

Revisión sistemática - Piel de tilapia, sus potencialidades en la cicatrización de heridas por quemaduras

SYSTEMATIC REVIEW - TILAPIA SKIN, ITS POTENTIALITIES IN THE HEALING OF BURNS WOUNDS

Nelsón Eduardo Alfonso Martínez

Médico Residente en cirugía plástica y caumatología en el Hospital General Universitario Vladimir Ilich Lenin.

Juan Ramón Ramírez Martínez

Médico especialista en el Hospital General Universitario Vladimir Ilich Lenin.

Yosvani Reinaldo Reyes Ochoa

Médico en el Hospital General Universitario Vladimir Ilich Lenin.

RESUMEN

Fundamento: Las quemaduras son un traumatismo subestimado que constituye una causa importante de morbilidad y mortalidad en muchas partes del mundo. El tratamiento de las quemaduras ha pasado de la escisión temprana y el injerto de piel a la escisión por etapas y la cobertura temporal con xenoinjerto o aloinjerto. La piel de la tilapia del Nilo aparece como un posible subproducto, con aplicabilidad clínica de nuevos biomateriales utilizable para bioingeniería. El objetivo de esta revisión conocer todas las potencialidades para la utilización de la tilapia del Nilo en la cicatrización de heridas por quemaduras.

Metodología: Revisión Sistemática elaborada siguiendo las recomendaciones metodológicas de la declaración PRISMA, permitió realizar una búsqueda organizada y sistematizada en diferentes bases de datos: Pubmed central, Google académico, Dialnet y Scielo, utilizando las palabras claves: lesiones por quemaduras, piel de tilapia, cicatrización de heridas, xenoinjerto, injerto de piel y quemaduras; y sus respectivas equivalencias en inglés.

Resultados: Analizamos 8 artículos; que responden a la pregunta de investigación y al objetivo propuesto para esta revisión, de los cuales 5 fueron publicados en 2024.

Conclusiones: La piel de tilapia, de fácil obtención, conservación y bajo costo de aplicación como xenoinjerto, además es rica en colágeno tipo I, con buena adherencia al lecho receptor, es una herramienta de fuerza mayor en el tratamiento y cicatrización de las heridas por quemaduras.

Palabras claves: Lesiones por Quemaduras, Piel de tilapia, Cicatrización de heridas, Xenoinjerto, injerto de piel, Quemaduras.

ABSTRACT

Background: Burns are an underestimated trauma that constitutes an important cause of morbidity and mortality in many parts of the world. Treatment of burns has moved from early excision and skin grafting to staged excision and temporary coverage with xenograft or allograft. The skin of the Nile tilapia appears as a possible byproduct, with clinical applicability of new biomaterials usable for bioengineering. The objective of this review is to know all the potential for the use of Nile tilapia in the healing of burn wounds.

Methodology: Systematic Review prepared following the methodological recommendations of the PRISMA declaration, allowed an organized and systematized search to be carried out in different databases: Pubmed central, Google academic, Dialnet and Scielo, using the key words: burn injuries, tilapia skin, wound healing, xenograft, skin graft and burns; and their respective equivalents in English.

Results: We analyzed 8 articles; that respond to the research question and the objective proposed for this review, of which 5 were published in 2024.

Conclusions: Tilapia skin, easy to obtain, preserve and low cost of application as a xenograft, is also rich in type I collagen, with good adherence to the recipient bed, is a tool of major force in the treatment and healing of burn wounds

Keywords: Burn injuries, Tilapia skin, Wound Healing, Xenograft, Skin graft, Burn.

INTRODUCCIÓN

Las quemaduras son un traumatismo subestimado que constituye una causa importante de morbilidad y mortalidad en muchas partes del mundo. Las quemaduras son el cuarto tipo de lesión más común después de los accidentes de tráfico, las caídas y la violencia física.^(1,2)

El concepto de tratamiento interdisciplinario y multimodal de las lesiones por quemaduras incluye principalmente el desbridamiento quirúrgico para establecer condiciones asépticas de la herida con el fin de permitir una cobertura suficiente del defecto y, por tanto, una cicatrización adecuada de la herida. A pesar de los intensos esfuerzos de investigación, los injertos de piel autóloga siguen representando el estándar de oro quirúrgico en el tratamiento de las lesiones por quemaduras, ya que nin-

gún sustituto de la piel ha logrado hasta ahora reemplazar suficientemente la función de la piel original del paciente.⁽³⁾

La piel tiene un alto potencial regenerativo, pero cuando se lesiona más allá de la dermis reticular, su capacidad regenerativa se reduce.

