acción multidimensional sugiere una modulación integral de la experiencia dolorosa, que abarca dominios sensoriales, afectivos y atencionales. Aunque algunos trabajos exploratorios han descrito posibles correlatos neurofisiológicos específicos, estos hallazgos permanecen en etapas preliminares y requieren confirmación en muestras de mayor tamaño ⁽¹²⁾.

En términos clínicos, las revisiones sistemáticas y metaanálisis publicados en la última década coinciden en señalar que la RV reduce de manera significativa el dolor durante procedimientos de cuidado de heridas por quemadura, incluyendo cambios de apósitos y desbridamientos repetidos. En poblaciones mixtas de adultos y niños, las síntesis que integraron entre ocho y dieciséis ensayos clínicos aleatorizados describen una superioridad consistente de la RV frente al cuidado estándar sin intervención distractora, con magnitudes de efecto que se sitúan de forma recurrente en el rango moderado a grande ^(2,22,30). Aunque la variabilidad entre estudios es considerable, la dirección del efecto se mantiene uniforme a favor de la intervención.

En población pediátrica, la magnitud del beneficio tiende a ser aún más pronunciada. Las revisiones que agruparon entre seis y quince ensayos clínicos en niños y adolescentes con quemaduras documentan reducciones sustanciales del dolor procedimental cuando la RV se utiliza como complemento de la analgesia convencional ^(5,29,15). Este hallazgo reviste especial importancia clínica, dado que los pacientes pediátricos presentan mayor vulnerabilidad al dolor repetido y a la ansiedad asociada a procedimientos

invasivos.

Los estudios individuales refuerzan estos resultados con datos clínicamente interpretables. En adultos sometidos a cambios de apósitos, diversos estudios han reportado reducciones cercanas a dos puntos en escalas numéricas de 0 a 10, diferencia considerada clínicamente relevante en dolor agudo ^(4,22). En niños, ensayos controlados han mostrado descensos significativos en escalas adaptadas a la edad, como la Wong-Baker FACES, con puntuaciones consistentemente menores en los grupos que recibieron RV ⁽¹⁶⁾. En pacientes con quemaduras extensas sometidos a desbridamiento repetido, se han observado reducciones marcadas tanto en el peor dolor como en el dolor promedio, con efectos sostenidos a lo largo de varios días consecutivos de tratamiento ^(17,19). Asimismo, en entornos domiciliarios se han descrito disminuciones superiores al 30 % en la carga total de dolor reportada por niños durante cambios diarios de apósitos ⁽¹⁸⁾. Más allá de la intensidad, la RV ha demostrado impacto en múltiples dimensiones de la experiencia dolorosa, incluyendo la desagradabilidad y la rumiación asociada al procedimiento ⁽²⁰⁾, lo que respalda su acción integral sobre la vivencia nociceptiva.

Cuando se compara con otras estrategias no farmacológicas, la RV muestra superioridad frente al cuidado estándar y resultados comparables, e incluso discretamente superiores en algunos estudios, frente a técnicas distractoras convencionales como la música o la televisión ^(13,26). Sin embargo, la heterogeneidad metodológica es elevada en la mayoría de las síntesis disponibles, atribuible a diferencias en edad de los participantes, extensión de la quemadura, tipo de procedimiento, modalidad de RV (inmersiva frente a no immersiva; activa frente a pasiva), duración de la intervención y escalas de medición empleadas ^(4,3,22). Esta variabilidad limita la precisión de la estimación global del efecto, aunque no cuestiona la consistencia de la dirección del beneficio.

En conjunto, la evidencia disponible indica que la RV produce una reducción clínicamente relevante del dolor durante curaciones y desbridamiento en pacientes con quemaduras, tanto adultos como pediátricos. El efecto parece maximizarse cuando la intervención es immersiva e interactiva, se aplica en procedimientos de alta carga dolorosa y forma parte de un esquema de analgesia multimodal. A pesar de la heterogeneidad existente, la convergencia de resultados procedentes de múltiples revisiones independientes y estudios primarios realizados en diversos contextos clínicos respalda la utilidad de la RV como herramienta adyuvante en el manejo del dolor procedural por quemaduras.

Efecto de la realidad virtual sobre la ansie-

dad

La ansiedad constituye un componente frecuente y clínicamente relevante de la experiencia del paciente con quemaduras, particularmente durante procedimientos dolorosos repetidos. Su evaluación ha sido incluida como desenlace secundario en un número creciente de estudios que investigaron la realidad virtual (RV) en esta población. Los hallazgos disponibles sugieren un efecto favorable, aunque con mayor variabilidad que los resultados sobre dolor.

En revisiones sistemáticas y metaanálisis que integraron población adulta y pediátrica, se observó una reducción estadísticamente significativa de la ansiedad en los grupos que recibieron RV en comparación con el cuidado estándar ^(2,5,30). Sin embargo, la magnitud del efecto fue menor que la reportada para el dolor, y la heterogeneidad entre estudios fue elevada. Estos resultados deben interpretarse con cautela, dado que los instrumentos de medición empleados variaron considerablemente entre ensayos, incluyendo escalas de autorreporte (como la Escala Visual Analógica de Ansiedad y la escala FACES), mediciones fisiológicas (frecuencia cardíaca) y herramientas observacionales aplicadas por el personal clínico o los cuidadores ^(2,25,26).

En la población pediátrica, la señal ansiolítica de la RV fue más consistente. Los metaanálisis centrados en niños y adolescentes con quemaduras documentaron reducciones significativas de la ansiedad durante curaciones y desbridamientos ^(5,15,29). Este hallazgo es congruente con la noción de que los pacientes pediátricos son particularmente susceptibles a la ansiedad anticipatoria, al temor al procedimiento y a la amplificación emocional del dolor. La distracción immersiva proporcionada por la RV parece modular tanto el componente afectivo del dolor como la respuesta de ansiedad situacional, reduciendo la activación autonómica y disminuyendo la percepción de amenaza durante el procedimiento ^(25,16).

En adultos, los resultados fueron más heterogéneos. Algunas revisiones reportaron una tendencia favorable pero no significativa ^(4,3), mientras que ensayos individuales mostraron efectos positivos en subgrupos específicos, como pacientes sometidos a procedimientos de mayor duración o con niveles basales elevados de ansiedad ^(10,27). La menor consistencia en adultos podría atribuirse a diferencias en los mecanismos cognitivos de regulación emocional, a la mayor familiarización con el entorno hospitalario o a la heterogeneidad de los instrumentos de medición utilizados. Un aspecto relevante es que varios estudios no analizaron la ansiedad como desenlace primario, sino como variable secundaria, lo que puede haber limitado el poder estadístico para detectar diferencias significativas. Además, la falta de cegamiento —in-

herente a las intervenciones con RV—introduce un riesgo de sesgo de expectativa que podría sobreestimar el efecto percibido sobre la ansiedad. En conjunto, la evidencia respalda un efecto beneficioso de la RV sobre la ansiedad en pacientes con quemaduras, con mayor solidez en población pediátrica. No obstante, la heterogeneidad en los instrumentos de medición, la variabilidad en los diseños de estudio y la ausencia de análisis específicamente diseñados para evaluar la ansiedad como desenlace primario limitan la fortaleza de las conclusiones. Se requieren estudios con medición estandarizada de la ansiedad y análisis estratificados por grupo etario para delimitar con mayor precisión la magnitud y los moderadores del efecto ansiolítico de la RV en esta población.

Comparación entre realidad virtual inmersiva y no inmersiva

La comparación entre realidad virtual (RV) inmersiva y no inmersiva en pacientes con quemaduras constituye un área insuficientemente desarrollada, con escasa evidencia comparativa directa. La mayoría de las revisiones sistemáticas y metaanálisis incluidos no realizaron análisis formales diferenciando el grado de inmersión tecnológica ^(2,4,3,5).

Uno de los pocos análisis que estratificó los resultados según el tipo de inmersión mostró que la modalidad inmersiva se asoció con una reducción significativa del dolor, mientras que la no inmersiva no alcanzó significación estadística en el efecto sobre este desenlace ⁽³⁰⁾. De forma concordante, una revisión posterior reportó una magnitud de efecto superior con la RV inmersiva en comparación con la no inmersiva, con diferencia estadísticamente significativa a favor de la primera modalidad ⁽¹¹⁾. Estos hallazgos sugieren que el nivel de aislamiento sensorial y la capacidad de generar una sensación de “presencia” en el entorno virtual podrían modular la intensidad del efecto analgésico.

Sin embargo, los resultados no son completamente uniformes. En el ámbito de la rehabilitación funcional, se ha observado de forma descriptiva que los sistemas interactivos avanzados se asociaron con mayor ganancia funcional, mientras que las experiencias pasivas mostraron efectos menos consistentes sobre el rango de movimiento, lo que sugiere que la interacción activa podría potenciar el beneficio terapéutico más allá del grado de inmersión visual per se ⁽²⁰⁾. En la misma línea, un ensayo clínico pediátrico reportó que la RV activa se asoció con menor dolor en comparación con la RV pasiva ⁽⁷⁾. No obstante, al comparar RV interactiva tridimensional con estímulos visuales pasivos (imágenes de naturaleza) utilizando el mismo hardware, no se observaron diferencias significativas en analgesia, lo que sugiere que la interactividad por

sí sola podría no explicar completamente el efecto analgésico observado ⁽⁹⁾.

Algunos estudios emplearon exclusivamente un tipo de tecnología sin comparador interno. Se ha documentado que dispositivos de RV no inmersiva de bajo costo también pueden generar reducciones significativas del dolor y la ansiedad durante procedimientos dolorosos, aunque sin comparación directa con sistemas inmersivos ⁽¹²⁾. De igual forma, otros ensayos evaluaron únicamente RV inmersiva frente a la ausencia de intervención, sin incluir una modalidad no inmersiva como grupo comparador ⁽¹⁶⁾.

Desde una perspectiva teórica, se ha postulado que un mayor grado de inmersión podría asociarse con un mayor efecto analgésico, dado que la RV inmersiva involucra estimulación visual y auditiva simultánea, generando mayor sensación de presencia y captando más recursos atencionales ^(1,25). En comparación con formas tradicionales de distracción—como televisión, juguetes o dispositivos electrónicos convencionales—, la RV inmersiva ha mostrado una tendencia a mayor eficacia, aunque la evidencia es heterogénea y limitada por la ausencia de comparaciones directas estandarizadas ⁽⁶⁾. Cabe destacar que en las revisiones que incluyeron análisis de red o subgrupos, la RV gamificada produjo mayor reducción del dolor que la no gamificada, lo que sugiere que el grado de involucramiento activo podría modular la magnitud del efecto terapéutico ⁽¹⁵⁾.

En conjunto, la evidencia disponible sugiere una posible superioridad de la RV inmersiva sobre la no inmersiva en términos de analgesia; sin embargo, la falta de comparaciones directas sistemáticas, la heterogeneidad en dispositivos y protocolos, y la ausencia de estandarización metodológica limitan la posibilidad de establecer conclusiones definitivas. Se requieren estudios comparativos directos, con diseño robusto y adecuada estratificación por nivel de inmersión, para clarificar la verdadera magnitud de la diferencia terapéutica entre ambas modalidades.

Rehabilitación funcional post-quemadura

La evidencia acumulada sobre la aplicación de la realidad virtual (RV) en la rehabilitación funcional de pacientes con quemaduras proviene de un número creciente, aunque aún limitado, de estudios que han evaluado su impacto sobre el rango de movimiento articular, la fuerza muscular y la adherencia al tratamiento rehabilitador.

Un metaanálisis que integró 16 ensayos clínicos con 535 participantes reportó que la RV se asoció con una mejora significativa en el rango de movimiento articular en comparación con la rehabilitación convencional, con un tamaño del efecto moderado ⁽²⁰⁾. Las intervenciones evaluadas incluyeron ejercicios asisti-

dos por RV para extremidades superiores e inferiores, movilización de grandes articulaciones y programas específicos de rehabilitación de mano y muñeca. Los estudios que emplearon RV interactiva mostraron una tendencia a mayores ganancias funcionales en comparación con las modalidades pasivas, lo que sugiere un papel potenciador de la participación activa del paciente en el proceso rehabilitador ^(20,24).

En el subgrupo de pacientes con quemaduras de mano, un ensayo clínico aleatorizado evaluó un programa de rehabilitación con RV de cuatro semanas de duración en pacientes adultos. Se reportaron mejoras significativas en la destreza manual medida mediante el Jebsen–Taylor Hand Function Test (JTT) y el Purdue Pegboard Test (PPT), así como en la percepción funcional evaluada con el Michigan Hand Outcomes Questionnaire (MHQ) ⁽²³⁾. Estos resultados son clínicamente relevantes dado el impacto de las quemaduras de mano sobre la motricidad fina y la capacidad para realizar actividades de la vida diaria. Sin embargo, los resultados sobre la fuerza de prensión fueron menos consistentes. Mientras que algunos estudios reportaron mejoras en la fuerza de agarre tras programas de RV ⁽²³⁾, otros no encontraron diferencias significativas en comparación con la rehabilitación convencional ⁽²⁰⁾. Esta discrepancia puede atribuirse a diferencias en la intensidad y duración de las intervenciones, en los dispositivos utilizados y en las características basales de los participantes.

En cuanto a la adherencia terapéutica, varios estudios señalaron que la RV se asoció con mayor motivación y disposición del paciente para participar en las sesiones de rehabilitación, particularmente en población pediátrica ^(21,24). La naturaleza lúdica e interactiva de los entornos virtuales podría reducir la percepción de monotonía y dolor asociada a los ejercicios repetitivos convencionales, favoreciendo la continuidad del tratamiento. No obstante, la mayoría de estos hallazgos provienen de reportes cualitativos o mediciones indirectas, sin escalas validadas de adherencia.

En el contexto de la rehabilitación del paciente adulto, una revisión integrativa señaló que la RV facilitó la realización de ejercicios de rango de movimiento en pacientes con dolor persistente y limitación funcional, aunque la calidad de la evidencia fue valorada como baja a moderada debido a los tamaños muestrales reducidos y a la heterogeneidad de los protocolos ⁽²⁷⁾. Otra revisión sistemática que incluyó estudios de rehabilitación en pacientes con quemaduras documentó mejoras en el rango de movimiento de miembros superiores e inferiores, con resultados más consistentes en intervenciones que combinaron RV con fisioterapia convencional ⁽²⁰⁾.

Es importante señalar que la mayoría de los estudios

de rehabilitación evaluaron desenlaces a corto plazo, con seguimiento limitado al periodo inmediato posterior a la intervención. La ausencia de datos sobre la persistencia de los beneficios funcionales a mediano y largo plazo constituye una limitación significativa de la evidencia disponible. Asimismo, la falta de protocolos estandarizados en cuanto a tipo de dispositivo, duración de las sesiones, frecuencia de tratamiento y contenido virtual dificulta la comparación entre estudios y la formulación de recomendaciones clínicas específicas.

En conjunto, la evidencia sugiere que la RV puede constituir una herramienta complementaria útil en la rehabilitación funcional del paciente con quemaduras, particularmente para mejorar el rango de movimiento articular y favorecer la adherencia al tratamiento. Sin embargo, los resultados sobre fuerza muscular no son concluyentes, y se requieren ensayos clínicos con protocolos estandarizados, mayor tamaño muestral y seguimiento prolongado para establecer con mayor precisión su papel dentro de los programas de rehabilitación posquemadura.

Consumo de opioides, seguridad y experiencia del paciente

El consumo de opioides como desenlace en estudios de realidad virtual (RV) en pacientes con quemaduras ha sido evaluado de manera limitada e inconsistente. A pesar de que la reducción del requerimiento de analgesia opioide constituye una de las justificaciones teóricas más frecuentemente citadas para la implementación de la RV, la mayoría de los estudios revisados no incluyeron esta variable como desenlace primario ni la midieron de forma estandarizada.

En las revisiones sistemáticas y metaanálisis analizados, el consumo de opioides fue reportado de manera esporádica y con metodologías diversas —desde el registro de dosis acumulada hasta la documentación cualitativa de la necesidad percibida de analgesia de rescate— ^(2,8,22). Algunos estudios individuales sugieren una tendencia hacia menor requerimiento de analgesia de rescate en los grupos que recibieron RV ^(10,27), pero estos hallazgos no alcanzaron significación estadística consistente ni fueron replicados de manera sistemática. Una encuesta realizada en centros de quemados verificados documentó que, si bien la RV se ha incorporado como parte de la atención estándar en un número creciente de instituciones, su impacto cuantificable sobre la prescripción y el consumo de opioides no ha sido formalmente evaluado en la práctica clínica habitual ⁽⁸⁾.

Esta brecha representa una de las limitaciones más relevantes de la literatura actual. La ausencia de medición estandarizada del consumo de opioides impide establecer conclusiones sobre el potencial aho-

rrador de la RV en este ámbito, lo que contrasta con la frecuencia con que dicha reducción se invoca como argumento a favor de su implementación.

En cuanto a la seguridad, el perfil de la RV en pacientes con quemaduras fue consistentemente favorable a lo largo de la literatura revisada. Los eventos adversos reportados fueron leves e infrecuentes, incluyendo mareo transitorio, náuseas leves, sensación de calor bajo el visor y molestia por el peso del dispositivo ^(2,8,12,22). Ningún estudio reportó eventos adversos graves atribuibles a la intervención con RV. En población pediátrica, la tolerabilidad fue igualmente buena, con tasas de interrupción por intolerancia o rechazo extremadamente bajas ^(5,15,25). No obstante, la notificación de eventos adversos no fue sistemática en todos los ensayos, y algunos estudios no incluyeron un análisis formal de seguridad, lo que limita la capacidad de detectar eventos infrecuentes o subclínicos.

La experiencia del paciente fue evaluada en un subconjunto de los estudios revisados mediante cuestionarios de satisfacción, escalas de disfrute y entrevistas cualitativas. De manera consistente, los pacientes —tanto adultos como pediátricos— reportaron una experiencia positiva con la RV, manifestando preferencia por su uso durante procedimientos futuros ^(9,16,27,28). En estudios que midieron la “diversión” o el “disfrute” durante el procedimiento, los grupos con RV obtuvieron puntuaciones significativamente más altas que los controles ^(9,19). La percepción de utilidad fue particularmente marcada en pacientes pediátricos, quienes mostraron mayor entusiasmo y menor resistencia a los procedimientos cuando se utilizó RV ^(7,18,25).

Desde la perspectiva del personal clínico, la implementación de la RV fue valorada positivamente en los estudios que recogieron esta información. Se reportó que la RV facilitó la realización de procedimientos al reducir la agitación y la resistencia del paciente, particularmente en niños ^(8,27). Sin embargo, también se identificaron barreras logísticas, incluyendo el costo de los equipos, la necesidad de capacitación del personal, las dificultades para mantener la higiene de los dispositivos en entornos clínicos y la complejidad de integrar la RV dentro de flujos de trabajo asistenciales preestablecidos ^(8,12).

En conjunto, la evidencia disponible indica que la RV presenta un perfil de seguridad favorable y una alta aceptabilidad por parte de pacientes y profesionales de la salud. Sin embargo, la falta de evaluación sistemática del consumo de opioides como desenlace constituye una laguna significativa que debe abordarse en investigaciones futuras. La incorporación de mediciones estandarizadas del requerimiento analgésico permitiría determinar con rigor si la RV puede

contribuir efectivamente a reducir la carga opioide en pacientes con quemaduras.

Limitaciones de la evidencia

La interpretación de la evidencia disponible sobre la realidad virtual (RV) en pacientes con quemaduras debe considerar múltiples limitaciones metodológicas que condicionan la solidez de las conclusiones.

En primer lugar, los tamaños muestrales de la mayoría de los ensayos clínicos incluidos fueron reducidos, con algunos estudios que incluyeron menos de 30 participantes por grupo. Esta limitación disminuye la potencia estadística para detectar diferencias clínicamente relevantes y aumenta la susceptibilidad a errores de tipo II ^(2,4,22,26).

En segundo lugar, la heterogeneidad metodológica fue considerable. Los estudios difirieron en cuanto a población (pediátrica versus adulta), tipo de procedimiento evaluado (curaciones, desbridamiento, rehabilitación), modalidad de RV (inmersiva versus no immersiva; activa versus pasiva), tipo de dispositivo utilizado, duración y frecuencia de las sesiones, escalas de medición del dolor y la ansiedad, y tipo de comparador (cuidado estándar, otra intervención no farmacológica o RV pasiva). Esta variabilidad dificulta la síntesis cuantitativa y limita la comparabilidad entre estudios ^(3,5,26).

En tercer lugar, la ausencia de cegamiento constituye una limitación inherente a las intervenciones con RV. Dado que el paciente es consciente de estar utilizando un dispositivo de RV, no es posible implementar un cegamiento convencional, lo que introduce un riesgo de sesgo de expectativa y efecto placebo que puede sobreestimar los efectos reportados sobre el dolor y la ansiedad ^(2,22,28).

En cuarto lugar, la mayoría de los estudios evaluaron desenlaces a corto plazo, generalmente durante o inmediatamente después del procedimiento doloroso. La ausencia de seguimiento a mediano y largo plazo impide determinar si los beneficios de la RV se mantienen en el tiempo, si existe un efecto acumulativo con sesiones repetidas o si la eficacia disminuye por habituación ^(4,20,27).

En quinto lugar, la falta de estandarización en los instrumentos de medición del dolor y la ansiedad dificulta la comparación directa entre estudios. Se utilizaron escalas diversas, incluyendo la Escala Visual Analógica (EVA), la escala numérica del dolor (NRS), la Wong-Baker FACES, la Graphic Rating Scale, el Faces Pain Scale-Revised, el State-Trait Anxiety Inventory (STAI) y mediciones fisiológicas, entre otras ^(2,5,22,25,26). Esta heterogeneidad instrumental introduce variabilidad adicional en los estimadores de efecto.

En sexto lugar, la probable superposición de estudios

primarios entre diferentes revisiones sistemáticas y metaanálisis constituye una fuente de redundancia que puede inflar artificialmente la percepción de la base de evidencia. Al no existir un registro centralizado que permita rastrear la inclusión de cada estudio primario en múltiples revisiones, existe el riesgo de que los mismos datos sean contabilizados repetidamente en síntesis independientes ^(2,22,30).

En séptimo lugar, la posibilidad de sesgo de publicación debe considerarse. Es más probable que se publiquen estudios con resultados positivos, lo que podría sobreestimar el efecto global de la RV. Algunos metaanálisis incluyeron análisis de funnel plot que no descartaron completamente esta posibilidad ^(2,5).

Finalmente, la escasa representación de contextos de ingresos bajos y medios en la literatura revisada limita la generalizabilidad de los hallazgos a entornos donde la carga de quemaduras es desproporcionadamente alta. La mayoría de los ensayos se realizaron en centros especializados de países de ingresos altos, y la factibilidad, aceptabilidad y costo-efectividad de la RV en contextos con recursos limitados permanecen insuficientemente exploradas ^(12,22).

En conjunto, estas limitaciones subrayan la necesidad de ensayos clínicos aleatorizados multicéntricos con protocolos estandarizados, tamaños de muestra adecuados, instrumentos de medición homogéneos, seguimiento a mediano y largo plazo, evaluación del consumo de opioides como desenlace primario y representación de contextos clínicos diversos, a fin de consolidar la base de evidencia necesaria para sustentar recomendaciones clínicas robustas sobre el uso de la RV en pacientes con quemaduras.

Conclusiones

La presente revisión narrativa estructurada permite establecer las siguientes consideraciones a partir de la síntesis de 30 estudios publicados entre 2016 y 2026. La realidad virtual, predominantemente en su modalidad inmersiva e interactiva, constituye una intervención adyuvante no farmacológica con eficacia demostrada para la reducción del dolor procedimental durante curaciones y desbridamiento en pacientes con quemaduras. La magnitud del efecto, reportada de forma consistente como moderada a grande en múltiples revisiones sistemáticas y metaanálisis independientes, respalda su incorporación dentro de protocolos de analgesia multimodal tanto en población adulta como pediátrica ^(2,3,5,11,22,30).

En relación con la ansiedad, los hallazgos son favorables aunque más heterogéneos. La señal ansiolítica es más consistente en niños y adolescentes, en quienes la distracción inmersiva parece modular tanto la ansiedad experimentada durante el procedimiento como la antipatoria. En adultos, el efecto sobre la ansiedad

es de menor magnitud y mayor variabilidad, lo que sugiere la necesidad de investigaciones específicas en este grupo etario.

En el ámbito de la rehabilitación funcional, la realidad virtual ha mostrado potencial para mejorar el rango de movimiento articular y la adherencia terapéutica, con resultados particularmente alentadores en la rehabilitación de la mano quemada. Sin embargo, los efectos sobre la fuerza muscular no han sido consistentes, y la ausencia de protocolos estandarizados dificulta la comparación entre estudios.

El consumo de opioides no fue evaluado de forma sistemática como desenlace en la literatura revisada, lo que constituye una laguna relevante. Aunque la realidad virtual se propone frecuentemente como estrategia para reducir la carga opioide, esta afirmación carece de respaldo cuantitativo directo en los estudios disponibles.

El perfil de seguridad fue favorable, con eventos adversos leves e infrecuentes, y la experiencia del paciente fue consistentemente positiva, lo que sugiere una alta aceptabilidad clínica de la intervención.

No obstante, la solidez de estas conclusiones se encuentra limitada por la heterogeneidad metodológica, los tamaños muestrales reducidos, la diversidad de instrumentos de medición, la ausencia de cegamiento, el predominio de evaluaciones a corto plazo y la posible presencia de sesgo de publicación.

Se requieren ensayos clínicos aleatorizados multicéntricos con protocolos estandarizados, tamaños de muestra adecuados, instrumentos de medición homogéneos, seguimiento a mediano y largo plazo, y evaluación del consumo de opioides como desenlace primario, a fin de consolidar la base de evidencia necesaria para sustentar la incorporación sistemática de la realidad virtual en los protocolos de atención del paciente con quemaduras.

Referencias

1. Bermo MS, Patterson D, Sharar SR, Hoffman HG, Lewis DH. Virtual reality to relieve pain in burn patients undergoing imaging and treatment. *Top Magn Reson Imaging*. 2020;29(4):203-211. doi:10.1097/RMR.0000000000000248.
2. Hosseini SN, Gholipour-Khalili E, Asghari-Jafarabadi M. Effect of virtual reality-based interventions on pain during wound care in burn patients: a systematic review and meta-analysis. *Arch Acad Emerg Med*. 2023;10(1):e56. doi:10.22037/aaem.v10i1.1756.
3. Mazaheri M, Salehi A, Ghasemi E. Clinical efficacy and patients' perception of virtual reality during wound care in adults: a systematic review with meta-analysis of randomized clinical trials. *Wound Repair Regen*. 2023;31(5):627-639. doi:10.1111/wrr.13128.
4. Scheffler M, Koranyi S, Meissner W, Strauss B, Rosendahl J. Efficacy of non-pharmacological interventions for procedural pain relief in adults undergoing burn wound care: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Burns*. 2018;44(7):1709-1720. doi:10.1016/j.burns.2017.11.019.

