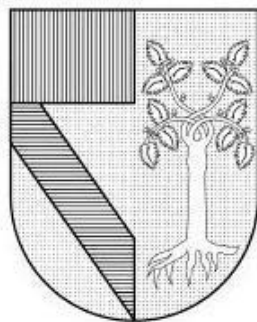


UNIVERSIDAD PANAMERICANA

**Facultad de Ciencias de la Salud
Escuela de Enfermería**



**“Eficacia del uso de la piel de tilapia para tratamiento en
pacientes quemados: Revisión estratégica de la literatura”**

TESINA

Q U E P R E S E N T A

**SEPULVEDA VARGAS JAZMIN
CARRILLO RODRIGUEZ JEYLA PATRICIA
VARGAS BRECEDA MELISSA MERCEDES**

P A R A O B T E N E R E L G R A D O D E :
MAESTRÍA EN TERAPIA DE HERIDAS, ESTOMAS Y QUEMADURAS

DIRECTOR:
Dra. Alma Lidia Almaray Soto

CO-DIRECTOR:
MTHEQ. Sonny Daniel Pérez Magdaleno

Tabla de contenido

1.RESUMEN	4
2.INTRODUCCIÓN	6
3.MARCO TEÓRICO	8
I. Generalidades de las quemaduras.....	8
II. Tratamientos convencionales para quemaduras.....	10
III. Uso de biomateriales y alternativas regenerativas	12
IV. Piel de tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) como xenoinjerto	17
V. Procesamiento y esterilización de la piel de tilapia	22
VI. Mecanismos de acción y beneficios terapéutico.....	28
VIII. Aplicaciones complementarias de la piel de tilapia.....	30
4. ANTECEDENTES	32
5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	35
6. JUSTIFICACIÓN	37
7. OBJETIVOS	38
Objetivo General:	38
Objetivo específico:	38
8. HIPÓTESIS	38
9. MATERIAL Y MÉTODOS	39
a. Diseño del estudio.....	39
b. Universo o población objetivo	39
c. Criterios de inclusión, exclusión, eliminación.....	39
d. Acrónimo PEO.....	39
e. Estrategia de Búsqueda.....	40
f. Descripción de variables	42
g. Descripción del estudio.....	45
h. Procedimientos de recolección de datos	46
i. Análisis estadístico	47

j. Aspectos éticos	47
k. Recursos	48
10. RESULTADOS	48
11. DISCUSIÓN	75
12. CONCLUSIONES.....	82
13. REFERENCIAS.....	84
14. ANEXOS.....	91

1.RESUMEN

Introducción: Las quemaduras figuran como un problema en el sistema de salud mundial con alteraciones emocionales y somáticas. La epitelización en quemaduras requiere un manejo multidisciplinario para prevenir infecciones y promover la curación integral en donde se logre la disminución de dolor y una recuperación eficaz. La presente revisión estratégica analiza los datos científicos disponibles sobre la efectividad, seguridad y beneficios terapéuticos de la piel de tilapia en el proceso curativo de pacientes con quemaduras, con el propósito de fortalecer las evidencias científicas ya conocidas para incorporar alternativas sustentables en el manejo avanzado de heridas.

Objetivo: Evaluar la eficacia de la piel de tilapia como tratamiento biológico en pacientes con quemaduras de segundo grado.

Metodología: Este estudio es una revisión estratégica de la literatura relacionada con el uso de piel de tilapia en pacientes con quemaduras. Se realizó la pregunta con el uso de Población, Exposición y Resultado (PEO), de la cual salieron los términos de búsqueda principales, además se utilizaron booleanos y filtros específicos y se utilizaron 5 bibliotecas electrónicas (PubMed, Cochrane, Google Académico, BVS y Lilacs) uso de booleanos (*and, or, not*) y filtros de búsqueda no mayor a 10 años y se realizó un esquema PRISMA.

Resultados: Se analizaron en la investigación un total de 4,050 de los cuales posterior a aplicar los filtros iniciales de búsqueda por título y resumen se excluyeron 3,592 artículos, de los restantes se evaluó su elegibilidad si contaban con los criterios de inclusión así como descartando los artículos duplicados, para finalizar con un total de 15 artículos relacionados con el tema investigado, de los cuales se seleccionaron ensayos clínicos aleatorizados, revisiones bibliográficas y revisiones sistemáticas con metaanálisis y casos clínicos. En la revisión realizada se reportó que sólo 5 de los 15 artículos evaluados midieron el riesgo de infección, en donde ninguno presentó infecciones por el uso del tratamiento.

En cuanto al tiempo de cicatrización fueron 14 artículos los que evaluaron el tiempo de cicatrización en días, dando como resultado un menor tiempo de cicatrización con un promedio menor a 17 días en comparación con los tratamientos estandarizados (sulfadiazina de plata, hidrofibra de plata y gasa parafinada). Un estudio realizado en Brasil, en el 2021, evaluó la calidad de la cicatrización con el uso del xenoinjerto piel de tilapia en comparación con el apósito de nanocelulosa, donde se demostró una mejor calidad de la cicatrización a los 90 días con el uso del apósito de nanocelulosa. Solo 12 artículos registraron la medición del dolor mediante las escalas de EVA y escala de ansiedad por dolor especificada para quemaduras, demostrando valores estadísticamente significativos en la disminución del dolor, con un resultado de $P < 0.01$

Conclusiones: La piel de tilapia se perfila como una innovación biotecnológica con alto potencial clínico, capaz de contribuir de manera significativa al manejo integral de las quemaduras, combinando efectividad terapéutica (disminución de curaciones, disminución del dolor, disminución de la necesidad del uso de analgésicos, disminución de los días de cicatrización, disminución de los días de hospitalización, biocompatibilidad, sostenibilidad económica y un enfoque ético de aprovechamiento de recursos naturales.

Palabras claves: Piel de tilapia del Nilo, cicatrización de heridas, quemaduras, xenoinjerto de piel de pescado.

2.INTRODUCCIÓN

Las quemaduras representan un problema en el sistema de salud mundial por su alta frecuencia, complejidad en su abordaje y las alteraciones emocionales y somáticas que ocasionan. En México, constituyen uno de los motivos más frecuentes de hospitalización por traumatismos accidentales, con altos costos de atención y recuperación prolongada.

El manejo del paciente quemado implica un abordaje multidisciplinario, donde la elección del apósito o cobertura cutánea es determinante para el pronóstico clínico y la calidad de la cicatrización. Entre las terapias más usadas, como lo son apósitos con sulfadiazina de plata, gasa parafinada o los injertos autólogos, han mostrado eficacia, pero presentan limitaciones como el dolor, el riesgo de infección, la necesidad de recambios frecuentes y los altos costos asociados. Ante ello, ha surgido la búsqueda de alternativas biológicas que optimicen el proceso de cicatrización y sean accesibles para sistemas de salud con recursos limitados.

Desde esta perspectiva, la piel de tilapia (*Oreochromis niloticus*) ha emergido como una opción novedosa y sustentable dentro de la medicina regenerativa. Este xenoinjerto de origen marino presenta una estructura de colágeno tipo I y III con características similares a la piel humana, además de contener péptidos bioactivos, glicosaminoglicanos y ácidos grasos omega-3 con propiedades antiinflamatorias, antimicrobianas y cicatrizantes. Su biocompatibilidad, resistencia mecánica y bajo costo la transforma en una opción terapéutica prometedora, especialmente en países con recursos limitados.

Este estudio tiene el objetivo de evaluar la evidencia científica existente sobre la efectividad, garantía y beneficios terapéuticos de la piel de tilapia en la terapia de pacientes con quemaduras, analizando sus mecanismos de acción, procesos de esterilización, aplicaciones clínicas y resultados comparativos a diferencia de las terapéuticas conocidas. De esta manera, se busca contribuir al conocimiento y actualización de información en el área de manejo avanzado en heridas, promoviendo

el uso de alternativas innovadoras, seguras y accesibles que fortalezcan la práctica clínica basada en la evidencia.

3.MARCO TEÓRICO

I. Generalidades de las quemaduras.

Una quemadura se establece como una lesión en una o más regiones del sistema tegumentario ocasionada al exponerse a diversos elementos físicos, sustancias químicas como Álcalis y ácidos, o fuentes eléctricas, como llamas, quemaduras por destellos, objetos calientes, grasa, escaldadura(1). La Sociedad Internacional de Lesiones por Quemaduras (*ISBI-International Society for Burn Injuries*) define una quemadura como una lesión en la piel u otro tejido orgánico causada por un traumatismo térmico. (2)

Anatomofisiología de la piel:

La piel es el miembro más extenso de un organismo humano, en un adulto la superficie total promedio se encuentra entre 1.6 a 1.9 m, con un peso de hasta 14kg, su grosor se encuentra entre 0.5 a 4 mm o más, depende de la localización, las modificaciones en su espesor generan al mantenerse a una misma temperatura puedan crearse quemaduras de diversas profundidades. Histológicamente la piel se conforma por tres estructuras, la primera más externa conocida como epidermis conformada por un epitelio de tipo plano estratificado queratinizado así como de melanocitos, posteriormente encontramos la dermis, constituida por dos estructuras, dermis papilar superficial y dermis reticular profunda que se conforma de fibras de colágeno, fibroblastos, venas y arterias, glándulas sudoríparas y sebáceas así como folículos pilosos, la unión entre estas dos capas se denomina como membrana basal, la tercera capa y más profunda es la hipodermis, compuesta por tejido adiposo, cuya tarea principal es dar soporte. La piel es un órgano fundamental para la vida, tiene diferentes funciones: como termorregulador, evita la deshidratación, sensitiva con estímulos propioceptivos, barrera mecánica que impide la entrada de microorganismos patógenos, acciones inmunológicas, entre otras. Y es justo por todo esto que la quemadura puede comprometer la vida del paciente. (3)

La piel puede tolerar una temperatura máxima de 40°C, por un periodo corto de tiempo, sin embargo, entre más aumenta la temperatura se genera más injuria y por lo tanto más lesión a la piel, temperaturas superiores a 70° centígrados produce una

destrucción automática por destrucción de la epidermis. Las lesiones por quemaduras rompen la homeostasis del cuerpo y destruye las membranas celulares produciendo una inflamación local y sistémica, entre más amplia sea la lesión, puede afectar la función de los órganos continuos. (2)

Fisiopatología del daño por quemaduras:

Fisiopatológicamente existen varias respuestas metabólicas, endocrinas, inmunológicas y bioquímicas, ante la exposición a altas temperaturas, inicialmente hay una respuesta sistémica donde se genera una vasodilatación de los plexos capilares, lo que da como resultado la salida de plasma al intersticio y produce edema y por ende hipovolemia, la hipovolemia es sinónimo de un menor aporte sanguíneo lo cual afecta funciones orgánicas, como la disminución del gasto cardiaco. Hemodinámicamente habrá hemoconcentración por la pérdida del plasma, la respuesta leucocitaria se mantiene normal, sin embargo, los niveles de electrolitos pueden disminuir, especialmente el sodio y el potasio, lo que condiciona un riesgo alto a la deshidratación. Bioquímicamente la lesión que produce una quemadura genera la liberación de muchos mediadores bioquímicos como la prostaglandina TxA₂ (tromboxano A₂) siendo un constrictor de los vasos sanguíneos que provoca la disminución de la circulación sanguínea y mejora la agregación plaquetaria. Las prostaglandinas E₂, tienen un efecto vasodilatador, prostaglandinas I₂ que son antiagregantes plaquetarias, histamina y bradiquinina que aumenta el paso de fluidos a través de capilares, serotonina y factores de complemento C₃ y C₅ que propician a más liberación de histamina lo cual da como resultado más vasodilatación, y liberación de radicales libres de O₂ que exacerbaban el proceso inflamatorio, factor de necrosis tumoral TNF, IL1, e IL6 más catecolaminas que en conjunto promueven el estado hipermetabólico que se propicia en las quemaduras. (4)

Clasificación de las quemaduras según Benaim: Para clasificar una quemadura es importante evaluar primero el agente y la temperatura al que fue expuesto, la duración de la exposición y el sitio de la quemadura, estos factores nos proporcionan los datos para clasificar en superficiales, intermedias o profundas.(5)

- **Quemaduras superficiales o de tipo A: Eritematosa**, se caracteriza por una afectación leve de la piel, clínicamente son muy dolorosas, encontramos eritema, derivado de la vasodilatación del plexo superficial, pero no producen una lesión real en el tejido. **Superficial flictenular**: Aquí la intensidad y el tiempo de contacto con el agente fueron mayores, por lo que genera una afectación en el paso de fluidos por capilares, extravasado y generando edema y levantamiento de la epidermis. Ambas son lesiones superficiales que curan alrededor de 8 a 10 días, sin más complicaciones.(5)
- **Quemaduras intermedias o de tipo AB**: histológicamente encontraremos una afectación más profunda en la epidermis y dermis, la epidermis totalmente destruida y la dermis afectada solo en la capa superficial conservando los folículos pilosos y glándulas. Clínicamente encontramos una zona menos dolorosa provocada por la afectación parcial de las terminales nerviosas, con un color rosado blanquecino, que con el paso de los días se convierte en una escara, que se desprende en un alrededor de 21 días, si se maneja de forma adecuada, previniendo infección local, este grado de quemadura puede sanar en un plazo de 30 días. (5)
- **Quemaduras profundas o de tipo B**: En estas quemaduras histológicamente se distingue por la presencia de una lesión total de las 3 capas de la piel, epidermis, dermis e hipodermis, lo que genera trombosis vascular y lesión completa de las terminaciones nerviosas, clínicamente son lesiones color marrón o negro, que carecen totalmente de dolor, analgesia, este dato clínico es clave para clasificar la quemadura en tipo B. (5)

II. Tratamientos convencionales para quemaduras

Principios del manejo del paciente quemado:

El primer paso con el que se debe iniciar el manejo de un quemado es determinar la gravedad de la lesión. Se considera un gran quemado aquellos pacientes con quemaduras graves o condiciones graves que requerirán una atención especializada, como los son quemaduras de espesor completo, quemaduras de espesor intermedio mayores al 20% de SCQ en adultos o 10% en los extremos de la vida, lesión por inhalación, quemaduras eléctricas (incluidas las lesiones por rayo), quemaduras

químicas (> 5% de SCQ) o pacientes que padezcan una afección médica grave como cardíaca, inmunosupresión, lesiones traumáticas, etc. (6)

La quemadura genera una variedad de respuestas fisiopatológicas simultáneamente, como el hipermetabolismo o el estado de choque por la fuga de líquido al intersticio y el edema, por lo que realizar una reposición hídrica oportuna en las primeras 24 horas es parte esencial del manejo inicial, ayuda a disminuir la isquemia y la respuesta inflamatoria, y procurar el aporte sanguíneo hacia los órganos y tejidos, la cantidad de líquido está determinado por el porcentaje de la quemadura y el tamaño del paciente quemado e idealmente se deben utilizar soluciones cristaloides, como ringer lactato.(4) En el 2008 la American Burn Association estableció dos fórmulas para la restitución de líquidos, Parkland (4 ml/kg/%SCQ) y Brooke modificada (2 ml/kg/%SCQ), la mitad del volumen total debe administrarse en las primeras 8 horas posterior al accidente y la otra mitad en las siguientes 16 horas, el manejo es integral y es importante que se otorgue por médicos especialistas en el manejo de quemados. (7)

Tipos de apósitos y coberturas tradicionales:

Anteriormente los apósitos convencionales que se utilizaban para proporcionar una terapéutica adecuada en las quemaduras de espesor parcial, desde 1968, eran gasa impregnada en parafina y una capa de algodón, otro de los apósitos utilizados era crema de sulfadiazina argéntica, pues se consideraba que ayudaba a disminuir la posibilidad de contraer infecciones, sin embargo con el paso de los años se observó que estos apósitos convencionales se unen a la superficie de la quemadura, lo que requiere más recambios y traumatiza la epitelización lograda, retrasando así el proceso de cicatrización, además se observó que la sulfadiazina argéntica tiene una afectación tóxica sobre los queratinocitos. (8)

Limitaciones de los tratamientos convencionales:

Los apósitos tradicionales aún se utilizan con frecuencia y existen grandes limitaciones con el uso de estos, ya que los avances en la comprensión del proceso de cicatrización han dado lugar a una enorme generación de nuevos apósitos para el tratamiento de quemaduras. (8)

III. Uso de biomateriales y alternativas regenerativas

Definición de biomateriales:

Nos referimos a biomateriales a cualquier material que no es un producto farmacéutico, son derivados de fuentes naturales como lo es el colágeno o la seda sin embargo ayuda a restaurar, reemplazar o reconstruir la función esencial de los tejidos dañado en el cuerpo humano. (9)

Para valorar que se tenga una funcionalidad estos deben realizar una actividad específica; lo que actualmente se quiere es que puedan ayudar a la integración en los tejidos huéspedes que se use. (9)

El uso de estos productos se tienen que supervisar al grado que cumplan con ciertas características que han apoyado a la mejora de lesiones como lo es tener alta resistencia, propiedades químicas que sean favorables, no genera reacciones adversas ni favorables en los tejidos que se encuentren cerca, que sean biocompatibles, que tengan una fuerza adecuada, que sean estables y seguros, y de lo más importante es que sean fáciles de fabricar y de bajo costo, así como un anclaje con las proteínas y moléculas bioactivas.(9)

Es necesario elegir un biomaterial que pueda interactuar con las células para que pueda apoyar en la recuperación o en la sustitución de un tejido afectado, así mismo debe tener propiedades que ayudan al soporte celular.(10)

Su introducción fue proporcionada aproximadamente hace 50 años para dar apoyo en la prevención del agravamiento de heridas, así como ayudar a la limitación de uso de fármacos que podrían llevar a diferentes secuelas en los pacientes. Actualmente pueden estar hechos de origen natural o de manera sintética los cuales son realizados por ingenieros, estos últimos están enfocados principalmente en hacer la función de implantes ya sea dentales, válvulas cardiacas o productos funcionales para la regeneración de tejido.(11)

En la creación de materiales para restauración de piel y en la terapia para quemaduras como tema de conveniencia se realiza la formación de geles que son útiles para la cicatrización con los componentes principales de polietilenglicol así como el alcohol polivinílico que son productos seguros y biocompatibles por lo cumplen con la premisa de ser un biomaterial; para que esos productos puedan ser útiles se agrega colágeno y elastina para ser un vehículo importante para la regeneración tisular, evitar el

agravamiento o estancamiento de las heridas, así como mejorar la estructura y la función.(12)

Lo que buscan estos productos es la recuperación de manera óptima y eficaz para tener una reducción en dolor, evitar las limitaciones que se tienen con los tratamientos convencionales; por lo que valoran diversos factores como lo son ser promotores de la curación de heridas, y da pie a las investigaciones de células madre y terapias avanzadas.(12)

Compite contra los injertos de piel autólogos ya que aunque en los casos que se usan esas técnicas de tratamiento pueden presentar limitaciones y más en los casos donde hay disponibilidad limitada o en los casos donde se han tratado con piel de cadáver puede existir una recolección inadecuada con contaminación de las muestras.(12)

Ventajas de los biomateriales:

Es importante que estos productos puedan ayudar a un correcto paso de oxígeno, así como de nutrientes, así como la proliferación celular. Lo que tiene un papel fundamental en el trabajo como un injerto ya que puede dar una imitación tisular y dar apoyo en la reparación del tejido dañado. Agregando que la biocompatibilidad da un apoyo en que se tenga una correcta adhesión, y un comportamiento celular adecuado para regenerar los tejidos afectados por las quemaduras.(10)

Se debe tener cuidado de usar los biomateriales si hay exposición a los rayos UV ya que puede generar un daño en el xenoinjerto colocado.(10)

Es utilizado el colágeno de las especies marítimas como un nuevo producto de xenoinjertos dan un gran apoyo ya que, por su composición de aminoácidos, así como sus características de colágenos similares al de los mamíferos son un buen producto para uso biomédico y es un producto perfecto para su uso en quemaduras por costo beneficio.(10)

Es importante destacar que pueden existir cambios en diversos tipos de peces que suelen habitar en agua fría ya que tiene menor contenido de hidroxiprolina que es un aminoácido que da soporte en la estabilidad y estructura de colágeno, y pueden presentar una estabilidad térmica baja en comparación con otras especies y esto influye porque pierden estructura al tener exposición a temperaturas elevadas.(10)

Entre las ventajas principales es que gracias a la compatibilidad no desencadenan respuestas inmunológicas sin reacciones adversas, entre los biomateriales más conocidos con el quitosano y alginato siendo de los candidatos más conocidos con gran biocompatibilidad y biodegradabilidad los cuales son de gran apoyo para la cicatrización.(9)

Historia y evolución de lo xenoinjertos:

Se definieron los conceptos de biomateriales a lo largo del tiempo siendo el Dr. Jonathan Cohen el cual utiliza el concepto de “cualquier material utilizado como un implante” en el año de 1967; cuyo concepto se ha ido modificando con el tiempo ya que deben ser materiales que puedan interactuar con los seres vivos además de ser sustancias que puedan ser activas o inactivas, siendo usados para procedimientos terapéuticos y sean compatibles con organismos vivos.(13)

Por referencias históricas se han utilizado desde los neandertales aproximadamente desde hace 40,000 años para ayudar a patologías diversas. Dando un cambio en el uso de estos materiales a mediados del siglo XIX, en donde se dieron una serie de cambios en cuanto al uso de prótesis, así como los implantes médicos para posteriormente esas bases fueran usadas con biomateriales y esta va creciendo ya que en las últimas décadas son usadas en implantes, prótesis, suturas quirúrgicas, así como nanopartículas como tratamientos alternos a los ya conocidos.(13)

En los últimos 60 años han dado avance para la función de las proteínas, estos participan en procesos biológicos el cual ayuda a crear un ambiente propicio para la vida así como la actividad de los queratinocitos y fibroblastos los cuales son fundamentales para la recuperación de las lesiones cutáneas ya que pueden controlar las actividades celulares como apoyar a la respuesta inmunológica creando anticuerpos y en el caso de tejido conectivo ayudar a proporcionar elasticidad, resistencia y mecánica.(13)

En el reino animal hay diversas fuentes de proteínas naturales las cuales se pueden usar para la obtención de biomateriales. Y aunque se han investigado desde hace más de medio siglo es en la década de 1950 donde se investigaron para la extracción de tendones de bovino, ovino, piel de cerdo, tejidos de pollo, medusa, calamares, así como las estrellas de mar, entre otros. De las proteínas más utilizadas por medio de

la naturaleza se usa colágeno, gelatina, queratina de seda, fibrina por su compatibilidad, degradabilidad y su capacidad de la activación de producción de tejido.(13)

Es importante reconocer que los mayores avances dados en quemaduras se dieron en los últimos 50 años debido a guerras, así como incendios forestales no controlados. En cuanto al tratamiento se vio una efectividad si se usaban antibióticos de manera sistémica y aplicando plata tópica lo cual disminuyó la mortalidad que estaba asociada a una sepsis.(14)

En los primeros registros sobre el tratamiento sobre quemaduras fue en el papiro egipcio de Smith así como el papiro de Ebers los cuales se remontan a los años 1500 y 1600 a.C., las cuales eran manejadas con resina y ungüento de miel entre otras sustancias para dar tratamiento. En los años 600 a.C. En China hacen el uso de extractos de hojas de té, así como el uso de tinturas. Conforme al paso de los años se fueron proporcionando diversos tratamientos como lo fue Hipócrates el cual en el 400 a.C. hizo la descripción del uso de apósitos los cuales eran impregnados con resina y grasa de cerdo, y los baños alternados con uso de vinagre. En el siglo I d.C. Celso utilizaba vino y mirra las cuales contenían propiedades bacteriostáticas. Se registra la primera descripción de los primeros auxilios en quemaduras entre los años 854 y 925 d.C. Muhammad Zakariya al Razi un médico árabe hace mención sobre utilizarse de agua helada para dar alivio de dolor en quemaduras.(14)

En el año de 1879 Meeh utilizó un método para la medición de la superficie corporal con un papel milimetrado el cual fue base para valorar el porcentaje de superficie corporal dependiendo de la zona corporal que fuera afectada lo que llevó en el año de 1944 con Lund y Browder a modificarla en 12 regiones y posteriormente crear la regla de los 9's.(14)

Para la clasificación de quemaduras por grado de profundidad es dada en el siglo XVIII entre los años 1724 y 1788 con Heister y Richter, posteriormente fue modificada la forma de clasificarla en el siglo XIX con Guillaume Dupuytren la cual se sigue usando a la fecha.(8)

El manejo de pacientes fue creciendo y principalmente en la Segunda Guerra Mundial teniendo una gran cantidad de víctimas usando el desbridamiento de las heridas con

ácido pirúvico y almidón lo cual ayudó a los inicios de uso de injertos hasta después de días de realizar el desbridamiento.(14)

En cuanto a las terapias tópicas usadas en el siglo XX daban apoyo para prevenir la diseminación de toxinas, por lo que en el año de 1915 el Dr. Henry Dakin creó una solución para sintetizar hipoclorito en una concentración de 0.5% la cual ayuda como método antiséptico la cual se modifica posteriormente al 0.025%.(14)

Uno de los principales avances sobre el tratamiento en quemaduras es el uso de sales de plata las cuales tuvieron una reducción en la tasa de sepsis y mortalidad por quemaduras. Charles Fox desarrolló la sulfadiazina argéntica en 1960 y es el pilar en la terapia antimicrobiana; y en el año de 1965 se dio a conocer el uso de nitrato de plata descrito por Moyer donde se obtuvo control de infecciones como por *Pseudomona aeruginosa*.(14)

El uso de aloinjertos se inició por el año de 1938, posteriormente teniendo un banco de tejidos en 1949 y en la década de 1970 se dio el uso de xenoinjertos, piel de cerdo, así como uso de piel de cadáver.(14)

En México se ha introducido la tilapia (*Oreochromis spp* y *Tilapia sp*) en 1964 los cuales venían de Estados Unidos las cuales se mantenían en Temascal, Oaxaca; actualmente se cultiva principalmente en Jalisco, Chiapas, Veracruz, Nayarit y Sinaloa; los ambientes más utilizados para mantener la piel de tilapia en ríos, embalses, arroyos y lagos.(15)

En los costos estimados de una tilapia es variable actualmente ya que acorde a diversas fuentes de centros de autoservicio con una variación por kg entre 88 MXN y 115 MXN datos recabados en 2024 por lo que su costo es el adecuado en comparación con el uso de membranas es menor. (16)

Su uso reportado de manera cronológica inicia en el año 2011 con el Doctor Marcelo Borges quien da los fundamentos para usar la Tilapia como tratamiento para quemaduras; en el año 2014 con los doctores Edmar Maciel y Odorico Morales deciden realizar una investigación por lo que en 2015 se inicia un estudio in vitro para valorar la microbiota, el estudio histológico con piel esterilizada creando una patente en Brasil. Por el resultado obtenido en el 2016 comienzan con los estudios en animales, investigando así mismo un estudio histológico del efecto en la cicatrización

por lo que hacen su registro de patente internacional y hacen el primer ensayo clínico Fase I.(17)

Posteriormente se realiza en 2017 un ensayo clínico fase II en adultos dando buenos resultado, así como la creación del primer banco de piel de animal; por lo que en 2018 por medio de un clínico de Fase II se propone el uso de piel de tilapia el niño, así como la realización de un ensayo clínico Fase III.(17)

Los estudios progresaron de manera adecuado de manera que se realizó en 2019 un ensayo clínico fase II con el uso de piel liofilizada y esto da pie a crear una matriz dérmica por la correcta respuesta a tratamiento lo que da pie a que en el 2020 se pueda crear un registro de piel de tilapia como bio curativo en la Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria para que en los años posteriores se pudiera considerar un tratamiento en pacientes quemados y esta piel sea la materia prima para la fabricación de dispositivos médicos y puedan ser utilizados en diversos tipos de cirugía reconstructiva.(17)

IV. Piel de tilapia (*Oreochromis niloticus*) como xenoinjerto

Características biológicas de la tilapia

La tilapia contiene una gran cantidad de colágeno tipo I lo cual da aporte para que pueda ayudar a la restauración de tejidos, y puede ser semejante a la de los mamíferos por la estructura proteica ya que contiene glicosaminoglicanos que son largas cadenas de carbohidratos esenciales para la formación de cartílago y piel, los proteoglicanos que proporcionan hidratación y elasticidad a la piel, las fibronectinas que se encuentran en el plasma sanguíneo como apoyo en la cicatrización de heridas, así como factores de crecimiento, también contiene ácidos grasos poliinsaturados Omega 3.(18)

Lo que son el ácido eicosapentaenoico y el ácido docosahexaenoico dan un apoyo antimicrobiano y modulan la respuesta inflamatoria para apoyar en la cicatrización de heridas; y por medio de estos ayudan a minimizar la producción de prostaglandinas y leucotrienos por medio del 6 ácido araquidónico. (18)

Por lo que decimos que en sus características biológicas se pueden dividir en 3 puntos importantes los cuales son:

- Soporte y proliferación celular: En este proceso la piel de tilapia ha llevado un proceso de descelularización por lo que la matriz extracelular se mantiene íntegra y da apoyo como un soporte biológico (esta contiene componentes que son esenciales para la piel donde se incluye el colágeno tipo I siendo el más abundante, así como colágeno tipo III junto con elastina, laminina y glicoproteínas).(19)
 - Entre las funciones ayuda a facilitar la adhesión, migración, así como la proliferación celular que son necesarias para la cicatrización y curación de la herida. (19)
 - En la función del colágeno tipo I ayuda a que se tenga una correcta proliferación de fibroblastos los cuales son cruciales para el crecimiento de nuevo tejido conectivo y colágeno en la fase de proliferación y remodelación.(19)
- Modulación de la Respuesta Inflamatoria: uno de las principales fuentes claves para el funcionamiento de la piel de tilapia es su contenido lipídico para el control de la fase inflamatoria para lo que son necesarios los ácidos grasos poliinsaturados n-3 de cadena larga como lo son el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA).(19)
 - EPA y DHA nos ayudarán a contrarrestar la respuesta inflamatoria, haciendo la función de inmunomodulador para evitar la proliferación de la citoquina Interleuquina 1 beta (IL-1 β) con apoyo de los macrófagos.(19)
- Estimulación de Factores de Crecimiento y Angiogénesis: Para poder activar estos componentes se requiere de los ácidos grasos Omega-3 para que puedan apoyar a la angiogénesis, así como la formación de tejido de granulación por medio de la expresión de una molécula de adhesión del endotelio y plaquetas 1 (PECAM 1 o CD31) con ayuda del Factor de Crecimiento Endotelial Vascular también conocido como VEGF.(19)
 - Con el apoyo del Factor de Crecimiento Transformante beta 1 podrá ayudar a la diferenciación de fibroblastos y miofibroblastos para la síntesis y depósito de nuevo colágeno.(19)

Composición de la piel de tilapia

La piel de este pescado tiene alta estabilidad, resistencia de tipo mecánico su peso representa entre el 7 y el 8% la cual se compone de una epidermis (exterior) y una dermis (interior) y cada una de ellas tiene función y estructura específica.(20)

La epidermis ayuda principalmente de manera estructural en donde se tienen las células de Malpighi, células caliciformes y diversos tipos de células que tienen diferencias en los tipos de peces, en el caso de esta especie es de tipo transparente; a diferencia de la dermis es separada por una membrana basal la cual lleva consigo vasculatura, nervios, escamas y cierto tipo de células que son conocidas como cromatóforos de los cuales se tienen dos tipos principales que son el xantóforo (con base de carotenoides y producen un pigmento de tipo naranja o amarillo) y melanóforo (que proviene de la melanina proporciona un color más oscuro o pardo).(20)

Otros componentes que se tiene en este tipo de pez son tejido adiposo que se divide en subcapas, siendo la primera la esponjosa que está formada por leucocitos, escamas y una red de colágeno y la otra subcapa es la gruesa que está formada por una matriz de colágeno; teniendo su última división con el músculo esquelético que es separado por medio de la hipodermis cuyo componente principal es tejido adiposo.(20)

Hay diversas especies de tilapia entre las más importantes es la especie Mozambique o Java (*Oreochromis mossambicus*), la tilapia azul (*Oreochromis aureus*), tilapia de Zanzíbar o Wami (*Oreochromis hornorum*), tilapia vientre rojo (*Oreochromis zilli*) y la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). (12)

En el caso de la tilapia su forma característica es un cuerpo comprimido y discoidal, con forma alargada, con labios gruesos; con aletas pares que son dorsales, caudal y anal. Las dorsales y anales son cortas, y las caudales son las que los ayudan para mantener el equilibrio durante sus movimientos.(12)

Debido a su morfología y actividad pueden tener una abundante cantidad de proteínas como el colágeno el cual tiene una gran estabilidad, resistencia mecánica, una absorción de agua adecuada, siendo un producto biodegradable, con riesgos mínimos en el sistema inmunológico del organismo receptor, así como la compatibilidad es superior, tiene una capacidad de combinarse con otros productos.(12)

Entre los péptidos que están presentes en la piel de tilapia son de utilidad ya que tiene propiedades anticancerígenas, antibacterianas, así como antitrombóticas,

antioxidantes así como inmunomoduladores realizando una función de barrera en los peces ya que sus componentes principales son lectinas las cuales se está investigando actualmente sobre su protección oncológica así como apoyo en la protección inmunitaria, lisinas las cuales son cruciales para la formación de colágeno y elastina, las isoenzimas que ayudan a un adecuado control de inflamación y remodelación de los tejidos, las mucinas que apoyan como barrera protectora y tiene propiedades antibacterianas, todas en conjunto ayudan además a la formación de geles.(21)

Por medio de sus características previamente mencionadas se puede promover una correcta proliferación y diferenciación de fibroblastos y queratinocitos que ayudan de manera importante la regeneración celular. Así mismo puede disminuir los tiempos de cicatrización, disminuyendo un riesgo de infecciones, así como una baja prevalencia en el rechazo del injerto colocado.(21)

Propiedades fisicoquímicas relevantes

En cuanto a las características fisicoquímicas que poseen principalmente son ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA) las cuales se encargan de un control de las reacciones inflamatorias promoviendo citocinas proinflamatorias que son conocidos como factores de crecimiento y de queratinocitos, péptidos antimicrobianos como la piscidina y defensina.(22)

Su estructura ayuda a permitir el crecimiento interno de nuevas células; tiene un componente esponjoso el cual ayuda para que se pueda adherir de manera adecuada y permite el paso de nutrientes y oxígeno por medio del uso de la piel como membrana, con baja respuesta inflamatoria en comparación con otros biomateriales usados.(22) Se tiene establecido que cuenta con una tensión máxima de tracción de 35.4 megapascales (MPa); al llevar un proceso de descelularización puede disminuir esta función hasta 24 MPa por lo que se debe tener en cuenta ya que si esta capacidad disminuye se tienen que usar otros productos para dar una mejora a las propiedades de la tilapia.(22)

También es importante valorar las temperaturas en las que se tienen a los peces ya que al ser bajas puede disminuir las concentraciones de glicina, prolina así como el de la hidroxiprolina y en este tipo de producto que es la tilapia tiene un contenido de

hidroxiprolina alto 9.1% por lo que es útil para ser útil como matriz extracelular; sin embargo en el proceso de esterilización por el uso de solución alcalina como es el Hidróxido de Sodio (NaOH) al 0.1% puede propiciar la eliminación de los glucosaminoglicanos los cuales son de apoyo para la correcta cicatrización.(22)

Sin embargo, este proceso no es posible evitarlo ya que nos ayuda a darle un diseño ideal a la materia prima y puede ayudar a mejorar sus características físicas, para tener un soporte en agua y en altas temperaturas. Por lo que se han procurado usar diversos tipos de reticulantes para poder mejorar las propiedades fisicomecánicas de la piel con el uso de carbodiimida el cual mejora la resistencia y la adherencia del producto, así como el quitosano oxidado el cual ayuda a prevenir infecciones y glutaraldehído para proporcionar resistencia, flexibilidad y haciendo el producto más manejable en el momento de la aplicación y en el caso de usar ácido cítrico puede ayudar a aumentar la resistencia mecánica mediante los enlaces covalentes.(22)

Esta es una especie de pescado que debe permanecer en agua cálida de aproximadamente 25 a 30°C y si no se mantiene en las temperaturas adecuadas puede tener gran influencia en sus propiedades fisicoquímicas y funcionales.(23)

El uso de la tilapia se considera por su alto contenido en colágeno tipo I y III que no es presente en la piel humana así como su cantidad de ácidos grasos omega 3 los cuales ayudan en el proceso de cicatrización y en comparación de los péptidos marinos de colágeno como los tienen la piel de tilapia son similares a los que se tienen en la matriz extracelular de los humanos ya que tienen ocho aminoácidos esenciales y nueve no esenciales para tener una buena compatibilidad al momento de utilizarse.(24)

Entre los colágenos que suelen presentar las especies de pescados se forman por medio de cadenas de polipéptidos que se forman por glicina y se adhieren dos aminoácidos (las más comunes son la prolina y la hidroxiprolina) entre los 1000 totales que existen sin embargo en los estudios referentes al tema se han asociado 27 variaciones de colágenos en donde el colágeno tipo I es el más abundante e importante para su uso en la industria biomédica y farmacéutica ya que presenta los tres factores importantes que son la biocompatibilidad, biodegradabilidad y una correcta recepción en el sistema inmune del receptor.(25)

Si hacemos una comparación con la cantidad de aminoácidos que se tiene entre la piel humana y la de tilapia nos ayuda a considerarla como una opción para la curación de quemaduras ya que posee la casi la misma cantidad de aminoácidos que un humano ya que la Alanina posee 11.9% contra 11 en piel humana, de Arginina 5% vs 5.8% en pescado, Asparagina 5% en humanos vs 4.2% en tilapia, Glutamina 7% en humanos vs 6.9% en tilapia, Glicina 33% en humanos vs 35.6% en tilapia, Histidina 1% en humanos vs 0.8% en tilapia, Isoleucina 2% en humanos vs 2% en tilapia, Leucina 2% en humanos vs 2% en tilapia, Lisina 0.6% en humanos vs 0.5% en tilapia, Metionina 1% en humanos vs 1.3% en tilapia, Fenilalanina 13% en humanos vs 12.8% en tilapia; por lo que se demuestra que su densidad es similar a la de la piel humana.(26)

V. Procesamiento y esterilización de la piel de tilapia

La piel de tilapia ha demostrado ser un apósito biológico estable y práctico para el tratamiento de heridas y quemaduras. Sin embargo, la técnica de esterilización adecuada es crucial antes de su aplicación clínica. La técnica estándar de esterilización debe eliminar los patógenos dañinos, pero conservar las propiedades estructurales y bioquímicas que podrían comprometer la función del apósito.(27)

Etapas del procesamiento

Procedimiento de extracción de la tilapia: La piel de tilapia, se somete a un riguroso proceso de limpieza y purificación antes de ser utilizada como vendaje oclusivo para quemaduras. Este proceso comienza con la cría de tilapia en estanques de red, alimentada con un balance nutricional específico hasta alcanzar un peso de entre 800 y 1000 gramos. Los peces son sacrificados mediante choque térmico, y su piel es retirada, lavada y sumergida en solución fisiológica estéril al 0.9% a una temperatura de 4°C. Posteriormente, se eliminan restos de músculo y la piel se corta en segmentos de 10 x 5 cm, para luego pasar por un proceso de esterilización en varias etapas. (27)

Métodos de esterilización

1. Poner la piel en un medio o recipiente estéril con gluconato de clorhexidina al 2% (solución con tensioactivos) durante 30 minutos. (28)

2. Se lava la piel con solución fisiológica estéril, se cambia de recipiente, y se repite el paso anterior durante 30 minutos. (28)
3. Se lava la piel con solución salina estéril, se cambia de contenedor con glicerol al 50% y se guardan en una caja isotérmica con hielo. (28)
4. El siguiente paso se realiza en un ambiente estéril, retirando las pieles de la solución de glicerol antes de las 24 horas, serán lavadas con solución salina estéril y se coloca en un contenedor estéril que contenga 75% de glicerol, 25% solución fisiológica y se procede a masajear la piel por 5 minutos, se cierra herméticamente el contenido que será sometido a baño maría (temperatura de 37°C) por 3 horas, mientras se agita a gran velocidad (15 revoluciones por minuto). (28)
5. Se retira la piel de tilapia y nuevamente se lava con solución salina estéril, posteriormente se colocan en otro contenedor estéril con solución de glicerol al 100% y se les masajea durante 5 minutos, se cierra de forma hermética el contenedor para realizar nuevamente el baño maría durante otras 3 horas (temperatura de 37°C y 15 revoluciones por minuto). (28)
6. Finalmente, las pieles son almacenadas en sobres plásticos estériles y sellado doble, siendo almacenados a baja temperatura (4°C). (28)
7. Para el uso de las pieles ya esterilizadas y preparadas se deben lavar en solución salina estéril 3 veces por 5 minutos en cada lavado y ya pueden ser cortadas en segmentos según el tamaño de la herida, aplicándolas como vendaje oclusivo.(28)

Efectos del procesamiento sobre el colágeno, el control microbiológico y biocompatibilidad

El colágeno ejerce un papel esencial en la formación de la matriz extracelular (ECM) en el desarrollo, migración de células y tejidos.(29)

Un estudio publicado por la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad de Assiut con el nombre de “Validación de tres métodos diferentes de esterilización de pieles de tilapia: impacto en la enumeración microbiológica y el contenido de colágeno”. Investigó y comparó la eficacia de tres agentes esterilizantes: **Gluconato de clorhexidina al 4% (CHG), Povidona yodada al 10% (PVPI) y Nanopartículas**

de plata (25 µg/mL) (AgNP), en tres tiempos diferentes (5, 10 y 15 min) sobre piel de tilapia, basándose en el recuento microbiano, las propiedades histológicas y del colágeno. La eficacia del gluconato de clorhexidina al 4%, la povidona yodada al 10% y las nanopartículas de plata (25 µg/mL) en el recuento microbiano de la piel del pescado en los tres diferentes puntos de contacto se resumió en la Tabla 1. (29)

Tabla 1: Eficacia del uso de gluconato de clorhexidina al 4%, la povidona yodada al 10% y nanopartículas de plata en recuento microbiano.