El tratamiento de quemaduras es un desafío para la medicina y requiere un enfoque multidisciplinario.

Hasta la fecha, no existe un apósito para quemaduras ampliamente utilizado que proporcione una curación completa sin múltiples cambios de apósito, cirugía adicional e injertos de piel.⁽²⁾ En la actualidad, el tratamiento de las quemaduras ha pasado de la escisión temprana y el injerto de piel a la escisión por etapas y la cobertura temporal con xenoinjerto o aloinjerto.⁽⁴⁾

Actualmente, el injerto autólogo de piel de espesor parcial sigue siendo el tratamiento más utilizado para lesiones profundas, tanto dérmicas como de espesor total. No obstante, este método presenta varias limitaciones, como la disponibilidad restringida de sitios donantes, complicaciones en esas áreas, contracción del injerto y una cicatrización que a veces resulta incierta o ineficaz.⁽⁵⁾

Los xenoinjertos se pueden colocar como otro tipo de vendaje oclusivo o sustituto temporal de la piel. Se basa en la extracción de tejido de un individuo a otro de diferente especie. Por ello, siempre se buscan nuevos tratamientos para obtener un apósito ideal para estas lesiones, que reduzca los efectos de la contaminación sobre las lesiones, favorezca el proceso de cicatrización y ofrezca mejores resultados estéticos, siendo el xenoinjerto con piel de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) una potencial alternativa para tratar quemaduras⁽⁶⁾.

Los sustitutos de la piel se han considerado útiles en el tratamiento de quemaduras, sin embargo, estos materiales son caros y no eficaces para el tratamiento. La piel de la tilapia del Nilo aparece como un posible subproducto, con aplicabilidad clínica de nuevos biomateriales utilizable para bioingeniería.⁽⁷⁾

La tilapia es uno de los peces más cultivados a nivel mundial, lo que la convierte en un recurso ideal para desarrollar productos biomédicos de colágeno de tilapia debido a su abundante recurso y su bajo costo.^(8,9)

En las últimas décadas se han logrado enormes avances para desarrollar alternativas a los injertos de piel autólogos y los injertos de piel xenogénicos, así como los sustitutos de la piel, se han convertido en una parte integral del cuidado moderno de las quemaduras.⁽¹⁰⁾

La piel de pescado es un tejido versátil que realiza diversas funciones esenciales como la función sensorial, protección química y física y metabolismo hormonal. Además, sirve como una importante primera línea de defensa contra las enfermedades, ya que los peces están continuamente expuestos a una variedad de microbios en el medio acuático. Por tanto, este tejido tiene similitudes estructurales con el tejido de los mamíferos. La epidermis de los peces, similar a la epidermis de los vertebrados terrestres como los ratones

o los humanos, tiene un tejido multicapa que es separado de la dermis por una membrana basal distinta.⁽¹¹⁾

Conociendo que el autoinjerto de piel continúa siendo el Gold Standar en el tratamiento de las quemaduras de espesor parcial y de espesor total, pero inherentemente limitado por la morbilidad del sitio donante, es que nos propusimos como objetivo de esta revisión conocer todas las potencialidades para la utilización de la tilapia del Nilo en la cicatrización de heridas por quemaduras.

MATERIAL Y MÉTODOS

Esta revisión Sistemática elaborada siguiendo las recomendaciones metodológicas de la declaración *Preferred Reportin Intens Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA), permitió realizar una búsqueda organizada y sistematizada en diferentes bases de datos: Pubmed central, Google académico, Dialnet y Scielo (figura 1), utilizando las palabras claves: lesiones por quemaduras, piel de tilapia, cicatrización de heridas, xenoinjerto, injerto de piel y quemaduras; y sus respectivas equivalencias en inglés, obteniéndose un total de 506 artículos. La metodología PICO (por sus siglas *Population, Intervention, Comparison, Outcome*) nos permitió establecer la pregunta de investigación ¿la aplicación de la piel de tilapia en el tratamiento de las quemaduras constituye una herramienta alternativa eficaz en el arsenal para tratar estas lesiones?; se analizaron y sintetizaron los datos obtenidos respondiendo a los siguientes criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de inclusión