5. Lou J, Xiang Z, Li J, Cui S, Huang N, Jin G, et al. The beneficial impact of virtual reality in the burn wound care of pediatric patients: an updated systematic review and meta-analysis. *Burns*. 2025;51(3):107623. doi:10.1016/j.burns.2025.107623.
6. Arane K, Behboudi A, Goldman RD. Virtual reality for pain and anxiety management in children. *Can Fam Physician*. 2017;63(12):932-934.
7. Jones K, Armstrong M, Luna J, Thakkar RK, Fabia R, Groner JI, et al. Age and sex differences of virtual reality pain alleviation therapy during pediatric burn care: a randomized clinical trial. *J Med Ext Real*. 2024;1(1):1-12. doi:10.1089/jmxr.2024.0004.
8. Werner E. The use of virtual reality as a standard of care in verified burn centers. *Burns*. 2024;50(4):808-812. doi:10.1016/j.burns.2024.01.010.
9. Patterson DR, Drever S, Soltani M, Sharar SR, Wiechman S, Meyer WJ, et al. A comparison of interactive immersive virtual reality and still nature pictures as distraction-based analgesia in burn wound care. *Burns*. 2023;49(1):39-47. doi:10.1016/j.burns.2022.02.002.
10. Armstrong M, Coffey R, Luna J, Xiang H. Pilot randomized clinical trial of virtual reality pain management during adult burn dressing changes: lessons learned. *PLoS Digit Health*. 2023;2(4):e0000231. doi:10.1371/journal.pdig.0000231.
11. Moreno-Martínez M, Daljó-Pibernat A, Vidal-Alaball J. Virtual reality as a pain reduction method in burn and wound healing: a systematic review and meta-analysis. *Burns Trauma*. 2025;13:tkaf061. doi:10.1093/burnst/tkaf061.
12. Brown T, Dee A, McCullough MC, Santos P, Kulber D. Analgesic use of virtual reality for burn dressing changes in low- and middle-income countries: a feasibility study. *Plast Reconstr Surg Glob Open*. 2024;12(10):e6226. doi:10.1097/GOX.0000000000006226.
13. Soori K, Larti N, Jalalvandi F, Jamshid Malekara N. Comparing the efficacy of auditory distractions versus virtual reality on pain severity and physiological indicators during burn dressing changes: a randomized controlled trial. *Pain Manag Nurs*. 2025;26(2):e215-e222. doi:10.1016/j.pmn.2025.09.002.
14. Teh J, Pascoe DJ, Hajjaji S, Parchure R, Koczowski A, Rimmer M, et al. Efficacy of virtual reality for pain relief in medical procedures: a systematic review and meta-analysis. *BMC Med*. 2024;22(1):200. doi:10.1186/s12916-024-03266-6.
15. Zuo H, Weng L, Wang Z. VR technology on wound care in pediatric burn patients: a meta-analysis. *Pain Manag Nurs*. 2026. doi:10.1016/j.pmn.2026.01.009.
16. Kaya M, Karaman Özlü Z. The effect of virtual reality on pain, anxiety, and fear during burn dressing in children: a randomized controlled study. *Burns*. 2023;49(6):1326-1336. doi:10.1016/j.burns.2022.06.001.
17. Hoffman HG, Rodriguez RA, Gonzalez M, Bernardy M, Penna R, Beck W, et al. Immersive virtual reality as an adjunctive non-opioid analgesic for predominantly Latin American children with large severe burn wounds during burn wound cleaning in the intensive care unit: a pilot study. *Front Hum Neurosci*. 2019;13:262. doi:10.3389/fnhum.2019.00262.
18. Armstrong M, Luna J, Groner JI, Thakkar RK, Fabia R, Noffsinger D, et al. Mobile phone virtual reality game for pediatric home burn dressing pain management: a randomized feasibility clinical trial. *Pilot Feasibility Stud*. 2022;8(1):186. doi:10.1186/s40814-022-01150-9.
19. Hoffman HG, Patterson DR, Rodriguez RA, Penna R, Beck W, Meyer WJ. Virtual reality analgesia for children with large severe burn wounds during burn wound debridement. *Front Virtual Real*. 2021;1:602299. doi:10.3389/frvir.2020.602299.
20. Lan X, Tan Z, Zhou T, Huang Z, Wang C, Chen Z, et al. The use of virtual reality in burn rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2023;104(3):502-513. doi:10.1016/j.apmr.2022.08.005.
21. Ali R, Selim A, Ghafar MA, Abdelraouf OR, Ali OI. Virtual reality as a pain distractor during physical rehabilitation in pediatric burns. *Burns*. 2022;48(4):861-868. doi:10.1016/j.burns.2021.04.031.
22. Senol Celik S, Celik Y, Arslan HN, Bozkul G. The effect of virtual reality-based interventions on pain in burn wound care in burn patients: a systematic review and meta-analysis. *J Tissue Viability*. 2024;33(4):567-578. doi:10.1016/j.jtv.2024.07.019.
23. Joo SY, Cho YS, Lee SY, Seok H, Seo CH. Effects of virtual reality-based rehabilitation on burned hands: a prospective, randomized, single-blind study. *J Clin Med*. 2020;9(3):731. doi:10.3390/jcm9030731.
24. Riaz HM. Virtual reality-based functional recovery in burn population: a systematic review. *Int J Burns Trauma*. 2025;15(1):1-12. doi:10.62347/ijbt.3706.
25. Ejlers R, Utens EMWJ, Staals LM, de Nijs PFA, Berghmans JM, Wijnen RMH, et al. Systematic review and meta-analysis of virtual reality in pediatrics: effects on pain and anxiety. *J Med Internet Res*. 2019;21(1):e11965. doi:10.2196/11965.
26. Zhang W, Sui X, Zhang L, Zhang L, Yan H, Song S. Effects of two non-drug interventions on pain and anxiety in the nursing process of burn patients: a literature review with meta-analysis. *Front Rehabil Sci*. 2024;5:1479833. doi:10.3389/frsc.2024.1479833.
27. Ramage M, Davis SP. Virtual reality as an intervention for adult burn patients: an integrative review. *J Res Nurs*. 2025;30(1):1-15. doi:10.1177/17449871251317922.
28. Smith KL, Wang Y, Colloca L. Impact of virtual reality technology on pain and anxiety in pediatric burn patients: a systematic review and meta-analysis. *Front Virtual Real*. 2022;3:751735. doi:10.3389/frvir.2021.751735.
29. Savas EH, Demir AS, Semerci R, Karadag A. Effect of virtual reality on pain during burn dressing in children: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Pediatr Nurs*. 2023;73:e528-e536. doi:10.1016/j.pedn.2023.10.002.
30. Czech O, Wrzeciono A, Brachman A, Gruszka K, Moska W. Virtual reality intervention as a support method during wound care and rehabilitation after burns: a systematic review and meta-analysis. *Complement Ther Med*. 2022;68:102837. doi:10.1016/j.ctim.2022.102837.

Avances en el Tratamiento y Mejora Estética de las Cicatrices Postquemadura

Advances in the Treatment and Aesthetic Improvement of Post – Burn Scars

Autora: **Dra. María Margarita Castro Feria**

Tutor: **Dr. Alberto Bolgiani**

Diciembre 2025

Universidad del Salvador, CABA, Argentina

Carrera de Especialista en Cirugía Plástica, Estética y Reconstructiva

mariamargaritacastroferia@gmail.com / 1158897421

Resumen

Las cicatrices post quemadura continúan representando un desafío reconstructivo debido a su evolución variable y al impacto funcional, estético y psicológico que generan. En la última década, la integración de terapias lumínicas, regenerativas, de ingenierías tisulares y quirúrgicas han transformado el abordaje clínico, permitiendo estrategias más precisas y orientadas al fenotipo cicatricial.

Objetivo: Describir los avances más relevantes en el tratamiento de las cicatrices post quemadura y proponer un algoritmo clínico actualizado que facilite la toma de decisiones en el contexto de la cirugía plástica reconstructiva.

Método: Se realizó una revisión especializada de la literatura científica publicada en los últimos cinco años, analizando estudios clínicos, series de casos, ensayos controlados y revisiones sistemáticas sobre láser fraccionado de CO₂, láser de colorante pulsado (PDL), terapias regenerativas (PRP, microneedling, lipofilling), matrices dérmicas acelulares y abordajes quirúrgicos combinados. La información fue organizada de acuerdo al tipo de cicatriz, fase de maduración y región anatómica comprometida.

Resultados: Los tratamientos multimodales demostraron mayor eficacia que las intervenciones aisladas, con mejoras significativas en escalas de evaluación como VSS y POSAS. El láser de CO₂ se consolidó como herramienta clave en cicatrices rígidas, mientras que el PDL mostró beneficios en etapas tempranas. Las terapias regenerativas y las matrices dérmicas acelulares mejoraron la elasticidad, redujeron recurrencias y optimizaron resultados estéticos y funcionales. Con base en esta evidencia, se desarrolló un algoritmo práctico que resume las opciones terapéuticas de acuerdo con el fenotipo cicatricial y las necesidades reconstructivas.

Conclusión: El manejo integral de las cicatrices post quemadura requiere un enfoque individualizado y multimodal. El algoritmo propuesto ofrece una guía clara y actualizada que puede ser aplicada por cirujanos plásticos en diferentes contextos clínicos, favoreciendo decisiones precisas y resultados más predecibles.

Palabras clave: Cicatriz, quemadura, láser, microneedling, injerto.

Abstract

Post-burn scars continue to represent a reconstructive challenge due to their variable evolution and the functional, aesthetic, and psychological impact they generate. In the last decade, the integration of light, regenerative, tissue engineering, and surgical therapies has transformed the clinical approach, allowing for more precise strategies oriented towards the scar phenotype.

Objective: To describe the most relevant advances in the treatment of post-burn scars and to propose an updated clinical algorithm that facilitates decision-making in the context of reconstructive plastic surgery.

Method: A specialized review of the scientific literature published in the last five years was conducted, analyzing clinical studies, case series, controlled trials, and systematic reviews on fractional CO₂ laser, pulsed dye laser (PDL), regenerative therapies (PRP, microneedling, lipofilling), acellular dermal matrices, and combined surgical approaches. The information was organized according to the type of scar, maturation phase, and affected anatomical region.

Results: Multimodal treatments demonstrated greater efficacy than isolated interventions, with significant improvements in assessment scales such as VSS and POSAS. The CO₂ laser established itself as a key tool in rigid scars, while the PDL showed benefits in early stages. Regenerative therapies and acellular dermal matrices improved elasticity, reduced recurrences, and optimized aesthetic and functional results. Based on this evidence, a practical algorithm was developed that summarizes the therapeutic options according to the scarring phenotype and reconstructive needs.

Conclusion: The comprehensive management of post-burn scars requires an individualized and multimodal approach. The proposed algorithm offers a clear and updated guide that can be applied by plastic surgeons in different clinical contexts, promoting precise decisions and more predictable outcomes.

Key words: Scar, burn, laser, microneedling, graft.

Introducción

Las cicatrices post quemadura representan una de las secuelas más complejas dentro de la práctica de la cirugía plástica y reconstructiva. Más allá de su impacto estético, estas lesiones afectan la biomecánica cutánea, la movilidad articular, la sensibilidad y la funcionalidad global del paciente. Su manejo eficaz requiere un conocimiento profundo de la fisiopatología de la cicatrización, así como del desarrollo contemporáneo de tecnologías avanzadas que permitan modular la respuesta de la fibrosis y favorecer una regeneración tisular más ordenada.

La Organización Mundial de la Salud estima que, cada año, entre 11 y 15 millones de personas sufren quemaduras que requieren atención médica, y un número significativo desarrolla cicatrices hipertróficas o retráctiles. En América Latina, la incidencia es aún mayor debido a la heterogeneidad en el acceso a unidades especializadas de quemados, la infraestructura sanitaria y la rehabilitación integral.

En los últimos cinco años, la cirugía plástica ha experimentado avances notables en el manejo de las cicatrices post quemadura, impulsados por el desarrollo de nuevas energías lumínicas (como el láser fraccionado de CO₂), terapias regenerativas (plasma rico en plaquetas, células madre mesenquimales), matrices dérmicas acelulares y moduladores farmacológicos de la fibrosis. Estas innovaciones han permitido un abordaje más preciso y personalizado, favoreciendo resultados estéticos superiores y una mejor calidad de vida.

Este trabajo revisa de manera crítica la evidencia científica de los últimos 5 años con el propósito de ofrecer una visión actualizada del tratamiento y la mejora estética de las cicatrices post quemadura, subrayando su importancia en la formación del cirujano plástico.

Objetivo general

Analizar la evidencia científica publicada entre 2020 y 2025 sobre los avances en el tratamiento y la mejora estética de las cicatrices post quemadura, evaluando su eficacia e impacto clínico.

Objetivos específicos

- Describir la fisiopatología y evolución de las cicatrices post quemadura.
- Revisar tratamientos tecnológicos recientes (láser CO₂, PDL, microneedling, etc.).
- Analizar terapias regenerativas como: PRP, células madre asociado a matrices dérmicas acelulares.
- Proponer un algoritmo terapéutico actualizado para el manejo integral.

Hipótesis

Los avances terapéuticos desarrollados en los últimos cinco años; incluyendo tecnologías lumínicas,

terapias regenerativas y moduladores de la fibrosis, permiten mejorar significativamente el resultado estético y funcional de las cicatrices post quemadura en comparación con los métodos tradicionales empleados anteriormente.

Método

Se realizó una revisión de artículos científicos, ensayos clínicos, revisiones sistemáticas y guías de práctica clínica publicadas en los últimos cinco años, con énfasis en intervenciones que modulen fibrosis, mejoren elasticidad y reduzcan eritema, dolor o contractura. Se incluyeron terapias con láser fraccionado de CO₂, láser de colorante pulsado (PDL), microneedling, plasma rico en plaquetas (PRP), células madre mesenquimales (MSC), matrices dérmicas acelulares (ADM) e intervenciones quirúrgicas de liberación y reconstrucción con injertos.

Marco Teórico

Las quemaduras generan una reacción inflamatoria compleja que desencadena un proceso de reparación tisular prolongado y con frecuencia desordenado. La fisiopatología de la cicatriz post quemadura debe comprenderse desde la interacción entre células inflamatorias, fibroblastos, miofibroblastos, citoquinas, tensión mecánica y alteraciones estructurales de la matriz extracelular.

Respuesta inflamatoria inicial y mediadores bioquímicos

Tras la lesión térmica, la barrera cutánea se destruye parcial o totalmente, desencadenando una cascada inflamatoria marcada por neutrófilos, macrófagos y células dendríticas. Estas células liberan citoquinas como interleucinas (IL-1, IL-6), factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α) y proteínas quimiotácticas que buscan eliminar tejido necrótico y facilitar la reepitelización.

El problema surge cuando esta inflamación se prolonga más allá de lo fisiológico. La literatura enfatiza que las quemaduras de espesor parcial profundo y las de espesor total mantienen un estado inflamatorio persistente, lo que favorece una diferenciación exagerada de fibroblastos hacia miofibroblastos, células clave en la cicatriz hipertrófica.

Los fibroblastos activados migran al lecho de la herida estimulados por TGF- β 1, una citoquina que aumenta significativamente después de una quemadura. Estos fibroblastos comienzan a producir colágeno tipo III en grandes cantidades, seguido por colágeno tipo I en fases posteriores.

A diferencia de la cicatrización normal, en la cicatriz post quemadura el depósito de colágeno es excesivo, las fibras están desorganizadas, la degradación enzimática está inhibida y la actividad de metaloproteinasas está reducida.

Este desbalance entre la síntesis de colágeno y la degradación favorece la formación de tejido cicatricial grueso, rígido y elevado.

Los miofibroblastos son células contráctiles que desarrollan fibras de actina alfa-SMA, responsables de la tensión y la retracción de la cicatriz. En condiciones fisiológicas, estos miofibroblastos desaparecen cuando la herida está cerrada; sin embargo, en las quemaduras persisten de forma anómala por meses o incluso años. La persistencia de miofibroblastos está relacionada con: inflamación prolongada, tensión mecánica sobre superficies articulares, cierre tardío de la herida e infección local. Existen zonas más comprometidas como: (cuello, hombros, manos, tórax).

En cirugía plástica, es importante reconocer estos mecanismos de acción, ya que explica por qué las cicatrices post quemadura son tan frecuentes en áreas móviles y por qué las contracturas cicatriciales aparecen en zonas como axila, comisuras, cuello y manos. Es importante reconocer que las cicatrices post quemadura cuando son recientes presentan un marcado eritema debido a la hipervascularización inducida por VEGF. Esta vascularización aumentada contribuye al color rojizo, calor local, sensibilidad y mayor riesgo de hipertrofia.

El grado de eritema se correlaciona clínicamente con la actividad fibrótica: cuanto más roja es la cicatriz, más activa es en términos de remodelación colagénica, lo que determina la ventana terapéutica ideal para iniciar un tratamiento láser como el PDL.

Fase de Remodelación y cronificación

La fase de remodelación puede durar hasta 24 meses. En cicatrices post quemadura patológicas, este proceso es defectuoso debido a que las fibras de colágeno no se organizan en paralelo, disminuye la elasticidad, se forman nódulos fibrosos, y además aparece prurito por liberación de histamina.

La combinación de inflamación persistente, sobreproducción de colágeno y tensión mecánica prolongada da origen a los dos grandes tipos de cicatrices patológicas post quemadura: hipertróficas y queloides. La clasificación de las cicatrices post quemadura permite orientar el tratamiento más adecuado y valorar el pronóstico estético y funcional. La literatura categoriza estas cicatrices en cuatro grupos principales: hipertróficas, queloides, retráctiles y atróficas. Cada una posee características clínicas, comportamiento biológico y necesidades terapéuticas distintas.

Una vez que ocurre una quemadura, la cicatrización se torna patológica. En quemaduras profundas, infectadas o de cierre tardío, la cicatrización se desvía de su curso fisiológico debido a una respuesta inflamatoria exagerada y persistente. Esto conduce a la formación de cicatrices hipertróficas, queloides o contracturas, con características clínicas distintivas.

1. Inflamación prolongada

La quemadura genera necrosis tisular extensa y liberación continua de DAMPs (damage-associated molecular patterns). Esto mantiene activa la inflamación por semanas, prolongando la fase inicial más allá de lo deseado ⁽¹⁾.

2. Activación excesiva de fibroblastos y miofibroblastos

Los fibroblastos diferenciados a miofibroblastos no logran entrar en apoptosis, lo que resulta en:

- contracción exagerada
- fibrosis densa
- nódulos rígidos
- hipertrofia persistente

3. Sobreexpresión de TGF-β1 y SMAD2/3

Este eje molecular es el principal impulsor de fibrosis descontrolada. En quemaduras profundas se ha demostrado un aumento sostenido de TGF-β1 que prolonga la síntesis de colágeno tipo I y III en exceso (Wang et al., 2021).

4. Desequilibrio entre MMPs y TIMPs

La remodelación normal requiere degradación de matriz. En la cicatrización patológica, predominan los inhibidores (TIMPs), lo que bloquea la degradación y perpetúa la acumulación de colágeno.

5. Hipervascularización

La angiogénesis se mantiene activa más tiempo del necesario. Clínicamente se observa eritema persistente, calor local y mayor sensibilidad. Esto explica la eficacia del PDL (láser vascular) en cicatrices inmaduras.

6. Organización desordenada del colágeno

En vez de fibras paralelas, se observan haces gruesos y desordenados en forma de “nódulos”, típicos de la cicatriz hipertrófica.

Diferencias clínicas claves entre cicatrización normal y patológica:

Característica	Cicatrización normal	Cicatrización patológica
Eritema	Transitorio	Persistente (> 2-3 meses)
Dolor/prurito	Mínimo	Frecuente e intenso
Grosor	Plana	Elevada, firme, nodular
Elasticidad	Alta	Disminuida, rígida
Movimiento	Conservado	Limitación funcional
Colágeno	Organización paralela	Desorganizado, denso
TGF-β1	Regulación normal	Sobreexpresión

Tipos de cicatrización patológica post quemadura

Cicatriz Hipertrófica

Es una cicatriz elevada, eritematosa y rígida que se desarrolla dentro de los límites de la herida inicial. Es

la secuela más frecuente en quemaduras que tardan más de 21 días en cerrar.

Presenta características clínicas como elevación por encima del nivel de la piel, eritema intenso, prurito frecuente, dolor a la palpación, engrosamiento palpable con textura firme, puede limitar la movilidad cuando está sobre articulaciones.

En cuanto a su histología, presenta colágeno tipo III abundante, Fibras desorganizadas, miofibroblastos persistentes y aumento de TGF- β 1. Debemos estar atentos a estas características para diferenciarla de un queloide. Este tipo de cicatriz siempre se queda dentro de los bordes de la lesión original, y como dato positivo tiende a mejorar lentamente con el tiempo. Además, tiene menor tendencia a la recidiva después de realizar tratamiento médico. Las áreas más frecuentes donde podemos hallar este tipo de cicatrices son: Tórax, cuello, dorsales, cara, escápula, hombros, brazos.

Cicatriz Queloide Post Quemadura

Es una cicatriz patológica que sobrepasa los límites de la herida original, creciendo de manera progresiva e invasiva hacia piel sana adyacente.

Características clínicas a tener en cuenta: Elevación marcada, coloración variable: rosado, rojo o violáceo. Superficie brillante, prurito intenso, en ocasiones dolor neurálgico.

Al tacto es típicamente más blando que la hipertrófica en fases iniciales, pero más firme en fases tardías y presenta crecimiento continuo.

A nivel histológico presenta colágeno tipo I y tipo III en haces gruesos, tiene menor organización microestructural que la hipertrófica y se asocia aumento de mastocitos.

El criterio más importante para diferenciarlo de una cicatriz hipertrófica es que sobrepasa la herida inicial. No mejora con el tiempo, presenta altísima tasa de recidiva y tiene zonas muy específicas: lóbulo auricular, mentón, hombros, esternón.

Los queloides post quemadura requieren terapias más agresivas y suelen beneficiarse de combinaciones como: corticoesteroides intralesionales, 5-FU, láser fraccionado, toxina botulínica, resección + radioterapia superficial (poco usada en Latinoamérica por costos elevados).

Cicatriz retráctil

Estas causan disminución del rango de movimiento y deformidades progresivas debido a la contracción del tejido cicatricial. Es muy frecuente en quemaduras profundas en articulaciones.

Características clínicas a tener en cuenta: restricción del movimiento, deformidad progresiva, dolor al movilizar, adelgazamiento de piel en zonas de pliegues, tensión constante y tironeo.

Ejemplos de este tipo de cicatrices son:

Contractura a nivel palmar → limitación de extensiones

Comisuras orales → microstomía

Factores predisponentes: Cierre tardío, Injertos de mala calidad, quemaduras profundas en pliegues. Este tipo de lesiones requieren frecuentemente Z-plastias, colgajos locales y matrices dérmicas.

Cicatriz atrófica

Aunque esta es menos frecuente tras quemaduras, puede presentarse cuando la pérdida dérmica parcial es extensa o cuando el injerto no integra adecuadamente.

Debemos tener en cuenta sus características clínicas: Depresión, piel fina, translúcida, coloración pálida e hipoelasticidad. En este tipo de lesiones podemos instaurar como tratamiento: PRP, microneedling, ácido hialurónico no reticulado, láser fraccionado, injertos dermoepidérmicos finos en casos severos.

En la última década, las terapias físicas y basadas en dispositivos energéticos se han consolidado como pilares fundamentales en el manejo multidisciplinario de las cicatrices post quemadura. La literatura de los últimos cinco años respalda con solidez el uso de láseres fraccionados, láser vascular, radiofrecuencia, microneedling asistido y otras tecnologías como herramientas esenciales para modular la fibrosis, mejorar la elasticidad, reducir el grosor y optimizar el aspecto estético de la piel cicatricial.

Como cirujanos plásticos, el conocimiento de estos avances no solo amplía el arsenal terapéutico, sino que permite planificar intervenciones escalonadas e individualizadas que maximicen el potencial de regeneración tisular.

Existen factores de riesgo para desarrollar cicatrices patológicas post quemadura. Las cicatrices post quemadura no se desarrollan de manera uniforme en todos los pacientes. Su aparición, severidad y evolución dependen de una compleja interacción entre características de la lesión térmica, condiciones del paciente y factores externos relacionados al tratamiento inicial y a la evolución de la herida. Identificar estos factores de riesgo permite implementar estrategias preventivas, seleccionar tratamientos más agresivos desde etapas tempranas y establecer expectativas realistas en el paciente quemado.

Diversos estudios recientes han permitido consolidar la evidencia acerca de qué variables predicen la aparición de cicatrices hipertróficas, queloides o contracturas post quemadura. A continuación, se describen los principales factores de riesgo clínicos y biológicos respaldados por la literatura actual.

- **Profundidad de la quemadura:** es el predictor más fuerte para cicatrices patológicas. Las quema-

duras de espesor parcial profundo y, especialmente, las de espesor total, presentan mayor daño dérmico, destrucción de apéndices cutáneos regenerativos y activación sostenida de fibroblastos.

Los estudios indican que las quemaduras que requieren más de 21 días para cerrar tienen un riesgo significativamente mayor de generar cicatrices hipertróficas o contracturas.

- **Tiempo hasta el cierre de la herida:** es un factor determinante:

- **< 14 días** → bajo riesgo
- **14-21 días** → riesgo intermedio
- **> 21 días** → alto riesgo de hipertrofia (Finnerty et al., 2021)

El cierre tardío prolonga la fase inflamatoria, potencia la angiogénesis, estimula la liberación de TGF- β 1 y favorece la fibrosis desorganizada.

Infección local o colonización bacteriana persistente: La colonización severa o formación de biofilm en una quemadura amplifica la respuesta inflamatoria y duplica el riesgo de cicatrización patológica (Sood et al., 2023).

Las bacterias liberan toxinas y metaloproteinasas que alteran la matriz, dificultan la re epitelización y prolongan la fase inflamatoria.

Localización anatómica: La ubicación de la quemadura influye directamente en la calidad final de la cicatriz. Las zonas más propensas son: Regiones de alta tensión: cuello, hombros, tórax.

Articulaciones: codos, rodillas, axilas.

Cara: predisposición a hiperemia prolongada.

Manos: alta comorbilidad funcional

Las regiones con piel delgada (párpados, cuello) también presentan mayor riesgo de retracción.

Edad del paciente: La evidencia indica que los pacientes jóvenes (especialmente niños y adolescentes) tienen mayor tendencia a desarrollar cicatrices hipertróficas debido a la alta actividad celular, mayor síntesis de colágeno y mayor elasticidad cutánea (Dziwulski et al., 2021). Mientras que en adultos mayores, si bien la piel cicatriza más lento, suelen presentar cicatrices menos hipertróficas por una menor respuesta fibroblástica.

Comorbilidades sistémicas: Ciertas condiciones metabólicas y endocrinas pueden alterar la cicatrización:

- Diabetes mellitus
- Enfermedades tiroideas
- Tabaquismo
- Deficiencias nutricionales (vitaminas A, C, zinc)

Estas pueden inducir cicatrización ineficiente, mayor inflamación persistente y fibrosis irregular.

Los factores de riesgo para cicatrices patológicas post quemadura son multifactoriales e interactúan entre sí. Es importante que el cirujano plástico los reconozca

desde la primera consulta, ya que permiten: anticipar complicaciones, seleccionar terapias complementarias, evitar hipertrofia mediante tratamiento preventivo, orientar pronóstico funcional, estético, mejorar la rehabilitación y seguimiento del paciente. Una intervención temprana basada en el reconocimiento de estos factores permite resultados significativamente mejores.

Teniendo en cuenta los factores de riesgo, a continuación, mencionaré alguna de las terapias más utilizadas como tratamiento y su utilidad en la práctica.

Láser fraccionado de dióxido de carbono (CO²): (El Gold standard tecnológico en la actualidad).

Según múltiples revisiones sistemáticas recientes es la intervención con mayor evidencia clínica para la remodelación de cicatrices hipertróficas post quemadura. Su acción se basa en producir columnas microscópicas de ablación y coagulación térmica (microthermal zones) que inducen una remodelación dérmica profunda ⁽²⁾.

El mecanismo de acción es la ablación controlada del tejido fibroso, estimulación de neocolagénesis y neoeLASTOGÉNESIS mediante la fototermólisis fraccionada, generando columnas microscópicas de daño térmico que están rodeadas de tejido normal, limitando así la superficie de la lesión y promoviendo una rápida reparación epidérmica. Esto contribuye en el rearrreglo de fibras de colágeno tipo I y III. Aumento de la elasticidad de la piel, disminución de la rigidez y del prurito.

Estudios clínicos y meta análisis recientes muestran: Reducción significativa en puntajes Vancouver Scar Scale (VSS). Mejoría en elasticidad medida por citometría, reducción de eritema y grosor tras 2-6 sesiones y cambios histológicos confirmados en biopsias post-tratamiento.

El láser CO₂ es particularmente útil en cicatrices gruesas, rígidas y contracturadas, y puede combinarse con PRP, 5-FU intralesional y ácido hialurónico no reticulado para potenciar efectos.

En nuestra especialidad es ideal en cicatrices post injerto. Se utiliza para liberar parcialmente contracturas antes de una Z-plastia y reduce la firmeza del tejido previo a la colocación de matrices dérmicas.

Láser de colorante pulsado (PDL): (El tratamiento vascular por excelencia)

Actúa específicamente sobre la vasculatura superficial mediante fototermólisis selectiva. Dado que las cicatrices recientes post quemadura tienen una angiogénesis aumentada, el PDL es especialmente útil en fases tempranas.

Disminuye la hipervascularización y el eritema. Reduce la liberación de mediadores inflamatorios. Me-

jora el prurito al disminuir la irrigación excesiva.

Los estudios más recientes destacan que: La combinación PDL + láminas de silicona ofrece mejores resultados que la presoterapia sola. El PDL es altamente eficaz en cicatrices < 12 meses de evolución y disminuye la progresión hacia la hipertrofia en pacientes de alto riesgo ⁽²⁾.

En cuanto a la aplicación quirúrgica; es una herramienta clave en: Cicatrices faciales recientes, en pediatría donde los láseres ablativos son menos tolerados y tiene resultados favorables en zonas muy visibles como cuello, cara, tórax superior.

Microneedling o terapia de inducción de colágeno

El microneedling crea microcanales en la piel que desencadenan una respuesta reparativa, favoreciendo una neoformación más organizada de colágeno. Su mecanismo de acción consiste en estimular los fibroblastos, aumenta la producción de colágeno tipo I, mejora el grosor, flexibilidad y color de la cicatriz.

La evidencia reciente confirma que el microneedling asociado a PRP: acelera la regeneración, disminuye la rigidez, reduce VSS de forma más rápida que microneedling solo.

Es especialmente útil en: cicatrices atróficas post quemadura, cicatrices profundas que requirieron injerto y presentaron fibrosis, en pacientes que no toleran láseres.

Escisión quirúrgica de la cicatriz y reconstrucción con injerto cutáneo o matriz dérmica acelular

La escisión quirúrgica de cicatrices sigue siendo un pilar fundamental en el manejo de secuelas post quemadura, especialmente cuando la fibrosis compromete la función, genera contracturas, provoca dolor o representa una deformidad estética importante. En la actualidad, esta técnica no se utiliza de forma aislada: se asocia a injertos cutáneos de espesor parcial ultra fino, injertos de espesor total o matrices dérmicas acelulares (ADM), según la profundidad de la lesión y los objetivos reconstructivos.

Este enfoque no solo permite retirar el tejido fibroso patológico, sino reemplazarlo por un tejido más elástico, funcional y con menor tendencia a recurrencia.

Indicaciones para escisión de la cicatriz

La escisión se considera el tratamiento de elección cuando la cicatriz presenta:

Contractura funcional

- Limitación del rango de movilidad (cuello, axila, codo, manos, comisuras).
- Deformidades progresivas (microstomía, contractura palmar, contractura axilar).

Cicatriz hipertrófica gruesa y rígida

- Cuando no responde a láser, presoterapia o infiltraciones.

- Presencia de bandas gruesas fibrosas.

Deformidad estética mayor

- Cicatrices en cara, cuello, mama o áreas expuestas.
- Transiciones abruptas entre injertos antiguos y piel sana.

Dolor crónico o prurito severo refractario

Debido a atrapamiento nervioso o fibrosis profunda.

Cicatrices inestables

- Ulceradas
- de mala calidad
- con adelgazamiento crítico de la piel

En cuanto a las técnicas quirúrgicas de escisión se pueden realizar: Escisión completa en bloque, elimina toda la cicatriz hasta tejido sano, llegando a dermis reticular o incluso fascia, dependiendo de la profundidad.

Escisión parcial o “shaving” profundo: Cuando la cicatriz es mixta y hay zonas de dermis viable, se reseca solo la parte más fibrosa y se conserva la dermis funcional remanente.

Escisión en combinación con liberación de bandas fibrosas: en contracturas, especialmente axilares y cervicales, se libera toda la retracción antes de colocar matriz dérmica o injerto.

Reconstrucción con injertos cutáneos:

Tras la escisión, el método clásico es la colocación de injertos de piel. La elección del injerto depende de la ubicación y de la necesidad estética/funcional.

Injerto de espesor parcial ultra fino:

Se integra rápidamente, da buena cobertura, disminuye la recurrencia de hipertrofia y es útil en grandes superficies. Los injertos cutáneos ultra finos (ultra-thin split-thickness skin grafts STSG) son una herramienta fundamental en la cirugía reconstructiva de cicatrices post quemadura, especialmente cuando se busca mejorar la movilidad, reducir contracturas o preparar un lecho para terapias regenerativas posteriores. Su uso se ha expandido en los últimos años porque permiten una cobertura rápida, con mínima morbilidad en la zona donante y excelente integración. Un injerto ultra fino es un injerto de piel parcial de 0.004–0.006 pulgadas (aprox. 0.10–0.15 mm de grosor). Está compuesto por: Epidermis completa, capa muy superficial de dermis papilar y no incluye dermis reticular (por eso su flexibilidad). ¿Cuándo debemos usarlos en cicatrices post quemadura?

