

USO DE PIEL DE TILAPIA DEL NILO COMO APÓSITO BIOLÓGICO EN QUEMADURAS SUPERFICIALES: REVISIÓN NARRATIVA DE LA EVIDENCIA DISPONIBLE

AUTORES: REGINA GONZALEZ GOMEZ, MARIA DEL PILAR MARTINEZ OGANDO

ESCUELA DE MEDICINA, DIVISIÓN DE CIENCIAS DE LA SALUD.
UNIVERSIDAD ANÁHUAC QUERÉTARO.

RESUMEN

Las quemaduras superficiales representan un problema de salud pública debido a su elevada incidencia, el dolor asociado y los costos hospitalarios derivados de periodos prolongados de tratamiento. En los últimos años, la piel de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) ha surgido como una alternativa prometedora gracias a su alto contenido de colágeno tipo I y III, su baja inmunogenicidad y sus propiedades estructurales semejantes a la piel humana. El objetivo de esta revisión es sintetizar la evidencia disponible sobre su eficacia, biocompatibilidad y resultados clínicos. Para ello, se consultaron bases como PubMed, Scielo, Scopus y MDPI, incluyendo estudios preclínicos y clínicos publicados hasta 2025.

Palabras clave: Tilapia, Quemaduras, Xenoinjerto, Colágeno, Biomateriales, Regeneración tisular.

INTRODUCCION

1. Carga epidemiológica

Las quemaduras superficiales representan un desafío considerable para los sistemas de salud a nivel mundial, no solo por su alta incidencia sino también por su impacto clínico y económico. Se estiman alrededor de 180,000 muertes anuales por quemaduras y entre 8–15 millones de casos nuevos cada año, muchos de ellos con morbilidad importante y estancias hospitalarias prolongadas [1, 2, 3]. Estas lesiones pueden producir dolor intenso, limitaciones funcionales temporales y deterioro de la calidad de vida

Los xenoinjertos y sustitutos temporales de piel —incluida la piel de tilapia— se utilizan especialmente en quemaduras de segundo grado superficial para cubrir temporalmente la herida, favorecer la cicatrización y reducir el dolor [4, 5].

2. Limitaciones terapéuticas

Los tratamientos tradicionales, como gasas, sulfadiazina de plata o injertos humanos, presentan limitaciones considerables. Se estima que 61% de las muertes en pacientes quemados hospitalizados se relacionan con infección y hasta 27% pueden desarrollar infecciones asociadas a catéteres o manejo de la herida [6, 7].

Otros retos incluyen:

- Necesidad de cambios frecuentes de apósitos,
- Dolor durante las curaciones,
- Riesgo de infección,
- Limitada disponibilidad de injertos biológicos,
- Costos elevados.

Estas limitaciones han impulsado la búsqueda de materiales más eficientes, accesibles y seguros.

3. Justificación del uso de piel de tilapia

La piel de tilapia del Nilo ha demostrado propiedades especialmente útiles para el tratamiento de quemaduras: alto contenido de colágeno tipo I y III, resistencia a la humedad, estructura similar a la piel humana y efectos antiinflamatorios y antibacterianos.

Su uso como xenoinjerto ha reducido dolor, promovido angiogénesis y disminuido la necesidad de curaciones frecuentes. Dada su buena biocompatibilidad y baja inmunogenicidad, se ha planteado como una alternativa viable y accesible en entornos con recursos limitados.

El objetivo de este estudio es sintetizar la evidencia sobre la eficacia, biocompatibilidad y resultados clínicos del uso de piel de tilapia del Nilo como apósito biológico en quemaduras superficiales [8].

Características biológicas de la piel de tilapia

La piel de tilapia del Nilo es rica en colágeno tipo I y III, con organización en múltiples capas semejante a la dermis humana. El estudio "Hydrogels Made with Tilapia Fish Skin..." (2025) mostró que la estructura de su matriz extracelular ofrece un andamiaje favorable para la regeneración tisular, con membrana basal funcional y disposición fibrilar adecuada [9].

Su matriz contiene:

- Colágeno,
- Glucosaminoglucanos (GAGs),
- Elastina,
- Fibronectina,
- Factores de crecimiento.

Estos elementos promueven migración y proliferación celular. La inmunogenicidad de su colágeno es baja debido a la ausencia del antígeno α -Gal, lo que reduce el riesgo de rechazo en humanos [10, 11,12].

Los componentes proteicos y peptídicos derivados de la piel pueden ejercer efectos antioxidantes, inmunomoduladores y antiinflamatorios [11].