- Artículos publicados entre los años 2022 y 2026.
- Artículos publicados en idioma inglés, español y portugués.
- Artículos de libre acceso

Criterios de exclusión

- Estudios realizados en animales

RESULTADOS

Como se evidencia en la figura 1, se identificaron 506 artículos, se eliminaron 289 artículos publicados con más de 5 años, resultando en 217 artículos para el cribado, de los cuales se eliminaron 186, de ellos 63 por duplicidad, 72 por título y resumen y 51 por no responder al objetivo de esta revisión, finalmente quedaron 14 estudios para ser elegibles, de los cuales 8, representados en la tabla 1; que responden a la pregunta de investigación y al objetivo propuesto para esta revisión.

Ivana J, et al⁽¹²⁾ en la revisión sistemática se plantearon como objetivo evaluar la eficacia del injerto de piel de pescado en la curación de herida, concluyendo que el injerto de piel de pescado es una gran alternativa a ser considerada en el tratamiento de heridas.

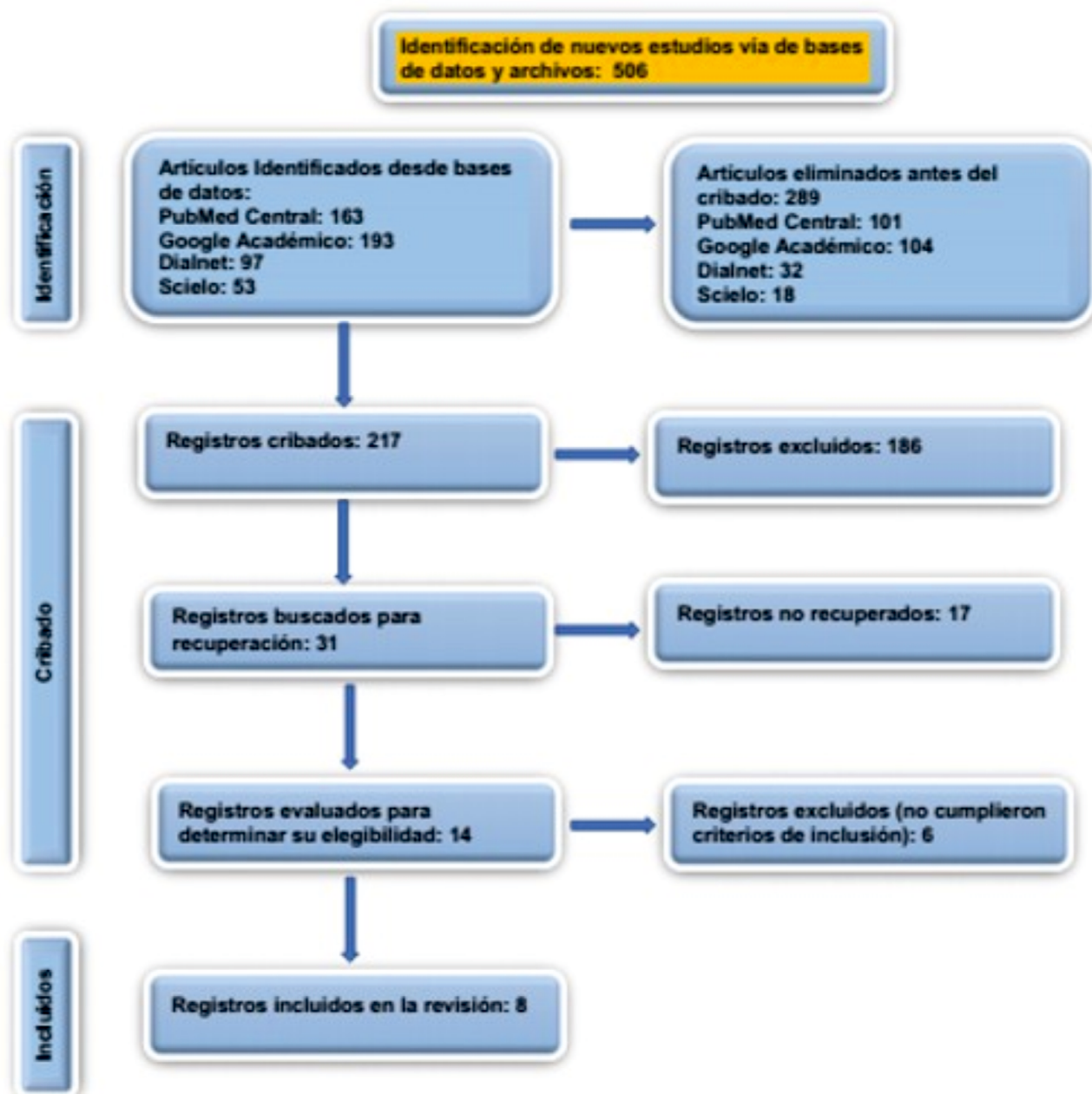


Figura 1. Flujograma PRISMA que muestra los estudios encontrados y evaluados y los estudios que quedaron incluidos en la revisión.

Lima Júnior EM, et al.⁽¹³⁾ en su artículo especial describen la trayectoria de apósitos biológicos a partir de piel de tilapia en glicerol y liofilizado. La aplican con éxito en más de 550 pacientes. También muestran resultados de su uso en vaginoplastias, en la preparación de heridas para autoinjerto.

En la revisión sistemática de Pugliese Cavalcante F, et al.⁽⁶⁾ cuyo objetivo fue comprobar la eficacia de los xenoinjerto de piel de la Tilapia del Nilo, luego de analizar los 10 estudios incluidos en su investigación concluyeron que la piel tilapia aporta numerosas ventajas en el tratamiento de las quemaduras.

De Oliveira Silva I, et al.⁽¹⁴⁾ en su estudio (revisión Narrativa) examinan las propiedades de pez de Tilapia del Nilo, así como su constitución histológica, proceso de descontaminación y esterilización, reepitelización, intercambio de apósitos y dolor del paciente con quemaduras.

Navas Ortega MA, et al.⁽¹⁵⁾ en la revisión bibliográfica representa la efectividad de uso de piel de tilapia como alternativa en el tratamiento de quemaduras profundas, debido a su alto contenido de colágeno.