1. Liberación de contracturas (especialmente cuello, axila, mano, comisuras)
2. Cicatrices muy rígidas donde la piel local no es suficiente
3. Cobertura sobre matrices dérmicas acelulares (Integra®, Matriderm®, NovoSorb®)

4. En zonas donde se necesita máxima elasticidad

5. Para mejorar la textura o flexibilidad tras escarotomías tardías

Limitación:

Menor calidad estética que piel total; mayor riesgo de retracción secundaria si no se combina con matriz dérmica.

Injerto de espesor total:

Los injertos de piel de espesor total (Full-Thickness Skin Grafts, FTSG) representan una herramienta fundamental en reconstrucción de cicatrices complejas, especialmente en regiones donde la calidad, elasticidad, grosor y apariencia estética son críticos. A diferencia de los injertos de piel parcial (STSG), los FTSG incluyen epidermis + dermis completa, lo que ofrece mejores características biomecánicas y estéticas para zonas funcionales visibles. En el contexto del paciente quemado, los FTSG se utilizan selectivamente, debido a su mayor demanda vascular, pero ofrecen resultados superiores en áreas sensibles.

Un injerto de piel de espesor total está compuesto por: Epidermis completa, toda la dermis (papilar + reticular) y no contiene tejido subcutáneo (se elimina durante su preparación). Esto hace que el injerto sea más resistente, menos retraíble y con mejor apariencia estética. Este tipo de injertos se indican principalmente en: Zonas donde la retracción secundaria debe evitarse como: Párpados, región peri oral, cuello anterior, comisuras labiales, dedos y manos,

articulaciones pequeñas. Liberación de contracturas moderadas a severas: Cuando se requiere reemplazar piel de calidad sin riesgo de recurrencia rápida. En zonas donde se necesita piel más gruesa y resistente. Reconstrucciones combinadas con Z-plastias o colgajos locales, para ampliar cobertura sin comprometer movilidad. Ofrecen un resultado estético superior en cuanto a color y textura más naturales.

Limitación

Mayor riesgo de falla si el lecho no está bien vascularizado, tamaño limitado (depende de la zona donante), requiere cierre primario del sitio donante, no es útil en defectos muy extensos y conlleva mayor tiempo quirúrgico.

Injerto sobre matriz dérmica acelular:

El uso de matrices dérmicas acelulares (ADM) seguido de injerto cutáneo, combina los principios de restauración dérmica con la necesidad de una cobertura cutánea estable, logrando resultados superiores en elasticidad, calidad estética, movilidad y reducción de recurrencias de contractura en comparación con injertos de piel parcial aplicados directamente sobre cicatrices liberadas.

Este tipo de reconstrucción constituye una de las técnicas más sofisticadas dentro del arsenal reconstructivo moderno y demuestra criterio quirúrgico avanzado, ya que requiere una correcta selección del paciente, meticulosa preparación del lecho y un dominio técnico adecuado.

Tabla comparativa entre injerto cutáneo directo e injerto sobre ADM

Criterio	Injerto cutáneo directo (STSG / ultra fino)	Injerto sobre matriz dérmica acelular (ADM + injerto)
Definición:	Injerto de piel parcial aplicado directamente sobre el lecho receptor tras liberación de cicatriz.	Reconstrucción en dos capas: primero ADM (dermis artificial), luego injerto cutáneo sobre matriz vascularizada.
Composición del lecho	Piel que carece de dermis profunda tras liberación; riesgo de irregularidades.	La ADM reemplaza la dermis perdida, creando un lecho biológico más estable y elastizado.
Elasticidad final	Moderada. Tendencia a rigidez en zonas móviles	Alta. Restituye la elasticidad dérmica, ideal para cuello, axila, comisuras.
Riesgo de re contractura	Medio-alto. Alta tasa de recidiva en contracturas severas.	Bajo. ADM reduce significativamente el riesgo de retracción secundaria.
Calidad estética	Resultado aceptable pero a veces irregular, deprimido o heterogéneo	Resultado superior: superficie uniforme, mejor textura, menor depresión.
Zonas ideales	Áreas no críticas, superficies amplias, zonas con poca movilidad.	Zonas funcionales y estéticas importantes: cara, cuello, axila, dedos.
Integración del injerto	Rápida, pero puede verse afectada si el lecho está irregular.	ADM mejora la calidad del lecho, facilitando prendimiento más uniforme
Tipo de injerto usado	Delgado o ultra fino; depende del defecto	Siempre injerto ultra fino o delgado para óptima integración
Requisitos del lecho receptor	Moderadamente vascularizado.	Altamente vascularizado, libre de infección y hematomas.
Tiempo de recuperación	Más corto, menor complejidad inicial.	Algo más prolongado si es en dos fases, pero con mejores resultados.

Fuente: Elaboración propia

Las ADM (como Integra®, Matriderm®, Novo-Sorb®) actúan como andamios tridimensionales que reemplazan la dermis perdida o dañada. Al ser acelulares, permiten la infiltración de fibroblastos, la angiogénesis y la neodermogénesis, creando una capa dérmica biológicamente activa que imita la dermis normal. Posteriormente, un injerto cutáneo (generalmente delgado o ultra fino) se coloca sobre la matriz vascularizada para restaurar la epidermis.

Además existe Kerecis® que es una matriz dérmica acelular (ADM) de origen piscícola, derivada de la piel de bacalao a diferencia de las matrices dérmicas de origen humano o porcino, el tejido de origen marino presenta un riesgo muy bajo de transmisión viral y puede procesarse sin métodos tan agresivos, preservando mejor la arquitectura molecular y la complejidad bioquímica del tejido. Estudios experimentales y clínicos han demostrado que la piel de pescado acelular favorece la granulación rápida, la angiogénesis y la epitelización, con tasas de cicatrización comparables o superiores a otras matrices dérmicas disponibles, tanto en heridas crónicas como en sitios donantes de injerto y quemaduras parciales.

Su diseño mantiene: Estructura tridimensional intacta de la dermis del pez, Organización molecular conservada, homogénea a la piel humana, Contenido lipídico y de omega-3, con efecto beneficioso sobre la inflamación y la cicatrización.

En el contexto del paciente quemado, puede emplearse como: Cobertura temporal o definitiva en quemaduras dérmicas profundas o parciales profundas. Sustituto dérmico previo a la colocación de un injerto cutáneo autólogo. Cobertura de sitios donantes de injerto de piel, para acelerar la epitelización y reducir el dolor.

Este proceso se realiza en una o dos etapas, dependiendo del tipo de matriz:

- Biomatrices de dos tiempos (ej. Integra®):

1. colocación de ADM
2. injerto 10–21 días después

- Matriz de un tiempo (ej. Matriderm®): injerto cutáneo inmediato en la misma cirugía.

El resultado final ofrece una cobertura de calidad superior, con mejor textura, menor contracción secundaria y menor riesgo de recidiva de contractura.

Técnica quirúrgica, pasos resumidos: Preparación del sitio receptor

1. Liberación completa de la contractura cicatricial: Se realiza hasta llegar a tejido sano y bien vascularizado. Deben eliminarse bandas fibrosas y dermis no funcional.
2. Hemostasia estricta: La ADM requiere un lecho libre de sangrado activo. Se recomienda uso cuidadoso de bipolar y compresión.
3. Medición precisa del defecto: deben adaptarse sin

tensiones ni redundancias.

Colocación de la matriz dérmica acelular

Hidratación de la matriz (si corresponde): Algunas requieren inmersión previa; otras vienen listas para usar.

Ajuste anatómico: La matriz se recorta según la forma del defecto. Debe quedar perfectamente adherida, sin pliegues ni bolsas.

Fijación: Se realiza con: suturas absorbibles 4–0, grapas, o puntos separados. Bordes bien aproximados para evitar desplazamiento.

Espera para neovascularización (solo en matrices de dos tiempos)

Control del sitio receptor entre días 7–14: La matriz cambia a un tono rosado y ligeramente brillante. Signo clínico de buena ingurgitación vascular.

Retiro de la capa de silicona (Integra) en día 10–21: Se verifica que toda la superficie esté bien integrada.

Injerto cutáneo: Selección del tipo de injerto, se prefiere injerto ultra fino, la matriz ya provee “dermis”, por lo que el injerto puede ser muy fino.

Toma del injerto cutáneo: Con dermatomo eléctrico, piel tensa y hemostasia equilibrada. Transferencia inmediata al sitio receptor.

Fijación: Puntos cardinales finos o grapas. Evitar tensión. Colocación de vendaje compresivo inmovilizador. Indispensable para contacto íntimo injerto–ADM. Primer control al día 3–5, nunca antes, para evitar despegamiento.

Combinación de tecnologías (Enfoque multimodal)

La tendencia dominante en cirujanos plásticos y equipos multidisciplinarios es el uso secuencial o simultáneo de tecnologías, porque las cicatrices post quemadura tienen múltiples componentes (vascular, fibroso, inflamatorio, pigmentario).

Combinaciones con evidencia más sólida:

- CO₂ fraccionado + PRP → mejora de elasticidad y textura más rápida.
- PDL + silicona → reducción de eritema y prevención de hipertrofia.
- CO₂ + 5-FU → para hipertróficas muy gruesas.
- Microneedling + ácido hialurónico no reticulado → ideal para cicatrices atróficas.

Ventajas demostradas en literatura reciente: Resultados más rápidos y estables, menor número total de sesiones. Mejoría simultánea de varios parámetros: color + textura + elasticidad, lo que conlleva a mayor satisfacción del paciente.

Terapias regenerativas e ingeniería tisular

Las terapias regenerativas e ingeniería tisular representan uno de los avances más prometedores en el tratamiento de cicatrices post quemadura. Su objetivo es restaurar calidad tisular, modulando la fibrosis y promoviendo una cicatrización más fisiológica y

menos reparativa.

Este tipo de terapias Incluyen: PRP (plasma rico en plaquetas), Células madre mesenquimales (MSC), Matrices dérmicas acelulares (ADM), Hidrogeles bioactivos, Bioimpresión 3D (en desarrollo).

A continuación, se realizará una breve descripción de cada uno de ellos.

Plasma rico en plaquetas es la herramienta regenerativa más accesible y más usada por cirujanos. El PRP concentra factores de crecimiento como PDGF, VEGF, TGF- β modulador, EGF, IGF-1, que favorecen una cicatrización organizada.

¿Cómo se usa en cicatrices post quemadura? Se realiza una infiltración intralesional, útil en cicatrices rígidas o dolorosas debido a que ablanda tejido y reduce el prurito. A nivel intraoperatorio aplicado en lechos de injertos o matrices dérmicas mejora la integración y disminuye la pérdida de injertos ⁽³⁾.

La bibliografía refiere que el PRP combinado con otros tratamientos ofrece mejoras del 40% al 60% en escalas como POSAS y VSS frente a monoterapia.

Las MSC pueden obtenerse de: células madres derivadas del tejido adiposo, la más usada por los cirujanos plásticos (suelen administrarse mediante lipofilling), también pueden obtenerse de médula ósea, cordón umbilical (en investigación). Sus funciones principales son anti inflamatorias antifibróticas. Estimulan la angiogénesis, reducen TGF- β profibrótico, mejoran la textura y elasticidad.

¿Cómo se usan en la práctica?

Lipofilling enriquecido con MSC (CAL: Cell-Assisted Lipotransfer)

– Método usado por cirujanos plásticos reconstructivos

– Grasa purificada + fracción vascular estromal

– Aporta volumen, elasticidad y mejora textura

Hidrogeles con MSC:

– Óptimo para superficies grandes

– Se aplican como apósitos bioactivos

Estudios 2024–2025 demuestran que MSC reducen grosor de cicatriz, aumentan elasticidad y disminuyen inflamación crónica en quemaduras profundas.

Matrices dérmicas acelulares (ADM)

(Integra®, Matriderm®, AlloDerm®, el “nuevo estándar” reconstructivo en quemados)

Las ADM funcionan como andamiajes dérmicos que reemplazan la dermis perdida tras una quemadura profunda. ¿Cómo se usan realmente? En reconstrucción inmediata post desbridamiento, en quemaduras profundas se puede usar ADM junto con un injerto delgado 7–14 días después. Mejora flexibilidad y reduce retracción.

Corrección de cicatrices retráctiles: Se libera la contractura, se coloca ADM, posteriormente el injerto superficial, esto a demostrado reducción de recidiva

muy superior a Z-plastia sola.

Las ventajas clínicas son menor contractura secundaria, mejor elasticidad, reducción de re intervenciones y una integración estética superior.

Hidrogeles bioactivos: Incluyen hidrogeles de colágeno, ácido hialurónico, alginatos quitosán, polímeros híbridos con nanopartículas bioactivas entre otros. El uso en la práctica diaria es aplicarlos como apósitos en cicatrices dolorosas o retraídas. Facilitan la hidratación y disminuyen el prurito.

En nuestra rotación de quemados tuvimos la suerte de ver el uso de KitosCell-Q, un hidrogel médico basado en quitina/quitosano, ampliamente utilizado en unidades de quemados y en cirugía plástica debido a sus propiedades regenerativas, antimicrobianas y antiinflamatorias.

Sus mecanismos principales incluyen:

• **Propiedades antimicrobianas** → reduce colonización bacteriana en superficies epiteliales alteradas.

• **Capacidad hemostática** → útil en heridas activas o zonas sensibles durante fases tempranas.

• **Hidratación profunda** → mantiene ambiente húmedo óptimo para migración de queratinocitos.

• **Modulación de fibroblastos** → limita la proliferación excesiva responsable de fibrosis.

• **Acción antiinflamatoria** → reduce eritema, prurito y quemazón en cicatrices inmaduras.

Estas propiedades lo convierten en un hidrogel ideal para integrar terapias regenerativas o asistir la cicatrización de áreas injertadas.

KitosCell-Q representa un valioso complemento dentro de las terapias regenerativas e ingeniería tisular aplicadas a cicatrices post quemadura. Su perfil bioactivo, efecto hidratante, acción antimicrobiana y capacidad de modular la inflamación lo convierten en una herramienta eficaz para mejorar el microambiente de reparación tisular, especialmente cuando se usa en combinación con tecnologías modernas (CO₂, PDL, microneedling) o en el postoperatorio de injertos y matrices dérmicas.

Las cicatrices post quemadura son traumas visibles, y su impacto emocional puede ser equivalente o incluso mayor que el dolor físico o la discapacidad funcional. Por esto es importante abordar al paciente en un contexto multidisciplinario. Dentro de los problemas psicológicos más frecuentes se encuentran: Ansiedad, depresión, estrés postraumático, alteración de la imagen corporal, fobia social o evitación del contacto social.

Según van Loey & Van Son (2021), entre 30% y 45% de los pacientes quemados desarrollan síntomas depresivos o ansiosos en el primer año post trauma. Los factores que exacerban el impacto emocional son: ubicación de la cicatriz (cara, cuello, manos), sexo femenino (impacto estético mayor), dolor crónico y

prurito persistente, falta de apoyo familiar, ausencia o incapacidad de acceso a tratamientos estéticos reconstructivos.

El estigma social, especialmente en estudiantes y trabajadores jóvenes, puede deteriorar la autoestima y la interacción social. La calidad de vida del paciente quemado es el resultado de múltiples dimensiones afectadas simultáneamente: físicas, emocionales, sociales y ocupacionales. Existen herramientas para medir calidad de vida:

- Burn Specific Health Scale – Brief (BSHS-B): Evalúa función física, afectación psicológica, trabajo y relaciones interpersonales.

- SF-36 Health Survey: Evalúa salud general, dolor, vitalidad y función social.

La variabilidad de evaluación de cada especialista y la subjetividad en la apreciación clínica obligan al uso de escalas. Factores como el color, el grosor y la elasticidad pueden ser percibidos de forma diferente por distintos profesionales.

Las herramientas estandarizadas permiten: cuantificar la severidad de la cicatriz, determinar la fase de maduración, evaluar el impacto en calidad de vida, seleccionar terapias adecuadas, documentar cambios tras láser, PRP, ADM o cirugía, facilitar la comunicación con el equipo multidisciplinario.

A continuación, se describen las escalas más empleadas en el ámbito de la cirugía plástica reconstructiva.

- Vancouver Scar Scale (VSS): es la escala más utilizada en quemaduras desde su creación. Evalúa cuatro parámetros: Vascularidad, pigmentación, elasticidad, altura. Cada ítem se puntúa de 0 a 3 o 0 a 5, según el parámetro. El puntaje total puede alcanzar 13–15 puntos; valores altos indican cicatrices más patológicas.

Ventajas: fácil de aplicar, ampliamente usada en investigaciones

Limitaciones: subjetiva, no evalúa dolor, prurito ni síntomas, menos útil en cicatrices faciales.

Característica de Cicatriz	Puntaje
Vascularidad:	
Normal	0
Rosada	1
Roja	2
Morada	3
Pigmentación:	
Normal	0
Hipopigmentado	1
Hiperpigmentado	2
Flexibilidad	
Normal	0
Súper Suave	1
Flexible	2
Firme	3
Resistente	4
Contractura	5
Altura en mm	
Plana	0
<2	1
2-5	2
>5	3
Puntaje Total	13

- POSAS (Patient and Observer Scar Assessment Scale): es actualmente la escala más completa y recomendada en literatura reciente. Posee dos componentes:

- POSAS – Observador: Evalúa: vascularidad, pigmentación, grosor, relieve, elasticidad, superficie.

- POSAS – Paciente: Evalúa: dolor, prurito, color, rigidez, grosor, irregularidad, afectación global de la vida diaria. Cada ítem se puntúa de 1 (normal) a 10 (peor imaginable).

Ventajas: combina observación clínica + percepción del paciente. Válida para quemaduras, cirugía reconstructiva y láser, detecta cambios más sutiles.

Patient and Observer Scar Assessment Scale
Observer Scar Assessment Scale

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vascularization										
Pigmentation										
Thickness										
Relief										
Pliability										
Observer scar rating										
Total score: (minimum, 5 ; maximum, 50)										
1: normal skin										
10: worst scar imaginable										

Patient Scar Assessment Scale

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Is the scar painful?										
Is the scar itching?										
1: No, no complaints										
10: Yes, worst imaginable										
Is the color of the scar different?										
Is the scar more stiff?										
Is the thickness of the scar different?										
Is the scar irregular?										
Overall patient scar satisfaction										
Total score: (minimum, 6 ; maximum, 60)										
1: No, as normal skin										
10: Yes, very different										

Aplicar este tipo de escalas garantiza una aproximación global, objetiva y reproducible, indispensable en el seguimiento a largo plazo del paciente quemado.

Relevancia clínica para el cirujano plástico: Como especialistas no solo debemos restaurar la función o mejorar la estética sino también comprender el impacto psicológico y socioeconómico de las cicatrices post quemadura. El conocimiento epidemiológico permite: identificar grupos de riesgo, implementar prevención temprana, aplicar PDL precoz (< 3 meses), instaurar presoterapia y rehabilitación antes de que aparezca contractura, orientar al paciente y su familia, anticipar intervenciones quirúrgicas en etapas adecuadas.

La reconstrucción del paciente quemado es un proceso continuo que incluye cirugía, rehabilitación, manejo del dolor, trabajo psicológico y seguimiento prolongado durante meses o años.

La literatura reciente aporta casos clínicos que ilustran la eficacia de las terapias combinadas en cicatrices post quemadura. Entre los artículos revisados, se

destaca el caso reportado por El-Orabi y colaboradores, quienes evaluaron el uso secuencial de láser de colorante pulsado (PDL) y láser fraccionado de CO₂ en una paciente adulta con cicatriz facial hipertrófica secundaria a quemadura térmica.

Descripción del caso: mujer de 45 años, presentaba una cicatriz hipertrófica facial de varios meses de evolución, caracterizada por: eritema persistente, superficie irregular, engrosamiento dérmico, molestias estéticas significativas, impacto psicosocial relevante debido a su localización visible.

El tratamiento consistió en un protocolo combinado secuencial:

Fase 1 – PDL (595 nm), aplicado para reducir la vascularidad superficial y el eritema. Se realizaron varias sesiones con intervalos de 4–6 semanas.

Fase 2 – Láser fraccionado de CO₂: Posterior al control del eritema inicial, se efectuaron sesiones de CO₂ fraccionado en modo ablativo para mejorar: grosor, textura, rigidez, irregularidad superficial. Este enfoque permitió dirigirse primero a la hiperemia activa y luego a la dermis profunda, respetando la fisiopatología progresiva de la cicatriz.

Este caso es representativo por los beneficios clínicos de las terapias combinadas discutidas en esta sección: PDL como herramienta fundamental en cicatrices inmaduras y altamente vascularizadas. CO₂ fraccionado como terapia de elección para remodelación profunda y mejoría de textura. La sinergia entre ambos, validada por la literatura reciente, confirma el enfoque multimodal como estándar contemporáneo en cirugía plástica reconstructiva.



Figura 1. Evolución clínica de una paciente con cicatriz facial post quemadura tratada con protocolo combinado de láser de colorante pulsado (PDL) y láser fraccionado de CO₂. Paciente tratada en New Corp, Centro de Medicina Estética, Vicente López, Buenos Aires, Argentina.

Las imágenes superiores (A–C) corresponden al período pre-tratamiento, evidenciando eritema residual, irregularidad superficial, zonas de rigidez y disarmonía en la transición de la cicatriz hacia la piel adyacente.

Las imágenes inferiores (D–F) muestran el resultado tras varias sesiones, con disminución del grosor y la rigidez cutánea, atenuación del relieve, mayor homogeneidad en el color y mejor integración estética de la cicatriz. Se observa además una mejor definición del contorno facial y una textura más uniforme en las vistas lateral y frontal.

En la segunda imagen se presenta el caso de una paciente femenina de 42 años, con antecedente de quemadura facial por llama ocurrida 18 meses antes de la consulta. La paciente llegó con cicatrices hipertróficas difusas, eritema persistente, rigidez cutánea marcada y pérdida de la definición anatómica en región perioral y mentoniana. Refería prurito, dolor intermitente y limitación funcional leve para apertura oral.

Tras la evaluación inicial y la clasificación del fenotipo cicatricial, se indicó un protocolo terapéutico multimodal secuencial, compuesto por:

- Láser de CO² fraccionado en modo ablativo suave.
- Láser de colorante pulsado (PDL) para manejo de eritema.
- Liberación quirúrgica limitada en áreas de tensión.
- Terapias regenerativas adyuvantes (PRP intralesional y microneedling).
- Cuidados domiciliarios estrictos con fotoprotección y masaje cicatricial.

La paciente completó 6 sesiones distribuidas en un período de 8 meses, con intervalos de 4 a 6 semanas según la respuesta clínica y fase de maduración de la cicatriz.



Paciente tratada en New Corp, Centro de Medicina Estética, Vicente López, Buenos Aires, Argentina.

(A) Vista frontal inicial que evidencia múltiples placas cicatrízales hipertróficas de distribución difusa, con eritema intenso, rigidez cutánea y pérdida de la definición anatómica peri oral. Se observan zonas de discromía pigmentaria y áreas de retracción dérmica que condicionan limitación funcional y marcada alteración estética.

(B) Resultado tras completar un protocolo multimodal basado en láser fraccionado de CO², láser de colorante pulsado, liberación quirúrgica selectiva y terapias regenerativas. Se aprecia una reducción significativa del eritema, mejoría en textura y suavidad cutánea, mayor elasticidad y recuperación parcial de los contornos faciales. La piel presenta una superficie más homogénea, con disminución de la altura de las cicatrices y mejor integración cromática. La paciente refiere mejoría funcional y estética subjetiva, concordante con hallazgos clínicos.

Complicaciones y manejo de efectos adversos en el tratamiento de cicatrices post quemadura

El tratamiento de cicatrices post quemadura implica el uso de tecnologías basadas en energía, terapias regenerativas y procedimientos quirúrgicos, cada uno con sus propios efectos adversos. La correcta identi-

cación, prevención y manejo de estas complicaciones es esencial para garantizar la seguridad del paciente y optimizar los resultados funcionales y estéticos.

Complicaciones asociadas al láser fraccionado de CO₂:

El láser fraccionado de CO₂ es altamente eficaz para remodelar cicatrices hipertróficas, pero también es la tecnología con mayor riesgo potencial de efectos adversos si no se aplica correctamente. Dentro de las complicaciones más frecuentes podemos encontrar: eritema prolongado (4–12 semanas), relacionado con energía excesiva o cicatrices muy vascularizadas. Edema persistente, hiperpigmentación post inflamatoria (HPI), más común en fototipos III–V. Sobretratamiento, cuando se realizan sesiones repetitivas, aparece un aspecto “pulido” excesivo. Infección secundaria por *Staphylococcus aureus* o herpes simple. Prevención: ajustar energía según espesor cicatricial. Foto protección estricta por 3 meses. Considerar antiviral profiláctico en labios y región perioral. Evitar tratar zonas muy expuestas en verano.

Manejo: Eritema prolongado → PDL suave o esteroides tópicos cortos.

HPI → despigmentantes tópicos (ácido tranexámico, hidroquinona), evitar sol.

Infección → antibióticos tópicos u orales según cultivo.

Complicaciones asociadas al láser de colorante pulsado (PDL)

El PDL es uno de los láseres más seguros, pero no está exento de efectos adversos.

Dentro de sus complicaciones más frecuentes están: Petequias, decoloración púrpura transitoria, edema peri orbital (si se trata la cara), dolor o sensación de quemadura leve, hiperpigmentación transitoria.

Prevención: Energía baja-moderada en primeras sesiones, evitar tratar inmediatamente después de exposición solar. Foto protección estricta siempre.

Manejo: La mayoría de las complicaciones son auto limitadas. La Hiperpigmentación se maneja igual que en Laser CO².

Complicaciones del microneedling

Aunque es una técnica segura, puede producir: Eritema 24–48 h, pápulas o descamación, HPI en fototipos altos. Riesgo mínimo de infección si los cuidados no son adecuados.

Prevención: No realizar sobre piel irritada. Técnica estrictamente aséptica. Tener en cuenta que el PRP puede reducir la inflamación.

Complicación/ Efectos adversos de terapias regenerativas (lipofilling): irregularidades en superficie, reabsorción parcial del injerto, en algunos

casos, necrosis grasa; dolor en sitio donante.

Prevención: Técnica de aplicación cuidadosa por planos. Uso de microfat o nanofat para irregularidades. Evitar volúmenes grandes en cicatrices muy fibrosas.

Complicaciones quirúrgicas post liberación + ADM + injerto

Complicaciones inmediatas: Dehiscencia, hematoma, infección, pérdida parcial del injerto.

Complicaciones tardías: Retracción secundaria, nueva contractura por mala rehabilitación, irregularidades estéticas, diferencia de color y textura.

Prevención: Importante rehabilitación temprana y agresiva. Presoterapia si está indicada. Uso de láser CO₂ para suavizar injerto a las 8–12 semanas.

Complicaciones psicológicas

Frecuentemente minimizadas, pero fundamentales: ansiedad post procedimiento, expectativas irreales, frustración ante la evolución prolongada. Desesperanza si no hay mejoría inmediata.

Prevención: educación pretratamiento clara, explicación del tiempo real de maduración (6–18 meses), mostrar casos clínicos comparables, apoyo psicológico desde el inicio del tratamiento.

Resultados

Algoritmo clínico para el manejo integral de cicatrices post quemadura

El análisis de la literatura disponible junto con la integración de terapias físicas, tecnológicas, regenerativas y quirúrgicas permitió desarrollar un algoritmo práctico de manejo aplicable a diferentes tipos de cicatrices post quemadura. Este algoritmo resume las intervenciones más eficaces según la cicatriz, la fase de maduración y las características particulares del paciente, con el objetivo de ofrecer una guía simple pero clínica y científicamente fundamentada.

Síntesis del algoritmo clínico: se basa en la categorización inicial del tipo de cicatriz y en la selección del tratamiento más efectivo para cada escenario, considerando tres variables fundamentales: Fase de maduración de la cicatriz (inmadura vs. madura). Tipo de alteración predominante (vascular, estructural, funcional, atrófica). Características del paciente (edad, fototipo, comorbilidades, localización anatómica).

El resultado fue un diagrama de flujo horizontal que permite identificar de manera rápida la mejor estrategia terapéutica para cada situación clínica común en la consulta de cirugía plástica reconstructiva.

Descripción de los resultados por tipo de cicatriz:

Cicatriz rígida, dolorosa o gruesa: El algoritmo indica como tratamiento de primera elección la combinación de: Láser fraccionado de CO₂, PRP intralesional o tópico, células mesénquimas. Este protocolo permite remodelar colágeno desorganizado y mejorar elasticidad.

Intervalo recomendado: 6–8 semanas. Número de sesiones: 3–5.

Este enfoque se selecciona porque proporciona la mejor relación entre efectividad, seguridad y durabilidad de resultados en cicatrices hipertróficas maduras.

Eritema intenso o cicatriz activa < 1 año: En cicatrices inmaduras, donde predomina la hipervascularización y el prurito, el algoritmo recomienda: Láser de colorante pulsado (PDL).

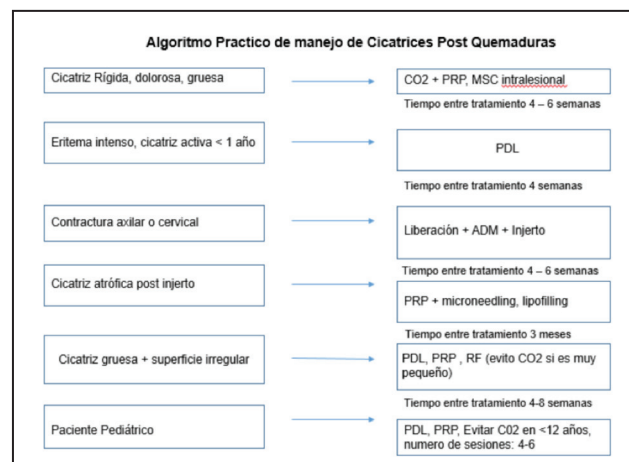
Este tratamiento reduce la vascularidad, estabiliza la cicatriz y disminuye la progresión hacia hipertrofia. Intervalo: 4 semanas. Sesiones: 3–6.