Antes de la esterilización se han encontrado UFC compatibles con microbiota no patógena, asociada a un microambiente favorable para la cicatrización, apoyado por la presencia de ácidos grasos omega-3 antiinflamatorios [8].

Mecanismo de acción como apósito biológico

La piel de tilapia se adhiere de manera efectiva a la superficie de la herida y funciona como andamio biológico, permitiendo migración celular, proliferación y reepitelización. Su estructura mantiene un ambiente húmedo, disminuye la pérdida hídrica y reduce la exposición nerviosa, lo cual contribuye a una reducción significativa del dolor [13,14].

Estudios recientes demostraron que la piel de tilapia modula la actividad de MMP-2 y MMP-9, metaloproteinasas implicadas en remodelación y cicatrización, favoreciendo un equilibrio enzimático que acelera la reparación tisular [9].

A diferencia de la sulfadiazina de plata —que requiere cambios frecuentes, puede retrasar la cicatrización y es dolorosa al retirar—, la piel de tilapia:

- Necesita menos cambios,
- Actúa como barrera biológica real,
- Reduce dolor,
- Promueve mayor calidad en la reepitelización.

Evidencia preclínica

La piel de tilapia del Nilo ha demostrado una sólida evidencia preclínica como apósito biológico en distintos modelos animales.

En un estudio realizado en perros con pérdidas cutáneas extensas, la piel preparada con povidona yodada y aplicada mediante sutura mostró excelente adhesión al lecho de la herida, sin provocar reacciones inflamatorias. Se observó una reducción significativa del área lesionada entre el día 0 ($18.38 \pm 4.90 \text{ cm}^2$) y el día 14 ($12.80 \pm 4.27 \text{ cm}^2$), además de una cicatrización más eficiente que en el grupo sin sutura [4].

La biocompatibilidad también ha sido demostrada en ratas, donde la piel descellularizada presentó niveles bajos de DNA residual y preservó adecuadamente la matriz extracelular. Asimismo, no se identificaron alteraciones hematológicas ni hepáticas tras la implantación, lo cual respalda su perfil de seguridad [15].

De manera similar, en un modelo con burros tratados con piel fresca y liofilizada, se observó una epitelización más rápida en comparación con el grupo control tratado con solución salina. Estos resultados muestran su capacidad para promover la regeneración tisular y optimizar el cierre de la herida, fortaleciendo la evidencia de su efectividad y biocompatibilidad [16].

En conjunto, los estudios pre clínicos respaldan que la piel de tilapia del Nilo es un biomaterial seguro, funcional y capaz de acelerar la cicatrización, incluso en modelos animales con diferentes tipos de heridas y requerimientos biológicos.

Evidencia clínica en humanos

La evidencia clínica indica que la piel de tilapia es un apósito seguro y eficaz para quemaduras superficiales y de espesor parcial.

En reportes de caso y estudios controlados, pacientes con quemaduras de segundo grado superficial y profundo mostraron reepitelización completa entre los 12 y 17 días, sin complicaciones y sin necesidad de cambios continuos de apósito.

Los ensayos clínicos han demostrado:

Reducción del dolor

Menor uso de analgésicos

Menor frecuencia de curaciones

Reepitelización más rápida frente a la sulfadiazina de plata.

Además de su biocompatibilidad, se reporta que mejora la comodidad del paciente gracias a la adherencia estable y ausencia de dolor durante curaciones [14].

Comparación con tratamientos convencionales.

La comparación entre la piel de tilapia como apósito biológico y la sulfadiazina de plata al 1 % proviene principalmente de ensayos clínicos aleatorizados brasileños y de metaanálisis recientes.

En el ensayo fase III de Lima Júnior et al., la piel de tilapia mostró un tiempo de reepitelización ligeramente menor en quemaduras superficiales en comparación con la sulfadiazina de plata, confirmando así un efecto acelerado en el proceso de cicatrización [18].

De manera complementaria, el metaanálisis de Moraes et al., que incluyó cuatro ensayos clínicos aleatorizados, encontró que el uso de piel de tilapia se asoció con una reducción significativa del tiempo de reepitelización frente a los apósitos de plata.

También se observó una disminución del dolor, medida mediante escala análoga visual, y una reducción importante en el número de cambios de apósito [17].

En términos de costos, la piel de tilapia destaca como una alternativa especialmente atractiva. En el mismo ensayo fase III, se documentó una reducción del 42.1 % en los costos promedio del tratamiento por paciente en comparación con la sulfadiazina de plata, atribuida principalmente al menor número de curaciones y a un menor uso de analgésicos [13].