Segantini Lopes de Souza I, et al.⁽¹⁶⁾ En una revisión sistemática sin metaanálisis evalúa la efectividad y posibles ventajas de la piel de tilapia como xenoinjerto en humanos víctimas de quemaduras.

Staubach R, et al.⁽¹⁷⁾ en su estudio original muestra una serie de casos de 20 niños quienes fueron tratados con xenoinjerto de piel de tilapia en quemaduras dérmicas profundas, con evaluación de los resultados durante 2 años.

El artículo de la autoría de Inuca de la Cruz DP, et al.⁽¹⁸⁾ es una revisión, de artículos publicados en los últimos 5 años, que analiza la eficacia y seguridad del uso de la piel

Tabla 1. Resumen de los trabajos incluidos en la presente revisión.

Autor/es	Año de publicación	Título del artículo	Nombre de la revista
Ivana J, et al. ⁽¹²⁾	2025	Evaluation of the Efficacy of Fish Skin Grafts as Wound Dressings: A Systematic Review.	<i>Eur. Burn J</i>
Lima Júnior EM, et al. ⁽¹³⁾	2023	Cronología de la piel de tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) en la medicina regenerativa moderna: Del banco al paciente	<i>Rev Bras Queimaduras</i>
Pugliese Cavalcante F, et al. ⁽⁶⁾	2024	Xenoenxerto de pele de tilápia do Nilo no processo de cicatrização de queimaduras: uma revisão sistemática	<i>Brazilian Journal of Health Review</i>
De Oliveira Silva I, et al. ⁽¹⁴⁾	2024	Queimaduras: tratamento com o uso de pele de tilápia do Nilo.	<i>Cuadernos de Educación y Desarrollo</i>
Navas Ortega MA, et al. ⁽¹⁵⁾	2022	Manejo de quemaduras profundas con apósitos oclusivos elaborados a base de piel de Tilapia.	<i>Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores</i>
Segantini Lopes de Souza I, et al. ⁽¹⁶⁾	2024	Pele de Tilápia-do-Nilo como xenoenxerto em pacientes vítimas de queimaduras: uma revisão sistemática sem metanálise.	<i>Brazilian Journal of Health Review</i>
Staubach R, et al. ⁽¹⁷⁾	2024	The Use of Fish Skin Grafts in Children as a New Treatment of Deep Dermal Burns—Case Series with Follow-Up after 2 Years and Measurement of Elasticity as an Objective Scar Evaluation.	<i>J. Clin. Med.</i>
Inuca de la Cruz DP, et al. ⁽¹⁸⁾	2024	Xenoinjerto de piel de tilapia como una alternativa terapéutica para el tratamiento de quemaduras.	<i>Revista Sociedad & Tecnología</i>

de tilapia como xenoinjerto temporal en quemaduras de segundo grado.