Se eligió PDL porque la evidencia demuestra que el control temprano del eritema reduce la severidad final de la cicatriz.

Contractura axilar o cervical: Para contracturas severas, el algoritmo prioriza la intervención quirúrgica. Liberación completa de la contractura, colocación de Matriz Dérmica acelular (ADM), injerto dermoepidérmico. Posteriormente se incorpora terapia con láser (PDL o CO₂) después de 6–12 semanas para optimizar superficie y textura. La literatura señala que ADM disminuye significativamente la recurrencia y mejora la elasticidad a largo plazo.

Cicatriz atrófica post injerto: Estas cicatrices se benefician de la regeneración dérmica: PRP + microneedling, lipofilling cuando existe depresión o adherencia profunda. Intervalo: 4–6 semanas. Sesiones: 3–4. Se seleccionó esta combinación por su capacidad de inducir colágeno organizado sin ablación excesiva.

Paciente pediátrico: Por seguridad y características fisiológicas: PDL, PRP, evitar CO₂ en menores de 12 años salvo casos seleccionados. Intervalo: 4–8 semanas. Sesiones: 4–6. El algoritmo prioriza tratamientos no ablativos por su mejor perfil de seguridad. La información sintetizada fue traducida en un diagrama de flujo horizontal minimalista diseñado para: cirujanos plásticos jóvenes en entrenamiento, especialistas con poca experiencia en láser.



Fuente: Elaboración propia

Discusión

Los resultados de la revisión demuestran que ninguna modalidad terapéutica aislada logra abordar la compleja fisiopatología de las cicatrices post quemadura. La formación de estas cicatrices es un proceso dinámico que involucra inflamación prolongada, alteración de la arquitectura dérmica, cambios en la vascularidad, depósito acelerado de colágeno y contractura mecánica.

El enfoque multimodal que combina tecnologías basadas en energía, matrices dérmicas, lipotransferencia, PRP y técnicas quirúrgicas no solo aborda los distintos componentes del proceso cicatricial, sino que además logra potenciar los beneficios de cada intervención.

La literatura confirma que los mejores resultados se obtienen cuando las terapias se aplican en forma secuencial o combinada. Esto coincide con la práctica real de centros de referencia, reafirmando la validez del algoritmo desarrollado.

El algoritmo propuesto constituye una herramienta flexible que facilita una aproximación ordenada al tratamiento de cicatrices post quemadura. Refuerza la importancia de intervenir temprano cuando sea posible, elegir tratamientos basados en fenotipos cicatriciales, utilizar terapias combinadas en casos complejos, incorporar tecnologías emergentes, y aplicar medidas reconstructivas adecuadas ante contracturas.

Para el cirujano plástico de hoy en día, este enfoque permite maximizar resultados y mejorar la calidad de vida de los pacientes, manteniendo un equilibrio adecuado entre seguridad, eficacia y accesibilidad.

Conclusiones

El manejo de las cicatrices post quemadura ha evolucionado significativamente en los últimos años gracias al desarrollo de diferentes tipos de tecnologías, terapias regenerativas avanzadas y técnicas quirúrgicas más precisas. Sin embargo, pese a estos avances, las cicatrices post quemadura continúan representando un desafío clínico relevante debido a la complejidad de su fisiopatología y a las variaciones individuales en su evolución.

El presente trabajo permitió sintetizar la evidencia reciente y transformarla en un algoritmo clínico práctico, capaz de orientar al cirujano plástico en la toma de decisiones según el tipo de cicatriz, la fase de maduración, la localización anatómica y las características del paciente. Este enfoque propone un manejo sistematizado, seguro y ajustado a la realidad clínica. Ningún tratamiento aislado logra abordar todos los componentes de la cicatrización patológica. La combinación de láseres, terapias regenerativas, matrices dérmicas e intervenciones quirúrgicas ofrece resulta-

dos superiores, tanto estéticos como funcionales.

El control temprano del eritema con PDL, la pre-soterapia, la hidratación adecuada y el seguimiento estrecho disminuyen la probabilidad de hipertrofia y contracturas. El algoritmo clínico facilita la toma de decisiones. Permite una aproximación clara, ordenada y reproducible al manejo de cicatrices post quemadura, siendo útil tanto para cirujanos en formación como para especialistas con poca experiencia en láser.

El manejo de cicatrices post quemadura debe concebirse como un proceso dinámico, integral y personalizado. Al integrar la ciencia actual con la práctica clínica, el cirujano plástico puede ofrecer tratamientos más eficaces y seguros.

Referencias bibliográficas

1. Korkmaz H, Flokstra G, Waasdorp M, Pijpe A, Papendorp S, De Jong E, et al. The Complexity of the Post-Burn Immune Response: An Overview of the Associated Local and Systemic Complications. *Cells* 2023;12(3):345
2. Bernadette SS, Sondang PS, Fadhila DS. Fractional carbon dioxide laser for treating hypertrophic scars: A systematic review of randomised trials. *Australasian Journal of Dermatology* 2022; 63(1): 27-35
3. Hao H, Xiaowei S, Yang Z. Platelet-rich plasma for the treatment of burn wounds: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Transfusion and Apheresis Science* 2021. 60(1): 102964. Bibliografía consultada
4. Brewin MP, Docherty S, Heaslip V, Rhodes S, Ukoumunne O, Burnett-Fry N, et al. Early Laser for Burn Scars (ELABS) - Randomised controlled trial of pulsed laser treatment and standard care versus standard care alone for the treatment of hypertrophic burn scars. *Burns*. 2025;51(5):107500
5. Bruno A, De Coster R & Diaz V. Acellular dermal matrices in burn reconstruction: Long-term outcomes. *Burns* 2023, 49(4), 789-798.
6. Brusselaers N, Monstrey S & Dhondt M. Burn scar management by anatomical region: A comprehensive review. *Burns* 2021, 47(5), 1035-1047.
7. De Coster R, Van Landuyt K & Monstrey S. Integrated surgical and laser-based management of post-burn contractures: A prospective cohort study. *Journal of Burn Care & Research* 2024, 45(1), 55-64.
8. Khan M A & Potparic Z. Regional considerations in post-burn scar reconstruction. *Plastic and Reconstructive Surgery*(2022), 150(3), 480-492.
9. Kim Y J, Park J H & Lee B I. Full-thickness versus split-thickness skin grafts for post-burn reconstructive surgery: Functional and aesthetic outcomes. *Plastic and Reconstructive Surgery*(2021), 148(2), 318-327.
10. Bailey J K, Johnson N & Patel A. Skin phototype and hypertrophic scarring: Biological and clinical implications. *Journal of Dermatologic Science* (2020), 98(2), 85-94.
11. Dziewulski P, Atherton D & Mackie C. Pediatric burn scarring: Predictive factors and clinical outcomes. *Burns* (2021), 47(5), 1134-1142.
12. Finnerty C C, Jeschke M G & Branski L. Predictors of patho-

logical scarring after burn injury: A modern review. *Burn Care & Research* (2021), 42(1), 78–89.

13 Ogawa R. Mechanobiology of scarring. *Plastic and Reconstructive Surgery* (2020), 145(2), 595–607.

14 Sood R, Bello R & Chang J. Burn wounds and microbial dysbiosis: Impact on pathological scarring. *Wound Repair and Regeneration* (2023), 31(1), 12–22.

15 Tálamo C & Karayannopoulou N. Healing time as a predictor of hypertrophic scarring in burn patients. *International Journal of Burns* (2022), 5(1), 44–52.

16 Zhao Y, Li Q & Chen X. Genetic markers associated with abnormal fibrogenesis in hypertrophic scars. *Journal of Investigative Dermatology* (2022), 142(4), 1222–1231.

Fagoterapia en quemaduras: evidencia preclínica y potencial como estrategia preventiva

Phage therapy in burns: preclinical evidence and potential as a preventive strategy

Autora: **Dra. María Belén Taleb**

Tutor: Dr. Alberto Bolgiani

Universidad del Salvador - Facultad de Medicina. Buenos Aires, Argentina.

Año: 2025

belentaleb@gmail.com

Resumen

La infección continúa siendo una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en pacientes quemados, especialmente por la emergencia de patógenos multirresistentes como *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Acinetobacter baumannii* y *Klebsiella pneumoniae* productora de carbapenemasas (KPC). La fagoterapia ha resurgido como una estrategia prometedora por su especificidad, actividad antibiofilm, perfil de seguridad y potencial aplicación preventiva. Además, se ha descrito que los bacteriófagos pueden ejercer efectos inmunomoduladores capaces de modular la inflamación y favorecer un microambiente más propicio para la cicatrización.

La evidencia preclínica más sólida en profilaxis proviene de modelos ex vivo porcinos y humanos frente a *S. aureus*, en los que la administración de fagos redujo significativamente la carga bacteriana en piel quemada ⁽²⁾. En modelos murinos, la fagoterapia ha demostrado prevenir sepsis y mortalidad por *P. aeruginosa* ^(1,3). También se revisó evidencia terapéutica frente a *A. baumannii* XDR en modelos de quemadura y heridas profundas ^(6,7), así como estudios sobre *K. pneumoniae* multirresistente, incluyendo KPC, en los que la administración tópica o sistémica de fagos redujo la carga bacteriana y/o mejoró la supervivencia ⁽⁸⁻¹²⁾.

En conjunto, los resultados respaldan el potencial de la fagoterapia como estrategia preventiva y terapéutica en quemaduras. Sin embargo, se requieren ensayos clínicos específicos que evalúen su implementación en pacientes quemados, especialmente frente a bacilos Gram negativos multirresistentes, y que incorporen variables de compatibilidad tópica e inmunomodulación.

Palabras clave: fagoterapia; quemaduras; bacteriófagos; infección de heridas; *Pseudomonas aeruginosa*; *Staphylococcus aureus*; *Acinetobacter baumannii*; *Klebsiella pneumoniae*.

Abstract

Infection remains one of the leading causes of morbidity and mortality in burn patients, particularly due to the emergence of multidrug-resistant pathogens such as *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Acinetobacter baumannii* and carbapenemase-producing *Klebsiella pneumoniae* (KPC). Phage therapy has re-emerged as a promising strategy because of its specificity, antibiofilm activity, safety profile and potential preventive role. In addition, bacteriophages may exert immunomodulatory effects by regulating inflammation and promoting a microenvironment more favorable to wound healing.

The strongest preclinical evidence for prophylaxis comes from porcine and human ex vivo burn wound models against *S. aureus*, in which phage administration significantly reduced bacterial burden in burned skin ⁽²⁾. In murine models, phage therapy prevented sepsis and mortality caused by *P. aeruginosa* ^(1,3). Therapeutic evidence against XDR *A. baumannii* in burn and deep wound models ^(6,7), as well as studies on multidrug-resistant *K. pneumoniae* including KPC, showed reductions in bacterial load and/or improved survival after topical or systemic phage administration ⁽⁸⁻¹²⁾.

Overall, the available evidence supports the potential of phage therapy as a preventive and therapeutic strategy in burns. Nevertheless, specific clinical trials in burn patients are needed, particularly against multidrug-resistant Gram-negative bacilli, including evaluation of topical compatibility and immunomodulatory outcomes.

Key words: phage therapy; burns; bacteriophages; wound infection; *Pseudomonas aeruginosa*; *Staphylococcus aureus*; *Acinetobacter baumannii*; *Klebsiella pneumoniae*.

Introducción

Las quemaduras generan un entorno fisiopatológico complejo caracterizado por pérdida de la barrera cutánea, exposición de tejido desvitalizado, colonización bacteriana acelerada y una respuesta inflamatoria sistémica que puede fluctuar entre hiperinflamación e inmunosupresión. En este contexto, la infección continúa siendo una causa relevante de complicaciones, sepsis y mortalidad en grandes quemados.

P. aeruginosa y *S. aureus* se encuentran entre los principales agentes asociados a infección de heridas por quemadura. Sin embargo, la emergencia de *A. baumannii* y *K. pneumoniae* productora de carbapenemasas ha incrementado la complejidad terapéutica en unidades de cuidados intensivos y centros de quemados.

La fagoterapia ofrece múltiples ventajas potenciales: actividad específica, baja toxicidad, acción sobre biofilm, autorreplicación en presencia de su bacteria huésped y posible sinergia con antibióticos. Asimismo, estudios recientes sugieren que los fagos pueden modular la respuesta inmune mediante interacción con macrófagos, células dendríticas y citocinas, con posible atenuación de la inflamación patológica y contribución a la resolución de la infección ^(13,14).

Si bien existen publicaciones sobre fagoterapia en heridas y quemaduras, la evidencia se encuentra dispersa y aún no existe suficiente información clínica sobre su uso profiláctico en pacientes quemados. Por este motivo, esta revisión analiza la evidencia preclínica y clínica inicial sobre fagoterapia en quemaduras, con énfasis en su potencial preventivo, compatibilidad tópica e inmunomodulación.

Metodología

Se realizó una revisión narrativa con enfoque sistemático de la literatura disponible sobre fagoterapia aplicada a quemaduras, heridas infectadas y patógenos de relevancia en unidades de quemados. La búsqueda bibliográfica se realizó en las bases de datos PubMed/MEDLINE, Scopus y Google Scholar, incluyendo publicaciones disponibles hasta marzo de 2025. Se incluyeron modelos murinos, modelos ex vivo porcinos y humanos, estudios de compatibilidad tópica, estudios clínicos iniciales de seguridad y revisiones sobre inmunomodulación.

Los criterios de inclusión fueron: estudios con intervenciones fagoterapéuticas, relevancia para quemaduras o heridas infectadas, inclusión de patógenos frecuentes en pacientes quemados y medición de carga bacteriana, supervivencia, respuesta histológica, seguridad o variables inmunológicas. Se excluyeron trabajos sin relación microbiológica o terapéutica directa con el objetivo de la revisión.

Las principales limitaciones metodológicas fueron la heterogeneidad de modelos experimentales, dosis, vías de administración, vehículos tópicos y tiempos de evaluación, así como la ausencia de ensayos clínicos preventivos específicos en humanos.

Resultados

- McVay et al. evaluaron un modelo murino de quemadura infectada por *P. aeruginosa*. La administración de fagos aumentó la supervivencia, redujo la bacteriemia y previno la progresión a sepsis ⁽¹⁾.

- Molendijk et al. demostraron en modelos ex vivo porcinos y humanos que la fagoterapia redujo significativamente *S. aureus* en piel quemada, lo que aporta evidencia relevante para una estrategia de administración temprana o profiláctica ⁽²⁾.

- Prokopczuk et al. describieron un fago Pf superinfectivo modificado capaz de prevenir la diseminación sistémica de *P. aeruginosa* en un modelo murino de quemadura, aun cuando no eliminó por completo la infección local ⁽³⁾.

- Merabishvili et al. evaluaron la estabilidad de bacteriófagos en productos de uso habitual en quemaduras y demostraron que varios antisépticos o apósitos pueden inactivarlos, mientras que algunos hidrogeles y formulaciones preservan su viabilidad ⁽⁴⁾.

- Rose et al. publicaron una experiencia clínica inicial de aplicación tópica de fagos en pacientes con heridas por quemadura colonizadas, con adecuado perfil de seguridad y sin eventos adversos atribuibles al tratamiento ⁽⁵⁾.

- Ghaznavi-Rad et al. demostraron actividad terapéutica de fagos frente a *A. baumannii* XDR en un modelo de quemadura en rata, con reducción de la infección y mejor evolución del modelo experimental ⁽⁶⁾.

- Kusradze et al. evaluaron fagoterapia frente a *A. baumannii* en un modelo animal de infección de heridas y observaron eficacia antibacteriana sin toxicidad evidente ⁽⁷⁾.

- Kumari et al. estudiaron fagoterapia tópica frente a *K. pneumoniae* en modelos murinos de quemadura, con reducción de carga bacteriana y resultados superiores o comparables a antimicrobianos tópicos convencionales en algunos modelos ⁽⁸⁻¹⁰⁾.

- Zagaliotis et al. evaluaron fagoterapia frente a *K. pneumoniae* resistente a carbapenémicos en un modelo murino neutropénico de translocación gastrointestinal e infección renal, con reducción de la carga bacteriana en órganos seleccionados ⁽¹¹⁾.

- Eskenazi et al. comunicaron un caso clínico de infección por *K. pneumoniae* panresistente tratado con fagos preadaptados asociados a antibióticos, con mejoría clínica, microbiológica y radiológica ⁽¹²⁾.

- De Souza et al. y Górski et al. revisaron los efectos inmunomoduladores de los fagos, incluyendo su in-

teracción con células inmunes y su posible rol en la regulación de citocinas e inflamación ^(13,14).

Discusión

La evidencia preclínica más sólida para un uso preventivo de la fagoterapia en quemaduras proviene de los modelos ex vivo de Molendijk et al., en los que la administración de fagos redujo de manera significativa la carga de *S. aureus* en piel quemada porcina y humana ⁽²⁾. Este hallazgo resulta relevante porque aproxima el modelo experimental a la superficie cutánea humana y permite plantear el uso temprano de fagos en heridas de alto riesgo.

En *P. aeruginosa*, los modelos murinos muestran prevención de sepsis, reducción de bacteriemia y mejoría de la supervivencia ^(1,3). Estos resultados posicionan a la fagoterapia como una estrategia potencialmente útil en protocolos de administración temprana, especialmente en pacientes con alto riesgo de colonización o infección por bacilos Gram negativos.

Para *A. baumannii* XDR y *K. pneumoniae* productora de carbapenemasas, la evidencia disponible es principalmente terapéutica más que profiláctica. Sin embargo, los resultados en modelos de quemadura, heridas profundas e infecciones sistémicas justifican su inclusión en futuros estudios preventivos, dado el impacto clínico de estos patógenos en centros de quemados ⁽⁶⁻¹²⁾.

Un punto crítico para la implementación clínica es la compatibilidad tópica. La evidencia disponible demuestra que algunos productos utilizados habitualmente en el manejo de quemaduras pueden inactivar los fagos, lo que obliga a seleccionar cuidadosamente el vehículo, el apósito y la secuencia de aplicación ⁽⁴⁾. La inmunomodulación constituye otro eje relevante. Más allá de su actividad antibacteriana directa, los fagos podrían modificar la respuesta inflamatoria mediante interacción con células del sistema inmune y regulación de citocinas ^(13,14). En pacientes quemados, cuya respuesta inmune suele estar profundamente alterada, este aspecto podría tener implicancias tanto en el control infeccioso como en la cicatrización.

En conjunto, aunque aún falta evidencia clínica preventiva en humanos, los resultados preclínicos y la seguridad inicial observada justifican avanzar hacia estudios traslacionales y ensayos clínicos controlados que evalúen profilaxis con fagos en quemaduras de alto riesgo.

Conclusiones

- La fagoterapia presenta un potencial preventivo y terapéutico relevante en quemaduras, especialmente frente a *S. aureus* y *P. aeruginosa*, donde existe evidencia preclínica más consistente.
- En *A. baumannii* XDR y *K. pneumoniae* productora

de carbapenemasas, la evidencia es predominantemente terapéutica, pero su impacto clínico justifica incluir estos patógenos en futuros estudios profilácticos.

- La compatibilidad con productos tópicos y apósitos es un punto crítico para la implementación clínica, ya que diversos compuestos pueden reducir o anular la viabilidad de los fagos.
- La seguridad clínica inicial respalda la posibilidad de avanzar hacia intervenciones controladas en pacientes quemados.
- El rol inmunomodulador de los fagos debe incorporarse formalmente en futuros estudios, con medición de citocinas, respuesta inflamatoria, carga bacteriana, cicatrización y evolución clínica.
- Se requieren ensayos clínicos traslacionales que evalúen eficacia antimicrobiana, compatibilidad tópica, seguridad e inmunomodulación en quemaduras colonizadas o de alto riesgo.

Bibliografía

1. McVay CS, Velasquez M, Fralick JA. Phage therapy of *Pseudomonas aeruginosa* infection in a mouse burn wound model. *Antimicrob Agents Chemother*. 2007;51(6):1934-1938.
2. Molendijk MM, Boekema BKHL, Lattwein KR, Vlig M, Bode LGM, Koopmans MPG, et al. Bacteriophage therapy reduces *Staphylococcus aureus* in a porcine and human ex vivo burn wound infection model. *Antimicrob Agents Chemother*. 2024;68(9):e00650-24.
3. Prokopczuk FI, Im H, Campos-Gomez J, Orihuela CJ, Martínez E. Engineered superinfective Pf phage prevents dissemination of *Pseudomonas aeruginosa* in a mouse burn model. *mBio*. 2023;14(3):e00472-23.
4. Merabishvili M, Monsere R, van Bellegem J, Rose T, Jennes S, De Vos D, et al. Stability of bacteriophages in burn wound care products. *PLoS One*. 2017;12(7):e0182121.
5. Rose T, Verbeken G, De Vos D, Merabishvili M, Vaneechoutte M, Lavigne R, et al. Experimental phage therapy of burn wound infection: difficult first steps. *Int J Burns Trauma*. 2014;4(2):66-73.
6. Ghaznavi-Rad E, Komijani M, Moradabadi A, Rezaei M, Shaykh-Baygloo N. Isolation of a lytic bacteriophage against extensively drug-resistant *Acinetobacter baumannii* infections and its dramatic effect in rat model of burn infection. *J Clin Lab Anal*. 2022;36(7):e24497.
7. Kusradze I, Karumidze N, Rigvava S, Dvalidze T, Katsitadze M, Amiranashvili I, et al. Characterization and testing the efficiency of *Acinetobacter baumannii* phage vB-GEC_Ab-M-G7 as an antibacterial agent. *Front Microbiol*. 2016;7:1590.
8. Kumari S, Harjai K, Chhibber S. Efficacy of bacteriophage treatment in murine burn wound infection induced by *Klebsiella pneumoniae*. *J Microbiol Biotechnol*. 2009;19(6):622-628.
9. Kumari S, Harjai K, Chhibber S. Topical treatment of *Klebsiella pneumoniae* B5055-induced burn wound infection in mice using natural products. *J Infect Dev Ctries*. 2010;4(6):367-377.
10. Kumari S, Harjai K, Chhibber S. Bacteriophage versus antimicrobial agents for the treatment of murine burn wound infection caused by *Klebsiella pneumoniae* B5055. *J Med Microbiol*. 2011;60(Pt 2):205-210.
11. Zagariotis P, Michalik-Provasek J, Mavridou E, Naing E, Vizirianakis IS, Chatzidimitriou D, et al. Bacteriophage treatment is effective against carbapenem-resistant *Klebsiella pneumoniae* (KPC) in a neutropenic murine model of gastrointestinal translocation and renal infection. *Antimicrob Agents Chemother*. 2025;69(2):e00919-24.
12. Eskenazi A, Lood C, Wubbolts J, Hites M, Balarjishvili N, Leshkasheli L, et al. Combination of pre-adapted bacteriophage therapy and antibiotics for treatment of fracture-related infection due to pandrug-resistant *Klebsiella pneumoniae*. *Nat Commun*. 2022;13(1):302.
13. de Souza EB, Pinto AR, Fongaro G. Bacteriophages as potential clinical immune modulators. *Microorganisms*. 2023;11(9):2222.
14. Górski A, Miedzybrodzki R, Borysowski J, Dabrowska K, Wierzbicki P, Ohams M, et al. Phage as a modulator of immune responses: practical implications for phage therapy. *Adv Virus Res*. 2012;83:41-71.

Triamcinolona intralesional postquirúrgica para queloides auriculares en pediatría: revisión bibliográfica, análisis retrospectivo y propuesta de protocolo prospectivo

Postoperative Intralesional Triamcinolone for Auricular Keloids in Pediatrics: Literature Review, Retrospective Analysis, and Prospective Protocol Proposal

Autora: **Dra. Marcela Di Vincenzo**

Tutor: *Patricia Monteleone*

*Carrera de Especialización en Cirugía Plástica y Reparadora. Universidad del Salvador –USAL- CABA, Argentina
Julio 2026*

divincenzomarcela@gmail.com/+54-9-1158622493

Resumen

Introducción: Las cicatrices queloides se caracterizan por sobrepasar los márgenes de la herida original, no presentar regresión espontánea, recidivar tras la escisión y acompañarse frecuentemente de prurito y dolor que comprometen la calidad de vida del paciente. La ausencia de un protocolo terapéutico unificado, las elevadas tasas de recidiva y el dolor y el estrés traumático que generan las infiltraciones intralesionales repetidas de triamcinolona (TAC) en pacientes pediátricos subrayan la necesidad de optimizar las estrategias para reducir el sufrimiento del paciente sin comprometer la eficacia clínica.

Objetivos: 1. Realizar una revisión bibliográfica de la eficacia comparativa de la triamcinolona intralesional prequirúrgica vs postquirúrgica. 2. Evaluar el perfil clínico institucional para esta patología. 3. Proponer un nuevo protocolo prospectivo de infiltraciones posquirúrgicas.

Discusión: Los queloides son cicatrices fibroproliferativas benignas cuya fisiopatología resulta de una interacción multifactorial entre la activación persistente de fibroblastos y miofibroblastos en un microambiente inflamatorio crónico de la dermis reticular. En la población pediátrica presentan una marcada predominancia femenina, una incidencia máxima entre los 10 y 19 años, coincidente con la etapa puberal y una mayor prevalencia en individuos de piel oscura, localizándose en la mayoría de las series en el pabellón auricular como consecuencia de la perforación cosmética del lóbulo. El arsenal terapéutico actual incluye opciones como presoterapia, 5-fluorouracilo, láser de dióxido de carbono, crioterapia y braquiterapia, aunque la escisión quirúrgica combinada con infiltraciones intralesionales de TAC constituye una de las estrategias más frecuentemente utilizadas para el manejo de estas lesiones en el paciente pediátrico. Mientras que las infiltraciones prequirúrgicas de TAC generan malestar al paciente y una sobrecarga asistencial adicional manifestada en inyecciones y visitas reiteradas sin un beneficio clínico proporcional, la bibliografía actual demuestra de forma consistente que la administración posquirúrgica oportuna de corticoesteroides logra tasas de recurrencia menores, permitiendo minimizar el trauma asociado a las múltiples intervenciones previas a la cirugía.

Metodología: Estudio observacional, descriptivo y retrospectivo de pacientes menores de 18 años sometidos a resección quirúrgica de queloides en el Servicio de Cirugía Plástica del Hospital de Niños Ricardo Gutiérrez entre octubre de 2022 y junio de 2026. Se analizaron edad, sexo, lugar de presentación del queloide, cantidad de lesiones, etiología, tipo de anestesia utilizada durante el procedimiento quirúrgico, tratamiento adyuvante recibido y recidiva.

Resultados: Se analizaron 15 pacientes pediátricos con cicatrices queloides tratados mediante resección quirúrgica: 80% mujeres (12/15), edad media 14,7 años (rango 11–17), 80% con localización auricular (lóbulo y hélix) y piercing como etiología en 80% (12/15, todos auriculares). Recibieron TAC prequirúrgica el 93,3% (1–11 sesiones, moda 10) y TAC postoperatoria el 26,7%. La recidiva fue del 33,3% (5/15), pero el seguimiento escaso dificulta la detección de recurrencias tardías.

Conclusión: El perfil clínico de la serie reproduce los patrones internacionales y respalda la implementación prospectiva de un protocolo institucional de escisión seguida de TAC postoperatoria, para reducir la recurrencia y mejorar el confort del paciente pediátrico.

Palabras clave: queloide auricular; pediatría; triamcinolona; queloide; inyección intralesional; recurrencia.

Abstract

Introduction: Keloid scars are characterized by extending beyond the margins of the original wound, the absence of spontaneous regression, recurrence after excision, and frequently presenting with pruritus and pain that compromise the patient's quality of life. The lack of a unified therapeutic protocol, the elevated recurrence rates, and the pain and traumatic stress generated by repeated intralesional triamcinolone acetonide injections in pediatric patients emphasize the need to optimize strategies aimed at reducing patient suffering without compromising clinical efficacy.

Objectives: 1. To conduct a literature review comparing the efficacy of preoperative versus postoperative intralesional triamcinolone. 2. To characterize the institutional clinical profile of this condition. 3. To propose a prospective protocol of postoperative triamcinolone injections.

Discussion: Keloids are benign fibroproliferative scars whose pathophysiology results from a multifactorial interaction between persistent activation of fibroblasts and myofibroblasts within a chronic inflammatory microenvironment of the reticular dermis. In the pediatric population, keloids show female predominance, with a peak incidence between 10 and 19 years of age, coinciding with the pubertal window, and a higher prevalence among individuals with darker skin phototypes. In most series, keloids are located in the auricle as a consequence of cosmetic earlobe piercing. The current treatment includes options such as pressure therapy, 5-fluorouracil, carbon dioxide laser, cryotherapy, and brachytherapy; however, surgical excision combined with intralesional triamcinolone (TAC) injections remains one of the most widely adopted strategies in pediatric patients. Whereas preoperative TAC injections imposes substantial discomfort and an additional clinical burden, manifested in repeated injections and visits without proportional clinical benefit, current evidence demonstrates that timely postoperative administration of corticosteroids achieves lower recurrence rates, allowing minimization of the trauma associated with multiple interventions prior to surgery.

Methodology: An observational, descriptive, retrospective study of patients under 18 years of age who underwent surgical resection of keloids at the Plastic Surgery Service of Hospital de Niños Ricardo Gutiérrez between October 2022 and June 2026. Data collected included age, sex, anatomical location of presentation, number of lesions, etiology, type of anesthesia used during the surgical procedure, adjuvant treatment received, and recurrence.

Results: Fifteen pediatric patients with keloid scars treated by surgical resection were analyzed: 80% were female (12/15), mean age 14.7 years (range 11–17), 80% presented auricular location (lobule and helix), and piercing as etiology in 80% (12/15, all of them auricular). Preoperative TAC was administered to 93.3% of patients (1–11 sessions, mode 10) and postoperative TAC to 26.7%. The recurrence rate was 33.3% (5/15); however, limited follow-up constrains the detection of late recurrences.

Conclusion: The clinical profile observed in this series mirrors international patterns and supports the prospective implementation of an institutional protocol centered on surgical excision followed by postoperative TAC, with the dual aim of reducing recurrence and improving the perioperative experience of pediatric patients.

Key words: auricular keloid; pediatrics; triamcinolone; keloid; intralesional injection; recurrence.