Treatment	Time (min)	Microbial counts of fish skin CFU / cm ² (Mean value± S.E)							
		Aerobic bacterial count		Staphylococcal count		Coliform count		Yeast and mold count	
			Reduction %		Reduction %		Reduction %		Reduction %
Control		5x10 ⁴ ±1,32		1,8 x 10 ⁴ ± 0,89		2,2x10 ⁴ ±1,79		1,2x10 ⁴ ±1,29	
Clorhexidina gluconato (cambio)	5	2,4x10 ⁴ ±0,92	52%	7x10 ³ ±1,86	61,11%	1x10 ⁴ ±0,45	54,54%	7x10 ³ ±0,11	41,66%
	10	6x10 ³ ±1,54	88%	1 x 10 ³ ± 1,02	94,44%	2x10 ³ ±2,32	90,90%	2x10 ³ ±1,92	83,33%
	15	0,1x10 ³ ±1,82	99,80%	0,0 ± 0,0	100%	0,1x10 ³ ±0,82	99,54%	0,0 ± 0,0	100%
Povidona yodada (PvP-I)	5	1x10 ⁴ ±0,92	80%	6x10 ³ ±1,87	66,66%	4x10 ³ ±1,02	81,81%	2x10 ³ ±1,02	83,33%
	10	1x10 ³ ±0,52	98%	1x10 ³ ±0,98	94,44%	0,0 ± 0,0	100%	0,0 ± 0,0	100%
	15	0,0 ± 0,0	100%	0,0 ± 0,0	100%	0,0 ± 0,0	100%	0,0 ± 0,0	100%
Plata nanopartículas (AgNP)	5	0,0 ± 0,0	100%	0,0 ± 0,0	100%	0,0 ± 0,0	100%	0,0 ± 0,0	100%
	10	0,0 ± 0,0	100%	0,0 ± 0,0	100%	0,0 ± 0,0	100%	0,0 ± 0,0	100%
	15	0,0 ± 0,0	100%	0,0 ± 0,0	100%	0,0 ± 0,0	100%	0,0 ± 0,0	100%

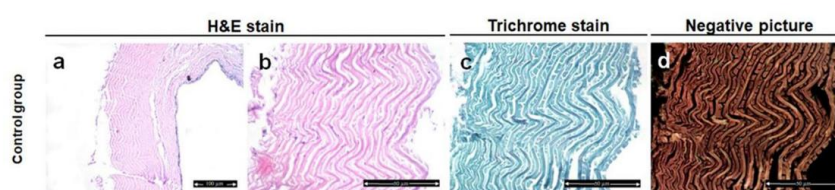
Fuente: Validación de tres métodos diferentes de esterilización del aderezo de piel de tilapia: impacto en la enumeración microbiológica y el contenido de colágeno. 2020. (29)

Las nanopartículas de plata (AgNP) lograron un porcentaje de reducción del 100% contra los recuentos de bacterias aeróbicas, estafilococos, coliformes y levaduras y mohos a lo largo de los puntos de tratamiento (5, 10, 15 min). Sin embargo, la povidona yodada logró una reducción del 100% contra los recuentos de coliformes y levaduras y mohos en el tiempo de contacto de 10 min, y contra los recuentos de bacterias aeróbicas y estafilococos en el tiempo de contacto de 15 min. El gluconato de clorhexidina logró una reducción del 100% contra estafilococos y Recuento de levaduras y mohos después del tiempo de tratamiento de 15 min.(29)

- Evaluación histológica de la piel de pescado tratada:

La observación histológica de las muestras de piel de pescado del grupo control mostró haces compactos de fibras de colágeno en la dermis, y ocasionalmente se observó un recubrimiento epitelial focal y melanóforos superficiales. Las fibras de colágeno estaban bien organizadas y distribuidas en un patrón paralelo, sin evidencia de desagregación (Fig. 3a y b).(29)

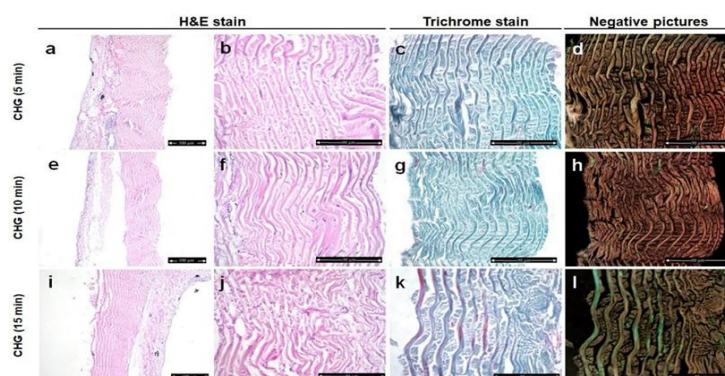
Figura 1: Evaluación histológica e histoquímica de la piel de tilapia en el grupo control (tratado con solución salina normal).



Fuente: Ibrahim A. Validación de tres métodos diferentes de esterilización del aderezo de piel de tilapia: impacto en la enumeración microbiológica y el contenido de colágeno. 2020,(29)

La piel de pescado tratada con CHG al 4 % durante 5 min mostró fibras de colágeno bien organizadas y paralelas (Fig. 4a y b), con cambios leves en las fibras de colágeno tras 10 min de tratamiento (Fig. 4e y f). Sin embargo, se observaron fibras de colágeno desorganizadas y desagregadas tras 15 min de tratamiento (Fig. 4i y j). (29)

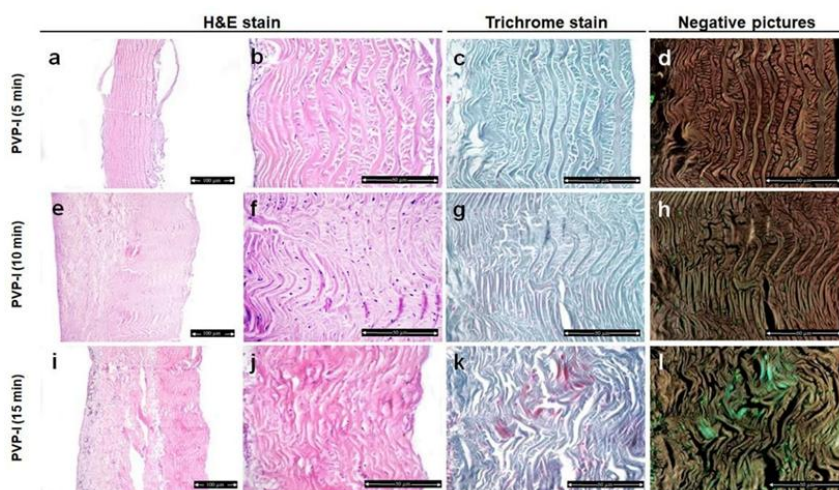
Figura 2: Evaluación histológica e histoquímica de la piel de tilapia en el grupo tratado con gluconato de clorhexidina (CHG) (4%).



Fuente: Ibrahim A. Validación de tres métodos diferentes de esterilización del aderezo de piel de tilapia: impacto en la enumeración microbiológica y el contenido de colágeno. 2020. (29)

En el grupo tratado con PVPI al 10%, la estructura de las fibras de colágeno no se modificó tras 5 minutos de tratamiento (Fig. 5a y b). Se observó desorganización y disgregación de las fibras de colágeno tras 10 y 15 minutos de tratamiento, siendo más pronunciada a los 15 minutos (Fig. 5e, f, i y j). (29)

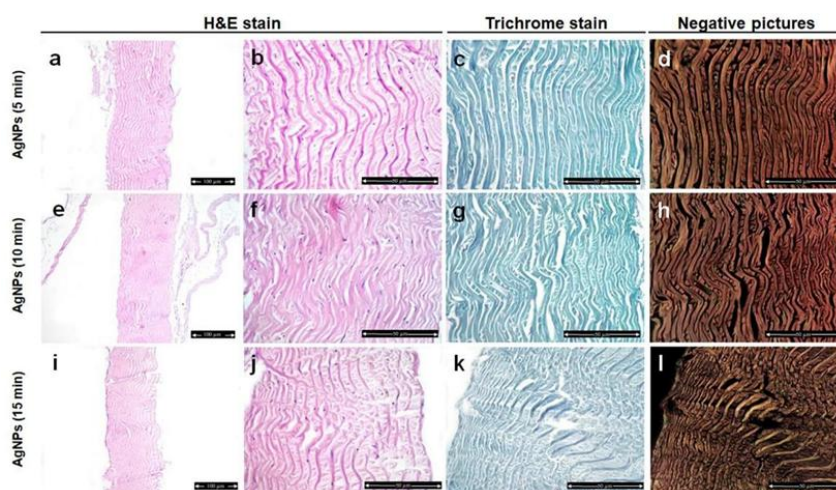
Figura 3. Evaluación histológica e histoquímica de la piel de tilapia en el grupo tratado con povidona yodada (PVPI) (10%).



Fuente: Ibrahim A. Validación de tres métodos diferentes de esterilización del aderezo de piel de tilapia: impacto en la enumeración microbiológica y el contenido de colágeno. 2020. (29)

Sin embargo, no hubo cambios en el patrón de organización de la desagregación de las fibras de colágeno en el grupo tratado con AgNP después de 5-15 minutos de tratamiento en comparación con las muestras de control (Fig. 6a, b, e, f, i y j). (29)

Figura 4. Evaluación histológica e histoquímica de la piel de tilapia en el grupo tratado con nanopartículas de plata (AgNP) (25 µg/mL).

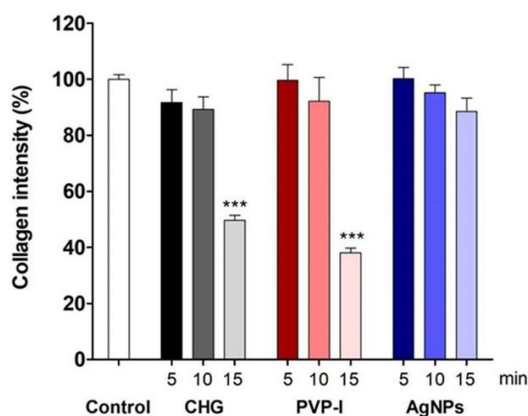


Fuente: Ibrahim A. Validación de tres métodos diferentes de esterilización del aderezo de piel de tilapia: impacto en la enumeración microbiológica y el contenido de colágeno. 2020 (29)

Evaluación histoquímica de la piel de pescado tratada

Examinaron además la configuración de las fibras de colágeno mediante la tinción de las muestras de piel de los grupos control y tratado con la tinción tricrómica de Gomori y medimos la intensidad del colágeno en la piel del pescado utilizando ImageJ. La piel del pescado tratada con CHG durante 5 min (**Fig. 4c y d**) o PVPI durante 5 min (**Fig. 5c y d**) mostró la buena organización de las fibras de colágeno y la preservación de la intensidad del colágeno en comparación con el control (**Fig. 3c y d**). Hubo un cambio leve en el patrón de disposición de las fibras de colágeno y la intensidad del colágeno después de la esterilización durante 10 min con CHG (**Fig. 4g y h y Fig. 7**) o PVPI (**Fig. 5g y h y Fig. 7**). Sin embargo, la reducción en la intensidad del colágeno en la piel del pescado fue estadísticamente significativa después de la esterilización durante 15 min con CHG o PVPI (**Fig. 7**). Por otro lado, la esterilización de la piel de pescado con AgNPs mostró fibras de colágeno bien organizadas (**Fig. 6c, d, g, h, k e i**) con un cambio no significativo en la intensidad del colágeno (**Fig. 7**), independientemente del tiempo tratado. (29)

Figura 5. Evaluación de la intensidad del colágeno en la piel de tilapia bajo diversos métodos de esterilización.



Fuente: Ibrahim A. Validación de tres métodos diferentes de esterilización de apósitos de piel de tilapia: impacto en el recuento microbiológico y el contenido de colágeno. 2020 (29)

VI. Mecanismos de acción y beneficios terapéutico

Las células esenciales para la reparación tisular son los queratinocitos y fibroblastos en un estudio donde se utilizaron cultivos celulares se observó que hubo una proliferación de queratinocitos humanos en un 114% y fibroblastos en un 132% indicando que las nano fibras de colágeno promueven la adhesión, proliferación y crecimiento celular por medio del transporte de nutrientes gracias a su excelente hidrofilia de las nano fibras de colágeno. La diferenciación de los queratinocitos epidérmicos revelan la rapidez y calidad de la reepitelización, las nano fibras de colágeno regulan la expresión de la involucrina, filagrina (expresados en las capas de la epidermis granulosa y espinosa) y genes de la Tgase I (enzima clave para la formación de los corneocitos); requerida para la formación de la epidermis asociada a los aminoácidos que contiene la piel de tilapia, la Prolina y Tirosina regulan la migración y diferenciación pero Metionina promueve la síntesis de proteínas y ácidos nucleicos. La regeneración epidérmica aparte de la diferenciación de queratinocitos requiere de su migración al sitio de la herida, a través de las nano fibras de colágeno de tilapia se promueven la expresión de genes múltiples como: MMP-9 y TGF-B1 que participan en la reparación de las heridas, los cuales son importantes en la migración de queratinocitos y reepitelización a través de la regulación de la MEC y estimulando

la expresión de moléculas efectoras como las MMPs, por lo que se concluye que las nano fibras de colágeno acelera la reepitelización promoviendo la migración de queratinocitos. Pero los fibroblastos dérmicos también son esenciales en la regeneración, pues son los encargados de la producción del Col-1 involucrado en la síntesis de la MEC, se encontró que el colágeno de las nano fibras puede promover directamente la expresión del gen y proteína de Col-1 (mecanismo paracrino), la transcripción se activa a través de las interacciones con los receptores de TGF- β 1 en las membranas de los fibroblastos dérmicos que promueven la secreción del Col-1 y al mismo tiempo ayudan a la expresión de TGF- β 1 en los queratinocitos. Por lo anterior los resultados en investigaciones han demostrado que las nano fibras de colágeno marino tienen la capacidad de regenerar tejidos. En resultados histopatológicos se ha observado que las nano fibras de colágeno causan una mínima respuesta inflamatoria durante los primeros siete días, así como inducen un adecuado estado de los factores de crecimiento encargados del proceso de la restauración tisular, encontrando una nueva epidermis a los 14 días.(30)

El xenoinjerto de tilapia es muy similar a la estructura morfológica de la piel humana, tiene alta resistencia a la tracción y la extensión. El tipo de colágeno encontrado en la piel de tilapia es de tipo I en un 70% aproximadamente del total de las proteínas presentes en la piel, está compuesta por dos péptidos α (α 1 & α 2), contiene un alto peso molecular con cadena β y γ , contiene 19 aminoácidos diferentes como glicina (Gly) en un 31.9%, hidroxiprolina (Hyp) en un 7.7% y Prolina (Pro) en un 11.2% mismos, que son claves para poder mantener la estructura de triple hélice del colágeno, la cual determina la temperatura de desnaturalización del colágeno. Se ha encontrado que el colágeno marino tiene menor inmunogenicidad que el colágeno mamífero, no induce proliferación de linfocitos, así como no induce cambios importantes en los niveles de IgG o IgM y CD4+ (reconocimiento de antígenos y señal de transducción) o CD8+ (muerte de células infectadas) lo que significa que no genera respuestas inmunes en las heridas. La matriz extracelular celular está compuesta principalmente por colágeno al igual que las nano fibras de colágeno, el colágeno de estas acelera la reparación tisular promoviendo la reepitelización y la reconstrucción dérmica, sin generar respuestas inmunes. En estudios recientes enfocados en

colágeno marino han indicado que su desnaturalización de proteínas se da a los 48C°, la cual es mayor a la temperatura del cuerpo, también se encontró que tiene una buena estabilidad térmica. La piel de pescado contiene niveles elevados de proteína (90.6%) parecida a la estructura de colágeno en la piel humana por lo cual el colágeno de la piel de tilapia tiene un preciado valor en aplicaciones médicas.(30)

VIII. Aplicaciones complementarias de la piel de tilapia

Uso en otras lesiones cutáneas

Hay diversos estudios donde se presentan diferentes tipos de lesiones como un estudio realizado en 2019 en Brasil se realizó el estudio para uso en neovaginoplastia en las pacientes que tuvieran síndrome de Mayer Rokitanski Küster Hauser. En la piel de pez se valora que hay microbiota limpia y fuera de infecciones por los factores protectores inmunitarios. En el estudio se le ofreció la terapéutica a tres pacientes para tener una durabilidad a largo plazo en donde se valoró de manera postquirúrgica realizando una dilatación adecuada obteniendo buenos resultados ya que hubo presencia de epitelio espasmos estratificado, así como factores de crecimiento de fibroblastos las cuales encajan con un tejido vaginal normal.(31)

Un estudio realizado en el mismo año en Reino Unido se evaluó diferente producto por medio de un inyector de piel de pescado para pacientes con necesidad de tratamiento por pie diabético. Este tratamiento se evaluó durante 6 semanas; se eligieron heridas que tuvieran una duración menor a 3 meses sin considerar el tamaño de la lesión en los resultados en la reducción de las heridas fue mayor al 84.9% en las 6 semanas del tratamiento. Con un resultado relevante de evitar infecciones, así como de reacciones cutáneas, y sin cambios en el olor o presencia de secreciones; por lo que clínicamente fue significativo para el uso como tratamiento para disminuir el tiempo de curación para posteriormente ser una opción terapéutica como manejo postoperatorio en las heridas por pie diabético. (31)

En otro estudio realizado de enero a diciembre de 2020 se hizo la evaluación y tratamiento de heridas venosas y diabéticas, se realizó la primera evaluación de cambios en el lecho de la herida a cuatro semanas llevando un tratamiento estándar para valorar el inicio de tratamiento con piel de tilapia, y todo esto dependía si la lesión presentaba reducción para ser candidato o no para el tratamiento; se eligieron

pacientes sin diferencia de estancia hospitalaria o tratamiento ambulatorio; en la selección de pacientes que llevarían a cabo el tratamiento con piel de tilapia se encontraban paciente con una respuesta al tratamiento de la herida de 1 a 4 semanas con <50%; en los casos en los que los pacientes obtuvieran >50% de reducción de la lesión se manejaría con el mismo tratamiento estandarizado.(32)

Se evaluó que los pacientes que presentan pie diabético pueden presentar una reducción menor de un 10% y con una probabilidad baja de cicatrización. Se hizo además un estudio en donde participaban 51 pacientes de los cuales 25 eran úlceras de pie diabético y 26 eran úlceras venosas; de los cuales se retiraron antes de la asignación de grupo de tratamiento 9 personas de las que 7 eran por pie diabético y 2 por úlceras venosas y entre los motivos de su retiro del estudio fue debido a que existía una cicatrización de la herida antes de la semana 4, otro de los motivos por necesidad de amputaciones por progresión de la lesión de los cuales dos estaban hospitalizados y uno más por causas ajenas a la lesión falleció.(32)

Al final del conteo de pacientes se contabilizaron 42 pacientes de las que 18 eran por pie diabético y 24 úlceras venosas, de los cuales 21 casos fueron llevados a tratamiento con piel de tilapia y 21 con tratamiento estándar. En la semana de revisión de la 5 a la 8 se retiraron pacientes 1 con tratamiento estándar y cuatro con piel de injerto y ninguno de los pacientes tuvo relación de la herida con su abandono al protocolo ya que fueron causadas por infecciones presentadas al momento del estudio como COVID 19 y un paciente no acudió a su cita de seguimiento por miedo a contraer la enfermedad.(32)