Finalmente, en cuanto a los resultados estéticos y funcionales, una revisión sistemática reciente sobre injertos de piel de pescado reportó que, además de acelerar la cicatrización y disminuir el dolor, la piel de tilapia ofreció cicatrices con buena elasticidad y adecuada remodelación, en algunos casos con resultados incluso superiores a los obtenidos con los apósitos tradicionales [18]. Estos hallazgos respaldan su utilidad como opción con beneficios tanto cosméticos como funcionales.

Aspectos éticos, regulatorios y logísticos

El uso de piel de tilapia ha sido aprobado en estudios brasileños bajo lineamientos éticos y la Declaración de Helsinki. Aunque no existen registros previos de piel de rana o porcina ante ANVISA, la piel de tilapia podría convertirse en el primer xenoinjerto acuático regulado para quemaduras.

En México su uso continúa siendo experimental, requiriendo aprobación de comités de ética, consentimiento informado y apego a normas de dispositivos biomédicos

El procesamiento del biomaterial debe incorporar técnicas de esterilización validadas que garanticen seguridad microbiológica sin comprometer la integridad del colágeno.

DISCUSION

La evidencia disponible demuestra que la piel de tilapia del Nilo es un apósito biológico eficaz y seguro para el tratamiento de quemaduras superficiales. Sus características estructurales —particularmente su alto contenido de colágeno tipo I y III y su similitud con la piel humana— favorecen de manera notable los procesos de regeneración tisular, lo cual se ha corroborado tanto en modelos animales como en estudios clínicos realizados en humanos.

Su baja inmunogenicidad y la excelente adherencia al lecho de la herida contribuyen a disminuir el dolor, reducir la pérdida hídrica y acelerar la fase de reepitelización. Estos atributos posicionan a la piel de tilapia como una alternativa terapéutica prometedora frente a tratamientos tradicionales como la sulfadiazina de plata, los cuales suelen requerir curaciones más frecuentes, ocasionan mayor dolor durante el manejo y pueden retrasar la cicatrización.

En entornos con infraestructura sanitaria limitada, la piel de tilapia adquiere relevancia particular debido a su amplia disponibilidad, bajo costo y a la reducción en el uso de analgésicos y número de curaciones, lo que impacta positivamente en los costos hospitalarios. Sin embargo, aunque los resultados actuales son favorables, persisten limitaciones importantes, como la escasez de estudios multicéntricos, la concentración de la evidencia principalmente en Brasil y la falta de protocolos estandarizados para su preparación, esterilización y conservación.

Estas variaciones metodológicas dificultan la comparación entre estudios y evidencian la necesidad de generar lineamientos internacionales que garanticen la calidad y seguridad del biomaterial.

En México, su utilización sigue siendo experimental debido a la ausencia de un registro formal ante COFEPRIS. Esto resalta la importancia de impulsar investigación clínica local que permita evaluar su eficacia bajo el marco regulatorio nacional. A pesar de ello, las perspectivas a futuro son alentadoras. Los avances en ingeniería tisular, el desarrollo de colágeno recombinante derivado de tilapia y el potencial uso del biomaterial en tecnologías de bioimpresión 3D podrían mejorar aún más su disponibilidad, seguridad y rendimiento, consolidándose como una herramienta innovadora dentro de la medicina regenerativa.

CONCLUSIONES

La piel de tilapia es un apósito biológico seguro, eficaz y clínicamente útil para el tratamiento de quemaduras superficiales. Sus propiedades estructurales y su alta biocompatibilidad favorecen la cicatrización, reducen el dolor y disminuyen la necesidad de curaciones, además de ofrecer resultados estéticos satisfactorios.

La evidencia demuestra que este biomaterial constituye una alternativa válida y competitiva frente a los tratamientos convencionales, con ventajas claras en accesibilidad, comodidad del paciente y reducción de costos, aspectos especialmente relevantes en sistemas de salud con recursos limitados.

Para su adopción internacional, se requieren protocolos estandarizados, estudios clínicos multicéntricos y marcos regulatorios consolidados.

En países como México es fundamental promover investigación local que evalúe seguridad, eficacia y adaptabilidad. Las perspectivas futuras incluyen la integración del biomaterial en tecnologías de bioingeniería avanzada y su potencial aplicación en medicina regenerativa.