Introducción

Los queloides se definen como cicatrices patológicas que resultan de una proliferación fibroblástica dérmica benigna [1]. A diferencia de las cicatrices hipertróficas, los queloides se caracterizan por extenderse más allá de los márgenes originales de la herida y por no presentar una regresión espontánea a lo largo del tiempo [2]. Clínicamente, se manifiestan como nódulos o tumores cutáneos firmes y fibrosos que frecuentemente causan síntomas molestos como prurito, dolor y sensibilidad, lo que impacta significativamente en la calidad de vida del paciente [2]. La fisiopatología de esta afección es compleja y multifactorial, e involucra una respuesta inflamatoria crónica en la dermis reticular [3]. En el ámbito pediátrico, aunque su incidencia exacta es difícil de determinar por el subregistro [4], los queloides auriculares suelen aparecer tras traumatismos cutáneos [5], siendo la perforación del lóbulo de la oreja el factor detonante predominante en este grupo etario [5]. Su incidencia aumenta notablemente durante la segunda década de vida, lo cual sugiere una asociación con los cambios hormonales de la pubertad [4]. El tratamiento de los queloides en pediatría plantea un problema clínico importante debido a la falta de un protocolo terapéutico unificado y a las elevadas tasas de recidiva, que pueden alcanzar entre el 20% y el 35% [6],[4]. La mayoría de las guías actuales se basan en estudios realizados en adultos, excluyendo a la población infantil de muchas evaluaciones de eficacia [1]. Un desafío crítico es el uso de triamcinolona (TAC) intralesional; aunque es el corticoide más utilizado, su aplicación mediante infiltraciones suele ser dolorosa y genera un gran malestar y estrés traumático en los niños, especialmente cuando se administra sin anestesia local [1]. Esta dificultad técnica y el impacto emocional en el paciente pediátrico subrayan la necesidad de buscar estrategias que optimicen los resultados clínicos para reducir el sufrimiento del paciente.

Objetivo

El objetivo general de esta monografía es realizar una revisión bibliográfica exhaustiva de la literatura académica publicada en los últimos diez años para identificar el tratamiento más efectivo para los queloides auriculares en la población pediátrica. Específicamente, se busca contrastar la eficacia de la infiltración intralesional de TAC aplicada de forma prequirúrgica frente a la administración postquirúrgica. Esta evaluación pretende determinar si el beneficio clínico de la terapia neoadyuvante justifica la carga psicológica y el trauma asociado a las múltiples sesiones de inyección en pacientes menores de edad. Asimismo, se analizará la literatura existente para determinar si la modulación del tejido cicatricial mediante corticosteroides

previa a la resección quirúrgica reduce significativamente la tasa de recurrencia en comparación con los protocolos que limitan esta intervención al periodo postoperatorio inmediato.

Como objetivos específicos, se plantean:

- Examinar los mecanismos biológicos que subyacen a la respuesta fibrótica de los queloides, analizar la distribución demográfica de dicha patología y evaluar las diversas terapéuticas propuestas en la última década, poniendo el foco en la evidencia científica disponible sobre la efectividad del tratamiento con TAC exclusivamente postquirúrgico en comparación con el tratamiento con TAC prequirúrgico.
- Realizar un análisis observacional retrospectivo de nuestra propia serie de casos clínicos para identificar las variables demográficas y clínicas a fin de determinar si el perfil clínico y los resultados observados en nuestra serie son comparables con la evidencia científica analizada en la bibliografía.
- Proponer un protocolo de tratamiento mediante infiltraciones de TAC postquirúrgicas con el fin de determinar si la eliminación de las inyecciones preoperatorias compromete los resultados clínicos o si, por el contrario, representa una mejora en la calidad de atención al reducir la incomodidad y la frecuencia de visitas hospitalarias del paciente pediátrico.

Discusión

• Fisiopatología

El fibroblasto constituye la célula efectora central en la fisiopatología del queloide, ya que su activación persistente dentro del microambiente inflamatorio crónico de la dermis reticular induce una producción desregulada de colágeno tipos I y III y de los demás componentes de la matriz extracelular, circunstancia que se ve favorecida por la resistencia intrínseca de estas células a la apoptosis y por el estímulo sostenido de señales proinflamatorias [3]. Asimismo, la tensión mecánica sostenida sobre los tejidos en reparación activa cascadas neurogénicas que, a través de receptores mecanosensibles, estimulan la liberación de neuropéptidos y perpetúan la activación fibroblástica anómala, lo cual explica la predisposición del queloide a localizaciones sometidas a estiramiento crónico como el lóbulo auricular [3],[2]. Dicha vulnerabilidad biomecánica se ve amplificada por una predisposición genética que modula la homeostasis de la matriz extracelular, fenómeno particularmente prevalente en individuos de ascendencia africana y asiática y en aquellos con antecedentes familiares de cicatrización patológica, lo cual facilita el desarrollo exuberante de tejido cicatricial incluso ante traumatismos dérmicos mínimos [2],[4].

• Rol de los componentes celulares

La formación del queloide es un proceso altamente

heterogéneo en el que intervienen múltiples poblaciones celulares, tanto residentes como infiltrantes, que establecen interacciones paracrina dentro del microambiente inflamatorio crónico de la dermis reticular, en el cual se han identificado fibroblastos, miofibroblastos, mastocitos, linfocitos T, queratinocitos, macrófagos y células endoteliales, todas ellas susceptibles al estímulo de los neuropéptidos liberados por las fibras nerviosas sensoriales activadas por la tensión mecánica [3].

Fibroblastos y miofibroblastos

En la formación y progresión de los queloides, los fibroblastos y miofibroblastos actúan como los principales efectores celulares responsables del depósito excesivo de matriz extracelular [7]. Los fibroblastos en los queloides no son una población uniforme; presentan variaciones funcionales según su ubicación dentro de la lesión [7]. Los fibroblastos derivados del centro de la lesión muestran una actividad y proliferación reducidas, con mayores niveles de senescencia y apoptosis en comparación con los de la periferia, que suelen ser más activos e invasivos [7]. Los experimentos de cocultivo en monocapa con células madre mesenquimales y fibroblastos queloides han demostrado que estos últimos son capaces de inducir un cambio fenotípico de tipo miofibroblasto en las células madre mesenquimales [3]. Además, mantienen una comunicación paracrina constante con los queratinocitos para coordinar la restauración del tejido, aunque en el queloides esta señalización está alterada [7]. Por otra parte, los miofibroblastos son células altamente biosintéticas caracterizadas por la expresión de actina de músculo liso alfa (α -SMA) y vimentina [7]. Su presencia ha sido confirmada en el 33 % al 81 % de los queloides analizados [7]. Su función principal es la síntesis masiva de proteínas de la MEC, particularmente colágenos tipo I y III [7]. A diferencia de una cicatrización normal en la que los miofibroblastos desaparecen por apoptosis al finalizar el proceso, en los queloides estas células persisten. Esta activación persistente es una de las causas fundamentales de la acumulación excesiva de colágeno y la arquitectura tisular patológica [7]. Los miofibroblastos en los queloides pueden provenir de múltiples fuentes:

- **Diferenciación Residente:** La fuente principal es la diferenciación de fibroblastos locales bajo la influencia del factor de crecimiento transformante beta 1 (TGF- β 1), la tensión mecánica y la fibronectina [7].
- **Transición Endotelio-Mesenquimal:** Se sugiere que células similares a células madre embrionarias ubicadas en el endotelio de microvasos dentro del queloides pueden diferenciarse en fibroblastos y miofibroblastos anormales [3].
- **Fibroblastos Circulantes:** Células provenientes de la médula ósea (fibroblastos) pueden migrar al sitio de la

lesión y diferenciarse en miofibroblastos [3].

Un hallazgo crítico mencionado por varios autores es la relación con los folículos pilosos. En la piel normal, los miofibroblastos pueden reprogramarse para convertirse en adipocitos, permitiendo la regeneración en lugar de la cicatriz. Dado que los queloides carecen de folículos pilosos, esta conversión se bloquea, lo que obliga a las células a mantener su estado de miofibroblasto y continuar la respuesta cicatricial de forma indefinida [3].

Mastocitos

En la fisiopatología de los queloides, los mastocitos desempeñan un papel fundamental como reguladores del microambiente fibrótico a través de interacciones directas e indirectas con los fibroblastos [7]. Los queloides presentan una densidad significativamente mayor de mastocitos en comparación con la piel normal y las cicatrices fisiológicas [7]. Estos niveles elevados se observan tanto en áreas intralesionales como perilesionales, donde se ha detectado una alta proporción de mastocitos degranulados [7]. La función profibrótica de los mastocitos se manifiesta a través de dos mecanismos principales:

- **Contacto celular directo:** Se ha observado que los mastocitos mantienen un contacto íntimo y directo con los fibroblastos queloides [7]. Esta asociación física facilita la señalización paracrina que potencia la proliferación de fibroblastos y la síntesis de colágeno [7].
- **Señalización paracrina:** Los mastocitos liberan mediadores clave como histamina, interleucinas y factores de crecimiento, tales como TGF- β 1 y factor de crecimiento derivado de las plaquetas (PDGF), que activan a los fibroblastos y promueven la acumulación de matriz extracelular [7].

Una de las hipótesis contempla que el aumento de la síntesis de colágeno en el queloides induce el reclutamiento de más mastocitos [3]. Estos mastocitos realizan fagocitosis de las fibrillas de colágeno, un proceso que desencadena la liberación de mediadores que, a su vez, estimulan una mayor producción de colágeno por parte de los fibroblastos, perpetuando el desarrollo de la cicatriz [3]. La actividad de los mastocitos en el microambiente queloidal trasciende su función profibrótica y se manifiesta clínicamente a través de la mediación de síntomas característicos de la lesión y de la modulación de la respuesta inmune. La liberación masiva de histamina por los mastocitos, sumada a su estrecho contacto con las terminaciones nerviosas, explica la sintomatología característica de dolor y prurito en las lesiones queloides [7]. Existe una correlación positiva entre la incidencia de queloides y los niveles de IgE sérica [7]. Los mastocitos pueden ser estimulados para la degranulación mediante la unión de IgE a sus receptores, lo que vincula los trastornos atópicos con una mayor predisposición al

desarrollo de queloides [7]. Factores mecánicos como el estiramiento de la piel pueden activar receptores mecanosensibles, lo que desencadena la liberación de neuropéptidos. Estos inducen la liberación de histamina y citoquinas por los mastocitos, contribuyendo a la inflamación crónica del queloide [3].

Linfocitos T

La función de los linfocitos T en el desarrollo de los queloides es fundamental para establecer y perpetuar el microambiente profibrótico que caracteriza a estas lesiones. Según la bibliografía, los queloides presentan un infiltrado denso de linfocitos T, predominantemente células CD4+ y CD8+, que se localizan de manera estratégica en las zonas perivasculares de la dermis [7]. Esta presencia masiva de células inmunes no es un evento transitorio, sino que refleja un estado de inflamación crónica que impulsa activamente la progresión de la cicatriz. Un aspecto central en la función de estas células es la polarización hacia una respuesta de tipo Th2, la cual es intrínsecamente profibrogénica al secretar citoquinas clave como la interleucina 4 (IL-4) y la interleucina 13 (IL-13) [7]. Estos mediadores actúan directamente sobre los fibroblastos queloideos, potenciando su capacidad biosintética y promoviendo una producción desmedida de colágeno y otros componentes de la matriz extracelular [7]. Asimismo, se ha observado que el equilibrio entre las distintas subpoblaciones de linfocitos T está alterado en el tejido queloideo, existiendo evidencia de una posible disfunción o desequilibrio en las células T reguladoras que normalmente limitarían la respuesta inflamatoria, lo que permite que el proceso de cicatrización patológica continúe de forma indefinida [7]. De este modo, los linfocitos T funcionan como reguladores maestros que, a través de la señalización paracrina y la interacción constante con fibroblastos y otras células del sistema inmunitario, transforman una respuesta de reparación tisular normal en un proceso fibrótico crónico, expansivo y persistente [7].

Queratinocitos

Los queratinocitos poseen un rol activo en la patogénesis de los queloides como reguladores clave del microambiente dérmico. Estas células establecen una comunicación bidireccional anómala con los fibroblastos, conocida como interrelación epitelio-dermis, que es esencial para la formación de la cicatriz patológica [3]. Los queratinocitos queloideos presentan una capacidad intrínseca para inducir un fenotipo profibrótico incluso en fibroblastos de piel normal, estimulando su proliferación y aumentando significativamente la síntesis de colágeno y otros componentes de la matriz extracelular a través de señales paracrinas [3]. Esta activación se ve potenciada por la secreción elevada de factores de crecimiento y citoquinas,

como el factor de crecimiento del tejido conectivo, el factor de crecimiento de hepatocitos, el factor de crecimiento endotelial vascular y el factor de crecimiento derivado de plaquetas, los cuales no solo promueven la fibrosis, sino que también disminuyen la apoptosis de los fibroblastos [3]. Además, los queratinocitos en los queloides muestran alteraciones en su programa de diferenciación y adhesión celular, así como una tendencia a sufrir una transición epitelio-mesenquimal [3]. En este proceso, influenciado por factores como la hipoxia, los queratinocitos pierden su polaridad y adquieren propiedades de células mesenquimales, expresando marcadores como vimentina y fibronectina, lo que contribuye directamente a la expansión e invasividad de la lesión [3,7]. Finalmente, la ausencia de folículos pilosos en el tejido queloideo impide que los queratinocitos participen en procesos de regeneración normales, lo que perpetúa el estado de cicatrización crónica y la acumulación excesiva de tejido fibrótico [3].

Macrófagos

Los macrófagos actúan como reguladores del microambiente inflamatorio y agentes inductores de la fibrosis [7]. El tejido queloideo presenta una infiltración significativamente mayor de macrófagos en comparación con las cicatrices normales, localizándose predominantemente en las zonas perivasculares de la dermis [3,7]. Un aspecto fundamental de su función es la polarización hacia el fenotipo M2, también conocido como macrófagos activados por la vía alternativa, los cuales son intrínsecamente profibrogénicos [7]. Esta polarización está impulsada por el entorno de citoquinas como la IL-4 y la IL-13, que prevalecen en los queloides [7]. Una vez activados, estos macrófagos M2 secretan factores de crecimiento potentes, destacando el TGF- β 1 y el PDGF, mediadores esenciales que activan a los fibroblastos y promueven su diferenciación en miofibroblastos [3,7]. Además de estimular la síntesis masiva de colágeno, los macrófagos contribuyen a la persistencia de la lesión al liberar citoquinas que perpetúan la inflamación crónica y evitan la resolución natural de la cicatriz [7]. Esta actividad persistente y el desequilibrio entre las poblaciones de macrófagos M1 (proinflamatorios) y M2 (profibróticos) resultan en un ciclo de retroalimentación que mantiene la producción desmedida de matriz extracelular y favorece el crecimiento invasivo característico de los queloides [3,7].

Células endoteliales

Las células endoteliales desempeñan un papel multifacético en la formación de los queloides, actuando tanto como componentes estructurales de la vasculatura como fuentes celulares dinámicas que impulsan la fibrosis. Los queloides se caracterizan por una expansión significativa de las subpoblaciones de células

endoteliales vasculares, aspecto que refleja su fuerte asociación con la patogénesis de estas lesiones [7]. Estas células presentan una disfunción endotelial que se manifiesta en forma de hiperpermeabilidad vascular durante la fase inflamatoria de la cicatrización, lo que prolonga el flujo de células y factores inflamatorios hacia el tejido lesionado y extiende la duración de la inflamación crónica [3]. Asimismo, se ha propuesto que la proliferación de células endoteliales puede conducir a la formación de microvasos con lúmenes ocluidos, lo que genera un microambiente hipóxico dentro del queloide que favorece la actividad persistente de los fibroblastos [3]. Un mecanismo fundamental descrito en la bibliografía es la transición endotelio-mesenquimal, proceso mediante el cual las células endoteliales, o poblaciones celulares similares a células madre embrionarias ubicadas en el endotelio, adquieren un fenotipo mesenquimal para transformarse directamente en fibroblastos y miofibroblastos queloideos anormales [3]. Además de esta transformación celular, las células endoteliales interactúan estrechamente con otros componentes del sistema inmunitario; por ejemplo, los mastocitos liberan histamina que dilata las vénulas postcapilares y aumenta la permeabilidad de los vasos sanguíneos, exacerbando el estado inflamatorio [7].

Matriz extracelular

El colágeno constituye el componente principal de la matriz extracelular en los queloideos, donde su acumulación masiva define la naturaleza fibroproliferativa de estas lesiones [7]. El rol fundamental de esta proteína es proporcionar integridad estructural al tejido, pero en el queloide, las moléculas de colágeno se empaquetan de forma densa en fibras que resisten la deformación, otorgando a la cicatriz su firmeza clínica característica [7]. Esta sobreproducción se refleja en un aumento de los niveles de ARNm de las cadenas $\alpha 2(I)$ y $\alpha 1(III)$ [7]. Además, en las etapas iniciales de la fibrosis, se ha detectado la presencia de colágeno tipo VI, el cual puede actuar como un biomarcador de la activación del proceso fibrótico [7]. A diferencia de los procesos de cicatrización que permanecen dentro de los márgenes de la herida, el colágeno en los queloideos presenta una arquitectura desorganizada, caracterizada por haces de fibras de tipo I y III que no mantienen una orientación ordenada [2]. Esta desorganización estructural se acompaña de un desequilibrio significativo en la proporción entre el colágeno tipo I y el tipo III, así como de una reducción o ausencia de fibras elásticas, factores que sugieren una pérdida del equilibrio dinámico entre la producción y la degradación de la matriz extracelular [8]. Mientras que en otras formas de cicatrización, como la hipertrófica, las fibras de colágeno tipo III tienden a estar alineadas, el queloide se distingue por

contener paquetes de colágeno dispuestos de manera irregular que no logran una remodelación fisiológica y permiten que la lesión se extienda más allá del traumatismo inicial [2].

• Componente genético

La comprensión del componente genético en la formación de queloideos es fundamental para entender por qué ciertas personas desarrollan estas cicatrices patológicas ante traumatismos mínimos, mientras que otras no lo hacen. La evidencia científica acumulada en las últimas décadas sugiere que la susceptibilidad a los queloideos no depende de un único factor, sino de una compleja interacción entre la herencia genética, las variaciones étnicas y las modificaciones epigenéticas [3,9].

La base genética de los queloideos se sustenta principalmente en tres pilares: la predisposición étnica, la agregación familiar y la concordancia en gemelos [3]. Se ha observado que los queloideos afectan desproporcionadamente a individuos con pigmentación oscura, con una incidencia significativamente mayor en poblaciones de ascendencia africana y asiática en comparación con las poblaciones de ascendencia europea [2, 5].

La historia familiar es uno de los predictores más fuertes de riesgo. Estudios de casos y controles han demostrado que el riesgo de desarrollar queloideos en pacientes con antecedentes familiares es más de cuatro veces superior al de aquellos sin dichos antecedentes [9]. En poblaciones específicas, como la china, se ha calculado una heredabilidad del 72% para familiares de primer grado, disminuyendo al 41% y 17% para familiares de segundo y tercer grado, respectivamente [3]. Además, los pacientes con antecedentes familiares positivos no solo tienen más probabilidades de desarrollar queloideos, sino que suelen presentar lesiones múltiples y de mayor gravedad clínica [3].

A lo largo de los años, se han propuesto diversos modelos para explicar cómo se transmiten los queloideos entre generaciones. Inicialmente, se sugirieron patrones de herencia mendeliana simples, como el autosómico recesivo o el ligado al cromosoma X [3]. Sin embargo, el modelo más aceptado actualmente es el de la herencia autosómica dominante con penetrancia incompleta y expresión variable [3]. Este modelo explica por qué no todos los portadores de un gen de susceptibilidad desarrollan el fenotipo de queloide y por qué la respuesta a un mismo traumatismo varía incluso dentro de una misma familia [3]. Estudios realizados por Marneros y colaboradores en 14 familias de diversos orígenes étnicos (afroamericanos, japoneses, de ascendencia europea) confirmaron que la enfermedad puede saltar generaciones, lo que refuerza la teoría de la penetrancia incompleta [9]. No

obstante, la variabilidad en los resultados sugiere que el queloide tiende a seguir una herencia oligogénica o poligénica, lo que significa que es el resultado de la interacción de múltiples genes y variantes en lugar de una mutación única [9].

La identificación de genes específicos ha sido un desafío debido a la heterogeneidad de la enfermedad [9]. Mediante estudios de ligamiento en todo el genoma y análisis de polimorfismos de nucleótido único, se han localizado regiones cromosómicas críticas que varían según la etnia de los pacientes [9]. Por ejemplo, en familias japonesas, se ha identificado un locus de susceptibilidad en el cromosoma 2q23 [9]. En familias afroamericanas, el locus se ha situado en el cromosoma 7p11 [9]. A pesar de estos hallazgos, no se ha descubierto un “gen maestro” del queloide, lo que refuerza la idea de que la enfermedad es el resultado de múltiples variaciones genéticas que afectan la síntesis de la matriz extracelular, la inflamación y los mecanismos de apoptosis [3].

La mayoría de las variaciones genéticas identificadas convergen en la desregulación de vías de señalización específicas, siendo la vía del TGF- β /Smad la más estudiada y relevante [9]. A nivel genético, se ha demostrado que los fibroblastos queloideos presentan una alteración en el control pretraduccional de la expresión génica, con niveles elevados de ARNm para las cadenas $\alpha 2(I)$ y $\alpha 1$ del colágeno [7]. Esta sobreexpresión está mediada por la vía Smad2/Smad3 dependiente de TGF- $\beta 1$, la cual es estimulada tanto por factores genéticos como por la tensión mecánica ambiental [9], [7]. La predisposición genética implica una regulación alterada de la vía TGF- β , lo que contribuye a una secreción persistente de matriz extracelular [9].

Recientemente, se ha reconocido que las alteraciones genéticas heredadas no son la única causa. La epigenética desempeña un papel crucial en la patogénesis de los queloideos, explicando por qué individuos con la misma carga genética pueden presentar diferentes grados de severidad [9], [3]. Las modificaciones epigenéticas son cambios heredables en la expresión génica que no alteran la secuencia del ADN, siendo las más estudiadas en queloideos:

- **Metilación del ADN:** Se han identificado patrones de metilación aberrantes, los cuales constituyen uno de los mecanismos epigenéticos fundamentales en esta patología [9].
- **ARN no codificantes (ncRNA):** Estudios han indicado que los ARN no codificantes, incluyendo los microARN, son reguladores epigenéticos relevantes en la patogénesis de los queloideos [9].

En resumen, la formación de queloideos en la población pediátrica y adulta tiene una base genética indiscutible, caracterizada por una herencia au-

tosómica dominante con penetrancia incompleta. Sin embargo, la genética por sí sola no es el único determinante; la interacción entre una “arquitectura génica” susceptible y factores epigenéticos parece ser lo que finalmente desencadena la respuesta fibrótica exuberante tras un traumatismo [3,9]. Para el paciente pediátrico con antecedentes familiares, este riesgo genético subraya la importancia de evitar procedimientos innecesarios, como perforaciones auriculares tempranas, debido a la alta probabilidad de desarrollar lesiones recurrentes y severas [4].

• Interacción entre fuerzas mecánicas y respuesta inflamatoria

Las fuerzas mecánicas no son solo un factor secundario en la patogenia de los queloideos, sino que se consideran un motor fundamental para su inicio y progresión. La investigación actual describe al queloide como una “enfermedad dependiente de la tensión”, en la que el microambiente mecánico de la piel dicta tanto la localización de las lesiones como su comportamiento clínico agresivo [8].

La evidencia clínica más directa de la influencia mecánica es la distribución preferencial de los queloideos en el cuerpo humano. Las lesiones aparecen con mayor frecuencia en regiones de alta tensión cutánea, como la región preesternal, los hombros, la parte superior externa de los brazos, el margen mandibular y las orejas [8]. Por el contrario, es extremadamente raro observar queloideos en zonas de baja tensión, como las palmas de las manos, las plantas de los pies o las superficies flexoras de las articulaciones. Esta distribución coincide con las líneas de Langer, que describen las direcciones predominantes de la tensión en la piel [8]. Los queloideos tienden a alinearse con estas líneas de tensión máxima; por ejemplo, en la región torácica, el crecimiento de los queloideos suele ser horizontal, siguiendo el eje principal del estrés de tracción torácica [8].

Cuando se produce un traumatismo cutáneo, la integridad de la red de fibras de colágeno y elastina se rompe, lo que altera el equilibrio de fuerzas en el tejido [8]. Esto genera dos fenómenos mecánicos críticos:

- **Concentración de estrés en los bordes:** Tras una incisión, los bordes de la herida experimentan una redistribución del estrés. El análisis de elementos finitos ha demostrado que el estrés y la deformación aumentan significativamente en la periferia de la lesión [8].
- **Expansión en “pinza de cangrejo”:** Esta concentración de estrés en los márgenes laterales explica el patrón de crecimiento invasivo típico del queloide, donde la lesión se extiende más allá de los límites originales de la herida en busca de las zonas de mayor tensión circundante [8].

La capacidad de las células para detectar y responder

a estas fuerzas físicas se denomina mecanotransducción. Los fibroblastos queloides poseen sistemas sensoriales hipersensibles que convierten los estímulos mecánicos en señales bioquímicas profibróticas a través de tres módulos principales [8]. *El Complejo Integrina-Adhesión Focal*: las integrinas son proteínas de membrana que conectan la matriz extracelular con el citoesqueleto de la célula. Cuando la tensión tisular aumenta, se activa la quinasa de adhesión focal, que desencadena vías de señalización que promueven la síntesis de colágeno [8]. *Canales Iónicos Mecanosensibles*: el estiramiento de la membrana celular abre canales como el PIEZO1, permitiendo la entrada de calcio (Ca^{2+}) al citoplasma. Este flujo de calcio actúa como un segundo mensajero que activa programas de remodelación fenotípica y proliferación celular [8]. *Sistema de Tensión Intracelular (RhoA/ROCK)*: el citoesqueleto de actina se reorganiza en respuesta a la rigidez de la matriz, aumentando la contractilidad celular y reforzando el fenotipo de miofibroblasto, una célula clave en la fibrosis que no desaparece en los queloides [8].

Las señales mecánicas convergen en núcleos de control transcripcional que perpetúan la cicatrización patológica. Dos de los ejes más importantes son el eje Hippo-YAP/TAZ y la sinergia con TGF- β /Smad. El eje Hippo-YAP/TAZ se considera un centro integrador que vincula las señales mecánicas con la fibrosis. Cuando la matriz es rígida o está bajo tensión, las proteínas YAP y TAZ se trasladan al núcleo celular para activar genes relacionados con la síntesis de la matriz extracelular y la proliferación de fibroblastos [8]. Por otra parte, la tensión mecánica aumenta la biodisponibilidad del TGF- β . La fuerza física activa la vía TGF- β /Smad, la cual promueve la síntesis de matriz extracelular en los queloides [8].

Una de las causas más determinantes de la cronicidad del queloides es la interacción entre las fuerzas mecánicas y el sistema inmune, un concepto denominado mecanoinflamación. La tensión persistente en los bordes de la herida contribuye a un microambiente profibrótico [8]. El estrés mecánico puede activar el eje del inflammasoma NLRP3, lo que resulta en la liberación de interleucinas proinflamatorias como IL-1 β e IL-18 [8]. Esto induce a las células a liberar más factores de crecimiento, creando un bucle de retroalimentación donde la inflamación crónica promueve la fibrosis, y la fibrosis (al aumentar la rigidez del tejido) genera más tensión mecánica [8].

La alta tasa de recurrencia tras la cirugía se debe a menudo a que la escisión crea una nueva herida con bordes bajo alta tensión. El uso de suturas que reducen la tensión es esencial para mitigar este estímulo mecánico [8]. El uso de dispositivos de presión y láminas de silicona funciona, en parte, alterando la distribución local del estrés, reduciendo la tensión lateral

que impulsa el crecimiento del queloides y mejorando la elasticidad del tejido [8].

En conclusión, las fuerzas mecánicas no actúan de forma aislada, sino que son el desencadenante que activa una cascada de mecanotransducción y mecanoinflamación en individuos genéticamente susceptibles. La interacción entre la anatomía (zonas de alta tensión), la dinámica de la herida (concentración de estrés) y la respuesta celular (vías YAP/TAZ y TGF- β) constituye la base fisiopatológica fundamental del trastorno queloides [8].

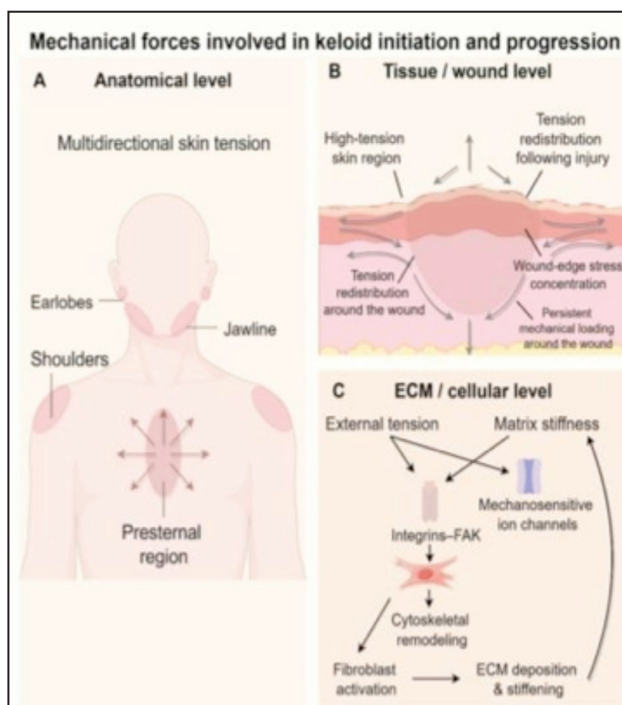


Figura 1: Fuerzas mecánicas involucradas en el inicio y la progresión del queloides. Los factores mecánicos que contribuyen a la patogénesis del queloides operan en tres niveles interconectados. (A) A nivel anatómico, los queloides se desarrollan preferentemente en regiones de alta tensión, como los lóbulos auriculares, la línea mandibular, los hombros y la región preesternal. (B) A nivel tisular/de la herida, la lesión induce una redistribución local de la tensión, concentración de estrés en los bordes de la herida y una carga mecánica persistente. (C) A nivel de la MEC/celular, la tensión externa y la rigidez de la matriz se transducen a través de las integrinas-FAK y canales iónicos mecanosensibles, promoviendo la remodelación del citoesqueleto, la activación de fibroblastos y la acumulación y rigidez excesivas de la MEC. En conjunto, estos procesos forman un bucle mecánico de autorrefuerzo que impulsa el inicio y la progresión del queloides. La figura se elaboró mediante Figdraw y cuenta con licencia de derechos de autor (Zhou et al., 2026).