DISCUSIÓN

Se debe considerar un xenoinjerto ideal en función de la resistencia, flexibilidad, adhesión a la herida, resultado estético y cicatrización óptima de la herida. También se debe tener en cuenta la seguridad del injerto, como el riesgo de transmisión de enfermedades y reacciones de rechazo.⁽¹²⁾

Según Ivana J, et al.⁽¹²⁾ los injertos de piel de pescado (FSG) no necesitan pasar por un largo proceso de conservación, ya que se considera que presentan un menor riesgo de transmisión de enfermedades en comparación con los injertos de mamíferos. El contenido de colágeno FSG poseía buena compatibilidad sanguínea y tenía una mayor viabilidad celular que los biomateriales derivados naturalmente. El proceso de conservación de los FSG permite almacenarlos hasta por 3 años a temperatura ambiente.

El diámetro promedio de los poros en el injerto de piel de pescado es de 16,1 µm. Esto permite que pasen más fibroblastos y queratinocitos, lo que resulta en una curación más rápida de las heridas. Las pieles de pescado son ricas en colágeno, también contienen diferentes ácidos grasos.⁽¹²⁾

Desde 2015, la piel de tilapia ha sido estudiada como un biomaterial alternativo, debido a su similitud histológica con la piel humana, alto contenido de colágeno y alta resistencia mecánica.⁽¹³⁾

El apósito biológico de piel de tilapia en glicerol fue desarrollado y utilizado por primera vez en el tratamiento de

quemaduras, que generalmente resultan de accidentes domésticos y laborales, que son más comunes entre los más pobres, en edad de trabajar, y pueden generar consecuencias debilitantes. El nuevo apósito reduce los costes del tratamiento ambulatorio en casi un 50 % y reduce el dolor del paciente, mejorando sustancialmente su recuperación y calidad de vida.

La dermis de la piel de tilapia contiene una proteína de colágeno tipo I, en mayor cantidad que la piel humana, responsable de potenciar el proceso de cicatrización del tejido. La piel de tilapia tiene buena adherencia al lecho de la herida, reduciendo la necesidad de cambios de apósito en comparación con el tratamiento convencional; y, en consecuencia, reducir el dolor durante estos procedimientos, reduciendo el uso de analgésicos y anestésicos. Además, la adherencia de la piel de tilapia al lecho cruento de la herida previene la contaminación del ambiente externo y reduce la pérdida de líquidos y proteínas, mejorando enormemente la supervivencia del paciente.⁽¹³⁾

Analizando todo el proceso de mejora de las quemaduras, la piel de tilapia del Nilo demostró ser muy eficaz como xenoinjerto, se observó una reducción en el tiempo de reepitelización, logra mejor apariencia de la cicatriz. El uso del xenoinjerto de piel de tilapia del Nilo proporcionó niveles más bajos de sensación de dolor, especialmente en víctimas de quemaduras de espesor parcial (segundo grado), superficiales y profundas. Se redujo la necesidad de cambiar los apósitos debido a su buena adherencia al lecho de la herida, evitando también la pérdida de líquidos y la contaminación microbiana. La tilapia es un recurso de amplia disponibilidad y costo asequible.⁽⁶⁾

Los materiales sintéticos o biosintéticos tienen un alto costo y no ejercen la acción deseada para quemaduras profundas, por lo que los materiales biológicos han sido una opción para el tratamiento local de quemaduras. Estos materiales biológicos son más económicos, ya que reducen la cantidad de anestesia y analgesia, el número de apósitos. La piel de tilapia, con un epitelio escamoso estratificado con colágeno en haces muy compactados en largos tramos, es notablemente similar a la piel humana a nivel microbiológico. Este hecho contribuye a una respuesta ampliada de los fibroblastos en la producción de colágeno y facilita la regeneración de tejidos mediante la migración celular. Tiene una buena cantidad de colágeno tipo I, buena humedad y resistencia a la tracción. Los estudios han demostrado que la piel de tilapia, cuando se usa en quemaduras, reduce la necesidad de cambiar los apósitos y, posteriormente, promueve la reducción del dolor después de este cambio.⁽¹⁴⁾