Al final del estudio se dió tratamiento con piel de tilapia a 17 pacientes considerando que tuvieran un cierre de la herida en las semanas 20 a 24 y las 20 personas restantes del estudio llevaron un tratamiento estandarizado y al valorar en las siguientes semanas se tuvieron que cambiar 17 personas a uso de tilapia ya que los pacientes con uso de tilapia dieron resultados adecuados con una cicatrización >50% y con un tiempo menor al 10% del tiempo previsto por el modelo. Se obtuvo una cicatrización media de 16.7 semanas en comparación con el tiempo de cicatrización que se tenía previsto; por lo que se valora como un producto adecuado para favorecer la cicatrización y un adecuado manejo de la herida.(32)

4. ANTECEDENTES

Las quemaduras son un problema en el sistema de salud mundial, la Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que anualmente se suscitan 11 millones de lesiones por quemaduras de todo tipo en todo el mundo, anualmente, se tiene un estimado de 180 000 defunciones por quemaduras. Predominando su gran prevalencia en países de en vía de desarrollo. Las quemaduras superficiales y de espesor parcial son una de las causas principales traumáticas en el área de urgencias, incluida una estadía hospitalaria prolongada, la deformación y la incapacidad posterior al trauma, lo que genera un impacto negativo en la imagen corporal y la autoestima (33). El informe del Modelo Integral para la Prevención de Accidentes en Grupos Vulnerables (PAGV), reporta que en México de 2000 a 2016 una mortalidad de 625 855 personas ocasionadas por lesiones accidentales; de éstas, las quemaduras ocupan el quinto lugar y en una tercera parte de esta población se encuentran menores de 19 años(34). Los grupos de riesgo de acuerdo con los datos actualizados, la tasa de mortalidad asociada a quemaduras tiene una alta incidencia el sexo femenino comparado al sexo masculino. Dando una vertiente a lo conocido en la prevalencia de lesiones, la cual refleja que las lesiones son predominantes en hombres que entre mujeres por diversos factores, siendo predominante por las actividades diarias realizadas que las mujeres adultas, así como los infantes son altamente vulnerables a las quemaduras. Siendo la quinta causa más común en cuanto a lesiones en la población infantil que no ponen en riesgo la vida. Pese a que un importante criterio de riesgo es una falta de vigilancia proporcionada por los padres de familia o cuidadores, existe la incidencia de lesiones por quemaduras en infantes asociadas a maltrato infantil. (33)

El National Burn Repository de 2019 de la American Burn Association (ABA) reporta que las quemaduras asociadas a contacto con fuego directo, así como escaldaduras son las etiologías más frecuentes de lesión (40.6% y 31.4%, respectivamente). Las que son dadas por productos químicos (3.5%) y eléctricas (3.6%) las cuales tienen la menor prevalencia comparada con las demás. (35)

Por medio de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (Ensanut) de 2012, 124,000 personas llegan a presentar quemaduras que no ponen en riesgo la vida a lo largo del año, de las cuales son cientos de ellas permanecen con secuelas que afectan su apariencia, funcionalidad creando un distanciamiento en el plano social por el estigma físico.(36)

El Hospital Universitario José Eleuterio González registró un aumento en la presencia de quemaduras que ponen en riesgo la vida durante la cuarentena por Covid-19 en el periodo de marzo a agosto de 2017 a 2020, de marzo a agosto de 2020 registraron una incidencia elevada con el doble de pacientes con quemaduras comparando las cifras obtenidas en el año 2018 y octuplicado en comparación con el año 2019.(37)

La OMS reportó que los costos proporcionados en el abordaje de las quemaduras pueden presentarse variaciones, suelen tener una tendencia a ser elevados; así mismo se evaluó una revisión sistemática la cual fue realizada en 2014 determinó que el costo total promedio de la asistencia médica por paciente afectado por quemaduras ascendía a US\$ 88 218 (horquilla: US\$ 704-717 306) (26). Si lo adentramos a la población mexicana porque afecta predominantemente al factor socioeconómico interviniendo en la evaluación para brindar un tratamiento, datos del INEGI, reportan que en 2024 la proporción de la población vulnerable con bajos recursos era 29.6 %, lo que se estima aproximadamente 38.5 millones de personas.(38)

Todos estos datos nos encaminan a desarrollar tratamientos que se adecuen a los pacientes para lograr la recuperación de las heridas por quemaduras y la piel de tilapia puede representar una opción adecuada y de menor costo en entornos con recursos limitados, comparado con sustitutos de piel sintéticos u otros injertos biológicos más costosos.(38)

El primer registro publicado del uso de la piel de tilapia en humanos se reporta en Brasil en 2019 pero la aplicación clínica comenzó en ensayos a partir de 2017 en ese país.(39)

El hecho de que las publicaciones en humanos sean recientes significa que esta técnica está todavía emergiendo; no es aún tratamiento estándar universal, pero sí muy prometedor en algunos contextos (especialmente países en desarrollo).(39)

5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las lesiones generadas por quemaduras son un problema importante de salud pública y se tiene reportado una incidencia de la patología de 11 millones de reportes anualmente las cuales causan 180,000 muertes que no han sido categorizados si es por tipo de tratamiento efectuado, descontrol electrolítico así como grado de quemadura que presentan los pacientes y los costos que son elevado ya que se tiene un estimado promedio según la OMS que se gastan aproximadamente 88,218 mil dólares por paciente en atención médica por quemaduras.(40)

Suelen ocurrir este tipo de accidentes en el hogar o lugar de trabajos principalmente, aunque no están exentos diversos lugares ajenos a estos dos principales, de los cuales en el hogar se reportan que se tienen entre el 80 y 90% de los casos.(40)

Posterior a realizar un desbridamiento y el uso de un injerto autólogo que es considerado un tratamiento estandarizado que disminuye el riesgo de infecciones y la disfunción epitelial; sin embargo, cuando hay casos en los que hay escasez de una piel autóloga por gran porcentaje de quemaduras se tiene que utilizar una terapia diferente por lo que actualmente se valora el uso de injertos alogénicos o xenogénicos para poder dar apoyo a esta terapéutica.(41)

Se ha valorado el uso de piel de porcino para injertos, así como de piel de cadáver sin embargo se han dado reportes en donde hay rechazos por parte de los pacientes tratados y debido a diversos factores como un mal manejo de la piel pueden traer enfermedades infecciosas y en el caso de los injertos de cerdo en algunas culturas como musulmanes está limitado su uso por creencia cultural.(41)

Se han dado reportes desde la historia sobre el manejo de quemaduras los cuales han usado diversos materiales tal como lo menciona el Papiro de Ebers realizado en los años 1500 a.C. con el uso de aceites y plantas. Hipócrates por su parte utilizó apósitos que tenían grasa de puerco, así como cierto tipo de resinas; por lo que se han visto cambios a lo largo de los años sin embargo se ha notado que, en las últimas 5 décadas por medio de apósitos antimicrobianos, así como un adecuado tratamiento de fluidos y la creación de cirugías que usen sustitutos de piel artificial. (41)

Se realiza estudio ya que la piel de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) en la última década se ha utilizado como un biomaterial adecuado para el tratamiento de quemaduras, tiene una disminución en el riesgo de infecciones, así como una estructura semejante a la de la piel del humano con alto contenido de colágeno tipo I y tipo III ya que contiene más que lo que tiene la piel humana; también posee una buena retención de humedad, altos niveles de ácidos grasos omega 3 los cuales brindan propiedades antioxidantes y antiinflamatorias por lo que ayuda a un proceso de cicatrización adecuada.(41)

Es una alternativa de tratamiento que se ha valorado en los últimos años como un buen tratamiento médico, las cuales tienen diversas ventajas, como la prevención de infecciones, disminución en la pérdida de líquidos y mejora el tiempo de cicatrización; este producto se debe utilizar posterior a un método de esterilización para evitar que haya riesgos.(41)

En estudios se han reportado que puede acortar el tiempo de cicatrización, reducción en el dolor así como una tasa inferior de infecciones presentadas en comparación con diversos productos, y se valora como un producto cómodo por tener que usar menos cambios de apósitos por lo que se investigará su aplicación y su efectividad.(41)

a. Pregunta de investigación

¿Cuál es la eficacia de la piel de tilapia como tratamiento biológico en pacientes con quemaduras de segundo grado?

6. JUSTIFICACIÓN

Las quemaduras figuran como un problema en el sistema de salud mundial, además de tener alta morbilidad tienen secuelas funcionales, así como estéticas y tienen sus repercusiones económicas y sociales. De manera tradicional se opta por el uso de un tratamiento con apósitos convencionales, el uso plata como productos antimicrobianos, así como injertos autólogos; estos últimos tienen un alto costo, dolorosos y demandan recursos hospitalarios que son significativos. Si valoramos el costo de los tratamientos convencionales el uso de la piel de tilapia (*Oreochromis niloticus*) se da como una opción innovadora, segura y económica para el tratamiento de heridas y quemaduras; este es considerado como un residuo en la industria pesquera y este tiene características estructuralmente similares a la piel ya que tiene una concentración adecuada de colágeno tipo 1; por lo que esto representa una oportunidad para transformar un subproducto que usualmente es desechado en un recurso biomédico útil y sostenible.

En estudios que se han realizado en otros países han demostrado resultados alentadores con el uso de este producto como xenoinjerto biológico, con una reducción de tiempo de epitelización, menor cantidad de curaciones, con un mejor control de dolor y mayor comodidad de los pacientes en tratamiento.

Se justifica esta investigación por la valoración de tres puntos importantes:

- En la parte clínica es una alternativa que sea menos dolorosa para poder acelerar la recuperación de los pacientes
- En la parte económica es reducir los costos ya sea directos e indirectos en la atención hospitalaria.
- Al hablar de un residuo en la industria pesquera es un producto útil, sostenible e innovador en la ciencia.

7. OBJETIVOS

Objetivo General:

Evaluar la eficacia de la piel de tilapia como tratamiento biológico en pacientes con quemaduras de segundo grado.

Objetivo específico:

- Determinar el tiempo promedio en la epitelización de quemaduras de segundo grado en pacientes con tratamiento con piel de tilapia
- Identificar la presencia de los niveles de dolor en pacientes con quemaduras de segundo grado que reciben tratamiento con piel de tilapia
- Determinar la frecuencia de infecciones locales en el sitio de quemadura de segundo grado
- Evaluar el número de cambios de apósito requeridos durante el tratamiento contra el uso de piel de tilapia
- Evaluar la proporción de curaciones exitosas sin necesidad de injerto autólogo con el uso de piel de tilapia.
- Evaluar las ventajas, desventajas y posibles limitaciones reportadas en la literatura sobre el uso de la piel de tilapia como apósito biológico.

8. HIPÓTESIS

Hipotetizamos que al evaluar la aplicación de la piel de tilapia como xenoinjerto biológico acelera la reepitelización en un promedio de 12 días, disminuyendo el dolor en un 60% durante el tratamiento proporcionado y reduciendo el riesgo de infección con un estimado menor al 20% en los pacientes con quemaduras de segundo grado superficial y profundo.(42,43)

9. MATERIAL Y MÉTODOS

a. Diseño del estudio

Se realizó una revisión estratégica de la literatura en donde se evaluó de forma rigurosa las evidencias científicas disponibles del uso de piel de tilapia como un xenoinjerto biológico para el tratamiento de pacientes con quemaduras.

b. Universo o población objetivo

Con uso de estudios clínicos que involucren pacientes con quemaduras de segundo grado que sean atendidos en unidades hospitalarias o clínicas de heridas.

c. Criterios de inclusión, exclusión, eliminación.

Criterios de inclusión

- Pacientes con quemaduras de segundo grado.
- Estudios que incluyan como intervención la piel de tilapia en humanos.
- Estudios que reportaron tiempo de cicatrización con el uso de este producto
- Estudios que reportaron características de la cicatrización con el uso de este producto
- Estudios que reportaron evaluación de dolor con el uso de este pescado
- Estudios que reportan tasa de infecciones con el uso de este pescado
- Estudios no mayores a 10 años

Criterios de exclusión

- Estudios en animales o in vitro sin resultados clínicos en humanos
- Comentarios o cartas al editor
- Estudios sin desenlaces clínicos medibles que estén relacionados con la cicatrización, dolor, infección o resultados funcionales
- Estudios con heridas crónicas complicadas, traumáticas y pie diabético.

d. Acrónimo PEO

P	Pacientes de todas las edades con quemaduras de segundo grado, hospitalizados clínicas y hospitales.
E	Aplicación de piel de tilapia como xenoinjerto biológico en quemaduras de segundo grado
O	Tiempo de cicatrización, control del dolor y presencia de infecciones

e. Estrategia de Búsqueda

1-Recopilación de términos: se seleccionaron con base en el acrónimo PEO utilizando las siguientes MeSH así como sus sinónimos dentro de nuestro marco de formulación:

Piel de Tilapia	Lesiones por quemaduras
Piel de pescado	Dolor
Xenoinjerto	Cicatrización
Oreochromis niloticus	Infección
Quemaduras	

2- Se utilizó junto a los términos incluidos los operadores booleanos *AND*, *OR*, *NOT*; así como el uso del filtro de artículos de 10 años de antigüedad.

3- Se realizó la selección de bibliotecas electrónicas:

- Pubmed: Es un buscador de acceso libre la cual se desarrolló por el Centro Nacional para la Información Biotecnológica (NCBI) la cual contiene gran cantidad de referencias bibliográficas al ser una herramienta especializada para encontrar literatura médica en la cual se puede evitar literatura que no es relevante para el estudio.
- Cochrane: Es conocida como una colección de bases de datos la cual es conocida por poseer la evidencia científica más confiable en donde se pueden encontrar artículos que aporten adecuada información a lo investigado.
- Google académico: A diferencia de las diferentes bibliotecas electrónicas ya mencionados este se enfoca en revistas indexadas a Medline y tiene una variedad amplia de fuentes agregas; el punto débil es que se puede encontrar literatura gris (la cual es conocida como literatura que no ha sido publicada en

revistas científicas internacionales) como pueden ser tesis de posgrado y artículos de revistas nacionales que no han sido agregadas a Medline.

- Lilacs: Esta biblioteca fue elegida por su asociación geográfica ya que las investigaciones realizadas para este producto y como pioneros de estas investigaciones se ubican en el continente americano (Brasil) y esta base de datos contiene investigaciones de esta región.
- BVS: Está impulsada por la Organización Panamericana de la Salud y en esta se puede usar como una ventajosa herramienta ya que usa una búsqueda simultánea en las bases de datos como Medline, Lilacs, Scielo; además de tener la ventaja de encontrar guías de práctica clínica, así como informes de salud pública.

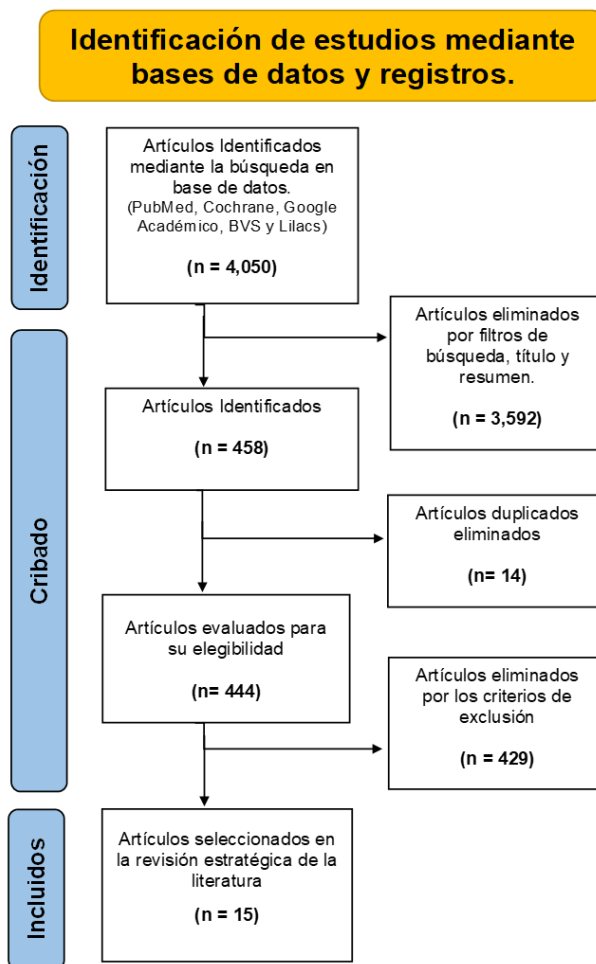
4- Una vez seleccionada la búsqueda efectiva de cada biblioteca electrónica; se realizó una revisión por título, seguida de resumen, artículos completos y seguido se realizó una tabla de evidencias

5- Los artículos seleccionados se evaluaron considerando que contestaran la pregunta de investigación y que demostrara la eficacia de la piel de tilapia

6- Se realizó el esquema PRISMA (Figura 6). Para describir el proceso realizado y mostrar la evidencia científica y la muestra de estudios seleccionados.

La búsqueda de la literatura se realizó en diversas bibliotecas electrónicas ya mencionadas. En total, se identificaron **4,050 artículos** procedentes de bases de datos. En el cribado por títulos y resúmenes, se excluyeron **3,592 artículos**, avanzando **458 informes** para evaluación de texto completo. Se eliminaron **14 artículos duplicados**, resultando en **444 artículos** para su evaluación detallada, **429 artículos** fueron excluidos por no cumplir los criterios de elegibilidad establecidos. Finalmente, **15 estudios** cumplieron con todos los criterios y fueron incluidos en la revisión sistemática.

Figura 6: Diagrama de flujo PRISMA, siguiendo las directrices PRISMA 2020.



Fuente: PRISMA Flow Diagram [Internet]. [citado 11 de noviembre de 2025]. Disponible en: https://estech.shinyapps.io/prisma_flowdiagram/
Elaborada por: CRJP, SJV, VBMM.

f. Descripción de variables

- Variables dependientes

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición
Piel de tilapia	Es un material biológico el cual es obtenido de la piel de pez	Aplicación clínica de piel de tilapia procesada (desinfectada,	Nominal (presencia/ ausencia de intervención)	Presente/ Ausente

	(Oreochromis niloticus) la cual se usa como terapia de quemaduras por su contenido de colágeno (44)	conservada o liofilizada) sobre quemaduras de segundo grado, reportada en estudios clínicos		
Tiempo de epitelización o cicatrización	Período comprendido desde el inicio del tratamiento hasta el cierre completo de la herida, presentando una epitelización mayor a 95% (44)	Número de días, semanas o meses dependiendo de los reportes de los estudios seleccionados que consta desde la aplicación de tratamiento hasta presentar la epitelización de la quemadura mayor al 95%	Cuantitativa discreta (tiempo evaluado en días/ semanas)	Días/ semanas
Control de dolor	Valoración algica que es percibida por cada paciente la cual es secundaria a la lesión por quemadura y el tratamiento utilizado (curación) (44)	Por medio del puntaje registrado en cada paciente por medio de la escala numérica de la escala visual analógica de 0 a 10 evaluados en momentos específicos (inicio del tratamiento y en días de curaciones)	Cuantitativa continua	Puntaje de dolor en escala numérica (0-10)
Tasa de infección	Presencia de una respuesta inflamatoria local o sistémica desencadenada por el sitio de la quemadura posterior a iniciar	Registro de infección en la quemadura valorando criterios (presencia de edema, eritema, secreción de tipo	Cualitativa nominal dicotómica	Presente/ Ausente

	el tratamiento (45)	purulento, mal olor, presencia de fiebre		
Número de cambio de apósitos	Frecuencia en la que es necesario sustituir el apósito o terapéutica usado en la quemadura hasta completar su cicatrización (45)	Por medio de un conteo del número de apósitos o terapia proporcionada en cada paciente desde iniciar las curaciones hasta su epitelización	Cuantitativa discreta	Número total de los apósitos cambiados
Costos de tratamiento	Recursos económicos que son utilizados para el manejo de quemaduras	Valor total del costo de tratamiento local de la quemadura en donde se incluyen (apósitos, piel de tilapia, antibióticos y analgésicos) por cada paciente evaluado expresada en la moneda nacional en donde se aplicaron las terapias	Cuantitativa continua (moneda usada)	Valor monetario (pesos/ dólares)

- Variables independientes

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición
Edad	Tiempo transcurrido desde el nacimiento de la persona hasta el momento de realizar el estudio	Edad en meses, años la cual se registra en la historia clínica de cada paciente	Cuantitativa discreta	Meses/ Años