• Características demográficas

Los queloides representan una forma de cicatrización patológica cuya prevalencia estimada alcanza hasta el 11% de las cicatrices anuales a nivel global [10]. En la población pediátrica, las características demográficas presentan matices distintivos frente a las de los adultos, especialmente en términos de edad de inicio y distribución por sexo. La incidencia es significativa-

mente mayor en individuos con tonos de piel oscuros, como personas de ascendencia africana, hispana y asiática, quienes pueden presentar tasas de ocurrencia hasta 15 veces superiores en comparación con poblaciones de piel clara [11]. Aunque los queloides pueden aparecer a cualquier edad, la mayoría de los casos pediátricos se manifiestan entre los 10 y los 19 años, lo que sugiere una fuerte correlación con los cambios hormonales de la pubertad [4], [5].

Asimismo, el componente genético es un factor determinante, estimándose que entre el 5% y el 10% de los casos pediátricos cuentan con antecedentes familiares positivos [10]. Estas variaciones demográficas subrayan la necesidad de enfoques preventivos específicos en niños, especialmente en relación con procedimientos estéticos electivos durante la adolescencia.

• Distribución por sexo

La distribución de los queloides en la población pediátrica presenta una marcada predominancia femenina que se acentúa significativamente en comparación con los adultos. Según datos de un estudio transversal realizado por Noishiki y colegas en 2019 sobre una cohorte de 1.659 pacientes con queloides de todas las edades, la relación mujer-hombre general es de aproximadamente 2:1, pero esta disparidad se amplía hasta alcanzar una proporción de 2,7:1 cuando se enfoca en los casos con inicio antes de los 15 años [11]. Este hallazgo cuantitativo sustenta la hipótesis de que las pacientes pediátricas presentan una vulnerabilidad biológica intrínseca que se expresa con mayor intensidad antes y durante la pubertad. Esta diferencia se atribuye tanto a factores biológicos como a determinantes socioculturales propios de la infancia y adolescencia temprana. Entre los factores endógenos, se ha postulado que los cambios hormonales durante el desarrollo puberal influyen en la queloidogénesis [11].

En el caso específico de los queloides auriculares, la asimetría entre sexos es aún más pronunciada debido a factores ambientales y culturales. Las niñas y adolescentes presentan una incidencia mucho mayor de lesiones en el pabellón auricular, lo cual se atribuye directamente a la práctica de la perforación de las orejas para el uso de pendientes [11]. Estudios retrospectivos indican que el lóbulo auricular es el sitio anatómico más comúnmente afectado en la población pediátrica, siendo la incidencia de queloides auriculares significativamente mayor en mujeres. Además de los factores mecánicos como las perforaciones, se ha postulado que los cambios hormonales propios del desarrollo influyen en esta distribución [11]. Esta confluencia entre la exposición al estímulo mecánico y la predisposición hormonal posiciona al sexo femenino como el grupo de mayor riesgo dentro del espectro

pediátrico. En consecuencia, la epidemiología de los queloides en pediatría está fuertemente marcada por una mayor vulnerabilidad en las mujeres, impulsada tanto por la exposición a procedimientos estéticos menores como por la fisiología hormonal del crecimiento [11].

• Distribución por edad

La distribución por edades de los queloides en pediatría revela un comportamiento epidemiológico que evoluciona drásticamente con el crecimiento del niño. Aunque estas lesiones pueden manifestarse en cualquier etapa, su presencia es excepcionalmente rara en lactantes y niños menores de un año [11]. La incidencia comienza a elevarse de forma notable a partir de los 10 años, alcanzando su punto máximo entre los 10 y 19 años de edad [4]. Diversos análisis retrospectivos han determinado que la edad media de aparición se sitúa alrededor de los 12,3 años, marcando una clara transición que coincide con los cambios fisiológicos de la adolescencia [5].

En lo que respecta a los queloides auriculares, el perfil etario está íntimamente ligado a las prácticas estéticas. La gran mayoría de estos casos se diagnostican en pacientes adolescentes, debido a que es en este rango de edad cuando se incrementa la frecuencia de perforaciones en el lóbulo auricular [4]. A diferencia de los queloides en otras zonas que pueden derivar de quemaduras o traumatismos en edades más tempranas, la localización auricular predomina casi exclusivamente en el grupo de mayor edad dentro del espectro pediátrico [5].

La comparación entre la etapa previa y posterior a la pubertad subraya el papel determinante de los factores endógenos. Antes de la pubertad, los queloides son poco comunes y suelen presentar una vinculación más estrecha con antecedentes familiares positivos, lo que sugiere una predisposición genética que se manifiesta tempranamente [10]. Por el contrario, tras el inicio de la pubertad, el riesgo de desarrollar queloides se multiplica exponencialmente. Este fenómeno se atribuye a la influencia de las hormonas sexuales y la actividad de los factores de crecimiento durante el estirón puberal, los cuales actúan como estímulos para la síntesis excesiva de colágeno [5]. Así, mientras la incidencia es mínima en la infancia temprana, el periodo postpuberal representa el momento de mayor vulnerabilidad diagnóstica en la población infantil [4].

• Variaciones étnicas y raciales

Las variaciones étnicas y raciales constituyen uno de los factores de riesgo más determinantes en la epidemiología de los queloides pediátricos [11]. Existe un consenso en la literatura científica que señala una predisposición significativamente mayor en individuos con pigmentación cutánea oscura, específica-

mente en aquellos de ascendencia africana, hispana y asiática [11]. La incidencia es considerablemente superior en estas poblaciones en comparación con individuos de piel clara, lo que subraya una fuerte base genética y fisiológica ligada a los fototipos cutáneos más altos [11].

En la población pediátrica, esta disparidad racial se manifiesta con gran claridad. Aunque la cicatrización patológica es una preocupación clínica significativa, la gran mayoría de los casos reportados en niños y adolescentes corresponden a pacientes de etnias no caucásicas [10]. En el caso específico de los queloides auriculares, la influencia étnica se observa no solo en la frecuencia, sino también en la gravedad de la respuesta fibrótica. Si bien la perforación del lóbulo es el desencadenante mecánico principal, la formación de una masa queloidea tras este estímulo es desproporcionadamente común en niños de ascendencia africana y asiática debido a una respuesta inflamatoria e inmunitaria exacerbada [5], [11].

Estudios realizados en cohortes asiáticas refuerzan esta observación, señalando que los queloides auriculares son una de las formas más frecuentes de consulta dermatológica en la adolescencia dentro de estos grupos [5]. A diferencia de los niños de piel clara, en quienes las cicatrices suelen ser normotróficas o hipertróficas limitadas, los pacientes pediátricos de ascendencia africana o hispana tienden a desarrollar lesiones auriculares bilaterales o de mayor volumen tras traumatismos mínimos [4]. En conclusión, la etnia es un factor predictivo crítico que define la vulnerabilidad del paciente pediátrico ante lesiones cutáneas, siendo los grupos de piel oscura los que presentan el mayor riesgo de desarrollar queloides persistentes y recurrentes [11].

• Factores etiológicos

Los queloides en la población pediátrica se originan como una respuesta fibroproliferativa anormal tras una lesión cutánea, donde la profundidad y el tipo de trauma inicial desempeñan un papel crucial. Los factores desencadenantes más comunes en niños incluyen quemaduras, traumatismos accidentales, incisiones quirúrgicas, infecciones cutáneas y vacunas, siendo la inmunización por BCG una causa documentada de lesiones en el brazo [10]. De acuerdo con registros clínicos retrospectivos, las quemaduras representan aproximadamente el 26,8% de los casos pediátricos, mientras que los traumatismos mecánicos

y las infecciones contribuyen significativamente a la formación de estas cicatrices patológicas [4]. Además, existe un componente genético determinante; se estima que entre el 5% y el 10% de los pacientes cuentan con antecedentes familiares positivos, lo que predispone a una reacción exagerada ante cualquier ruptura de la barrera cutánea [10].

En el caso específico de los queloides auriculares, el factor causante predominante es la perforación del lóbulo de la oreja para el uso de pendientes.

Esta práctica es responsable de hasta el 35,7% de todos los queloides en niños y adolescentes, situando al pabellón auricular como el sitio anatómico de mayor afectación en esta población [4]. La perforación actúa como un trauma penetrante que, sumado a la inflamación local y la posible irritación por metales, dispara la síntesis descontrolada de colágeno en individuos predispuestos [11]. A diferencia de los adultos, donde las causas pueden ser más diversas, en pediatría los queloides auriculares suelen ser de origen iatrogénico o decorativo. Otros factores menos frecuentes en esta zona incluyen laceraciones accidentales y cirugías reconstructivas como la otoplastia [11], [5].

• Localización

La localización de los queloides en pediatría presenta patrones específicos que los distinguen de la población adulta. El sitio anatómico más frecuentemente afectado es el pabellón auricular, específicamente el lóbulo de la oreja, que representa hasta el 44,6% de los casos en algunas series pediátricas [4]. Esta alta incidencia se vincula directamente con las perforaciones para pendientes, una práctica extendida entre niñas y adolescentes [11].

Seguido del área auricular, la cabeza y el cuello (excluyendo la oreja) representan aproximadamente el 10,7%, mientras que las extremidades y el pecho oscilan cerca del 12,5% cada uno [4]. Existe una diferencia notable con los adultos, en quienes el pecho anterior y los hombros son sitios predilectos de gran prevalencia. En contraste, en pediatría, áreas como la espalda tienen una ocurrencia mínima, documentada en tan solo el 1,8% de los pacientes [4]. Estas variaciones subrayan que, en los niños, la mayoría de las lesiones se concentran en zonas expuestas de la cabeza y el cuello, derivadas de traumatismos menores o intervenciones estéticas, lo que confiere a la localización auricular un papel protagónico en la epidemiología pediátrica [5].

TABLE 2. Keloid Characteristics										
Paper	Cause of Injury					Lesion Location				
	Surgery	Piercing	Burn	Trauma	Other	Ears	Genitals	Trunk	Extremity	Other
Alyami et al. 2019	6	0	0	0	0	0	6	0	0	0
Demirdover et al. 2013	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Khan et al. 2020	10	84	0	0	0	135	0	0	0	0
Tirgan et al. 2013	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0
Hamrick et al. 2009	0	15	0	1	0	16	0	0	0	0
Patel et al. 2019	0	0	49	0	0	***	***	***	***	***
Patel et al. 2012	0	0	34	0	0	***	***	***	***	***
Park et al. 2015	53	79	14	36	21	86	0	30	85	2
Michael et al. 2017	0	0	0	36	4	20	0	7	2	10
Acosta et al. 2016	5	0	0	6	14	3	0	6	12	4
Reissis et al. 2017	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0
Roitman et al. 2016	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Alsharnoubi et al. 2018	0	0	30	0	0	***	***	***	***	***

*** is used to denote instances where no information was provided in the corresponding paper.

Figura 2. Distribución porcentual de la causa y la localización anatómica de queloides en pacientes pediátricos, evidenciando el predominio del pabellón auricular frente a otras regiones corporales [11].

• Morfología

Los queloides pediátricos se manifiestan clínicamente como nódulos o tumores cutáneos firmes y fibrosos que sobresalen de la superficie de la piel [5]. A diferencia de las cicatrices hipertróficas, estas lesiones se caracterizan por invadir el tejido sano adyacente, extendiéndose más allá de los límites originales de la herida y adoptando formas irregulares que reflejan su naturaleza descontrolada [10]. Las dimensiones varían ampliamente según la etiología y la localización, y pueden alcanzar los 20 cm de diámetro en su extensión máxima [11]. En los queloides auriculares pediátricos, el tamaño promedio documentado es de 2,4 cm con un rango entre 0,25 y 11 cm, y la morfología nodular es la más frecuente [12].

El artículo de Limandjaja et al. [3] constituye una de las revisiones más exhaustivas sobre la heterogeneidad del queloides y propone una clasificación simplificada en dos fenotipos principales: el *superficial spreading* (propagación superficial o plano) y el *bulging* (abultado o nodular). Esta distinción es relevante porque explica buena parte de las discrepancias que se observan entre los distintos estudios histopatológicos y clínicos. La primera diferenciación formal entre fenotipos de queloides se atribuye a Conway et al. en 1960 [3], quienes ya discernieron entre queloides nodulares elevados y queloides planos, estos últimos frecuentemente observados en el esternón. Décadas después, Bella et al. aportaron evidencia genética [3] al estudiar pacientes con queloides familiares en tres tribus rurales africanas: el fenotipo de propagación superficial

predominó en dos de las tribus, mientras que el fenotipo vertical elevado predominó en la tercera. Dichos hallazgos sugieren que la morfología del queloides no es un rasgo caprichoso, sino que está determinada, al menos en parte, por factores hereditarios que regulan el patrón de crecimiento. Los queloides de propagación superficial muestran una diseminación subepidérmica irregular, con áreas variables de hiperpigmentación e hipopigmentación. Son lesiones que se elevan principalmente en los bordes, mientras que el área central se mantiene aplanada y quiescente. El margen periférico, de color rojo y elevado, invade activamente la piel circundante, en contraste con el centro deprimido y de coloración más clara, que presenta regresión clínica. Este contraste periférico-central coincide exactamente con la descripción clínica más frecuente en la literatura de los últimos 30 años. En estas lesiones, los síntomas de prurito intenso predominan en el margen hiperpigmentado, junto con hiperqueratinización, aumento de vascularidad e infiltración de células inmunes. Dichas características convierten al borde activo en la región diana tanto para el diagnóstico de actividad biológica como para potenciales intervenciones terapéuticas localizadas. Por otra parte, los queloides abultados son prominentemente bulbosos, con bordes bien delimitados y áreas limitadas de quiescencia central. Limandjaja et al. han observado que este fenotipo es frecuente en el lóbulo de la oreja [3]. En estos casos, la zona central profunda suele ser la más agresiva biológicamente, a diferencia del fenotipo *spreading* en el que la actividad

reside en la periferia. La existencia de al menos dos fenotipos bien delimitados tiene consecuencias prácticas importantes. Primero, ayuda a explicar por qué muchos estudios histopatológicos arrojan resultados contradictorios: al mezclar queloides *spreading* y *bulging* sin distinguir, se promedian características biológicas opuestas (actividad periférica frente a actividad central profunda). Segundo, sugiere que el énfasis terapéutico debería individualizarse según el fenotipo: las terapias dirigidas al margen activo serían más apropiadas para el fenotipo *spreading*, mientras que las intervenciones sobre el núcleo central podrían ser prioritarias en el fenotipo *bulging* [3].

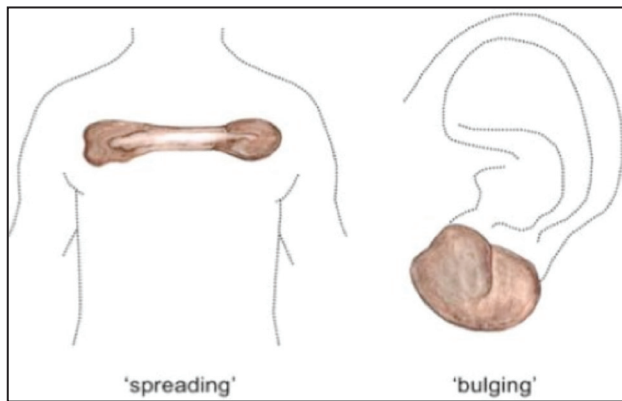


Figura 3: Ilustración de fenotipos de queloides. Queloide de propagación superficial “*spreading*” y queloide abultado “*bulging*” [3].

• Evolución y recurrencia

La evolución de los queloides en la población pediátrica se caracteriza por ser un proceso crónico, progresivo y, en la mayoría de los casos, impredecible [11]. Durante esta etapa, factores como la tensión mecánica en la piel debido al crecimiento rápido y el aumento de los niveles de hormonas sexuales parecen exacerbar la síntesis de colágeno, provocando que lesiones que eran pequeñas o estables durante la infancia temprana comiencen a expandirse de manera agresiva [11], [10]. Los síntomas asociados, como el prurito intenso y el dolor, suelen intensificarse durante estas fases de crecimiento activo, afectando negativamente la calidad de vida del paciente [5].

La recurrencia es, sin lugar a dudas, el obstáculo más crítico en el manejo de los queloides pediátricos. Las tasas de reaparición tras una intervención son notablemente altas, especialmente cuando se utiliza la cirugía como única modalidad de tratamiento. Se estima que la escisión quirúrgica simple presenta una tasa de recurrencia que oscila entre el 45% y el 100% [10]. Este fenómeno se debe a que el acto quirúrgico genera una nueva lesión cutánea que reactiva los mecanismos fibróticos en un individuo ya predispuesto genéticamente [10]. En consecuencia, la comunidad médica desaconseja la cirugía aislada, promoviendo en su lugar terapias combinadas o multimodales para

frenar la evolución de la cicatriz.

En el caso específico de los queloides auriculares, la evolución y el riesgo de recurrencia están íntimamente ligados a la localización anatómica y al cumplimiento del tratamiento postoperatorio. Al ser la localización más común de queloides en pediatría debido a las perforaciones de los lóbulos, su manejo suele incluir la escisión seguida de terapias adyuvantes como la aplicación de presión o inyecciones de corticosteroides [11]. La terapia de presión mediante pendientes magnéticos o clips es fundamental; sin embargo, en niños y adolescentes, la adherencia terapéutica puede ser irregular, lo que eleva drásticamente el riesgo de que el queloide recurra en pocos meses [11]. Estudios indican que la combinación de escisión quirúrgica con inyecciones de TAC y presoterapia puede reducir la recurrencia a niveles inferiores al 15% o 20%, una mejora sustancial frente a la cirugía sola [10].

La recurrencia también muestra patrones geográficos y étnicos. Los pacientes con fototipos de piel más altos (piel oscura) no solo tienen una mayor incidencia inicial, sino que también presentan una evolución más agresiva y una mayor resistencia a los tratamientos convencionales, lo que requiere un seguimiento a largo plazo mucho más riguroso [10]. Se ha documentado que la mayoría de las recurrencias ocurren dentro del primer año tras el tratamiento, pero en la población pediátrica se han reportado casos de reaparición tardía incluso después de dos años de aparente estabilidad [4]. La evolución de los queloides en pediatría es un proceso marcado por la persistencia y la vulnerabilidad durante la pubertad, mientras que la recurrencia sigue siendo la norma tras tratamientos insuficientes. El éxito terapéutico y la prevención de la reaparición dependen de una estrategia integral que combine la reducción de la masa queloidea con el control estricto de la inflamación y la tensión mecánica en la piel en proceso de maduración [10].

• Tratamiento

El manejo óptimo de los queloides no descansa sobre un único agente terapéutico, sino sobre la combinación estratégica y secuencial de múltiples modalidades. Históricamente, las monoterapias han fracasado en proporcionar tasas de recurrencia aceptables, lo que ha impulsado una transición gradual hacia esquemas multidisciplinarios donde las limitaciones de cada técnica individual se compensan mutuamente [10]. Esta aproximación sinérgica es particularmente relevante en pediatría, donde la biología cicatrizal más activa, las comorbilidades previas y la limitada cooperación del paciente imponen restricciones adicionales [13].

El arsenal terapéutico disponible incluye infiltra-

ciones intralesionales de corticosteroides (TAC como pilar) y antimetabolitos (5-fluorouracilo), procedimientos quirúrgicos convencionales, diversas modalidades de láser como el CO², presoterapia mediante dispositivos compresivos, crioterapia y radioterapia administrada como braquiterapia o haz externo [13], [10]. De acuerdo con la revisión sistemática de Al Zaharani et al. [10], aunque todavía no existe un tratamiento universal que cure definitivamente los queloides, la evidencia contemporánea respalda que las terapias combinadas son superiores a la monoterapia en términos de reducción volumétrica y duración del intervalo libre de enfermedad.

Es importante destacar que las decisiones terapéuticas deben individualizarse considerando múltiples variables: edad del paciente, tamaño y localización del queloide, etiología predisponente, antecedentes familiares, duración de la enfermedad y recursos institucionales disponibles [11], [12]. En el caso específico de los queloides auriculares pediátricos, esta personalización es aún más crítica debido a la delgadez tisular, la exposición a tensión mecánica repetida y las consecuencias estéticas inherentes al sitio anatómico [6], [12]. El principio guía, según Hirsch et al. [11], es combinar al menos dos o tres modalidades complementarias y mantener un seguimiento prolongado para detectar y tratar precozmente cualquier reactivación cicatrizal.

• Triamcinolona

La triamcinolona acetónido constituye, según Jiang et al. [14], el estándar de referencia en el manejo terapéutico intralesional de los queloides y la terapia de segunda línea para las cicatrices hipertróficas. Su uso clínico se remonta a 1961, lo que la convierte en el tratamiento local con mayor tradición histórica en esta patología [15]. En pediatría, la relevancia de este corticoide es particularmente alta porque la cirugía requiere frecuentemente anestesia general, lo cual limita su aplicación en niños pequeños y ha impulsado la búsqueda de alternativas conservadoras [1].

• Mecanismo de acción

La TAC es un glucocorticoide de acción prolongada cuyo efecto terapéutico se ejerce a través de múltiples vías simultáneas sobre el tejido queloideo, según describe Jiang et al. [14]. En primer lugar, suprime la migración de células inflamatorias y la fagocitosis, lo que reduce el componente inflamatorio crónico que perpetúa la sobreproducción de colágeno en el retículo dérmico [14]. En segundo lugar, inhibe directamente la proliferación de fibroblastos durante la fase proliferativa de la cicatrización [14]. En tercer lugar, la TAC induce una reducción significativa de los niveles de alfa-2-macroglobulina y alfa-1-antitripsina, que

son los inhibidores naturales de la colagenasa en la piel y que se encuentran abundantemente en el tejido queloideo; al disminuir estos inhibidores, se restaura indirectamente la capacidad del organismo para degradar el exceso de colágeno depositado [14]. Desde la perspectiva molecular, Zhang et al. explican que el factor de crecimiento transformante beta desempeña un papel clave en la formación del queloide, especialmente después de la primera semana posterior a la lesión, cuando la expresión diferencial de sus isoformas, receptores y moduladores de actividad desencadena la cascada fibroproliferativa [16]. Las inyecciones intralesionales de esteroides administradas después de la escisión quirúrgica han demostrado disminuir la producción de TGF-β1, lo que inhibe la recidiva de la lesión tras la operación [16]. Khan et al. añaden que los corticosteroides intralesionales son considerados la piedra angular del tratamiento del queloide por su capacidad de suprimir la inflamación, promover la degradación del colágeno e inhibir su producción adicional [12].

• Formas de uso clínico

La TAC puede administrarse como monoterapia o como adyuvante de la escisión quirúrgica. Existen múltiples protocolos descritos sin un consenso unificado con respecto a la cantidad de sesiones e intervalo entre las mismas. Debido a la gran variedad de presentación de la patología, es difícil llegar a un único esquema de tratamiento.

Como monoterapia, la serie prospectiva Acosta et al. [1], llevada a cabo en 21 niños de 1 a 14 años de edad, administró triamcinolona acetónido (suspensión Kenalog 40 mg/mL) sin anestesia local, a dosis de 0,5 ml por cm³ de lesión (equivalente a 20 mg por cm³), con un tope máximo de 40 mg por sesión [1]. Las infiltraciones se repitieron con una mediana de dos sesiones (rango de 1 a 5), alcanzándose una mediana de dosis total acumulada de 32 mg (rango de 4 a 80 mg) y una mediana de dosis por sesión de 16 mg [1]. La bibliografía actualizada demuestra que el tratamiento con TAC como monoterapia presenta una alta tasa de recurrencia, lo que sugiere que este tratamiento único es insuficiente para erradicar por completo la capacidad proliferativa del tejido fibrótico [14], [2]. Ante esta alta tasa de recurrencia documentada [2], [14], la práctica clínica ha migrado hacia esquemas multimodales.

En la bibliografía, la descripción de un régimen preoperatorio propiamente dicho es heterogénea. Barone recomienda dosis que oscilan entre 2,5 y 40 mg de TAC por sitio, mezclada con anestésico local [13]. El intervalo entre sesiones que se recomienda es cada 4 semanas durante los primeros meses, se amplía luego a 6 a 10 semanas por varios meses y termina

espaciándose a cada 12 semanas, con un criterio de evaluación de respuesta a las 8 a 12 semanas [13]. La evidencia que sustenta la duración total del tratamiento, el número óptimo de sesiones y la dosis pediátrica es débil y debe individualizarse caso por caso [13].

Cuando la lesión es grande o está muy vascularizada, la TAC prequirúrgica busca menguar la masa a resear y mejorar las condiciones del cierre [13]. Además, la respuesta clínica a la TAC preoperatoria funciona como predictor de la respuesta esperable al esquema intra y postoperatorio, pues si la lesión no se modifica con la aplicación previa hay un argumento para replantear la estrategia, combinarla con 5-FU o incluso abandonar el plan quirúrgico adyuvante [13].

La inyección intraoperatoria busca aprovechar el campo abierto para distribuir la TAC en el lecho y los bordes del cierre, antes de que se complete la fibrosis temprana. Park et al. describen su protocolo facial: tras el cierre con sutura subdérmica de Vicryl 5-0 y nylon 6-0 interrumpido, infiltran los colgajos y el lecho con TAC 20 mg/ml a razón de 0,2 ml/cm de longitud de incisión, observando que una pauta de 20 mg/ml seguida de 10 mg/ml fue la de mayor satisfacción [17]. Estudios sistemáticos confirman que

la concentración intralesional intraoperatoria varía de forma muy amplia entre los estudios (de 5 a 40 mg/ml), sin que la mayor concentración se asocie de forma significativa a menor recidiva, lo que sugiere que aumentar la dosis en el intraoperatorio no compensa la eficacia subóptima, probablemente debido al retraso en la cicatrización y riesgo teórico de dehiscencia [16],[2]. Sin embargo, los autores recomiendan que, para prevenir el retraso en la cicatrización, la concentración intraoperatoria debe ser relativamente baja, como en el estudio de Burusapat et al., que demostró suprimir la inflamación sin retrasar la cicatrización [16]. En los lóbulos auriculares y en zonas de alta tensión, la revisión recomienda priorizar la resección más que aumentar la dosis de corticoide en el intraoperatorio [16].

En relación con la infiltración postoperatoria con TAC, los cronogramas reportados en la bibliografía son heterogéneos. Algunos protocolos optan por iniciar las sesiones tempranamente tras retirar la sutura para mitigar la fase proliferativa inicial, mientras que otros prefieren aguardar un mes para evitar riesgos de dehiscencia o complicaciones en el proceso de epitelización. Estos se resumen en la siguiente tabla:

Cronograma postoperatorio	Fuente
Primera dosis entre los días 7 y 21, luego cada 1–4 semanas (dosis de 20–40 mg/ml)	Zhang 2024 / consolida metaanálisis [16]
Días 7, 14, 28, 56 y 84 poscirugía	Bijlard 2015, cit. en [2]
Inyecciones semanales o mensuales, primera dosis a los 7 o 30 días	Shin 2016, cit. en [2]
Una inyección tras el retiro de las suturas, seguida de una cada 2 semanas hasta completar 5 sesiones	Hayashi 2012, cit. en [2]

Tabla 1: Diferentes cronogramas de tratamiento con triamcinolona posoperatoria según la bibliografía.

En la población pediátrica, la TAC es el corticoide intralesional más utilizado, aunque los niños fueron excluidos de la mayoría de los estudios clásicos [1]. Barone et al. recomiendan dosis de 2,5 a 40 mg por sitio mezcladas con anestésico local, señalando que la evidencia sobre el número de sesiones y duración óptima es débil y debe individualizarse caso por caso, y destacan que las infiltraciones intralesionales son dolorosas, lo que frecuentemente causa pérdida de seguimiento en niños [13].

• Eficacia comparativa del momento de inyección

La pregunta clínica fundamental que el metaanálisis de Zhang et al. buscó responder es en qué momento del perioperatorio la inyección de TAC resulta más

eficaz para minimizar la recurrencia. Para ello, los autores sintetizaron 23 estudios de casos y compararon tres regímenes: preoperatorio, intraoperatorio y postoperatorio. Todos los estudios incluidos presentaron un nivel de evidencia 4 conforme a la clasificación del Centro de Oxford para la Medicina Basada en la Evidencia [Oxford Centre for Evidence-Based Medicine], y nueve tuvieron un diseño prospectivo. Un total de 684 pacientes recibieron una terapia concurrente de cirugía e inyecciones de esteroides; 86 pacientes fueron tratados con inyección preoperatoria de esteroides, 311 con inyección intraoperatoria, 227 con inyección postoperatoria y 60 con un tiempo de inyección no especificado [16].

Los hallazgos centrales fueron los siguientes:

• La tasa de recurrencia con inyección post-

operatoria fue de apenas 0.9% (IC 95%: 0.000–0.044), con heterogeneidad nula ($I^2 = 0\%$), indicando consistencia notable entre los estudios ^[16].

- **La inyección intraoperatoria presentó una tasa de recurrencia del 13%** (IC 95%: 0.06–0.21; $I^2 = 26,9\%$), significativamente mayor que la postoperatoria ($p < 0,001$) ^[16].

- **La inyección preoperatoria registró una recurrencia del 10%** (IC 95%: 0.04–0.18), significativamente mayor que la postoperatoria ($p = 0,009$), pero sin diferencia significativa frente a la intraoperatoria ($p = 0,46$) ^[16].