REFERENCIAS

1. Batra S, Kumar A, Singh R. Global incidence and burden of burns: A systematic analysis of the 2019 Global Burden of Disease Study. *BMC Public Health*. 2022;22:1450. Disponible en: <https://bmcpublikealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12889-022-13887-2>
2. Forrester J, Stevens R, Smith K. Burn injuries: Incidence, morbidity, and management strategies. *Burns Trauma*. 2025;13:15-26. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2950575525000024>
3. World Health Organization. Burns. 2023. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/burns>
4. NCBI Bookshelf. Burn debridement, grafting, and reconstruction. 2024. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK551717/>
5. PMC. Temporary coverage of superficial partial-thickness burns using xenografts. 2021. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8146423/>
6. Animalu CN. Burn wound infections: Background, pathophysiology, and epidemiology. *Medscape*. 2022. Disponible en: <https://emedicine.medscape.com/article/213595-overview>
7. Hidalgo F, Mas D, et al. Infections in critically ill burn patients. *Med Intensiva*. 2016. Disponible en: <https://www.medintensiva.org/en-download-pdf-S2173572716300017>
8. Lima-Junior E, Odorico M, et al. Innovative treatment using tilapia skin as a xenograft for partial thickness burns after a gunpowder explosion. *Case Rep Dermatol*. 2019. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6565829/>
9. Baydogan B, Kucuk A. Hydrogels Made with Tilapia Fish Skin Increase Collagen Production and Have an Effect on MMP-2/MMP-9 Enzymes in Burn Treatment. *Biomedicines*. 2025;5(2):8. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2673-6411/5/2/8>
10. Esamelli A, Biazar E, et al. Acellular fish skin for wound healing. *Int Wound J*. 2023. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/iwj.14158>
11. Kangning L, Wang L, et al. Application of Tilapia Skin Acellular Dermal Matrix to Induce Acute Skin Wound Repair in Rats. *Front Bioeng Biotechnol*. 2021;9:792344. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbioe.2021.792344/full>

12. Zhang J, Elango J, et al. Characterization of Immunogenicity Associated with the Biocompatibility of Type I Collagen from Tilapia Fish Skin. *Polymers (Basel)*. 2022;14(11):2300. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4360/14/11/2300>
13. Lima-Junior E, Odorico M, et al. Nile Tilapia Fish Skin-Based Wound Dressing Improves Pain and Treatment-Related Costs of Superficial Partial-Thickness Burns: A Phase III Randomized Controlled Trial. *Burns*. 2021. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33890902/>
14. Khizmer A, Uzma F, et al. Clinical study on wound healing properties of Nile tilapia fish skin as biological dressing in dogs. *PLoS One*. 2025. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11870337/>
15. Borra S, D'souza V, et al. In vivo subcutaneous biocompatibility evaluation of decellularized tilapia fish skin in a rat model. *Sci Rep*. 2025. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-025-21808-7>
16. Ibrahim A, Hossam F, et al. New strategies for sterilization and preservation of fresh fish skin grafts. *Sci Rep*. 2024. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-024-51608-4>
17. Aquino F, Ferraz B, et al. Nile Tilapia Skin Xenograft Versus Silver-Based Dressings in the Management of Partial-Thickness Burn Wounds: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Med*. 2024;13(6):1642. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2077-0383/13/6/1642>
18. Ivana J, Putu G. Evaluation of the Efficacy of Fish Skin Grafts as Wound Dressings: A Systematic Review. *Biol Life Sci Forum*. 2025;6(3):50. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2673-1991/6/3/50>
- Bhattacharjee S, Mukherjee S, et al. Application of Tilapia fish skin in treatment of burn patients. *Burns*. 2024. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S187881812400238X>
19. Citam AA, Coba Canul P, Coba Canul V, Juárez Chi L, Reyna González P, Canul Medina G. Tratamiento de quemaduras: de los métodos tradicionales a las innovaciones. *Cir Gen*. 2024;46(4):231-238. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/COMPLETEOS/cirgen/2024/cg244.pdf>
20. Cochrane Library. Use of Nile Tilapia Fish Skin as a Xenograft for Burn Treatment: phase III Study. 2021. Disponible en: <https://www.cochranelibrary.com/.../CN-02053272>
21. Cortes-Amaya S, Carvajalino-Gutierrez Y. Xenoinjertos de piel de tilapia en quemaduras cutáneas. Una revisión exploratoria. *Cir Plást IberoLatinoam*. 2023. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0376-78922023000300014
22. Esamelli A, Biazar E, et al. Acellular fish skin for wound healing. *Int Wound J*. 2023. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/iwj.14158>