Sexo	Características biológicas y cromosómicas que clasifican a los pacientes en femenino o masculino	Sexo reportado en la historia clínica de cada paciente	Cualitativa nominal	Masculino/ Femenino
Grado de quemadura	Profundidad del daño tisular la cual se estima por la clasificación estándar	Grado diagnosticado por quemadura de segundo grado superficial o se segundo grado profundo	Cualitativa ordinal	Segundo grado superficial / Segundo grado profundo
Superficie corporal quemada	Proporciones del área corporal la cual es afectada por quemadura	Estimación de quemadura por regla de los 9 o Lund-Browder	Cuantitativa continua	Porcentaje %

g. Descripción del estudio

- Se realizó una tabla de búsqueda bibliográfica para el registro de la búsqueda incluyendo los términos utilizados, uso de operadores booleanos, filtros aplicados, bases de datos utilizadas y número de resultados obtenidos
- Se realizó una ficha de extracción de datos en Excel cómo formulario, para recopilar de manera ordenada los estudios encontrados, unificar la información y facilitar el análisis comparativo entre la selección de artículos; esta ficha se conforma de los siguientes componentes:
 - Autores, Año de publicación, País de la investigación, Base de datos usada, Tipo de estudio
 - Contar con los criterios metodológicos: Diseño, tamaño de muestra, tipo de quemadura, variables evaluadas
 - Tipo de piel de tilapia usada, tiempo de aplicación y en caso de tener comparación con tratamientos alternativos.
 - Resultados: tiempo de cicatrización, dolor y riesgo de infección
- Se realizó un proceso de selección documentada valorando:

- Revisión por título, resumen, texto completo (Cochrane CRJP, Google Académico VBMM, PubMed, Lilacs y BVS SVJ) y para integrar los artículos debe contestar la pregunta PEO; marcando los artículos incluido, excluido y repetido.
- Se realizó un diagrama PRISMA para mostrar la evidencia científica en la selección de los artículos:
 - Registrando artículos encontrados en cada base de datos
 - Eliminación de artículos eliminados en primera revisión y duplicados
 - Registro de estudios excluidos por título y resumen
 - Artículos elegidos para lectura completa y realización de análisis
 - Artículos incluidos en la síntesis final para incluir en el estudio.

h. Procedimientos de recolección de datos

- Preparación
 - Definir la estrategia de búsqueda que se realizará
 - Crear una carpeta compartida de pdf, así como plantilla de extracción de Excel
- Búsqueda y selección
 - Realizar búsqueda en Cochrane, Google Académico, PubMed, Lilacs y BVS
 - Guardar resultados y exportar referencias a gestor (Zotero).
 - Eliminar duplicados en el gestor utilizado
 - Realizar un cribado de títulos y resúmenes por 2 revisores independientes (se debe incluir motivo de inclusión)
 - Lectura a texto completo de artículos por revisores. Registrar motivos de exclusión en hoja.
- Extracción
 - Comparar artículos que no sean repetidos para poder identificar cuáles se usarán.
- Control de calidad
 - Comprobar datos críticos contra el texto y tablas originales

- Registro
 - Mantener registro PRISMA con conteo de identificados, seleccionados y excluidos

i. Análisis estadístico

En esta revisión los datos obtenidos son presentados por medio de una estadística descriptiva, empleando el uso de frecuencias absolutas así como porcentajes para presentar las características principales de los estudios que fueron incluidos. Los resultados fueron organizados por medio de tablas y gráficas lo cual permite visualizar de manera clara la distribución de las variables que fueron analizadas y poder comparar los hallazgos obtenidos en los estudios.

j. Aspectos éticos

De acuerdo con el artículo 17 del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, la aplicación del xenoinjerto biológico de piel de tilapia no representa un mayor riesgo a los ya conocidos en las quemaduras de segundo grado superficial o profundo, o tienen un riesgo mínimo que puede ser perfectamente controlado. (46)

En la fracción 1 del reglamento refiere que los estudios que utilizan técnicas de investigación documental, retrospectivos así como los que no realicen intervenciones o modificaciones en las variables fisiológicas o sociales de los participantes son categorizadas como estudios sin riesgo.(46)

En este estudio no hay contacto con pacientes, ni recolección de datos primarios directos, conforme lo marca la declaración de Helsinki en 2013 utilizando los principios de bioética que todos los artículos deben contener, beneficencia (buscando el bien de los demás), no maleficencia (evitar hacer daño a otros), autonomía (personas que pueden tomar sus propias decisiones y ser respetados), y por último justicia (distribución de recursos de manera equitativa y justa). (47)

Se citan de manera adecuada las fuentes usadas, así como no presentarlas de forma incompleta, con información verídica, transparente y con valor metodológico.

k. Recursos

- Humanos
 - Revisor principal: quien dirige búsquedas, sintetiza y redacta la información
 - Segundo revisor: se encarga del cribado y extracción independiente
 - Tercer revisor: da la resolución y discrepancias
 - Asesores metodológicos y clínicos: para valorar que la investigación haya sido realizada y plasmada de manera adecuada
- Materiales
 - Software y herramientas
 - Acceso a bases de datos: PubMed, Cochrane, Google Académico, BVS y Lilacs
 - Gestor institucional: Zotero
 - Hoja de cálculo: Excel
 - Procesador de texto: Word y Google Drive
 - Recurso documental: acceso a bibliotecas virtuales
 - Carpeta compartida en la nube (Google Drive) para pdf.
- Financieros
 - Principalmente personas para trabajar en la investigación + acceso a bases de datos (en algunos casos se usará el recurso de acceso institucional).
 - No se contó con apoyo financiero por parte de ninguna institución y los costos corrieron a cargo del equipo de esta investigación.

10. RESULTADOS

Los 15 artículos seleccionados tras las búsquedas en las bibliotecas estratégicas Pubmed, Cochrane, Google Escolar, LILACS y BVS, fueron evaluados detalladamente con el título y resumen del abstracto de cada artículo con la finalidad de incorporarlos a esta revisión estratégica.

Por medio de los estudios evaluados proporcionaron resultados favorables en los criterios que se analizan en esta investigación como lo son tiempo de cicatrización, control de dolor, así como riesgo de infección en comparación con el uso de diferentes tratamientos, como lo es la sulfadiazina de plata.

En la valoración de la cicatrización de los 15 artículos evaluados, 11 de ellos realizaban una comparativa de tratamiento contra el uso de este xenoinjerto en donde se evidenció que de los 6 ensayos clínicos presentaron un tiempo de cicatrización menor en comparación a las terapias alternativas usadas dando una epitelización arriba del 95% de 10 a 17 días, y en la investigación realizada por Lima 2017 dando un valor de $p < 0.001$, dando una ventaja promedio en la curación entre 4 y 7 días siendo un resultado positivo.

En los estudios donde se compararon contra Aquacel AG o hidrofibra con plata observaron un tiempo promedio de 9.6 +/- 2.4 días con el uso de tilapia en comparación con los apósitos donde su tiempo fue de 10.7 +/- 4.5 días. Por lo que se determina que su uso favorece a un correcto proceso de cicatrización, reduciendo la necesidad de curaciones, por lo que es una alternativa terapéutica efectiva frente a los tratamientos convencionales.

En cuanto a la valoración de dolor fueron 12 de los artículos que evaluaron este rubro para valorar si los pacientes presentaban mayor o menor molestia al usar piel de tilapia contra los tratamientos que se compararon en donde se obtuvieron los resultados de disminución de dolor al utilizar piel de tilapia y en cuatro de los estudios fueron estadísticamente significativos con un valor de $p < 0.03$. Siendo los ensayos clínicos de Miranda (2019) y Lima Junior (2021) menor puntaje de dolor tanto antes y después de realizar las respectivas curaciones, dando un resultado positivo en el caso del uso de tilapia liofilizada con una $p = 0.0142$. En cuanto a las series de casos incluidas en los países de Yemen, Indonesia y Brasil se evidenció que hay disminución gradual de dolor conforme al paso de los días siendo significativo su cambio en los primeros 7 días del tratamiento.

En cuanto a la relación entre el riesgo de infecciones se demostró que no incrementa la incidencia de las infecciones locales; en los ensayos clínicos incluidos no dieron reportes que fueran atribuibles con el uso de tilapia. En el estudio realizado por Yemen ninguno de los 18 pacientes evaluados presentó signos de infección durante el seguimiento, también se valoró una adecuada adherencia del xenoinjerto. Además de las revisiones sistemáticas más recientes mantienen tasas de infección inferiores a los tratamientos estandarizados, aunque sean comparados con apósitos de plata, matrices acelulares bioingenierizadas o gasas parafinadas; siendo una alternativa de tratamiento segura con un perfil infeccioso favorable en comparación con otras terapéuticas.

En los estudios se logró evaluar el número de cambio de apósitos en donde se demostró una reducción del cambio de apósitos y curaciones proporcionadas; como lo son en los ensayos clínicos comparativos Lima 2017-2021 evaluando que los pacientes con uso de este producto no requirieron cambios adicionales por una adecuada adherencia y una cobertura oclusiva. Siendo en los estudios de Miranda y Brandt (2019) el 60% de los pacientes no requirieron cambios de apósitos. Así como en la serie de casos de Indonesia 2022 y Brasil 2019 se logró espaciar el tiempo de curación hasta cada 5 días siendo un factor positivo para considerar por el dolor que se puede presentar al dar limpieza del lecho de la quemadura.

En cuanto a costo beneficio en una revisión sistemática se redujo el costo de tratamiento en un 42% usando la piel de tilapia en comparación con sulfadiazina de plata con un gasto promedio de 19 a 11 dólares; además que este producto tiene un costo menor en comparación con las matrices bioingenierizadas las cuales pueden llegar a duplicar o triplicar el precio del tratamiento; por lo que el uso de este producto no solo es eficaz y seguro sino también es una opción terapéutica económica, la cual ayuda a optimizar el uso de recursos y la reducción de costos directos en el manejo de las quemaduras.

En la tabla 2 se presenta el análisis de los 15 artículos seleccionados en el prisma.

Tabla 2: Tabla de evidencias de los artículos incluidos:

NO	AUTOR, AÑO, PAÍS Y DISEÑO DE ESTUDIO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	OBJETIVO DEL ESTUDIO	n = MUESTRA TOTAL.	INTERVENCIÓN O EXPOSICIÓN.	RESULTADOS
1	Shirin Cadri, Amr Elrosasy, Aya Mustafa Al Mawla, Khaled Albakri, 2023 Alemania Metanálisis	La eficacia del xenoinjerto cutáneo de tilapia del Nilo para el tratamiento de quemaduras superficiales de espesor parcial versus el estándar de atención: un metanálisis de ensayos publicados	Realizaron una búsqueda bibliográfica electrónica en PubMed, Scopus, Web of Science Core Collection y Cochrane CENTRAL. y incluyeron un análisis de 4 estudios: Lima Junior 2019 Lima Junior 2020 Lima Junior 2021 Lima Junior EM 2021	Un análisis de 4 estudios que incluyeron 211 pacientes	Se analizó de cada estudio las siguientes intervenciones: Intensidad del dolor con la escala visual del dolor. Tiempo de reepitelización Número de cambios de apósitos. Cantidad de dipirona ingerida.	En el uso de injerto de piel de tilapia presentaron puntuaciones de dolor significativamente menores en la escala visual analógica (EVA) (¡DME -0,608; IC del 95 % [-0,885 a -0,331]; Fig. 1A), Un tiempo de reepitelización más corto (DME -0,903; IC del 95 % [-1,450 a -0,355]; Fig. 1B). Un menor número de apósitos (DME -4,195; IC del 95 % [-5,615 a -2,774]; Fig. 1C). La ingesta de dipirona no mostró diferencias significativas entre los dos grupos (DME -0,846; IC del 95 % [-2,577 a 0,884].
2	Marcelo José	Xenoinjerto de piel de	Evaluar la eficacia de la	n= 30 pacientes	Número de días requeridos para	Los tiempos medios de tratamiento en días

	Borges De Miranda y Carlos Teixeira Brandt. 2019, Brasil, Artículo Original	tilapia del Nilo versus apósito de hidrofibra a base de plata en el tratamiento de quemaduras superficiales o profundas de segundo grado.	piel de tilapia del Nilo (Oreochromis niloticus) versus un apósito de hidrofibra de plata (Aquacel AG®), para el manejo y tratamiento de quemaduras de segundo grado en adultos,	tratados aleatoriamente GC: apósito de hidrofibra a base de plata Aquacel Ag® (n = 15). GI: piel de tilapia del Nilo (n = 15)	presentar una cicatrización total de la herida. Evaluación del dolor mediante una escala visual analógica (EVA) Número de veces que se requirió un reemplazo de piel de tilapia del Nilo o apósito Aquacel AG® .	fueron similares entre la piel de tilapia del Nilo y el Aquacel AG® (9,6 ± 2,4 y 10,7 ± 4,5 días, El 86,7 % de los pacientes que usaron piel de tilapia del Nilo presentaron una reducción en la puntuación VAS, y un análisis mediante la prueba exacta de Fisher demostró que no fue inferior a Aquacel AG®. El 60% de los pacientes tratados con piel de tilapia del Nilo no requirieron reemplazo de piel en cualquier momento durante el tratamiento, mientras que el 53,3% de los pacientes tratados con Aquacel AG® requirieron más de un cambio de apósito (p = 0,71),
3	Edmar Maciel Lima Júnior, Manoel Odorico de Moraes Filho 216-2017 Brasil Artículo Original	Tratamiento innovador de quemaduras con piel de tilapia como xenoinjerto: un ensayo controlado aleatorio de fase II.	Evaluar la eficacia de la piel de tilapia del Nilo (Oreochromis niloticus) como apósito de xenoinjerto oclusivo para el tratamiento de quemaduras en humanos.	n = 62 Pacientes entre edades ≥ 18 y ≤ 50 años. Grupo A: pacientes ambulatorios con tuberculosis pulmonar superficial (TBPS) que afectaba a <10 % de la SCTQ Grupo B: pacientes hospitalizados con TBPS que afectaba del 10	Tiempo de cicatrización en días. Número de cambios de apósito oclusivo Uso de anestésicos o analgésicos Evaluación del dolor mediante la Escala Visual Analógica (EVA). Evaluación de la mejoría de la quemadura el día de la retirada del apósito. utilizando la escala CGI I.	Reepitelización: fue significativamente menor en los grupos tratados con NTFS que en los grupos tratados con SSDC en los brazos de estudio A, B y C (p = 0,0002, p = 0,0147 y p < 0,0001, respectivamente). Número de cambios de apósito : los cambios de apósito realizados en los pacientes tratados con NTFS fueron significativamente menor que en los pacientes que recibieron el tratamiento con SSDC, Grupo A: (p < 0,0001). Grupo B: (p < 0,0001).

				<p>% al 20 % de la SCTQ</p> <p>Grupo C: pacientes hospitalizados con tuberculosis pulmonar profunda (TBPP) que afectaba del 5 % al 15 % de la SCTQ.</p> <p>Grupo de prueba: NTFS utilizado como xenoinjerto;</p> <p>Grupo control: tratamiento convencional con crema de sulfadiazina de plata al 1 % (SSDC)</p>		<p>Grupo C: ($p < 0,0001$).</p> <p>Ingesta de anestésicos/analgésicos</p> <p>Grupo A: dipirona administrada por vía oral ($P = .1776$) o tramadol ($P = .4357$). ninguna diferencia estadísticamente significativa entre los grupos de tratamiento</p> <p>Grupo B: sin diferencias estadísticamente significativas, dipirona intravenosa ($P = .1299$) y tramadol ($P = .7802$) utilizada.</p> <p>Grupo C: los pacientes tratados con NTFS requirieron una cantidad significativamente menor de dipirona intravenosa ($p = 0,0337$) que los tratados con SSDC, pero no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de tratamiento en la cantidad de tramadol intravenoso requerida ($p = 0,3739$).</p> <p>Medición del dolor:</p> <p>Evaluación de la mejoría de las quemaduras por el médico tratante: la puntuación mediana era igual a 1 (mucho mejor) tanto en el grupo SSDC como en el grupo NTFS.</p>
4	Edmar Maciel Lima Júnior,	Un estudio comparativo aleatorizado de piel de	Evaluar la eficacia de la NTS liofilizada (LNTS) como	$n = 24$ participantes, entre 18 y 70 años con	El número de curas realizadas o número de	El número total de apósitos se redujo significativamente ($P < .0001$) en el grupo

<p>Manoel Odorico de Moraes Filho 2021 Brasil Artículo Original</p>	<p>tilapia del Nilo liofilizada y carboximetil celulosa de sodio impregnada de plata para el tratamiento de quemaduras superficiales de espesor parcial.</p>	<p>sustituto cutáneo temporal para quemaduras superficiales de espesor parcial, comparándola con apósitos de carboximetilcelulosa sódica impregnada en plata.</p>	<p>quemaduras superficiales de espesor parcial que afectaba hasta el 10 % de la superficie corporal total quemada (SCTQ)- GC: 12 pacientes, tratados directamente sobre la herida Aquacel Ag® (ConvaTec, Skillman, NJ), un apósito absorbente para heridas fabricado con carboximetilcelulosa sódica (Hydrofiber®) impregnada con plata al 1,2 % (NaCMCAg), con un solape de 2 a 4 cm entre las láminas GI: 12 pacientes, tratados con LNTS.</p>	<p>cambios de apósitos. La intensidad general del dolor, evaluada mediante la Escala Visual Analógica (EVA) y la escala electrónica de von Frey (EVF). La ansiedad relacionada con el dolor, evaluada mediante la Escala de Ansiedad por Dolor Específica para Quemaduras (BSPAS) La cantidad de analgésico (p. ej., dipirona) necesaria durante el ensayo</p>	<p>LNTS (1,00, 1,00–1,00) en comparación con el grupo NaCMCAg (2,00, 2,00–2,00), con una diferencia de medias de 1,0 (IC del 95% de 1,00–1,00). La intensidad del dolor medida con la EVA antes de los procedimientos relacionados con el vendaje no mostró diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,1697$) entre el grupo LNTS ($10,21 \pm 12,54$) y el grupo NaCMCAg ($13,96 \pm 8,76$). Intensidad del dolor medida con la EVA después de los procedimientos relacionados con el vendaje disminuyó significativamente ($p = 0,0142$) en el grupo LNTS ($13,96 \pm 8,76$) en comparación con el grupo NaCMCAg ($24,79 \pm 11,05$), con una diferencia de medias de 10,83 y un intervalo de confianza (IC) del 95 % de 2,39 a 19,27 La intensidad del dolor medida por EVF no mostró diferencias estadísticamente significativas ($P = 0,4886$) entre los grupos La cantidad de dipirona (en mg) necesaria para la analgesia del paciente durante todo el tratamiento no mostró diferencias estadísticamente</p>
---	--	---	--	--	---

						<p>significativas ($P = 0,4050$) entre el grupo LNTS ($0,00$; IC del 95%: $0,00-1000,00$) y el grupo NaCMCAg ($500,00$; IC del 95%: $0,00-1000,00$).</p> <p>Las puntuaciones BSPAS obtenidas en la visita 2 revelaron una falta de diferencia significativa ($P = 0,3100$) en el nivel de ansiedad del paciente ante el dolor.</p>
5	<p>Edmar Maciel Lima Júnior, Manoel Odorico de Moraes Filho. 2020 Brasil Artículo Original</p>	<p>Tratamiento pediátrico de quemaduras con piel de tilapia como xenoinjerto para heridas superficiales de espesor parcial: un estudio piloto</p>	<p>Evaluar la eficacia de la piel de tilapia del Nilo como xenoinjerto para el tratamiento de quemaduras de espesor parcial en niños.</p>	<p>$n = 30$ niños de entre 2 y 12 años con quemaduras superficiales de espesor parcial, ingresados con menos de 72 horas de evolución tras la lesión térmica.</p> <p>GI: se aplicó la piel de tilapia.</p> <p>GC: se aplicó una fina capa de crema de sulfadiazina de plata al 1%.</p>	<p>El número de días hasta la cicatrización completa de la quemadura.</p> <p>Evaluación del dolor con la medida con la Escala Revisada de Dolor Facial (FPSR).</p> <p>El número de curas realizadas.</p> <p>La cantidad total de anestésicos.</p>	<p>Tiempo de reepitelización: La diferencia entre ambos grupos no fue estadísticamente significativa ($p = 0,0868$).</p> <p>Evaluación del dolor: no se encontró una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0,1020$).</p> <p>Número de curas realizadas: el número total de apósitos se redujo significativamente ($P < 0,0001$) en el grupo de piel de tilapia ($3,00 \pm 0,76$) en comparación con el grupo de sulfadiazina de plata ($9,27 \pm 1,39$).</p> <p>Ingesta de anestésicos y analgésicos: se observó una diferencia estadísticamente significativa ($P = 0,0014$) en la cantidad (en mg) de ketamina intravenosa necesaria durante los procedimientos</p>

						anestésicos de los pacientes tratados con sulfadiazina de plata (150,07 ± 70,14) o piel de tilapia (76,73 ± 39,12)
6	Edmar Maciel Lima Júnior, Doctor en Medicina, EM; Manoel Odorico de Moraes Filho Brasil 2020 Caso Clínico	Piel de tilapia liofilizada como xenoinjerto para quemaduras superficiales de espesor parcial: una novedosa técnica de preparación y almacenamiento.	La aplicación de piel de tilapia liofilizada en una paciente femenina con quemaduras superficiales de espesor parcial	Paciente de 33 años con quemaduras por escaldadura en la parte superior del abdomen, ambas mamas y antebrazos. Se calculó 10% de superficie corporal total afectadas presentando quemaduras superficiales de espesor parcial	Se decidió darle seguimiento al tratamiento de forma ambulatoria donde se evaluará la efectividad de la piel de tilapia de nilo al quinto y décimo día de tratamiento.	Evaluación al quinto día: Se observó una buena adherencia de la piel de tilapia liofilizada al lecho de la herida Evaluación al décimo día: Se requirió un periodo de 10 días para la reepitelización completa de las quemaduras
7	Edmar Maciel Lima Júnior, MD, MS, Manoel Odorico de Moraes Filho, MD, Ph.D. Bruno Almeida Costa, MD, Francisco Vagnaldo Fecchine, MD, Ph.D. Brasil 2021 Ensayo clínico	Un apósito a base de piel de tilapia del Nilo mejora el dolor y los costos del tratamiento de quemaduras superficiales de espesor parcial: un ensayo controlado aleatorizado de fase III	Evaluar con mayor profundidad la eficacia de la piel de tilapia del Nilo par quemaduras superficiales de espesor parcial	n=115 pacientes ambulatorios de entre 18 y 70 años con quemaduras superficiales de espesor parcial, que no habían recibido tratamiento previo. GI=57 pacientes fueron tratados con piel de pescado glicerolizada. GC=58 con crema de sulfadiazina de plata al 1 %.	Tiempo de reepitelización Número de apósitos Costos relacionados con el tratamiento. Intensidad del dolor. Uso de analgésicos. Ansiedad relacionada con procedimientos dolorosos. (Escala de Ansiedad por Dolor Específico de Burns)	Tiempo de reepitelización: (9,7 ± 0,6 días frente a 10,2 ± 0,9 días; p = <0,001) Número de apósitos: (1,6 ± 0,7 frente a 4,9 ± 0,5; p < 0,001). Costos relacionados con el tratamiento.: Para los 57 pacientes tratados con piel de tilapia del Nilo fue de \$613, con un costo promedio de \$11 ± \$1 por paciente. En contraste, el costo total de los apósitos para los 58 pacientes tratados con crema de sulfadiazina de plata fue de \$1123, con un promedio de \$19 ± \$1 por paciente. (p < 0,001) Intensidad del dolor. (Escala Visual Analógica):