En este metaanálisis, el hallazgo principal es que la tasa de recurrencia fue significativamente menor con la inyección postoperatoria en comparación con la inyección intraoperatoria ($p < 0,001$) ^[16]. La inyección preoperatoria, según los autores, incrementa los episodios de dolor sin aportar un beneficio sustancial. En cambio, la inyección postoperatoria aprovecha que, una vez producida la herida quirúrgica, la inflamación se concentra en el lecho cruento y la TAC puede actuar precisamente cuando la maquinaria del TGF- β comienza a activarse (a partir de la primera semana), antes de que se consolide la fibrosis descontrolada ^[16]. Con respecto a la dosis a utilizar, los resultados no mostraron diferencia significativa entre la terapia con una concentración de esteroide < 40 mg/ml y la terapia con 40 mg/ml ($p = 0,90$). Asimismo, se identificó la inyección intraoperatoria de una concentración baja de esteroide, o la inyección postoperatoria de una concentración relativamente alta de esteroide 1–2 semanas después de la escisión quirúrgica, como los regímenes óptimos para el tratamiento del queloide. Tras la primera visita postoperatoria, los esteroides pueden inyectarse a una concentración de 20–40 mg/ml cada cuatro semanas según el tamaño y los síntomas ^[16]. Además, entre los tres grupos, encontraron que la heterogeneidad no se redujo sustancialmente cuando los análisis se estratificaron por sexo, localización del queloide, tipo de escisión, tipo de sutura, tiempo de retiro de la sutura y concentración del esteroide ^[16].

En cuanto al tipo de técnica quirúrgica, la resección nuclear (core excision, CE) mostró tasas de recurrencia significativamente menores que la escisión extralesional (extra-lesional excision, EE) ($p = 0,02$). Los estudios previos aportaron evidencia limitada, y la comparación de la eficacia entre la CE y la EE ha arrojado resultados contradictorios. Aunque un estudio señaló que la escisión quirúrgica incompleta se asociaba con una mayor recurrencia, otros estudios han mostrado que la CE podría prevenir la estimulación de síntesis adicional de colágeno al reseca el grupo de fibroblastos más proliferativos, preservar un borde delgado de tejido queloideo en los márgenes

de la herida y evitar tensión excesiva durante el cierre de la herida; todo lo cual se traduce en menores tasas de recurrencia. Por lo tanto, se recomienda que en localizaciones con bajo volumen tisular, como el hélix auricular, y en localizaciones con alta tensión, como el pecho, debe priorizarse la CE ^[16].

La consolidación de un protocolo de inyección seriada postoperatoria emerge como el factor determinante del éxito clínico, más allá del momento en el que se efectúe la dosis aislada. Gold et al. ^[18] validaron estadísticamente ($p < 0,001$) que el riesgo de recurrencia en queloides del lóbulo auricular depende intrínsecamente de la adherencia a un régimen estandarizado de inyecciones, en contraste con esquemas irregulares; el protocolo validado propone la administración de TAC a 40 mg/ml en la línea de sutura durante la escisión (semana 0) y, posteriormente, en las semanas 1, 2, 4, 6, 10 y 14 ^[18]. Existe una relación dosis-respuesta clara: los pacientes que completan entre 4 y 6 sesiones exhiben las tasas de recurrencia más bajas, situadas entre el 2,5% y el 3,8%, mientras que la interrupción prematura del seguimiento eleva el riesgo hasta un 51,8% ^[18]. Esta evidencia refuerza la tesis de que la ventana terapéutica postoperatoria no constituye un evento único, sino un periodo de mantenimiento activo de la homeostasis cutánea.

Choi et al. ^[19] describen un protocolo clínico para piel asiática que inicia la inyección en el momento del retiro de suturas (segunda semana postoperatoria), con volúmenes de 0,1–0,5 ml de TAC (10–40 mg/ml) ajustados al tamaño de la lesión y aplicaciones espaciadas cada 4 a 6 semanas; este esquema logró una reducción del volumen y la altura superior al 50% en el 95% de los pacientes, con una tasa de recurrencia total del 5% a los 24 meses ^[19].

La heterogeneidad resultante se refleja en la dispersión de desenlaces reportados. La revisión sistemática de Wojarska et al. sitúa la recurrencia con TAC adyuvante quirúrgico en un rango amplio, del 2,6% al 36%, atribuible a la disparidad en la consistencia de los regímenes de administración, que oscilan entre la inyección única intraoperatoria y los protocolos de mantenimiento extendidos durante varias semanas ^[2]. Cuando la monoterapia con TAC no alcanza los objetivos terapéuticos esperados para la reducción de volumen y eritema, la combinación con 5-fluorouracilo representa una alternativa robusta ($p < 0,05$) ^[14], lo cual convierte la selección del momento de inyección en una decisión que también debe contemplar la dosis acumulativa de corticoide para preservar el margen de seguridad cutáneo.

- **Aplicación específica al queloide auricular pediátrico**

Zhang et al. formulan una recomendación precisa para los queloides auriculares que resulta directamente aplicable a la población pediátrica: en localizaciones con bajo volumen tisular, como el pabellón auricular, debe priorizarse la resección nuclear, combinada con inyección intraoperatoria de concentración baja de esteroide o inyección postoperatoria de concentración relativamente alta entre una y dos semanas después de la escisión [16]. Esta directriz es coherente con la naturaleza compacta y nodular que Khan et al. [12] describen como predominante en los queloides auriculares pediátricos, con tamaño medio de 2,4 cm y morfología nodular en la mayoría de los casos. La revisión integral de Al Zahrani et al. concuerda en que las estrategias multimodales que combinan escisión quirúrgica con TAC intralesional intra- y postoperatoria son particularmente efectivas en el queloide auricular pediátrico, donde el lóbulo auricular, por su morfología, tensión y grosor reducidos, permite la resección nuclear y la infiltración posterior con aguja fina [10].

En la población pediátrica, el abordaje multimodal ha demostrado ser una estrategia terapéutica superior. Bonnardeaux y McCuaig [6] integraron la escisión quirúrgica, el láser de CO₂ totalmente ablativo y la inyección de TAC en una serie pediátrica donde 19 de los 21 queloides tratados se localizaron en el pabellón auricular, alcanzando un aclaramiento completo del 82,4% tras un seguimiento promedio de 18 meses [6]. Su protocolo técnico para niños contempló la inyección intraoperatoria de una dosis total de 10 a 20 mg de TAC según el tamaño de la lesión, seguida de infiltraciones postoperatorias de 5 a 20 mg iniciadas tras la cicatrización de la herida y repetidas ante la aparición de tejido recurrente durante las visitas de control [6]. Este enfoque se alinea con las recomendaciones generales de Barone et al. [13], quienes indican que cuando la terapia conservadora (láminas de gel de silicona o presoterapia) no demuestra eficacia tras 2 meses, se debe proceder a la inyección intralesional, la cual ha mostrado reducciones del 82,7% en el volumen del queloide cuando se emplea como adyuvante estructurado [13].

La consolidación del esquema posquirúrgico en esta localización se beneficia directamente de los protocolos auriculares validados. El régimen seriado descrito por Gold et al. [18], TAC a 40 mg/ml en las semanas 0, 1, 2, 4, 6, 10 y 14, está centrado precisamente en queloides de lóbulo y permite situar la recurrencia entre el 2,5% y el 3,8% cuando los pacientes completan entre 4 y 6 sesiones [18]. De manera complementaria, el protocolo asiático de Choi et al. [19] propone iniciar la infiltración tras el retiro de suturas (segunda semana), con concentraciones de 10–40 mg/ml cada 4 a 6 semanas y una tasa de recurrencia del 5% a dos

años [19], ofreciendo una pauta alternativa que puede adaptarse a las particularidades logísticas de la consulta pediátrica. Desde la perspectiva de seguridad, la dosificación debe individualizarse en niños, con rangos sugeridos de 2,5 a 40 mg por sitio de inyección, susceptibles de mezclarse con anestésicos locales para mejorar la tolerancia [13]. El dolor asociado a la infiltración repetida representa el principal factor de pérdida de seguimiento en cohortes pediátricas, por lo que la administración de anestésicos tópicos previos se considera una medida de soporte crítica para garantizar la adherencia al esquema de inyecciones seriadas [13].

La complicación más frecuente del tratamiento prolongado con TAC es la aparición de telangiectasias y atrofia cutánea, con tasas que Jiang et al. [14] estiman hasta en un 63% de los casos. La pérdida de pigmentación, el ensanchamiento de la cicatriz y el retraso en la cicatrización también son eventos adversos reconocidos [15]. La atrofia cutánea guarda una relación dependiente de la concentración: la prevalencia agrupada se sitúa en el 16% con 10 mg/ml, en el 40% con 20 mg/ml y en el 29% con 40 mg/ml [15]. Ante casos refractarios, Barone et al. [13] respaldan el recurso a la terapia combinada con 5-fluorouracilo (1,5–5 mg/ml) junto a 3–9 mg/ml de esteroide como alternativa eficaz para evitar la radioterapia en menores, dada la toxicidad documentada de esta última sobre tejidos en crecimiento. En conjunto, la evidencia disponible indica que el éxito terapéutico en el queloide auricular pediátrico depende más de la combinación estructurada de cirugía y TAC, y del cumplimiento estricto de las citas de control, que de la introducción temprana de agentes citotóxicos [6,13]. Considerando la evidencia sintetizada por Zhang et al. [16], la estrategia más adecuada para minimizar la recurrencia en queloides pediátricos, incluyendo los auriculares, es la escisión quirúrgica combinada con inyecciones postoperatorias de triamcinolona acetónido a concentración de 20–40 mg/ml, iniciadas entre la primera y segunda semanas tras la operación y repetidas cada cuatro semanas según el tamaño y la sintomatología de la lesión residual [16].

Otros tratamientos

• Presoterapia

La presoterapia constituye uno de los pilares conservadores más antiguos en el manejo cicatrizal y mantiene plena vigencia en la era actual de opciones avanzadas. Su mecanismo de acción se basa en la aplicación sostenida de presión suficiente para inducir isquemia local controlada, lo cual aumenta la actividad de la collagenasa, reduce el aporte de oxígeno y nutrientes a los fibroblastos y acelera la remodelación del colágeno [7].

Barone et al. establecen parámetros técnicos de presión de 20–30 mmHg durante 18–24 horas diarias por un mínimo de 4–6 meses, idealmente extendida a dos años. Las opciones de implementación varían según la localización anatómica [13]. En el caso específico de los queloides auriculares pediátricos, Michael et al. documentaron el uso de pendientes-clip con presión, aplicados con o sin lámina de silicona subyacente. Cuando se utiliza sobre cicatrices hipertróficas postquemadura, la presoterapia ha reportado mejoras en grosor, color y firmeza con presiones de 15–25 mmHg mantenidas por 2–12 meses [4].

Sin embargo, en pediatría su utilidad práctica se ve considerablemente limitada por problemas de adherencia. Khan et al. señalan que el uso de pendientes de compresión en niños no ha sido sistemáticamente estudiado para esta población, y su serie refleja un uso limitado principalmente por el interés y cumplimiento del paciente. Adicionalmente, el dispositivo provoca incomodidad óptica significativa, efecto que se intensifica en casos de queloides bilaterales, donde se ha descrito la necesidad de alternar los clips entre ambos oídos, un patrón de uso que paradójicamente eleva las tasas de recurrencia [12].

Como monoterapia resulta insuficiente para queloides establecidos, por lo que Barone et al. [13] la recomiendan explícitamente como complemento obligatorio de la escisión quirúrgica, la inyección de corticosteroides intralesionales o el láser [10,13]. Esta recomendación resulta particularmente relevante para la profilaxis postoperatoria de queloides auriculares pediátricos según la serie de Michael et al. [4].

• 5-Fluorouracilo (5-FU)

El 5-fluorouracilo es un antímetabolito análogo de la pirimidina que actúa inhibiendo la timidilato sintasa, lo cual suprime la proliferación de fibroblastos y la síntesis de colágeno, elementos centrales en la fisiopatología queloidea [13,20]. Históricamente relegado a estudios en adultos, su aplicación pediátrica ha sido formalmente estudiada por Lopes et al. [20] en un estudio multiinstitucional retrospectivo que incluyó 108 pacientes ≤17 años tratados entre 2012 y 2023. Lopes et al. [20] evaluaron la seguridad y eficacia del 5-FU mediante dos modalidades: la escisión tangencial seguida de inyecciones intralesionales de 5-FU/TAC y la aplicación láser asistida con CO₂ que facilita la penetración dérmica del fármaco. En su cohorte, las inyecciones diferidas post-escisión y un número inferior a cuatro aplicaciones mejoraron significativamente el color de cicatrices hipertróficas y queloides, mientras que el uso exclusivo de 5-FU sin corticosteroide redujo la altura sin alterar el color [20]. Estos hallazgos respaldan su uso como adyuvante de TAC más que como monoterapia exclusiva.

Barone et al. [13] complementan esta información al proponer un protocolo escalonado: bajas dosis de 5-FU (1,5–5 mg/ml) son suficientes, ya que concentraciones superiores incrementan el riesgo de necrosis y ulceración del tejido [13]. Además, su eficacia mejora notablemente cuando se combina con corticosteroides intralesionales, recomendándose específicamente la combinación de 1,5–5 mg/ml de 5-FU con 3–9 mg/ml de esteroide [13]. El esquema de aplicación sugerido inicia con intervalos de 4 semanas durante los primeros meses, seguidos de intervalos de 6–10 semanas, y finalmente aplicaciones cada 12 semanas según respuesta clínica [13].

Es importante destacar que el 5-FU constituye un uso fuera de indicación para el manejo cicatrizal, y que su seguridad y eficacia en la población pediátrica requieren validación adicional con seguimientos a largo plazo [13,20]. Si bien no se incluyeron exclusivamente queloides auriculares pediátricos en el estudio de Lopes et al. [20], la naturaleza multidisciplinaria del abordaje lo posiciona como una herramienta prometedora para esta población.

• Láser de dióxido de carbono

El láser de CO₂ ablativo es una herramienta valiosa en el arsenal terapéutico contra el queloide, particularmente como complemento inmediato a la escisión quirúrgica [6]. En lugar de sustituir al bisturí, su rol principal consiste en vaporizar de forma controlada el lecho cruento tras la resección del queloide, con el fin de ablacionar cualquier foco microscópico residual de fibrosis descontrolada y homogeneizar la superficie quirúrgica [6].

Bonnardeaux y McCuaig [6] evaluaron retrospectivamente 21 niños con 21 queloides tratados entre 2006 y 2016 en el Sainte-Justine University Hospital Center con un esquema multimodal: escisión quirúrgica seguida de aplicación de láser de CO₂ totalmente ablativo sobre el lecho, infiltración intralesional de TAC durante el acto operatorio y refuerzos durante el seguimiento, complementada con presoterapia y/o silicona según la localización. Del total, 17 pacientes tuvieron seguimiento adecuado con duración promedio de 18 meses; en ellos, el 82,4 % logró resolución completa del queloide [6]. De los 6 pacientes (35 %) que experimentaron alguna recurrencia, la mitad alcanzó remisión tras tratamiento adicional, mientras que los restantes se perdieron durante el seguimiento [6]. La utilidad particular del CO₂ en esta serie radicó en permitir la remoción máxima de tejido queloideo, ya sea mediante escisión aislada o combinada con láser. Los autores destacan que el éxito depende críticamente de las inyecciones postoperatorias de TAC; sin embargo, identifican una limitación significativa: el uso de anestesia general, frecuentemente

asociada al CO₂ cuando se aplica como procedimiento aislado [6]. Esta práctica debe sopesarse frente a los beneficios obtenidos, siendo preferible la anestesia local en niños mayores y cooperadores [6].

• Crioterapia

La crioterapia emplea temperaturas extremas utilizando nitrógeno líquido o gas argón para destruir selectivamente el tejido queloideo mediante cristalización intracelular, microtrombosis vascular y apoptosis secundaria [13]. Existen dos variantes principales: la crioterapia de contacto, administrada sobre la superficie cutánea, y la crioterapia intralesional, donde una sonda se inserta directamente dentro de la masa cicatrizal para congelarla desde el interior [13].

La evidencia pediátrica proviene principalmente de extrapolaciones de series en adultos. Una revisión exhaustiva de Barone et al. [13] sintetizó ocho estudios y reportó que la crioterapia intralesional consigue una reducción volumétrica promedio de 51–63% con tasas de recurrencia de 0–24%, mientras que la crioterapia de contacto requiere hasta 20 sesiones para obtener resultados comparables y se asocia a mayor frecuencia de hipopigmentación permanente [13].

La utilidad pediátrica principal radica en su perfil de seguridad. Como destacan Barone et al. [13], la crioterapia intralesional constituye una alternativa particularmente valiosa para los pacientes pediátricos que no son candidatos a radioterapia adyuvante tras la escisión quirúrgica, un escenario clínico frecuente dada la preocupación por sus efectos sobre tejidos en crecimiento y el riesgo teórico de malignidad secundaria en niños [13].

En el contexto específico del queloide auricular pediátrico, donde se ha descrito involución completa sin distorsión del lóbulo ni hipopigmentación permanente tras la sesión de criocirugía intralesional [13], el abordaje presenta la ventaja de ser ambulatorio, mínimamente invasivo y bien tolerado [10]. No obstante, Barone et al. [13] recomiendan reservar este tratamiento para casos en los que han fallado otras modalidades o cuando la combinación con corticosteroides intralesionales ofrece sinergia antiinflamatoria.

• Braquiterapia

La radioterapia adyuvante constituye la modalidad con mayor poder antifibrótico disponible actualmente, pero su aplicación en pediatría permanece restringida por preocupaciones específicas. Su mecanismo se basa en la irradiación ionizante posquirúrgica del lecho cruento, con efecto predominante sobre los fibroblastos en fase proliferativa temprana, antes de que tengan oportunidad de repoblar la herida y reiniciar la cascada fibrótica [13].

Las principales modalidades son la braquiterapia (ir-

radiación superficial de alta tasa de dosis mediante moldes cateterizados directamente sobre el tejido) y la radioterapia de haz externo [2]. En el consenso contemporáneo, la braquiterapia postoperatoria se prefiere especialmente para superficies irregulares como el lóbulo auricular, donde la profundidad precisa de irradiación es crítica [2]. Wojarska et al. determinaron que la braquiterapia postoperatoria presenta tasas de recurrencia comparativamente menores (9,7–15%) que las de la radioterapia de haz externo (14–29,3%) para la misma indicación [2].

El régimen más frecuente en queloides auriculares consiste en tres dosis distribuidas en tres días consecutivos, con rangos totales de 10–20 Gy y un promedio de 13 Gy [2]. Khan et al. [12] trataron nueve pacientes pediátricos con esta estrategia adyuvante, pero el reducido tamaño muestral impidió extraer conclusiones sobre la eficacia. Sus datos sugirieron ausencia de efecto claro sobre la recurrencia, aunque el número tan limitado de pacientes requiere cautela interpretativa [12]. Hirsch et al. [11] coinciden en que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las distintas modalidades quirúrgicas con o sin radioterapia en cuanto a recurrencia queloidiana pediátrica.

La limitación más importante en pediatría es la preocupación por el riesgo de daño a tejidos en crecimiento y, en menor medida, por el riesgo teórico de malignidad secundaria a largo plazo [13]. Estas restricciones hacen que la braquiterapia quede generalmente reservada para queloides auriculares masivos en adolescentes [4], [12]. En cualquier caso, su administración debe considerarse individualmente, sopesando riesgos teóricos documentados [11], [13].

Metodología

Se realizó un estudio observacional, descriptivo y retrospectivo de tipo serie de casos, mediante la revisión sistemática de las historias clínicas de pacientes pediátricos (menores de 18 años) con diagnóstico de cicatriz queloide, sometidos a resección quirúrgica en el Servicio de Cirugía Plástica del Hospital de Niños Ricardo Gutiérrez de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, en el período comprendido entre octubre de 2022 y junio de 2026. Para cada paciente se recopilaron de manera estandarizada las siguientes variables: edad al momento de la intervención (expresada en años), sexo (femenino/masculino), lugar de presentación anatómica de la lesión, cantidad de lesiones y etiología de la misma, tipo de anestesia utilizada durante el procedimiento quirúrgico (local/general), tratamiento adyuvante recibido y recidiva (definida como reaparición de la lesión queloidea en el sitio quirúrgico durante el período de seguimiento). El seguimiento postoperatorio se realizó mediante la

revisión de la historia clínica electrónica y, cuando fue posible, mediante encuesta telefónica al paciente o sus tutores, con el fin de detectar recurrencias tardías.

Resultados

• Análisis de la serie clínica: Servicio de Cirugía Plástica, Hospital de Niños Ricardo Gutiérrez (2022–2026).

Distribución por sexo y edad

La serie clínica del Servicio de Cirugía Plástica del Hospital de Niños Ricardo Gutiérrez ($n = 15$) presenta un marcado predominio del sexo femenino, que representa el 80,0% de la muestra (12/15 pacientes), frente a un 20,0% de pacientes masculinos (3/15). Esta distribución refleja una relación mujer-hombre de 4:1. La edad de la cohorte institucional se sitúa en una media de 14,7 años (rango 11–17; mediana 15 años), lo que confirma que la mayoría de los casos de nuestra serie se concentran en la etapa adolescente, un patrón consistente con el pico de incidencia puberal descrito en la bibliografía [5]. En cuanto a la tasa de recidiva, nuestra cohorte presentó una recurrencia del 33,3% (5/15). No obstante, es fundamental señalar que el control postoperatorio de esta serie fue escaso. Esta brecha en la vigilancia clínica reduce significativamente la sensibilidad para identificar recidivas tardías, las cuales, como demuestra la cohorte de Khan et al. [12], presentan una mediana de aparición de hasta 23 meses. Por tanto, la dispersión etaria observada ($DE \pm 1,9$ años) refleja una población adolescente donde la monitorización prolongada resulta crítica para validar la eficacia terapéutica a largo plazo.

Variable	Parámetro	N (%)
Sexo	Femenino	12 (80,0%)
	Masculino	3 (20,0%)
Edad (años)	Media	14,7
	Mediana	15,0
	Rango	11–17
Frecuencia por bandas etarias	11–12 años	3 (20,0%)
	13–14 años	2 (13,3%)
	15–16 años	7 (46,7%)
	17 años	3 (20,0%)

Tabla 2: Distribución demográfica de la serie ($n=15$)

Localización anatómica

La distribución topográfica de los queloides en nuestra cohorte institucional ($n=15$) muestra un predominio absoluto de las lesiones en la región auricular, las cuales representan el 80,0% de la serie ($n=12$).

Dentro de este grupo, el desglose por subregión anatómica revela una mayor incidencia de queloides en el lóbulo ($n=7$), seguido por el hélix ($n=4$) y un caso con afectación simultánea de ambas estructuras. Las lesiones no auriculares representaron una minoría de la muestra, observándose dos queloides latero cervicales (13,3%) y un caso esternal (6,7%). Este perfil de localización, donde la cabeza y el cuello concentran la gran mayoría de las lesiones, es consistente con la fisiopatología de las zonas de alta tracción mecánica, un factor determinante en la formación de cicatrices patológicas [8].

El análisis de la etiología subyacente refuerza la asociación entre la práctica de perforación cosmética (piercing) y la queloidogénesis en pediatría. En nuestra serie, el 80,0% de los queloides ($n=12$) tuvo como factor desencadenante un piercing, todos localizados en el pabellón auricular. Esta cifra supera lo reportado en series internacionales, donde Hirsch et al. [11] comunicaron una incidencia por piercing del 36,1%, con una incidencia de queloides auriculares que osciló entre el 44,6% y el 62%. Esta disparidad sugiere que en nuestro centro el piercing auricular constituye el motor etiopatogénico casi excluyente, a diferencia de otras series donde las causas traumáticas o inflamatorias (como el acné) diversifican más el espectro causal [5]. La distribución anatómica observada, particularmente en el lóbulo auricular, se alinea con la hipótesis de tensión mecánica propuesta por Ogawa et al., donde el trauma del piercing en una zona de alta tracción induce un microambiente de inflamación crónica y mecanotransducción persistente [3]. En cuanto a la carga lesional por paciente, observamos una heterogeneidad relevante: si bien 11 pacientes (73,3%) presentaron una lesión única, registramos casos de lesiones múltiples, incluyendo dos pacientes con tres queloides y un caso con seis lesiones (postinfección por virus varicela-zóster).

Localización	Total	Piercing	Herpes zóster	Postoperatorio
Auricular	12 (80,0%)	12 (80,0%)	-	-
Cervical	2 (13,3%)	-	1 (6,7%)	1 (6,7%)
Esternal	1 (6,7%)	-	-	1 (6,7%)
Total	15 (100,0%)	12 (80,0%)	1 (6,7%)	2 (13,3%)

Tabla 3: Distribución cruzada de localización anatómica y causa ($n = 15$)



Foto 1: Queloide auricular en hélix derecho.



Foto 2: Queloide cervical causado por virus herpes zóster.



Foto 3: Queloide esternal por cicatriz posquirúrgica.

Patrón terapéutico y tipo de anestesia

El abordaje terapéutico de nuestra serie de 15 pacientes pediátricos se caracterizó por la uniformidad en la resección quirúrgica y una marcada heterogeneidad en la implementación de terapias adyuvantes. Todos los pacientes (15/15, 100%) se sometieron a resección quirúrgica. El tipo de anestesia empleada se dividió en anestesia general en 6/15 pacientes (40,0%), generalmente reservada para casos con múltiples lesiones o pacientes de menor edad, y anestesia local en 9/15 pacientes (60,0%).

La infiltración intralesional de TAC constituyó el pilar adyuvante más frecuente, y se administró en 14/15 pacientes (93,3%), con una sola excepción, para la lesión de ubicación esternal. La distribución del número de sesiones de TAC fue notablemente heterogénea (rango: 1–11), con una moda de 10 sesiones (presente en 6/15 pacientes, 40,0%), lo cual refleja una práctica asistencial adaptada a la respuesta clínica individual, similar a las recomendaciones de Barone et al.^[13] para protocolos multimodales. Otras modalidades adyuvantes incluyeron presoterapia en 9/15 pacientes (60,0%), braquiterapia en 5/15 (33,3%) y el uso de corticoides tópicos en 3/15 (20,0%). Se consignó tratamiento postoperatorio con TAC en 4/15 pacientes (26,7%).

Modalidad terapéutica	N (%)
TAC prequirúrgica	14 (93,3 %)
TAC postoperatoria	4 (26,7 %)
Braquiterapia	5 (33,3 %)
Presoterapia	9 (60,0 %)
Corticoides tópicos	3 (20,0 %)

Tabla 4: Tratamientos adyuvantes ($n = 15$)

Sesiones de TAC prequirúrgica	N (%)
0	1 (6,7%)
1	1 (6,7%)
2	1 (6,7%)
3	1 (6,7%)
4	1 (6,7%)
5	1 (6,7%)
6	1 (6,7%)
7	1 (6,7%)
10	6 (40,0%)
11	1 (6,7%)
Total	15 (100,0%)

Tabla 5: Número de sesiones de TAC prequirúrgica por paciente ($n=15$).

Comparación con la literatura internacional

La serie institucional presentada, que comprende 15 pacientes pediátricos, refleja una marcada predominancia femenina (12 niñas y 3 niños; relación 4:1) y una edad media de 14,75 años (rango 11–17). Se alinea con la literatura internacional que documenta una mayor incidencia de queloides en la población femenina pediátrica. Diversos estudios asocian esta asimetría con la confluencia de factores endógenos, principalmente el papel de los estrógenos durante la pubertad como moduladores de la queloidogénesis [5], y factores socioculturales como la mayor frecuencia de procedimientos cosméticos, específicamente la perforación del lóbulo auricular en este grupo [11]. Si bien series de gran envergadura como la de Khan et al. [12] (n=94) reportan una proporción de niñas del 52%, la magnitud de nuestra brecha de género coincide con las observaciones de Noishiki et al. [11], quienes reportan disparidades que alcanzan una relación de 2,7:1 en pacientes menores de 15 años. La localización auricular fue predominante (81,3%), lo que se alinea con los hallazgos de Michael et al. [4], quienes identifican el pabellón auricular como el sitio de mayor afectación debido a traumatismos locales y perforaciones, una tendencia consistente con el perfil reportado en series pediátricas internacionales donde el lóbulo auricular es el sitio anatómico más frecuente [4].

En cuanto a la tasa de recidiva, nuestra cohorte presentó una recurrencia del 33,3% (5/15). Esta cifra se sitúa en un espectro intermedio frente a la literatura: es ligeramente superior al 28,7% reportado por Khan et al. [12] en su cohorte de 94 pacientes, donde el tiempo mediano hasta la recidiva fue de 23 meses, y se aproxima al 35% observado por Bonnardeaux y McCuaig [6] en su serie pediátrica de manejo multimodal. No obstante, esto pone de relieve la necesidad de estandarizar nuestro protocolo terapéutico hacia un abordaje multimodal y prospectivo para reducir la capacidad proliferativa del tejido fibroblástico [3]. Se debe señalar explícitamente que el control postoperatorio de la presente serie fue escaso. Los pacientes sometidos a procedimientos durante el año 2026 aún siguen bajo control clínico; asimismo, algunos de los pacientes tratados en periodos anteriores presentan tiempos de seguimiento tan breves como un mes o

15 días por falta de adherencia. Esta limitación temporal restringe severamente la capacidad de nuestra cohorte para detectar recidivas tardías, las cuales, según lo documentado por Khan et al. [12] con una mediana de 23 meses hasta la recidiva, requieren un monitoreo prolongado para establecer una tasa de eficacia terapéutica válida y comparable con los estándares internacionales.

• Protocolo: manejo del queloide auricular pediátrico con triamcinolona intralesional posquirúrgica

Fundamento y nivel de evidencia

El presente protocolo se sustenta en evidencia disponible y actualizada para queloides auriculares en pediatría. Zhang et al. [16] demostraron en un metaanálisis que la inyección postoperatoria de TAC presenta tasas de recurrencia significativamente menores (0,9%; IC 95%: 0,000–0,044; $I^2 = 0\%$) en comparación con la inyección preoperatoria (10%; $p = 0,009$) e intraoperatoria (13%; $p < 0,001$). Esta diferencia se explica porque la herida quirúrgica abierta permite que el esteroide actúe directamente sobre el lecho cruento, justo cuando la maquinaria de TGF- β comienza a activarse a partir de la primera semana [16]. En localización auricular, donde el volumen tisular es bajo y la cápsula del queloide es compacta y nodular, Zhang et al. [16] recomiendan priorizar la resección nuclear combinada con inyección postoperatoria de concentración relativamente alta (20–40 mg/ml) entre una y dos semanas tras la escisión. Por su parte, los datos de Khan et al. [12] y Hamrick et al. (citado en [1]) respaldan el uso de la combinación escisión e infiltraciones seriadas de TAC en pacientes pediátricos auriculares.