La tilapia, posee un microbiota no infeccioso, abundante en nuestra fauna. Su estructura morfológica es similar a la de la piel humana, y según estudios histológicos, posee cantidades considerables de colágeno tipo I, incluso superiores a las que se encuentran en la piel humana. El uso de apósitos oclusivos a base de piel de tilapia agrega menos costo al tratamiento de las quemaduras, reduce el tiempo de reepitelización, percepción del dolor en el sitio de la lesión y el número de apósitos utilizados entre curaciones. La morfología de la piel de la tilapia es similar a la humana pues muestra una dermis profunda con fibras de colágeno bien organizadas en disposición paralela/horizontal y transversal. La proteína que destaca en la piel de este pez y que la hace una alternativa para el tratamiento con vendajes oclusivos para quemaduras es el colágeno tipo I, su composición es incluso mayor que la de la piel humana.⁽¹⁵⁾

El apósito ideal para quemaduras es fácil de obtener, no tóxico, duradero, inmuno biológicamente compatible, fácil de almacenar y de precio razonable. Además, debe tener buena flexibilidad y adherencia al lecho receptor, fácil manipulación y capacidad para suprimir el dolor; pero principalmente debe prevenir las pérdidas de hidroelectrolitos y la contaminación bacteriana, y promover la epitelización.⁽¹⁶⁾

La piel de tilapia presenta características atractivas para su uso en sustitución del tratamiento estándar, como una estructura morfológica similar a la piel humana con una dermis profunda formada por fibras de colágeno gruesas y organizadas, además de una mayor composición de colágeno tipo I, presencia de microbiota normal y no infecciosa, alta resistencia a la tracción. La reducción del número de apósitos a cambiar, además del potencial beneficio para el bienestar del paciente durante su recuperación, reduce el número de materiales utilizados (lo que reduce los costos de tratamiento por paciente) y el tiempo empleado por los profesionales sanitarios en estos cambios. También se evidenció reducción de la analgesia oral, además de una reducción en la cantidad de anestésicos utilizados durante los procedimientos. Esto reduce el gasto en medicamentos y sus posibles efectos secundarios.⁽¹⁶⁾

La aplicación de injertos de piel de pescado representa una opción de tratamiento innovadora y sostenible en el cuidado de heridas pediátricas. Los estudios han demostrado que los ácidos grasos poliinsaturados omega 3 reducen las

reacciones inflamatorias y promueven las citocinas proinflamatorias, que favorecen y aceleran la cicatrización de heridas. Por lo tanto, los injertos de piel de pescado acelu-lar que contienen estos ácidos grasos omega 3 poliinsaturados pueden facilitar la transición de la fase inflamatoria a la fase de regeneración del proceso de curación de heridas. El uso del injerto de piel de pescado reduce el tiempo de operación, elimina la necesidad de sitios donantes para indicaciones de piel dividida y reduce drásticamente la duración de la hospitalización.⁽¹⁷⁾

La tilapia del Nilo, desde el punto de vista estructural es rica en colágeno I, una proteína clave en la cicatrización de heridas, debido a que el colágeno contribuye a la regeneración celular se presenta como una alternativa prometedora para su uso como vendaje oclusivo en pacientes con quemaduras con el fin de favorecer la proliferación celular y formación de nuevo tejido. La dermis es particularmente rica en fibras de colágeno y elastina, lo que le confiere resistencia y flexibilidad, características esenciales para su uso como vendaje oclusivo en quemaduras. Además, la piel de tilapia presenta una baja antigenicidad, lo que reduce el riesgo de rechazo cuando se utiliza en aplicaciones médicas. El xenoinjerto, no solo ofrece una adhesión prolongada a la herida, reduciendo la necesidad de recambios diarios, sino que también disminuye el riesgo de infecciones, lo que acelera la recuperación del paciente y reduce los costos hospitalarios.