						<p>diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,001$) entre el grupo de piel de pescado de tilapia del Nilo ($20,5 \pm 8,4$) y el grupo de crema de sulfadiazina de plata ($29,2 \pm 13,1$), con una diferencia de medias de $8,6$ (IC del 95 por ciento, $4,6$ a $12,7$).</p> <p>Uso de analgésicos: La cantidad de dipirona (en miligramos) necesaria para la analgesia del paciente durante todo el tratamiento de quemaduras fue significativamente mayor en el grupo de crema de sulfadiazina de plata (2000 mg; rango, 1000 a 3000 mg) en comparación con el grupo de piel de pescado de tilapia del Nilo (1000; rango, 500 a 1750 mg) ($p < 0,001$). no se observó ninguna diferencia significativa en la cantidad de tramadol (en miligramos) requerida ($p = 0,872$)</p> <p>Ansiedad relacionada con procedimientos dolorosos: Los resultados fueron bajas en el grupo de piel de pescado de tilapia del Nilo (5; rango, 0 a 15) en comparación con el grupo de crema de sulfadiazina de plata (8; rango, 1,75 a 22,25) ($p = 0,035$)</p>
8	Edmar Maciel Lima-Junior Manoel Odorico de Moraes Filho Bruno Almeida Costa	Innovative treatment using tilapia skin as a xenograft for partial thickness burns after a gunpowder explosion	Se presenta paciente masculino de 23 años, sin enfermedades, sufre quemadura por contacto con llamas por incendio de pólvora,	n: 1 paciente de 23 años	Tiempo de cicatrización y necesidad de cambio de apósito.	Se observó adecuada adherencia del xenoinjerto, lo cual permitió que no hubiera necesidad de cambio del apósito, además mejoró y aceleró el proceso de cicatrización, siendo de 12 días para la quemadura de miembro

	Francisco Vagnaldo Fechine Maria Elisabete Amaral de Moraes Francisco Raimundo Silva-Junior Maria Flaviane Araújo do Nascimento Soares Marina Becker Sales Rocha y Cybele Maria Philopimin Leontsinis 2019 Brasil informe de caso		presenta quemaduras superficiales de espesor parcial en miembro superior derecho y quemaduras profundas de espesor parcial en miembro superior izquierdo. SCTQ 16%			superior derecho y de 17 días para el miembro superior izquierdo.
9	Enrique Antonio Chau Ramos, Guillermo Martin Wiegering Cecchi Crhistian Alexander Chau Ramos 2024 Lima, Perú Artículo original comparativo, intervencionista, analítico, prospectivo y longitudinal	Uso de xenoinjerto comparado con sustituto dérmico sintético de nanocelulosas en pacientes con quemaduras térmicas de segundo grado profundo, enero 2022-julio 2023	Realizar una comparación de la calidad de la cicatrización con sustitutos dérmicos de nanocelulosa regenerada y xenoinjerto en pacientes con quemaduras térmicas de segundo grado profundo, con una edad entre el 1 y 60 años, que fueron atendidos dentro de las primeras 24 hrs de lesión. en un periodo de 90 días	n = 60 casos Se aplicó sustituto dérmico de nanocelulosa en el 50% de las lesiones y el xenoinjerto en el otro 50% de las lesiones, ambos en todos los pacientes.	Evaluación y medición de las características de cicatrización mediante la escala de Vancouver (VSS) evaluando 4 parámetros: pigmentación, vascularidad, flexibilidad y altura	El resultado favorece al sustituto dérmico de nanocelulosa con ($p < 0,05$)

10	Sandeep Sonawane, Harshada Suren Patil, Kaveri Shantaram Panpatil, Shrutiruti Deepak Shinde y Priyanka Sanjay Wabale, 2025 India, Artículo narrativo.	Revolucionando el cuidado de las quemaduras: El potencial terapéutico de la piel de tilapia del nilo	El objetivo de esta síntesis narrativa es valorar el uso de la piel de tilapia como terapia efectiva para pacientes con quemaduras en comparación con dos tipos de terapéuticas estándar.	Población no aplicable. Se analizaron 2 estudios para comparar la efectividad de la piel de tilapia: Se hizo la evaluación de un ensayo clínico aleatorizado de fase II en el 2019 en donde se incluyeron 62 pacientes Se realizó la evaluación de una serie de casos en 2022 para la comparación de tratamientos	Se evaluaron diversos factores: -Velocidad de cicatrización -Nivel de dolor -Cambio de apósitos -Se comparó el uso de sulfadiazina de plata. -Se comparó el uso de gasa parafinada -Se evaluaron pacientes tanto nivel hospitalario y de manera ambulatoria	En esta síntesis se pudo concluir que del estudio evaluado la piel de tilapia ayuda a la reducción de tiempo de cicatrización; en pacientes ambulatorios se demostró que pacientes con quemaduras el tiempo de curación fue entre 9.77- 18.10 días en comparación entre la gasa de parafina que actuaba diferente dependiendo de la profundidad de la quemadura tuvo una curación entre 14-21 días; siendo la sulfadiazina la que presentó una curación entre 18-21 días teniendo cambios constantes de apósitos. En cuanto al cambio de apósitos al usar piel de tilapia presentó una reducción entre un 60 y 70% en comparación con los pacientes que siguieron el tratamiento de sulfadiazina de plata. En la tasa de infección el uso de piel de tilapia ayuda por un potencial antimicrobiano natural a que exista menor riesgo de infección, en el caso de la sulfadiazina se tiene un efecto similar la diferencia es el uso de componentes químicos; si los comparamos con la gasa parafinada tiene un moderado riesgo de infección por el tipo de apósitos usados. En el manejo de dolor se obtuvieron mejores resultados con el uso de piel de tilapia a que se obtiene mejor efecto analgésico y ya que no
----	---	--	---	---	---	---

						<p>se deben realizar cambios regulares de apósito lo hace una terapéutica más cómoda para los pacientes en comparación contra la sulfadiazina de plata y la gasa parafinada</p> <p>En las reacciones adversas evaluadas hay menor riesgo de presentarlas con el uso de piel de tilapia ya que tanto con el uso de parafina y sulfadiazina pueden existir alergias presentes lo cual imposibilita el uso de terapias estándar.</p>
1 1	<p>Omar, Nadir BSc MBCHB, Powell, Richard A. MA, Williams, Allison MPH, Antonacci, Grazia PhD, Moses, Michael BM BCh</p> <p>AÑO:2025</p> <p>PAÍS: Inglaterra</p>	<p>Idoneidad de la piel natural de pescado para el tratamiento de heridas por quemaduras en el Reino Unido: una revisión sistemática y síntesis narrativa</p>	<p>Es una revisión sistemática en seis metabuscadores para valorar el uso de piel de pescado comparado con el uso de una matriz acelular bioingenierizada y sulfadiazina de plata bioingenierizada en donde se incluyeron 14 estudios.</p>	<p>Se analizaron 14 estudios en donde se valora el uso de piel de tilapia en comparación con matrices acelulares bioingenierizadas, sulfadiazina de plata y el uso de gasa parafinada para el tratamiento de quemaduras</p>	<p>Se evaluaron diversos factores:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Velocidad de cicatrización -Nivel de dolor -Cambio de apósitos -Costo -Efectividad de uso de piel de tilapia contra las otras terapias evaluadas -Se comparó el uso de matriz acelular bioingenierizada -Se comparó el uso de sulfadiazina de plata. -Se comparó el uso de gasa parafinada 	<p>En esta revisión sistemática se destacó que con el uso de piel de tilapia hubo disminución de dolor en comparación con la sulfadiazina de plata, hubo menor necesidad de analgésicos en la terapia con piel de tilapia.</p> <p>En la evaluación de la Escala de Ansiedad por Dolor se evaluó de 0 a 15 dando un rango medio de 5 en comparación con el tratamiento de sulfadiazina de plata (P=0.035).</p> <p>En la reepitelización se obtuvo un resultado de $10,07 \pm 0,46$ con el uso de piel de tilapia, en comparación con las matrices evaluadas la reepitelización fue de $22 \pm 6,3$ días con el uso de Kerecis Omega 3 y con Suprathel $45,6 \pm 6,6$ días; por lo que se evalúa una reepitelización más</p>

						<p>efectiva comparando el tiempo pronóstico proporcionado por médicos.</p> <p>El cambio de apósitos es significativo si se usa la piel de tilapia ya que se usaron $3,00 \pm 0,76$ apósitos en comparación con el uso de sulfadiazina de plata que fue de $9,27 \pm 1,39$ dando como resultado $P < 0,0001$.</p> <p>En cuanto al uso de piel de tilapia se demuestra que hay una reducción del 42% del costo de tratamiento comparando el uso de sulfadiazina de plata.</p> <p>De las quemaduras tratadas con piel de pescado la reepitelización se llevó en menor tiempo en comparación con la matriz de Suprathel.</p> <p>En el costo efectividad se valora que con el uso de tilapia se usan \$11 dólares contra \$19 que es el costo por la terapia con sulfadiazina de plata.</p>
1 2	Francisco Cezar Aquino de Moraes, Barbara Ferraz Barbosa, Debora Sepulvida, Camila Bordignon Barbosa, Luiza Miziera Brochi, Edmy Soza Figueroa, Marianne Rodrigues	Xenoinjerto de piel de tilapia del Nilo versus apósitos a base de plata en el tratamiento de quemaduras de espesor parcial: una revisión sistemática y un metanálisis	Se realizó un metaanálisis realizando una búsqueda en PubMed, Cochrane Central y LILACS en donde se utilizan ensayos controlados aleatorizados para la evaluación del uso de piel de tilapia en comparación con apósitos con base de	Se usaron siete artículos en los que se incluyeron ensayos controlados aleatorizados incluyendo 199 pacientes que tenían quemaduras de segundo grado tanto superficiales y profundas en donde se asignó de manera aleatoria el uso	Se evaluaron cuatro factores: -Reepitelización -Nivel de dolor -Cambio de apósitos -Se comparó el uso de apósitos de plata.	La reepitelización se evaluó comparando el uso de piel de tilapia contra el uso de apósitos a base de plata dando resultados positivos y significativos donde es más corto el tiempo si se usa tilapia con un IC de 95%: $-0,71, -0,24$], así como un valor $p < 0,0001$.

	Fernandes, Ney Pereira Carneiro dos Santos AÑO: 2024 PAÍS: Brasil		plata para el tratamiento de quemaduras.	de piel de tilapia a 99 pacientes y los 100 restantes con apósitos de plata.		<p>Con el uso de piel de tilapia se demostró que los cambios de apósitos fueron menores en comparación con los apósitos a base de plata aún si los pacientes presentaban fallas en la adhesión de la tilapia se obtuvo un IC del 95%: -5,81, -1,26], y con un valor p = 0,002%.</p> <p>Posterior al procedimiento del uso de apósitos así como el uso de xenoinjertos se demostró por la escala análoga de dolor que hubo una disminución la cual fue estadísticamente significativa con un IC del 95 %, 2,39-19,27; y un valor p = 0,0142.</p> <p>En cuanto al costo efectividad se pudo evaluar que en un estudio realizado el costo por el uso de piel de tilapia en 57 pacientes fue de \$613 con una reducción del costo de terapia convencional usando sulfadiazina de plata de \$1123 usada en 58 pacientes con un valora de p < 0,001.</p> <p>Nos da como pauta que es un buen tratamiento alterno al convencional y que puede ayudar a disminuir la estancia hospitalaria y con un costo beneficio importante.</p>
1 3	Adel Kotkot, Saif Ghabisha, Faizal Ahmed, Saleh Al-wageeh, Eb	Piel de pescado como apósito biológico para	Estudio de casos clínicos retrospectivo en donde se evalúan pacientes con quemaduras de	Con 18 pacientes con un rango de edad de 19-46 años de los cuales 12 (66.7%)	Se evaluaron 2 factores: -Reepitelización -Nivel de dolor	El tiempo medio para alcanzar el 90% de epitelización se obtuvo un rango de 7-15 días y con tiempo medio con alcance del 100% de

	<p>rahim Alshami, Abdu Al-hajri, Waleed Aljbri y Fawaz Mohammed, 2022, Yemen Ensayo clínico</p>	<p>quemaduras</p>	<p>espesor parcial con aplicación de piel de pescado</p>	<p>pacientes fueron hombres, y 6 (33.3%) pacientes fueron mujeres. Con índice de masa corporal con rango de 19-27. El 72.2% de pacientes (13) presentaron quemaduras superficiales de espesor parcial y el 27.8% (5) presentaron quemaduras de espesor total.</p>		<p>epitelización de 13-21 días. En cuanto a la media de dolor se inició con un rango de 6-8 y posteriormente 4-6 a los 7 y 15 días siendo estadísticamente significativa $p < 0,001$. Ningún paciente tuvo presencia de infección, sin reacciones alérgicas que estuvieran asociadas al uso de pescado. El uso de piel de pescado puede permanecer en la herida durante 10 días por lo que la reducción en el cambio de apósito influye en el alivio de dolor. Por lo que se puede usar como buen tratamiento para quemaduras de espesor total y parcial.</p>
14	<p>Nandita Melati Putri, Prasetyanu graheni Kreshanti, Akhmad Noviandi Syarif, Gadia Ayundy Duhita, Nadya Johanna, Aditya Wardhana, 2022, Indonesia Ensayo clínico.</p>	<p>Eficacia del xenoinjerto de piel de tilapia en comparación con la gasa impregnada en parafina como apósito para quemaduras de espesor completo después del desbridamiento escisional: una serie de casos</p>	<p>Estudio de casos clínicos prospectivos con quemaduras 5 entre 27.5% y 37% en extremidades.</p>	<p>Se seleccionaron 4 pacientes entre 18 y 60 años con una superficie corporal total quemada del 20 al 40% y además eran similares en ambas extremidades superiores o inferiores las cuales se sometieron a desbridamiento quirúrgico posterior a 96 horas después del evento de la quemadura. Se comparó el uso de piel de tilapia contra el</p>	<p>Se evaluaron 2 factores: -Reepitelización -Nivel de dolor</p>	<p>Al inicio del estudio fueron 4 pacientes de los cuales 2 fallecieron por un choque séptico. No se observaron reacciones alérgicas ni alguna reacción en los análisis de laboratorio. De los pacientes que quedaban refirieron menor dolor en la región donde se colocó piel de tilapia. En el paciente 1 en la región tratada con piel de tilapia epitelizó al quinto día de inicio de tratamiento y el décimo día la lesión ya estaba epitelizada al 100%. En ninguno de los pacientes se requirió un cambio de apósito adicional al que se tenía establecido por lo que se evaluó que se</p>

				<p>uso de gasa impregnada con parafina. Los familiares eligieron de manera aleatorizada cual tratamiento se llevaría en cada extremidad. Realizando cambio cada 2-3 días en las heridas con gasa parafinada y cada 5 días en las regiones donde se utilizaron xenoinjertos.</p>		<p>realizaron dos cambios menos que en el uso de gasa parafinada. Al final del estudio se determinó que se requirió para una epitelización completa un período entre 10 a 17 días. Se determina que da un buen resultado en el que se necesitan hacer estudios más amplios y valorar el factor emocional si a los pacientes no les resulta desagradable usar estos productos como tratamiento.</p>
15	<p>Diana Carla Pereira Da Silva, 2023, Brasil Ensayo clínico</p>	<p>Evaluación de la eficacia del uso de piel de tilapia (Oreochromis niloticus) liofilizado como apósito biológico para quemaduras superficiales de segundo grado: un estudio clínico aleatorizado y controlado</p>	<p>Se realizó un estudio piloto fase II, prospectivo, abierto, monocéntrico y aleatorizado con una muestra de 24 pacientes.</p>	<p>Se seleccionaron 24 pacientes que por medio de una técnica de aleatorización por bloques primero se definieron 6 bloques que contenían 4 pacientes de los cuales 2 de cada 4 usarían como tratamiento la piel de tilapia liofilizada y los dos restantes de cada grupo usarían espuma de plata.</p>	<p>Se evaluaron los siguientes factores: -Reepitelización -Nivel de dolor -Cambio de apósitos -Se comparó el uso de apósitos de plata.</p>	<p>Al evaluar los resultados se demostró por la escala visual analógica de dolor fue en los pacientes con uso de piel de tilapia disminuyó el dolor en el 83.33% en cambio con el tratamiento de espuma de plata al evaluar por EVA se reportó un dolor >5 en el 41.67% de los pacientes. En los casos de cambio de apósito no fue estadísticamente significativo en comparación con los apósitos de plata con un valor de p=0.59. El mismo resultado en la comparación de uso de analgésicos en el grupo que usó piel de tilapia contra el uso de espuma con plata no tuvieron resultados estadísticamente significativos con un valor de p=0.16.</p>

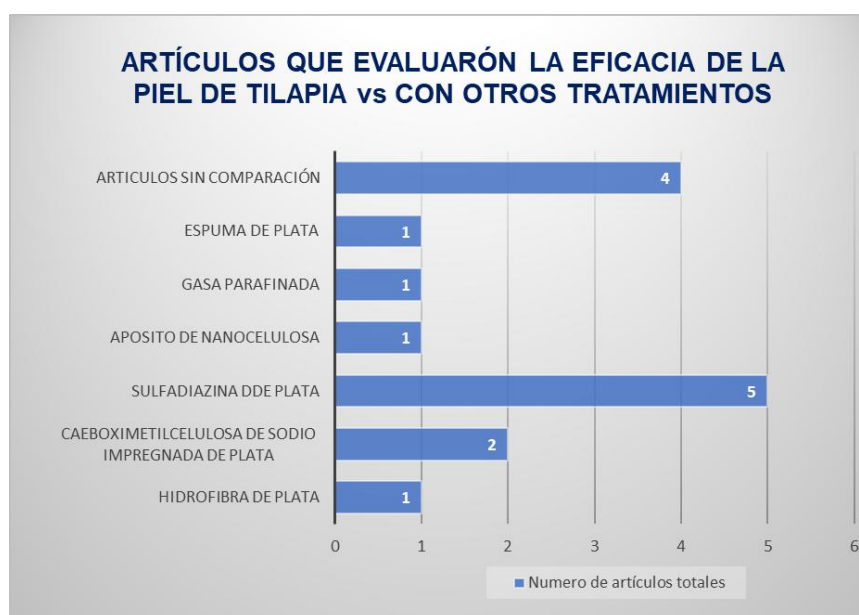
						<p>En el número de días llevados para lograr la epitelización fue en el uso de tilapia de 11.5 días vs 11.83 en los pacientes que usaron espuma con plata.</p> <p>Se demuestra que es una buena alternativa de tratamiento para quemaduras ya que tuvo gran funcionalidad en comparación con la plata.</p>
--	--	--	--	--	--	--

Fuente: Elaborada por: CRJP, SJV, VBMM.