Criterios de inclusión y selección del paciente

- Pacientes menores de 18 años con diagnóstico clínico de queloide auricular.
- Lesiones accesibles a resección quirúrgica bajo anestesia local o general, según edad y cooperación.
- Historia clínica completa con variables registradas en el protocolo institucional (edad, sexo, tamaño, etiología, antecedentes familiares, fototipo, cicatrización previa).
- Consentimiento informado de los tutores y asentimiento del paciente según edad.

Técnica quirúrgica recomendada

Paso	Descripción	Razón
Escisión	Resección nuclear conservadora, preservando piel sana perilesiona	Extirpación del nódulo central biológicamente activo [16]
Hemostasia	Meticulosa, sin uso indiscriminado de electrocoagulación superficial	Minimizar el daño térmico a la dermis
Cierre	Por planos, con suturas subdérmicas reabsorbibles de tensión reducida y sutura de piel monofilamento 6-0	Cierre sin tensión es un factor pronóstico crítico [8]

Tabla 6: Protocolo quirúrgico.

Protocolo de triamcinolona intralesional postoperatorio

- Principio activo: Triamcinolona acetónido (suspensión 40 mg/ml).
- Concentración aplicada: 20–40 mg/ml. La dosis por sesión debe calcularse en función del volumen del lecho quirúrgico y del grosor estimado de la cicatriz

residual, no del volumen del queloide original (hasta 0,5 ml/cm³ de superficie o 1 ml por sesión).

- Vehículo de la presentación comercial; opcional dilución 1:1 con lidocaína al 2% sin vasoconstrictor para reducir el dolor de la infiltración en niños menores.
- Aguja: intradérmica 25–27G.
- Cronograma de infiltraciones: detallado en la Tabla 7.

Sesión	Momento postoperatorio	Acción
1 ^a	Días 7–14 postquirúrgicos	Retiro de puntos + primera infiltración
2 ^a	4 semanas postquirúrgicas	infiltración + evaluación clínica
3 ^a	8 semanas postquirúrgicas	infiltración + fotodocumentación
4 ^a	12 semanas postquirúrgicas	infiltración si aparece hipertrofia o eritema
5 ^a y siguientes	4 meses postquirúrgicos cada 8-12 semanas según respuesta	infiltración si lo requiere hasta aplanamiento, blanqueamiento del eritema y ausencia de prurito

Tabla 7: Protocolo de controles postoperatorios y sesiones postquirúrgicas de triamcinolona.

Terapia adyuvante entre infiltraciones

De manera complementaria a las infiltraciones, y conforme a las recomendaciones para pediatría, se indican las siguientes medidas que el paciente debe cumplir desde el retiro de puntos hasta los 12 meses postoperatorios:

- Dispositivos de presión (20–30 mmHg) durante ≥ 18 h/día por un mínimo de 4–6 meses [4,13]. Se debe reforzar la adherencia en pacientes pediátricos y destacar la necesidad de uso continuado.
- Lámina de silicona médica auricular: durante ≥ 12 h/día por 6–12 meses [4,6].
- Evitar nuevos traumatismos auriculares; aretes hipoalergénicos solo después del alta definitiva, idealmente, con consentimiento escrito sobre el riesgo de recurrencia [6].

Seguimiento

Se considera respuesta satisfactoria y momento de suspensión del protocolo cuando se cumplen simultáneamente tres criterios:

- Cicatriz blanquecina aplanada a nivel de la piel circundante.
- Ausencia de eritema activo y de bordes sobreelevados ≥ 2 mm.
- Resolución completa del prurito y/o dolor (cuando hubieran estado presentes antes de la cirugía).

Si tras la cuarta sesión se observan señales de recidiva, debe reevaluarse el caso para considerar la adición de 5-fluorouracilo a dosis bajas (1,5–5 mg/ml); continuar las sesiones con TAC y evaluar reoperación.

Con respecto al seguimiento, Khan et al. [12] reportaron una mediana de tiempo hasta la recurrencia de 23 meses en su cohorte pediátrica, con casos de recidiva incluso después del segundo año de aparente estabilidad. Cada control debe documentar: tamaño (mm), grosor estimado (mm), eritema, prurito, satisfacción del paciente o sus tutores y registro fotográ-

fico con escala y luz estandarizadas. Se establece el siguiente calendario institucional descrito en la Tabla 8.

Visita	Momento	Evaluación
Control 1	1–2 semanas	Retirar puntos, infiltración 1
Control 2	1 mes	Evaluación clínica, infiltración 2
Control 3	2 meses	Fotografía, infiltración 3
Control 4	3 meses	Evaluación de infiltración
Control 5	4 meses	Alta con pautas de alarma
Control 6	12 meses	Búsqueda de recidiva
Control 7	24 meses	Alta definitiva con recomendaciones de prevención

Tabla 8: Controles de seguimiento hasta el alta.

Registro y auditoría institucional

Toda intervención bajo este protocolo debe quedar registrada en una base de datos institucional con las variables estandarizadas para auditoría periódica: dosis total de TAC recibida, número de sesiones, tiempo hasta respuesta completa, tasa de recidiva a 12 y 24 meses y satisfacción de los pacientes y tutores. Estos datos alimentarán la comparación con las series pediátricas internacionales (Khan et al. [12], Acosta et al. [1], Bonnardeaux y McCuaig [6]) y permitirán la revisión continua del protocolo a la luz de la experiencia local.

Este protocolo privilegia de manera explícita la inyección exclusivamente postoperatoria de TAC, en línea con la evidencia de menor recurrencia demostrada por Zhang et al. [16] y con la recomendación de Hamrick et al. (citado en [1]) y Bonnardeaux y McCuaig [6] para la población pediátrica. La eliminación de las infiltraciones preoperatorias reduce el número total de inyecciones, las visitas hospitalarias y el estrés traumático del niño sin comprometer la eficacia clínica.

• Conclusión

Los queloides se manifiestan como nódulos cutáneos

firmes que con frecuencia se acompañan de prurito, dolor y sensibilidad, con la consiguiente repercusión estética y deterioro de la calidad de vida del paciente. Esta evolución clínica, sumada a las elevadas tasas de recidiva tras cualquier modalidad terapéutica y a la ausencia de un protocolo universalmente aceptado, los consagra como un desafío clínico vigente. En la población pediátrica, la lesión muestra un marcado predominio femenino durante la adolescencia, una prevalencia desproporcionada en individuos de fototipos de piel oscura y un cuerpo de evidencia terapéutica escasamente específico, dado que la mayoría de los estudios disponibles proceden de cohortes adultas y rara vez se diseñan ensayos específicos para niños. Los queloides auriculares pediátricos son generados de forma casi exclusiva por la perforación cosmética, sobre un sustrato anatómico de tensión mecánica sostenida que favorece tanto la génesis de la lesión como las elevadas tasas de recidiva reportadas en la literatura. La evidencia bibliográfica reciente demuestra que la escisión quirúrgica seguida de infiltraciones intralesionales postoperatorias seriadas de triamcinolona constituye la mejor estrategia terapéutica disponible, dada su superioridad significativa frente a los esquemas preoperatorio e intraoperatorio en términos de recurrencia, y la ventaja añadida de reducir el número total de inyecciones, las visitas hospitalarias y el estrés traumático del paciente pediátrico sin comprometer por ello la eficacia clínica esperable. Los patrones observados en la cohorte institucional reproducen de manera consistente los rasgos clínico-epidemiológicos que definen al queloide pediátrico. Esta concordancia con los patrones pediátricos generales refuerza la relevancia clínica de nuestra serie como muestra representativa y aporta un argumento adicional para la estandarización local del abordaje terapéutico. En respuesta a esta necesidad, el trabajo propone un protocolo institucional centrado en la escisión quirúrgica seguida exclusivamente de infiltraciones postoperatorias seriadas de triamcinolona, aplicadas a una concentración de 20–40 mg/ml e iniciadas entre los días 7 y 14 del postoperatorio, con una cadencia cada 4 semanas adaptada a la respuesta clínica, y complementadas de manera sistemática con presoterapia (20–30 mmHg, ≥ 18 h/día) y lámina de silicona médica auricular como adyuvantes. El cronograma de seguimiento se extiende hasta los 24 meses, con visitas estandarizadas al 1, 2, 3, 4, 12 y 24 meses, y prevé un registro prospectivo institucional. La eliminación de las infiltraciones preoperatorias reduce tanto el número total de inyecciones como las visitas hospitalarias asociadas, aliviando el estrés traumático del paciente pediátrico sin comprometer la eficacia clínica esperable. La implementación prospectiva del protocolo permitirá, además, validar la

tasa de recidiva a largo plazo y contrastar los resultados institucionales con los estándares pediátricos internacionales actualmente vigentes.

• BIBLIOGRAFÍA

- [1] Acosta S, Ureta E, M RY, Oliva N, Searle S, Guerra C. Effectiveness of Intralesional Triamcinolone in the Treatment of Keloids in Children. *Pediatric Dermatology* 2016;33:75–9. <https://doi.org/10.1111/pde.12746>,
- [2] Wójarska M, Kokot K, Ossowska B, Borzyszkowska W, Szóstek H, Stolp A, et al.
- [3] Surgical Excision with Adjuvant Therapies in the Management of Keloids: A Systematic Review. *Medicina* 2026;62:916–916. <https://doi.org/10.3390/medicina62050916>.
- [4] Limandjaja GC, Niessen FB, Scheper R, Gibbs S. The Keloid Disorder: Heterogeneity, Histopathology, Mechanisms and Models. *Pure Amsterdam UMC* 2020;8:360–360. <https://doi.org/10.3389/fcell.2020.00360>.
- [5] Michael AI, Ademola SA, Olawoye OA, Iyun AO, Adebayo W, Oluwatosin OM. Pediatric keloids: A 6-year retrospective review. *Pediatric Dermatology* 2017;34:673–6. <https://doi.org/10.1111/pde.13302>.
- [6] Kim JS, Lee G, Chae SW, Kim W, Choi Y. Pediatric Keloids: A Retrospective, Single-Institution Cohort Analysis in Korea. *Pediatric Dermatology* 2024;42:54–60. <https://doi.org/10.1111/pde.15790>.
- [7] Bonnardeaux E, McCuaig C. Surgical excision combined with fully ablative carbon dioxide laser therapy and triamcinolone injections as a potential treatment for keloids in children. *Pediatric Dermatology* 2019;37:137–41. <https://doi.org/10.1111/pde.14053>.
- [8] Cohen A, Nikbakht N, Uitto J. Keloid Disorder: Genetic Basis, Gene Expression Profiles, and Immunological Modulation of the Fibrotic Processes in the Skin. *PubMed Central* 2022;15. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a041245>.
- [9] Zhou S, Wang L, Chen N, Liu J, Zhang R, Zhou S, et al. Advances in the interplay between mechanical forces and inflammatory immunity in keloid formation. *Frontiers in Immunology* 2026;17:1792028–1792028. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2026.1792028>.
- [10] Liu S, Yang H, Song J, Zhang Y, Abualhssain ATH, Yang B. Keloid: Genetic susceptibility and contributions of genetics and epigenetics to its pathogenesis. *Experimental Dermatology* 2022;31:1665–75. <https://doi.org/10.1111/exd.14671>.
- [11] Zahrani RAA, Alotaibi WN, Almanasef ZM, Malawi I, Mohammed LA, Algahamdi RAA, et al. Comprehensive Analysis of Current Treatment Approaches for Keloids in Pediatrics: A Systematic Review. *Cureus* 2023;15. <https://doi.org/10.7759/cureus.50290>.
- [12] Hirsch Y, Waterman CL, Haber R. Pediatric Keloids and Review of the Efficacy of Current Treatment Modalities. *Dermatologic Surgery* 2023;49:669–74. <https://doi.org/10.1097/dss.0000000000003815>.
- [13] Khan FA, Drucker NA, Larson SD, Taylor JA, Is

lam S. Pediatric earlobe keloids: Outcomes and patterns of recurrence. *Journal of Pediatric Surgery* 2019;55:461–4. <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2019.07.006>.

[13] Barone S, Bao E, Rothberg S, Palacios J, Smith IT, Tanna N, Bastidas N. Scar Management in Pediatric Patients. *Medicina* 2025;61:553–553. <https://doi.org/10.3390/medicina61040553>.

[14] Jiang Z, Liao X, Liu M, Fu Z, Min D, Yu X, et al. Efficacy and Safety of Intralesional Triamcinolone Versus Combination of Triamcinolone with 5-Fluorouracil in the Treatment of Keloids and Hypertrophic Scars: A Systematic Review and Meta-analysis. *Aesthetic Plastic Surgery* 2020;44:1859–68. <https://doi.org/10.1007/s00266-020-01721-2>.

[15] Zhuang Z, Li Y, Wei X. The safety and efficacy of intralesional triamcinolone acetate for keloids and hypertrophic scars: A systematic review and meta-analysis. *Burns* 2021;47:987–98. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2021.02.013>.

[16] Zhang Y, Wu M, Liu D, Panayi AC, Xu X, Luo L, et al. Recurrence and Complications of Peri-operative Steroid Injection of Keloids: A Systematic Review and Meta-analysis. *Aesthetic Plastic Surgery* 2024;48:2927–40. <https://doi.org/10.1007/s00266-024-03935-0>.

[17] Park TH, Seo SW, Kim J, Chang CH. Clinical Characteristics of Facial Keloids Treated With Surgical Excision Followed by Intra- and Postoperative Intralesional Steroid Injections. *Aesthetic Plastic Surgery* 2011;36:169–73. <https://doi.org/10.1007/s00266-011-9781-1>.

[18] Gold D, Sheinin R, Jacobsen G, Jones LR, Ozog D. The Effects of Postoperative Intralesional Corticosteroids in the Prevention of Recurrent Earlobe Keloids: A Multispecialty Retrospective Review. *Dermatologic Surgery* 2018;44:865–9. <https://doi.org/10.1097/dss.0000000000001474>.

[19] Choi Y, Lee YH, Lee HJ, Lee G, Kim W. Auricular keloid management in Asian skin: Clinical outcome of intralesional excision and postoperative triamcinolone acetate intralesional injection. *Journal of Cosmetic Dermatology* 2020;19:3041–7. <https://doi.org/10.1111/jocd.13383>.

[20] Lopes K, Lance S, Harfouche C, Clark RL, Becker M, Nguyen R, et al. Pediatric Scar Management Using Tangential Excision With Intralesional Injections and Laser-Assisted 5-Fluorouracil Delivery. *Annals of Plastic Surgery* 2025;94. <https://doi.org/10.1097/sap.0000000000004207>.

[21] Haq H, Davies IJM, Dheansa B. Understanding and Comparing Current Practice for Ear Keloid Scars: A Narrative Systematic Review. *Journal of Plastic and Reconstructive Surgery* 2025. <https://doi.org/10.53045/jprs.2025-0067>.

Reglamento de Publicación

La Revista Argentina de Quemaduras (RAQ) es el órgano oficial de la Fundación del Quemado Dr. Fortunato Benaim, circula desde 1983 y publica un volumen por año que consta de 3 números con tapas Abril, Agosto y Noviembre.

La RAQ considera para su publicación aquellos trabajos inéditos de la especialidad, que ayuden a difundir los avances diagnósticos, las terapias e intervenciones de las distintas disciplinas concurrentes al tratamiento del paciente quemado, que se incluirán en alguna de las distintas secciones que la componen.

Los Títulos y Resúmenes deben ser remitidos en español o portugués e inglés.

No se considerarán artículos meramente comerciales o propagandísticos.

Los autores de los trabajos se hacen responsables por las informaciones, imágenes y opiniones contenidos en los mismos.

La RAQ adopta las normas de Vancouver – Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals, organizados por el International Committee of Medical Journal Editors, disponibles en www.icmje.org, respecto a las instrucciones y condiciones obligatorias para que un trabajo sea considerado para su análisis.

COMO PONERSE EN CONTACTO CON LA REVISTA

Alberto Bolgiani, Editor
Fundación del Quemado Dr. Fortunato Benaim
Revista Argentina de Quemaduras
Rodríguez Peña 454 4ºB CP 1020 ADJ C.A.B.A.
Argentina - Tel.:00 54 911 4445 6574
E-mail: raqfundacionbenaim@gmail.com

CATEGORIAS DE ARTICULOS

Artículos originales

Se incluyen en esta categoría estudios controlados y randomizados, estudios observacionales, sean como investigación básica o clínica sobre epidemiología, diagnóstico, tratamiento o pronóstico de las quemaduras, así como investigaciones del área sanitaria o de servicios de salud relacionadas al manejo de pacientes quemados.

Los artículos originales deben contener obligatoriamente las siguientes secciones: Títulos, Resumen, Abstract, Introducción, Método, Resultados, Discusión, Conclusiones, Referencias. El texto no debe exceder las 3.000 palabras, exclu-

yendo tablas, referencias bibliográficas, resumen y abstract. Las Referencias Bibliográficas no deben exceder de 30.

Artículos de revisión

Evaluaciones críticas y ordenadas de literatura de temas de importancia clínica. Las referencias bibliográficas deben ser actuales, preferentemente publicadas en los últimos cinco años y en un número máximo de 60 artículos. Deben incluir también Resumen y Abstract.

• Bibliografía comentada

Referencias de artículos relevantes a la práctica de la especialidad publicados en otras revistas, acompañados de un breve comentario del autor que resalte la importancia e impacto del trabajo sobre el manejo de pacientes quemados. Debe contener la cita completa de la publicación original, resumen del artículo, comentarios e información del comentador: nombre y apellido, título profesional, cargos y lugar de trabajo.

• Monografías

Se aceptarán trabajos de revisión o actualización realizados por un especialista en formación que signifiquen un aporte a la especialidad, o que sinteticen de manera organizada la información derivada de la suma de una revisión de la literatura y la investigación posible.

Deben contener Títulos, Resumen, Abstract, Introducción, Método, Resultados, Discusión, Conclusiones, Referencias. No deben exceder las 3.000 palabras, excluyendo tablas (no más de 4) y figuras (no más de 4).

Relatos de casos

Descripción de pacientes o situaciones singulares, así como formas innovadoras de diagnóstico o tratamiento. El texto debe ser compuesto por una introducción breve que sitúe al lector en relación a la importancia del asunto y presentar los objetivos de la presentación de los casos en cuestión. Relatos de Casos y Discusión, en los que se abordan aspectos relevantes y comparados con los disponibles en la literatura. Deben incluir también Resumen y Abstract. No deben superar las 2.000 palabras, excluyendo las referencias bibliográficas (en un máximo de 15) y tablas. Se recomienda incluir un máximo de 5 ilustraciones.

Cartas al Editor

Deben comentar, discutir o criticar artículos publicados en la RAQ, pero también pueden versar sobre otros temas de interés general. Se recomienda que el texto presente un máximo de 1.000 palabras, incluyendo referencias bibliográficas, que no deben exceder de 5. Puede o no tener título. Se admitirán no más de 2 ilustraciones. Siempre que exista la posibilidad, se incluirá una respuesta de los autores del artículo en discusión, simultáneamente con la carta.

Artículos especiales

Artículos no incluidos en las categorías anteriormente descritas o que el Consejo Editorial juzgue de especial relevancia para la especialidad. Su revisión admite criterios propios, no habiendo límite de extensión o restricciones en cuanto al número de referencias bibliográficas.

POLITICA EDITORIAL

Evaluación por pares

Todos los trabajos enviados a la RAQ serán sometidos a evaluación por pares, por lo menos tres revisores seleccionados entre los miembros del Consejo Editorial. La aceptación del trabajo será hecha en base a su originalidad, significancia y contribución científica. Los revisores harán comentarios generales sobre el trabajo e informarán si el mismo debe ser publicado, corregido siguiendo las recomendaciones que formulen o rechazado. El Editor tomará la decisión final. En caso de discrepancias entre los revisores, puede solicitarse una nueva opinión para mejor juzgamiento.

Cuando se sugieran modificaciones, las mismas serán dirigidas al autor principal y los revisores verificarán si sus sugerencias fueron atendidas. En casos excepcionales, cuando el asunto del manuscrito así lo exija, el Editor podrá solicitar la colaboración de un profesional que no sea miembro del Consejo Editorial para hacer la evaluación. La decisión sobre la aceptación del artículo para su publicación ocurrirá, siempre que sea posible, en un plazo de 90 días a partir de la fecha de ser recibido.

Investigación con seres humanos y animales

Los autores deben, en la sección Método, informar si la investigación fue aprobada por la Comisión de Ética en Investigación de su Institución, en consonancia con la Declaración de Helsinki. En experiencias con animales, los autores deben seguir al CIOMS [(Council for International Organization of Medical Sciences) Ethical Code for Animal Experimentation

– WHO Chronicle 1985; 39(2):51-6] y los preceptos de la Ley 14.346 sobre protección a los animales contra los actos de crueldad. El Consejo Editorial podrá recusar artículos que no cumplan rigurosamente los preceptos éticos de investigación, sea en humanos o en animales. Los autores deben identificar con precisión las drogas y sustancias químicas usadas, incluyendo los nombres de los principios activos, dosis y formas de administración. Se debe evitar, también, nombres comerciales o de empresas.

Política para registro de ensayos clínicos

La RAQ en apoyo a las políticas para el registro de ensayos clínicos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y del International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE), reconociendo la importancia de esas iniciativas para el registro y divulgación internacional de información sobre estudios clínicos, solamente aceptará para publicar los artículos de investigaciones clínicas que hayan recibido un número de identificación en uno de los Registros de Ensayos disponibles en la siguiente dirección: <http://clinicaltrials.gov>.

El número de identificación debe ser registrado al final del resumen.

Derechos de autor

Los manuscritos deben ser acompañados por una carta firmada por todos los autores, transfiriendo los derechos de autor para la Fundación del Quemado Dr. Fortunato Benaim y declarando que revisarán y aprobarán la versión final del mismo. Todos los artículos publicados pasan a ser propiedad de la Fundación del Quemado Dr. Fortunato Benaim y no pueden ser publicados sin el consentimiento por escrito del Editor de la RAQ.

Criterios de autoría

Se sugiere seguir los criterios de autoría de artículos del International Committee of Medical Journal Editors. Sólo quienes han contribuido directamente al contenido intelectual del trabajo deben ser listados como autores. Los autores deben satisfacer los siguientes criterios, para detentar la responsabilidad pública por el contenido del trabajo:

- Haber concebido y planeado las actividades que concretaron el trabajo o la interpretación de sus resultados, o ambos.
- Haber escrito el trabajo o revisado las sucesivas versiones y participado en el proceso de revisión.
- Haber aprobado la versión final.

Ejercer posición de jefatura administrativa, con

tribuir con pacientes, reclutar y agrupar información, aunque sea importante para la investigación, no son criterios para autoría. Otras personas que hayan hecho contribuciones sustanciales y directas para el trabajo, no podrán ser consideradas autores, pero pueden ser citadas en la sección Agradecimientos.

INSTRUCCIONES PARA EL ENVÍO DE MATERIAL PARA PUBLICAR

La RAQ dará preferencia a los materiales remitidos para su inclusión por correo electrónico a: raqfundacionbenaim@gmail.com

Los archivos de texto deben estar en formato Word y los de imágenes en JPG o Illustrator. Deben ser acompañados por una Carta firmada por todos los autores, declarando que están de acuerdo con los contenidos expresados en el trabajo, su responsabilidad por las informaciones contenidas, explicitando si hay o no conflicto de intereses y la inexistencia de problemas éticos relacionados.

Si las imágenes remitidas no permiten una impresión de calidad adecuada, la Secretaría Editorial podrá solicitar el envío de originales o copias de alta calidad de resolución.

PREPARACIÓN DE ORIGINALES

Los trabajos remitidos a la RAQ podrán estar escritos en español o portugués. Los textos deben estar en tipografía Times New Roman, en cuerpo 12 y con interlineado sencillo.

Primera página – Identificación

Debe contener el título del trabajo de manera concisa y descriptiva, en español o portugués e inglés, el nombre completo de los autores, títulos profesionales, vinculación con la institución donde fue realizado el trabajo.

Al pie debe informar una dirección de correo electrónico, teléfono, fax y correo postal del autor principal. También se informará si el trabajo fue presentado en un congreso, mencionando el nombre del mismo, lugar y fecha. Debe informar potenciales conflictos de intereses y fuente de financiamiento.

Segunda página – Resumen y Abstract

El Resumen debe ser estructurado en 4 secciones: Objetivo, Método, Resultados y Conclusiones. La elaboración debe permitir que se pueda comprender el contenido esencial del estudio. El Abstract debe ser una versión literal del Resumen.

Se incluirán entre 3 y 5 descriptores (palabras clave).

Cuerpo del Artículo

• **Introducción.** Debe informar el objetivo de la investigación, la relación con otros trabajos del área y las razones para su realización. No se recomienda hacer una extensa revisión de la literatura

• **Método.** Debe brindar suficiente información en el texto o citando trabajos en revistas disponibles, de modo que permita que el trabajo pueda ser reproducido. Debe incluir:

• **Diseño de estudio.** Especificar si es descriptivo (cuantifica) o comparativo (relaciona grupos); observacional (registra datos) o experimental (evalúa la aplicación de una intervención); prospectivo o retrospectivo; transversal (corte) o longitudinal (evolutivo).

• **Sujetos de investigación.** Indicar criterios de inclusión y exclusión de pacientes, incluyendo características demográficas, clínicas y lugar y período de realización del estudio. Si se seleccionó una muestra, señalar la técnica de muestreo utilizada. En trabajos experimentales con pacientes se deberá consignar el consentimiento informado y la aprobación del Comité de Ética de la Institución.

• **Materiales y técnicas.** Definir las variables que se midieron, referir la secuencia en que se realizaron los procedimientos y detallar los materiales y las técnicas que se utilizaron. Enunciar los métodos estadísticos aplicados.

• **Resultados.** Los resultados deben ser presentados clara y concisamente. Informar los principales datos, intervalos de confianza y significancia estadística. Tablas y figuras deben ser usadas sólo cuando sean necesarias para una efectiva comprensión de los datos.

Tablas. Numerar con números arábigos. Enunciar el título correspondiente al contenido. Referir las unidades de medida y los parámetros estadísticos utilizados.

Figuras. Los gráficos e ilustraciones se numerarán en orden correlativo y se titularán de manera adecuada al contenido. Los gráficos referirán las unidades de medida y los parámetros estadísticos utilizados. Las ilustraciones que contengan fotografías o estudios de imágenes deberán resguardar la identificación del paciente.

• **Discusión.** Debe interpretar los resultados y relacionarlos con los conocimientos existentes, cotejándolos con la literatura nacional e internacional. Deben ser destacados los aspectos nuevos e importantes del estudio, así como sus implicaciones y limitaciones. Puede sugerir nuevas hipótesis o líneas para futuras investigaciones.

• **Conclusiones.** Presentar sólo aquellas apoyadas por los datos del estudio y que estén relacionadas con los objetivos, así como su

aplicación práctica, poniendo énfasis igual a los hallazgos positivos y negativos que tengan méritos científicos similares.

• **Recomendaciones.** Si corresponde, los autores pueden sugerir recomendaciones derivadas del estudio que consideren relevantes para la práctica.

• **Agradecimientos.** Cuando se considere necesario, deben ser presentados al final del texto, mencionando los nombres de las personas, centros o entidades que hayan contribuido intelectual o técnicamente en alguna fase del trabajo, así como las agencias de fomento que hayan subsidiado las investigaciones.

Los Relatos de Casos deben presentar las secciones Resumen, Abstract, Introducción, Relato del Caso, Discusión y Referencias. El cuerpo del texto de los Artículos de Revisión y de los Artículos Especiales puede ser subdividido en secciones libres, a criterio de los autores.

Bibliografía

La bibliografía se presentará con la correspondiente numeración correlativa según el orden de aparición en el texto, donde contará siempre la cita en números entre paréntesis. Deben ser citados los seis primeros autores y si hubiera más, luego del sexto se agregará et al. Las presentaciones deben estar basadas en formato denominado "Vancouver Style" y los títulos de los periódicos deben ser abreviados de acuerdo con el estilo presentado por la List of Journal Indexed in Index Medicus, de National Library of Medicine. A continuación damos algunos ejemplos de los principales tipos de referencias bibliográficas:

• Artículo de Revista

Autores (apellido e iniciales de los nombres); título del trabajo; nombre de la revista; año de publicación; volumen, número y páginas. Para los artículos disponibles on-line agregar dirección electrónica.

Herzog JH, Campbell JK, Dalton HJ, Hauser GJ. Propofol anaesthesia for invasive procedures in ambulatory and hospitalized children: experience in the pediatric intensive care unit. *Pediatrics* 1999; 103 (3)

• Institución como Autor

Nombre de la institución; título del artículo; nombre de la revista; año de publicación; volumen, número y páginas.

World Health Organization. Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications. Part I: diagnosis and classification of diabetes mellitus. Geneva:WHO;1999.66p

• Capítulo de Libro

Autores del capítulo (apellido e iniciales de los nombres); título del capítulo; en: autores y título del libro; editorial; ciudad y año de publicación; páginas.

Hartford CE: Care of out-patient burns. En: Herndon DN: Total Burn Care. Saunders. London; 1996, 71-80.

• Libro

Autores y título del libro; editorial; ciudad y año de publicación.

Herndon DN: Total Burn Care. Saunders. London; 1996.

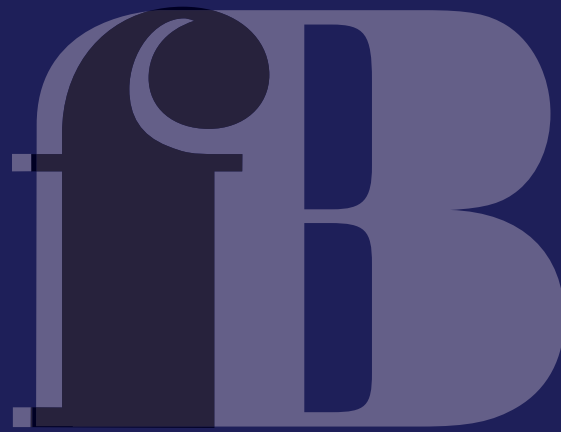
• Tesis

Autor (apellido e iniciales de los nombres); título de la presentación; lugar de la presentación; año, cantidad de páginas.

Otros ejemplos pueden ser consultados en el sitio de National Library of Medicine:

http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.

html y en: <http://www.icmje.org>



FUNDACION

B E N A I M