El uso de piel de tilapia ha mostrado beneficios adicionales, como la reducción del dolor y la disminución en el número de cambios de apósito necesarios durante el tratamiento disminuyendo así el riesgo de infecciones. Esto no solo alivia el sufrimiento de los pacientes, quienes experimentan menos dolor y estrés durante los cambios de apósito, sino que también reduce la necesidad de analgésicos y anestésicos, como ketamina y fentanilo. Además, disminuye la carga de trabajo para el personal de salud y permite un uso más eficiente de los recursos hospitalarios.⁽¹⁸⁾

CONCLUSIONES

La piel de tilapia, de fácil obtención, conservación y bajo costo de aplicación como xenoinjerto, muestra en los artículos revisados y analizado potencial creciente como herramienta de tratamiento en la cicatrización de heridas por quemaduras. La piel de tilapia es rica en colágeno tipo I, muestra buena adherencia al lecho receptor, control de la infección, disminución del dolor y disminución del recambio de apósitos, garantizando una reducción del tiempo de epitelización y por tanto del tiempo de hospitalización. Finalmente, la piel de tilapia, aunque deben realizarse más investigaciones sobre su aplicación, es una herramienta de fuerza mayor en el tratamiento y cicatrización de las heridas por quemaduras.

Financiamiento: Los autores declaran no haber recibido financiamiento.

Conflicto de intereses: los autores declaran no tener conflicto de intereses.

- Dr. Nelson Eduardo Alfonso Martínez: Redacción, borrador original, Análisis formal, Investigación, Administración del proyecto, Recursos, Validación, Software.
- Dr. Juan Ramón Ramírez Martínez: Curación de datos, Investigación, Metodología, Validación, Administración del proyecto Redacción, revisión y edición.
- Dr. Yosvani Reynaldo Reyes Ochoa: Análisis formal, Investigación, Metodología, Administración del proyecto Investigación. Validación, Redacción, revisión y edición.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Yakupu A, Zhang J, Dong W, Song F, Dong J, Lu S. The epidemiological characteristic and trends of burns globally. BMC Public Health [Internet]. 2022 [citado el 15 de septiembre de 2024];22:1596. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9396832/>
2. Radzikowska-Büchner E, Łopuszyńska I, Flieger W, Tobiasz M, Maciejewski R, Flieger J. An Overview of Recent Developments in the Management of Burn Injuries. Int. J. Mol. Sci. [Internet]. 2023 [Citado el 10 de enero de 2026];24:16357. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10671630/pdf/ijms-24-16357.pdf>
3. Schlottmann F, Bucan V, Vogt PM, Krezdorn N. A Short History of Skin Grafting in Burns: From the Gold Standard of Autologous Skin Grafting to the Possibilities of Allogeneic Skin Grafting with Immunomodulatory Approaches. Medicina [Internet]. 2021 [Citado el 10 de enero de 2026];57(225):01-15. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7998351/pdf/medicina-57-00225.pdf>
4. Melati Putri N, Kreshanti P, Novianti Syarif A, Ayundya Duhita G, Johanna N, Wardhana A. Efficacy of tilapia skin xenograft compared to paraffin-impregnated gauze as a full-thickness burn dressing after excisional debridement: A case series. International Journal of Surgery Case Reports [Internet]. 2022 [Citado el 10 de enero de 2026];95:e107240. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9168165/pdf/main.pdf>
5. Argoti Tierres AP, Chicaiza Tayupanta JO. Cirugía tisular reconstructiva enfocada al uso de xenoinjertos y aloinjertos en pacientes con quemaduras. Journal Scientific MQR Investigar [Internet]. 2025 [Citado el 23 de septiembre de 2025]; 9(2):1-22. Disponible en: <http://mqrinvestigar.com/2025/index.php/mqr/article/view/496>
6. Pugliese Cavalcante F, Rodrigues Souza Andrade ME, Souza Silva Filho CA, Trindade de Castro N, Duarte Aragão FY, Ribeiro Lordelo Nogueira J. Xenoenxerto de pele de tilápia do Nilo no processo de cicatrização de queimaduras: uma revisão sistemática. Brazilian Journal of Health Review [Internet]. 2024 [Citado el 23 de septiembre de 2025];7(3):01-14. Disponible en: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/69759>
7. Arauz Madrigal EA, Blanco Guevara KJ, González Baez ME, Zamora Díaz WJ, Castro Rivas YM. Apósitos oclusivos elaborados a base de piel de tilapia para quemaduras profundas. Revista Universitaria Del Caribe [Internet]. 2022 [Citado el 10 de enero de 2026];28(1):74-83. Disponible en: <https://revistas.uraccan.edu.ni/index.php/Caribe/article/view/1124>
8. Huang J-Y, Wong T-Y, Tu T-Y, Tang M-J, Lin H-H, Hsueh Y-Y. Assessment of Tilapia Skin Collagen for Biomedical Research Applications in Comparison with Mammalian Collagen. Molecules [Internet]. 2024 [Citado el 10 de enero de 2026];29:402. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10819363>
9. Yang C, Fan H, Ge L, Ma Q, Jiang M, Wen H. Comparative analysis of quantitative phosphoproteomics between two tilapias (*Oreochromis niloticus* and *Oreochromis aureus*) under low-temperature stress. PeerJ [Internet]. 2023 [Citado el 10 de enero de 2026];11:e15599. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10340112/pdf/peerj-11-15599.pdf>
10. Purnomo AT, Syarif AN, Wardhana A, Siregar NC. Comparative study of striped catfish (*pangasius hypophthalmus*) skin, Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) skin, and porcine skin as a xenograft material for burn wound. Annals of Burns and Fire Disasters [Internet]. 2021 [Citado el 10 de enero de 2026];37(3):242-249. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11372273/pdf/abfd-2024-03-242.pdf>
11. Esmaeili A, Biazar E, Ebrahimi M, Heidari Keshel S, Kheilnezhad B, Saeedi Landi F. Acellular fish skin for wound healing. Int Wound J [Internet]. 2023 [Citado el 10 de enero de 2026];20:2924-2941. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10410342/pdf/IWJ-20-2924.pdf>
12. Ivana J, Sanjaya IGPH. Evaluation of the Efficacy of Fish Skin Grafts as Wound Dressings: A Systematic Review. Eur. Burn J [Internet]. 2025 [Citado el 10 de enero de 2026];6(50):01-09. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12452568/pdf/ebj-06-00050.pdf>
13. Lima Júnior EM, Martins da Silva S, Koscky Paier CR, Odorico de Moraes Filho M, Rocha Rodrigues FA, Roque Marinho Guedes A. Cronología de la piel de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en la medicina regenerativa moderna: Del banco al paciente. Rev Bras Queimaduras [Internet]. 2023 [Citado el 23 de septiembre de 2025];22(2):41-46. Disponible en: <http://rbqueimaduras.com.br/content/imagebank/pdf/v22n2.pdf#page=7>
14. De Oliveira Silva I, Vanzela dos Santos B, Canela Tregancini C, Cardanha de Lima R, Lambert Assis Sousa R, Fernandes Andrade L, et al. Queimaduras: tratamento com o uso de pele de tilápia do Nilo. Cuadernos de Educación y Desarrollo [Internet]. 2024 [Citado el 23 de septiembre de 2025];16(4):01-18. Disponible en: <https://ojs.cuadernoseducacion.com/ojs/index.php/ced/article/view/3964>
15. Navas Ortega MA, Pino Villamil VJ, Bello Alonzo NN, Castro Cantos JJ. Manejo de quemaduras profundas