Para la interpretación de los resultados que se obtuvieron de los artículos analizados en la Tabla 2, se elaboraron gráficas.

En la figura 7 se presentan las principales terapias terapéuticas con las que fue comparado el uso de tilapia, así como la cantidad de artículos que evaluaron cada tratamiento, así como los casos en donde solo fueron presentación de casos clínicos.

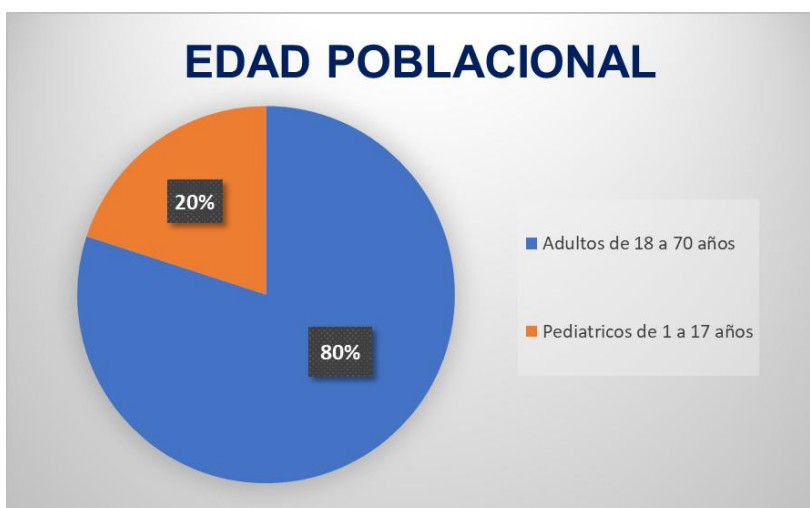
Figura 7: Gráfica de estudios que comparan el xenoinjerto de piel tilapia con diferentes apósitos.



Fuente: Gráficas elaborada: CRJP, SJV, VBMM.

Como se muestra en la gráfica representada en la figura 8 el 20% de la población estudiada se encontraba entre las edades de 1 a 17 años y en el 80% restante el injerto de piel de tilapia fue aplicado en adultos de los 18 a los 70 años. Esta diferencia etaria puede indicar que la mayor evidencia científica encontrada y seguridad del uso de este apósito biológico es estudiada en adultos.

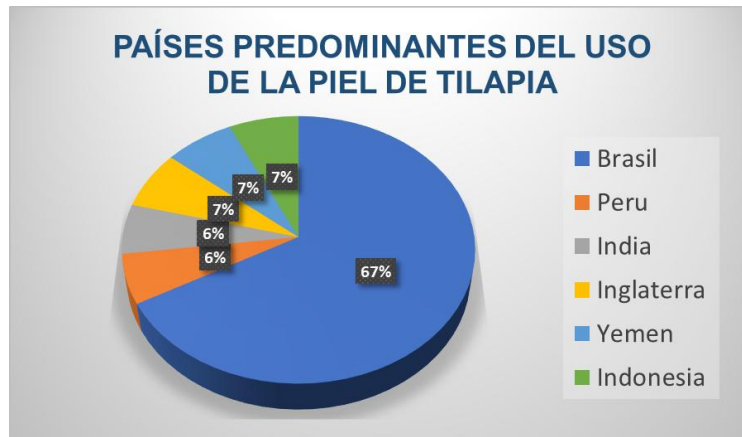
Figura 8: Gráfica de la edad poblacional con el uso del xenoinjerto de piel de tilapia.



Fuente: Gráfica elaborada: CRJP, SJV, VBMM.

En la figura 9. Se muestra que Brasil constituye la principal fuente de publicaciones incluidas en la revisión, representando la proporción más amplia del total de artículos analizados. Este predominio demuestra que Brasil está siendo uno de los países con mayor publicaciones científicas investigando este tema. En menor proporción, países como, Perú, India, Inglaterra, Yemen e Indonesia también aportan publicaciones, aunque con contribuciones mucho más reducidas.

Figura 9: Gráfica que representa los países predominantes que utilizaron piel de tilapia como tratamiento de quemaduras.



Fuente: Gráfica elaborada: CRJP, SJV, VBMM.

Tal como se muestra en la figura 10, se seleccionaron 15 estudios, de los cuales el 33.3% (N=5) de ellos representaron ensayos clínicos lo que nos indica que existe evidencia experimental relevante pero limitado en alcance, es bien conocido que este tipo de estudio aporta información sólida sobre eficacia y seguridad, pero con la desventaja de que son muestras pequeñas lo que dificulta la realización de conclusiones. 13.3% (N=2) fueron metaanálisis los cuales nos ofrecen el mayor nivel de evidencia científica, sin embargo, al ser pocos sugiere que aún hay un campo transicional entre la evidencia preliminar y la consolidación científica. 13.3% (N=2) fueron artículos narrativos los cuales ayudan principalmente al entendimiento conceptual y contextual del tema, pero no contienen una metodología estricta para establecer causalidad. 13.3% (N=2) presentaron reporte de casos y otro 13.3% (N=2) casos clínicos, los cuales contribuyeron en la descripción de resultados mediante el análisis clínico y la observación. Finalmente, el 13.3% (N=2) representó un ensayo controlado aleatorizado en fase II y III, estudios que demuestran evidencia científica más rigurosa y concluyente para determinar seguridad y protocolos de intervención.

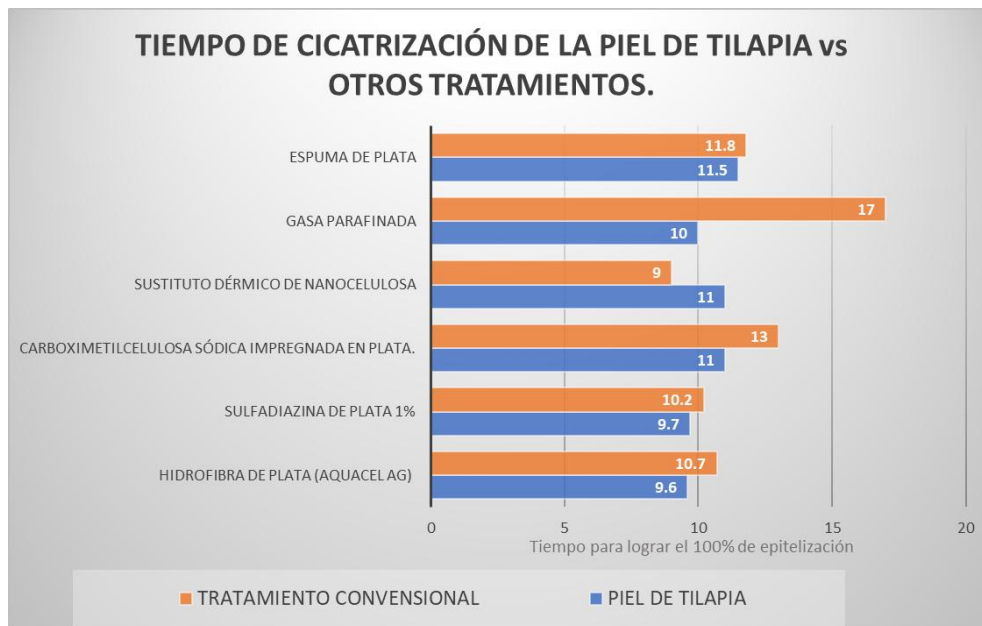
Figura 10: Gráfica de pastel que representa el diseño de los estudios.



Fuente: Gráfica elaborada: CRJP, SJV, VBMM.

Los 15 artículos evaluaron el tiempo en días que tardaba en epitelizar las quemaduras. Los resultados fueron reportados en número de días totales, medias, valores de P, IC. En la figura 11 se interpretó el tiempo de cicatrización con las medias obtenidas de los artículos. donde se logró apreciar que la piel de tilapia presentó una diferencia significativa clínica frente otros tratamientos convencionales, a excepción del tratamiento comparado con el apósito de nanocelulosa donde no logró la disminución del tiempo de cicatrización.

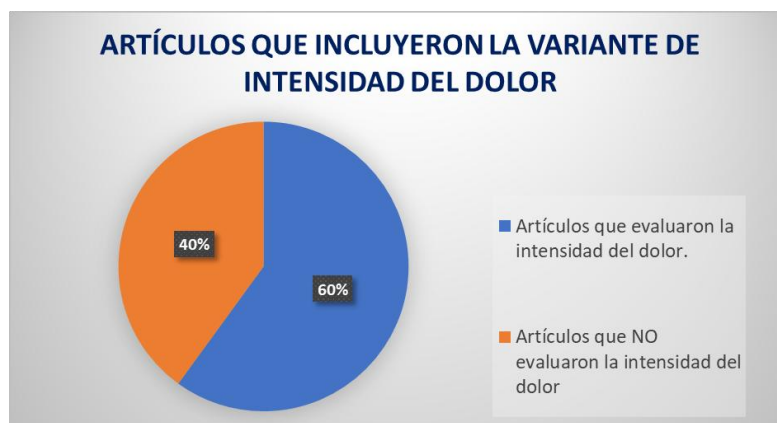
Figura 11: Gráfica que representa el tiempo de cicatrización en días de la piel de tilapia vs otros tratamientos (espuma de plata, gasa parafina, sustituto dérmico de nanocelulosa, carboximetilcelulosa sódica impregnada en plata, sulfadiazina 1%, hidrofibra de plata).



Fuente: Gráfica elaborada: CRJP, SJV, VBMM.

La valoración de la intensidad del dolor fue reportada en 9 de los 15 artículos figura 12, donde el dolor fue valorado con diferentes escalas en cada artículo, entre ellas la Escala de Valoración Analógica (EVA), Escala de Interpretación Global (CGI-I) y Escala de Dolor de Caras Revisada FPSR) y los resultados interpretados de diferente manera entre ellas, valor de P, Rango del dolor, IC, porcentajes. Resaltando que la disminución del dolor en la mayoría de los pacientes presento una diferencia estadística significativa con el tratamiento de la piel de tilapia sin importar la edad o tipo de quemadura.

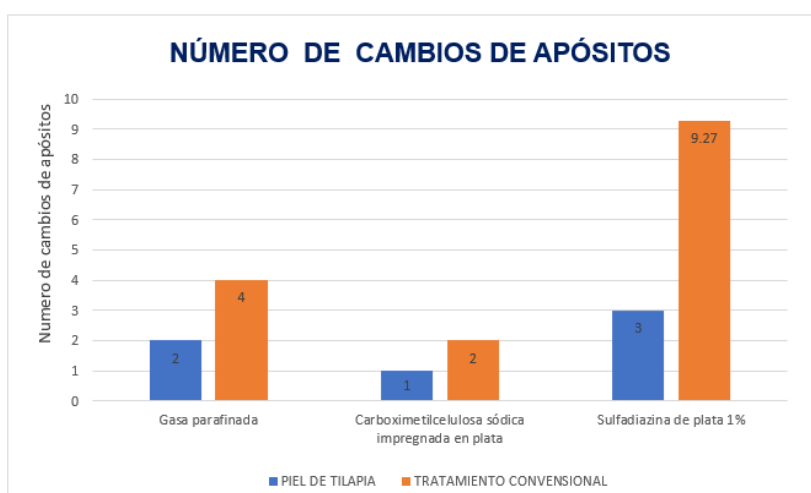
Figura 12: Gráfica de los artículos que incluyeron de intensidad del dolor



Fuente: Gráfica elaborada: CRJP, SJV, VBMM.

En la figura 13 se muestra el número de veces que se requirieron de cambios de apósitos los pacientes desde su inicio del tratamiento hasta la epitelización de la quemadura. En 11 de 15 artículos reportaron la variante de número de cambios de apósitos, donde cada cambio contaba con el hecho de destapar la quemadura y realizar la colocación de un nuevo apósito. Los resultados reportaban diferencia estadística y clínica significativa. Debido a que el xenoinjerto de tilapia presentaba una buena adherencia al lecho de la lesión por sus propiedades de colágeno.

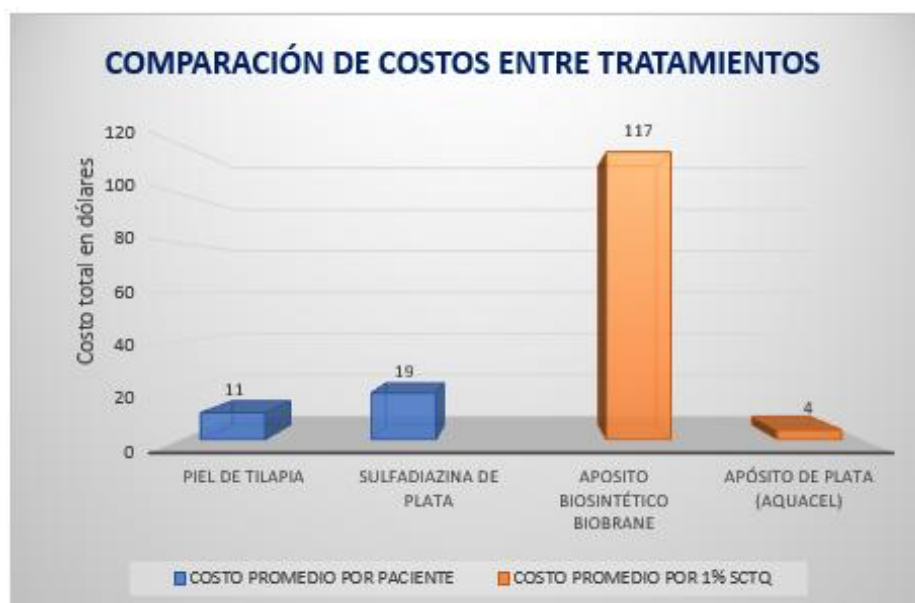
Figura 13: Gráfica de artículos que incluyeron la valoración del número de cambios de apósitos.



Fuente: Gráfica elaborada por: CRJP, SJV, VBMM.

Un artículo clínico de fase III analizó el costo total del tratamiento de la piel de tilapia en 115 pacientes. En la figura 14 interpreta el costo promedio por pacientes en dólar del tratamiento con piel de tilapia comparado con otros tratamientos. Se obtuvieron resultados comprometedores de la rentabilidad de trabajar con el xenoinjerto de tilapia en pacientes quemados.

Figura 14: Gráfica de costos entre tratamientos.



Fuente: Gráfica elaborada por: CRJP, SJV, VBMM.

A continuación, agregamos un breve resumen de los casos clínicos reportados en los artículos que se analizaron.

En el artículo “Tratamiento de quemaduras profundas de segundo grado en abdomen, muslos y genitales: uso de piel de tilapia como xenoinjerto” reportaron un caso clínico de una paciente de 18 años (**ver anexo 1**), sin comorbilidades, con quemaduras profundas de segundo grado en el abdomen, la región inguinal, parte de los genitales y la mitad superior de ambos muslos, que afectaba al 13,5 % de la superficie corporal total (SCTQ), evaluado con la escala de Lund y Browder. Tras su ingreso, la paciente fue reanimada con fluidoterapia intravenosa según la fórmula de Parkland y permaneció hemodinámicamente estable. La paciente fue sometida a hidroterapia bajo anestesia y analgesia con 100 mg de ketamina, 2 mg de midazolam y 2000 mg de dipirona, Tras eliminar el tejido necrótico y limpiar la lesión con agua potable y gluconato de clorhexidina al 2%, se aplicó piel de tilapia sobre las lesiones, logrando una reepitelización completa a los 16 días de tratamiento, la paciente requirió de cambios de piel de tilapia. No se observaron efectos secundarios.(48)

El siguiente caso fue uno de los reportados en el ensayo clínico de “Xenoinjerto (piel de tilapia del Nilo) e hidrofibra de plata en el tratamiento de quemaduras de segundo grado en adultos” donde mostraron los resultados clínicos desde la primera visita hasta el alta médica de un paciente tratado con piel de tilapia del Nilo (**ver anexo 2**). La interpretación de cada imagen es, **A**: Evaluación y limpieza de la herida y valoración del dolor mediante la escala visual analógica (EVA); **B**: Colocación del apósito de piel de tilapia del Nilo en la primera consulta y valoración del dolor mediante la EVA; **C**: Evaluación del apósito a los 7 días; **D**: Epitelización completa de la herida a los 16 días.(49)

Otro de los casos clínicos fue reportado en el artículo “Tratamiento de quemaduras pediátricas con piel de tilapia como xenoinjerto para heridas superficiales de espesor parcial: un estudio piloto” Donde mostraron la evolución de dos participantes pediátricos tratados con piel de tilapia (**ver anexo 3**), ambos con quemaduras de espesor parcial. La primera imagen de cada paciente corresponde a la quemadura antes de la aplicación de la piel de tilapia. La segunda imagen de cada paciente corresponde a la quemadura después de la aplicación de la piel de tilapia. La tercera imagen de cada paciente corresponde al último día de tratamiento. El paciente 2A presentó reepitelización completa en 10 días con dos curas. El paciente 2B presentó reepitelización completa en 9 días con tres curas.(50)

A continuación, un caso clínico publicado en el artículo con título “Tratamiento innovador con piel de tilapia como xenoinjerto para quemaduras de espesor parcial tras explosión de pólvora”. Se documentó un caso de un varón de 23 años, sin enfermedades subyacentes, acudiendo a un nosocomio especializado en quemaduras en Fortaleza, Brasil, después de una herida térmica provocada por el roce con el fuego directo de una explosión de pólvora (**ver anexo 4**). Se observaron quemaduras superficiales de espesor parcial (QSP) en la extremidad superior derecha (anexo 4, A) y quemaduras profundas de espesor parcial (QPE) en la extremidad superior izquierda (anexo 4, B), la cara y las regiones anterior y posterior del tórax. La afectación del 16 % de SCTQ se calculó mediante la escala de Lund y Browder. Tras su admisión, se le administraron líquidos intravenosos según la fórmula de Parkland para su reanimación y se mantuvo sin compromiso hemodinámico. Tras realizar desbridamiento de la lesión con solución estéril y gluconato de clorhexidina al 2%, y

eliminar el tejido necrótico y fibrinoso se colocó piel de tilapia sobre las lesiones (anexo 4, C), logrando el cierre completo de la herida a los 12 y 17 días de tratamiento (anexo 4, E y F). El biomaterial colocado demostró tener una adhesión adecuada al lecho de la herida, sin requerir de cambios de apósito (anexo 4, D), no se observaron efectos secundarios.(51)

Luego un Artículo Clínico de título “Tratamiento innovador de quemaduras mediante el uso de piel de tilapia como xenoinjerto: un ensayo controlado aleatorizado de fase II”, registró la evolución de la cicatrización de heridas en tres pacientes utilizando con piel de tilapia (**Anexo 5**), cada uno perteneciente a un brazo de estudio diferente. Participantes de cada grupo de estudio A (2a); paciente ambulatorio con tuberculosis pulmonar superficial (TBPS) que afectaba a <10 % de la SCTQ, estudio B (2b); paciente ingresado con TBPS que afectaba del 10 % al 20 % de la SCTQ y estudio C (2c); paciente ingresado con tuberculosis pulmonar profunda (TBPP) que afectaba del 5 % al 15 % de la SCTQ, por lo que se aplicó piel de tilapia antes, durante y después del tratamiento. Se indica el día del tratamiento en el que se tomó cada fotografía.(52)

Un ensayo clínico aleatorizado y controlado titulado “Un apósito para heridas a base de piel de tilapia del Nilo mejora el dolor y los costos relacionados con el tratamiento de quemaduras superficiales de espesor parcial: un ensayo controlado aleatorizado de fase III”, incluyeron fotografías de la evolución de dos pacientes ambulatorios con quemaduras superficiales de espesor parcial tratados con piel de tilapia del Nilo (**Anexo 6**). La imagen del anexo 1a y 1b corresponde a la quemadura antes de la aplicación de la piel de tilapia del Nilo. La imagen 2a y 2b corresponde a la quemadura inmediatamente posterior a la colocación de la piel de tilapia del Nilo. Las imágenes 3a y 3b se tomaron 4 días después del inicio del tratamiento. Las imágenes 4a y 4b corresponden al último día de tratamiento de cada paciente. En ambos casos, se observó cierre completo en 10 días, requiriendo únicamente un apósito de piel de tilapia del Nilo.(53)

Como último Caso Clínico publicado en artículo “Piel de tilapia liofilizada como xenoinjerto para quemaduras superficiales de espesor parcial: una nueva técnica de

preparación y almacenamiento”, Una paciente de 33 años llegó a un centro de tratamiento de quemaduras, con quemaduras por escaldadura en la parte superior del abdomen y ambos senos, brazos y antebrazos. (**Anexo 7**). La lesión se produjo mientras cocinaba y tardó 24 horas en llegar al hospital. En su historial clínico no se observaron comorbilidades, uso de medicamentos ni alergia a ninguna sustancia o material, y se le administraron 500 mg de dipirona y 50 mg de tramadol para el alivio del dolor agudo. La interpretación de cada imagen es la siguiente: Se calculó una afectación del 10% de la superficie corporal total con quemaduras superficiales de espesor parcial utilizando la escala de Lund y Browder (anexo 7, a). Aspecto de la zona quemada tras la colocación de piel de tilapia liofilizada. La cara interna blanca del biomaterial, previamente adherida al músculo del pez, teniendo contacto directo con el lecho de la herida (anexo 7, b). Al quinto día de tratamiento, se revisó el apósito en la primera sesión. Se observó una buena adherencia de la piel de tilapia liofilizada al lecho de la herida. En algunas zonas (parte interna del brazo izquierdo y del antebrazo derecho), el xenoinjerto no se adhirió debido al exceso de secreción subyacente. En estas zonas, se retiró la piel de tilapia y se volvió a colocar tras un proceso de limpieza (anexo 7, c). Aspecto de la herida tras la retirada de la piel de tilapia (anexo 7, d). Se requirió un periodo de 10 días para la curación completa de las quemaduras superficiales de espesor parcial, sin que se observan efectos adversos (anexo 7, e).(54)

11. DISCUSIÓN

En los resultados recopilados se demuestra que el uso de este biomaterial es eficaz y seguro para el manejo de las quemaduras de segundo grado.