- con apósitos oclusivos elaborados a base de piel de Tilapia. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores* [Internet]. 2022 [Citado el 10 de enero de 2026];10(60):01-15. Disponible en: <https://dilemascontemporaneoseduccionpoliticayvalores.com/index.php/dilemas/article/view/3433>
16. Segantini Lopes de Souza I, Silva Rezende I, Martinez Vilela I, Rabelo Bicalho GD. Pele de Tilápia-do-Nilo como xenoenxerto em pacientes vítimas de queimaduras: uma revisão sistemática sem metanálise. *Brazilian Journal of Health Review* [Internet]. 2024 [Citado el 10 de enero de 2026];7(5):01-14. Disponible en: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/74071>
17. Staubach R, Glosse H, Loff S. The Use of Fish Skin Grafts in Children as a New Treatment of Deep Dermal Burns—Case Series with Follow-Up after 2 Years and Measurement of Elasticity as an Objective Scar Evaluation. *J. Clin. Med.* [Internet]. 2024 [Citado el 23 de septiembre de 2025];13:2389. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2077-0383/13/8/2389>
18. Inuca de la Cruz DP, Guanuchi Quito FH. Xenoinjerto de piel de tilapia como una alternativa terapéutica para el tratamiento de quemaduras. *Revista Sociedad & Tecnología* [Internet]. 2024 [Citado el 23 de septiembre de 2025];7(S1):117-131. Disponible en: <https://institutojubones.edu.ec/ojs/index.php/sociedadtec/article/view/500>