El tratamiento de las quemaduras cutáneas representa un reto esencial para lograr una cicatrización óptima, disminuir el dolor y minimizar el riesgo de complicaciones infecciosas o funcionales. Hoy en día hay una gran variedad de apósitos que cumplen con favorecer la epitelización del paciente quemado, es importante recalcar que por eso la elección del apósito más adecuado se realiza evaluando de manera individualizada a cada paciente. En este contexto, el objetivo principal de esta revisión estratégica es sintetizar la literatura existente sobre la efectividad y seguridad del uso de xenoinjertos elaborados con piel de tilapia del Nilo en el manejo de quemaduras cutáneas. Con el propósito de facilitar un análisis comparativo riguroso, los estudios incluidos fueron organizados según el tipo de apósito o agente terapéutico empleado, comparándolo con el uso terapéutico de la piel de tilapia.

Entre los hallazgos más relevantes nos reportan que en los estudios 15 estudios incluidos en esta revisión el 100% de los estudios demostraron una reepitelización más rápida teniendo un promedio de cicatrización de 17 días en comparación con las terapéuticas alternas utilizadas como ejemplo claro el uso de la sulfadiazina de plata que fue usada en 3 de los 15 artículos incorporados. El tener una adherencia adecuada del producto en el lecho de la herida evita que exista una manipulación de la lesión de manera constante, se evita la pérdida de humedad creando un ambiente ideal para una buena cicatrización.

Así mismo 12 de los 15 artículos incluidos demostraron una reducción significativa de dolor con un resultado estadísticamente significativo $p < 0.01$, dando apoyo en el efecto analgésico gracias a su estabilidad, adherencia, así como menor cantidad de cambios de apósitos. Uno de los estudios incluidos (Lima Junior 2021) demostraron que los pacientes que utilizaron tilapia disminuyeron sus valores de la escala EVA de manera notable en comparación con los pacientes que eran tratados con apósitos a base de plata. Así como en el estudio realizado con uso de tilapia liofilizada se puede destacar que el 83.3% de los pacientes que utilizaron esta terapéutica disminuyeron la presencia de dolor en comparación con los que usaron una terapia estándar con

espuma de plata con un 41.67% con EVA >5. En los riesgos de infección se identificó que de los 5 estudios que evaluaron esta variable existe una ausencia de infecciones que están asociadas al uso de este producto ayudando a dar una protección biológica contra microorganismos, incluyendo a los pacientes que fueron sometidos realizar un desbridamiento, quemaduras extensas los xenoinjertos fueron seguros sin presencia de reacciones adversas, evitando la exposición con agentes patógenos; de los países que coinciden con estos resultados son Yemen, India y Brasil. De los puntos más destacables fueron los hallazgos de presentar una disminución en el cambio de apósitos, con menor presencia de dolor, menor riesgo de una contaminación y mínimo consumo de insumos; teniendo un impacto económico ya que estudios documentaron el costo de los tratamientos utilizados contra el uso del xenoinjerto siendo menor en este último siendo una alternativa efectiva, económicamente adecuada para su uso en quemaduras y accesible para la población, como evidencia científica se identificó que un estudio en donde el costo del tratamiento con tilapia fue de \$613 USD en 57 pacientes en comparación con el grupo en donde se usó sulfadiazina de plata tuvo un costo de \$1123 USD con un grupo comparable con valor de ($p < 0.001$).

En los resultados obtenidos con relación al uso de los diferentes apósitos se encontró la siguiente comparación del injerto biológico de piel de tilapia con otros tratamientos convencionales; se describen a continuación de forma más detallada.

La piel de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) versus un apósito de hidrofibra de plata (Aquacel AG®).

En los artículos encontrados acerca del uso de piel tilapia comparado con el uso de apósitos de hidrofibra de plata se observó una gran ventaja con respecto al uso de la piel tilapia, ya que tiene las características de ser biocompatible, productor de colágeno tipo I y III y además, su carga microbiana es muy pequeña como para generar infección, comparado con el uso de apósito de hidrofibra, el xenoinjerto de piel tilapia requiere de un menor número de cambios, pues si se adhiere adecuadamente al lecho de la herida, no es necesario el recambio hasta lograr la epitelización, lo cual es un factor que mejora considerablemente el dolor con el paso de los días. (55)

La piel de tilapia del Nilo liofilizada vs carboximetilcelulosa de sodio impregnada de plata.

En la evaluación de la piel de tilapia liofilizada reveló un efecto positivo en la valoración de la disminución de dolor ya que la espuma de plata presentaba un umbral de dolor por la escala EVA >5 por lo que da buenos resultados para un adecuado manejo con menor uso de analgésicos. En donde puede generar cambios en el uso de la piel de tilapia en su preparación liofilizada a comparación de la piel de tilapia que se usa en los diferentes estudios es que en su presentación liofilizada no tuvo resultado estadísticamente significativo en comparación con el carboximetilcelulosa de sodio así como en los resultados de epitelización fueron resultados similares con el apósito comparado; puede generar controversia si la preparación de tilapia a su forma liofilizada puede alterar la composición química que se presenta en la piel de tilapia sin liofilizar y puede dar un punto nuevo de investigación para comparar de acuerdo a la preparación de la piel.(56)

Xenoinjerto de piel de tilapia en comparación con la gasa impregnada en parafina.

En esta comparación la piel de tilapia tuvo un efecto benéfico en los pacientes ya que presentaron menor dolor en las regiones donde se colocó la piel en comparación con las zonas en donde se colocó la gasa parafinada.(57)

En uno de los dos pacientes que terminaron el estudio logró la epitelización completa al décimo día de la colocación de la tilapia; con el aspecto benéfico de evitar cambios de apósitos que se tenían contemplados y en total fueron dos cambios menos que con el uso de gasa parafinada por lo que se concluye que son mejores sin embargo es necesario realizar un estudio en donde se puedan incluir más pacientes ya que en este estudio fue comparado solamente por cuatro personas de las cuales dos pacientes fallecieron sin embargo en los criterios de exclusión no se evitó el incluir pacientes que tuvieran infecciones presentes al inicio del estudio y se desconoce si la piel de tilapia pudo influir en el choque séptico presentado en uno de los pacientes y alterar el pronóstico en el paciente que presentaba neumonía nosocomial.(57)

Xenoinjerto comparado con sustituto dérmico sintético de nanocelulosa.

En un estudio realizado del 2022 al 2023, se evaluaron 4 características de la calidad de la cicatrización. De acuerdo con la escala de Vancouver para cicatrización patológica, fueron tratados 60 pacientes con quemaduras de segundo grado profundo. Dicho tratamiento consistió en la colocación de un sustituto dérmico sintético de nanocelulosa en el 50% de la lesión, y en el otro 50% de la lesión total se utilizó el xenoinjerto de piel tilapia, dando como resultado a los 90 días una mejor calidad de la cicatriz en las heridas que fueron tratadas con nanocelulosa, ya que este sustituto está compuesto en 95% de solución salina isotónica que permite la hidratación lenta de la quemadura. (58)

La piel de tilapia vs crema de sulfadiazina de plata al 1%.

Se han realizado diversos estudios sobre la comparación de sulfadiazina de plata el cuál ha sido utilizado comúnmente como buena terapia para quemaduras desde el siglo XVIII, sin embargo no llega a ser una terapéutica al tratarse de una quemadura más compleja es necesario usar otro tipo de manejo además de que se han observado ciertas complicaciones y riesgos al usar la sulfadiazina de plata como riesgos de toxicidad, así como presencia de dolor al momento de realizar cambio de apósitos lo cual hace que el tratamiento sea más complejo y poco útil para dar una mejora en los pacientes; y es el motivo de la creación de nuevas técnicas como es el uso de xenoinjertos como la piel de tilapia. (59)

En los resultados evaluados se demostró que en el costo beneficio del uso de piel de tilapia es benéfico ya que reduce los costos en un 45.5% con un costo de sulfadiazina de plata de \$1123 dólares para un uso en 58 pacientes vs \$613 dólares que fue el costo para usar el producto de piel de tilapia.(59)

En cuanto a la medida analgésica en el estudio comparado que logra disminuir el dolor si lo comparamos con el uso de sulfadiazina de plata por menor cantidad de cambios de apósitos lo cual genera más dolor a la manipulación cuando se usa la sulfadiazina contra los pacientes que usaron piel de tilapia. (24)

En tiempo de cicatrización es mejor al usar piel de tilapia ya que es menor con 9.77-18.10 días de cicatrización contra la sulfadiazina en donde se terminó la cicatrización en un periodo de 18-21 días con el cambio frecuente de apósitos.(24)

En la comparación con los estudios se puede evaluar el estudio realizado en Yemen que es un estudio clínico en 2022 el cual reportó no tener riesgo de infecciones al finalizar las curaciones, con una adecuada adherencia del injerto, así como una progresión adecuada en la cicatrización, dando resultados similares a los realizados en Brasil en donde no se documentaron infecciones asociadas al uso del biomaterial. También al valorar los estudios que fueron realizados en Indonesia demostraron una reducción en el dolor de los pacientes que fueron tratados con esta piel y con la epitelización completa entre los 10 y 17 días aún en los pacientes que eran sometidos a un desbridamiento bilateral. En cuanto a los países en India y Reino Unido siendo revisiones en donde se comparaban con apósitos como las membranas sintéticas, así como las matrices acelulares, en donde se reporta menor tiempo de cicatrización, colonización bacteriana, así como la documentación del hallazgo de un costo efectividad favorable al usar este xenoinjerto. Por lo que estos resultados proporcionados por Sudamérica, Medio Oriente, Asia y Europa nos ayudan a fortalecer el potencial del producto como un adecuado xenoinjerto el cual puede ser una buena alternativa terapéutica para pacientes quemados.

Entre las fortalezas que se tiene en esta revisión es que se tiene una adecuada amplitud y diversidad de los estudios incluidos, como lo fueron los ensayos clínicos aleatorizados, revisiones sistemáticas, series de casos en diferentes países, en donde se puede integrar la efectividad del uso de este producto; como la integración del estudio realizado en Yemen donde se demuestra un adecuado funcionamiento del uso de esta piel.

Una fortaleza es que se realizó un proceso riguroso de extracción de datos y el análisis de estos, valorando las variables que aportan un impacto en la investigación como lo fue usar cicatrización, dolor, cambios de apósitos en las curaciones, riesgo de infección y su costo beneficio dando una evaluación más completa sobre los efectos que se dan al usar este xenoinjerto. Además de integrar estudios con datos cuantitativos sólidos, así como la diferencia estadística en la comparación de los tratamientos.

En cuanto a las desventajas de este estudio faltó evaluar la calidad de cada uno de los estudios con metodología cuantitativa, sin embargo este trabajo incluyó una búsqueda amplia metodológica y la profundidad de la evidencia que se presenta. Con

relación a los resultados de los estudios obtenidos se observó que no se evalúan las mismas variables en todos los estudios incluidos dificultando la comparación de los resultados, específicamente en el riesgo de infección y la evaluación de dolor en donde no utilizaron el mismo instrumento de medición. Al valorar los tamaños de la muestra en cada estudio eran reducidos lo cual puede llegar a afectar la validez estadística. También se incluyeron series de casos o presentación de caso en donde faltaba mayor población para evaluar su efectividad. A pesar de las limitaciones la calidad de los resultados obtenidos nos aporta una validez en la revisión realizada de su efectividad.

Como recomendaciones que se pueden proporcionar es realizar nuevos estudios con la metodología de una revisión sistemática donde se utilicen xenoinjertos por medio de ensayos multicéntricos, con un tamaño de muestra más amplio y una metodología homogénea para que pueda ayudar a evaluar mayor cantidad de variables. También usar instrumentos estandarizados para la medición de dolor, así como la tasa de infección. Se sugiere además el ampliar su uso en poblaciones pediátricas, adultos mayores y comorbilidades como pacientes con diabetes mellitus o inmunosupresión para evaluar la eficacia en estas poblaciones. Se sugiere investigar sobre las variantes de procesamiento de la piel como lo es la liofilización y diferentes métodos de esterilización para poder potenciar sus propiedades químicas y estructurales para beneficiar a los usuarios de esta terapia y de esta manera pueda permitir considerarse como alternativa terapéutica segura, eficaz y sostenible.

En síntesis, se determina que los hallazgos reportados en esta revisión es que constituye una alternativa terapéutica efectiva para el manejo de quemaduras. En la totalidad de los estudios demostraron tiempos de cicatrización más cortos que los tratamientos con los que se comparan. Ninguno de los artículos que evaluaron riesgo de infecciones que fueron asociados al uso del xenoinjerto, dando una cobertura de seguridad al momento de usarlo; así como menor cantidad de uso de analgésicos, menor cantidad de apósitos utilizados por consiguiente el uso de insumos fue menor y una menor cantidad de curaciones.

Por lo que se aconseja seguir investigando en diferentes poblaciones, valorar el procesar el biomaterial de diversas maneras para optimizar sus propiedades químicas para que en un determinado tiempo pueda ampliarse su uso y esta revisión ayuda a

consolidar el conocimiento científico para reafirmar su potencia como una herramienta valiosa para una atención integral en el manejo de quemaduras.

12. CONCLUSIONES

La presente revisión estratégica de la literatura permitió analizar de manera integral la evidencia científica disponible sobre el uso de la piel de tilapia (*Oreochromis niloticus*) como xenoinjerto biológico en el tratamiento de quemaduras cutáneas. Los estudios revisados demuestran que este biomaterial representa una alternativa terapéutica eficaz, segura y de bajo costo frente a los apósitos convencionales, particularmente aquellos basados en sulfadiazina o compuestos de plata.

Los resultados de los ensayos clínicos incluidos evidencian que las quemaduras son un problema de salud pública, donde se ha ido innovando diversos tratamientos, por lo que el uso de la piel de tilapia como un xenoinjerto es una terapia sostenible por favorecer la aceleración del proceso de reepitelización, su costo beneficio que proporciona, asimismo una disminución significativa del dolor reportado por los pacientes, atribuida a la menor frecuencia en el cambio de apósitos y a las propiedades analgésicas y oclusivas del colágeno tipo I y III presente en este xenoinjerto. Desde el punto de vista inmunológico y microbiológico, la piel de tilapia presenta alta biocompatibilidad, baja carga microbiana y escasa inmunogenicidad, factores que reducen el riesgo de infección y reacciones adversas. Además, su composición rica en colágeno, así como glucoproteínas y ácidos grasos esenciales y su similitud estructural con la piel humana respaldan su uso como material regenerativo. Con los datos reportados de los artículos de ensayos clínicos analizados se comprueba nuestra hipótesis.

Otro de los aspectos benéficos que se encontraron en estudios realizados en Brasil en el año 2024 con el uso de piel de tilapia, incluso en comparación con la sulfadiazina de plata, siendo de esta manera perfectamente comparable con México, pues los dos países son de ingresos bajos medios, y el acceso a tratamientos innovadores es muy limitado para ambos, por lo que es una terapia segura y sostenible económicamente.

En esta investigación se logró encontrar un artículo original de ensayo clínico donde se aplicaba la piel de tilapia en pacientes pediátricos, donde los resultados fueron

favorables para la epitelización de las quemaduras en niños. Falta más evidencia científica en esta población.

Sin embargo, aunque la evidencia es prometedora, se reconoce la necesidad de llevar a cabo más investigaciones multicéntricas con muestras más amplias y seguimiento prolongado, que permitan evaluar con mayor precisión su eficacia clínica, su impacto funcional y los posibles factores culturales o psicológicos asociados a su aceptación por parte de los pacientes.

13. REFERENCIAS

1. Bolgiani A. Las quemaduras y su tratamiento inicial. Man Cir Trauma. 2019;
2. Guías de práctica de la ISBI | Sociedad Internacional de Quemaduras [Internet]. [citado 22 de noviembre de 2025]. Disponible en: https://worldburn.org/education/isbi_practice_guidelines.aspx
3. Cayambe O., Yulissa M.; Daqui B., Marco A. (2025) Evaluación de la eficacia de los injertos de piel de Tilapia vs los apósitos de plata para el manejo de quemaduras de segundo grado.
4. Fisiopatología del paciente quemado [Internet]. [citado 22 de noviembre de 2025]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-08072010000100007
5. Benaim DF. Contribución a la Identificación de las Quemaduras según su Profundidad, Evaluación de su Gravedad (Global y Regional), y a Formular un Diagnóstico y Pronóstico (Presuntivo y Definitivo). 2022;
6. Diagnostico y tratamiento de paciente Gran Quemado [Internet]. [citado 22 de noviembre de 2025]. Disponible en: <https://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/guiasclinicas/040GRR.pdf>
7. Lemus-Lima E, Hernández-Pérez R, Beltrán-Borao BL, Molina-Borges M, Vázquez-Lazo C, Lemus-Lima E, et al. Efectividad del esquema de reposición hídrica de Brooke modificado para el tratamiento del paciente quemado. Rev Cuba Enferm [Internet]. marzo de 2019 [citado 22 de noviembre de 2025];35(1). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0864-03192019000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es
8. Orozco C, Micaela Y, Barreno D, Alexander M. Trabajo de Titulación para optar al título de Médico. 2025;
9. Avances recientes en aplicaciones de biomateriales: una revisión | Revista Internacional de Investigación Ambiental [Internet]. [citado 24 de octubre de 2025]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s41742-025-00908-2>
10. Pallás RM. Apósitos y biomateriales para heridas a partir de colágeno marino: una revisión sistemática.
11. La piel de tilapia y su uso biomedico en quemaduras y otro tipo de heridas en la piel: una revisión sistematica de literatura [Internet]. [citado 22 de noviembre de 2025]. Disponible en: <https://repository.ucc.edu.co/entities/publication/e04c2428-aba8-4d7b-a832-ba2c3602a567>
12. Sierra Ditta JP, Consuegra Morales JG, Angarita Martínez SD. La piel de tilapia y su uso biomedico en quemaduras y otro tipo de heridas en la piel: una revisión

- sistemática de literatura. 29 de julio de 2024 [citado 22 de noviembre de 2025]; Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12494/56663>
13. Enfoque sostenible de biomateriales funcionales e ingeniería de tejidos para el tratamiento de quemaduras cutáneas: una revisión exhaustiva [Internet]. [citado 25 de octubre de 2025]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1424-8247/16/5/701>
 14. Historia de las quemaduras: pasado, presente y futuro - PMC [Internet]. [citado 25 de octubre de 2025]. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4978094/>
 15. Acuicultura Tilapia | Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentable | Gobierno | gob.mx [Internet]. [citado 26 de octubre de 2025]. Disponible en: <https://www.gob.mx/imipas/acciones-y-programas/acuicultura-tilapia>
 16. Walmart, Bodega Aurrera, Chedraui o Soriana: qué tienda vende el kilo de tilapia más barato [Internet]. [citado 26 de octubre de 2025]. Disponible en: <https://www.directopaladar.com.mx/ingredientes-y-alimentos/walmart-bodega-aurrera-chedraui-soriana-que-tienda-vende-kilo-tilapia-barato>
 17. Kotkot A, Ghabisha S, Ahmed F, Al-wageeh S, Al-shami E, Al-hajri A, et al. Fish skin as a biological dressing for burn injuries. *J Emerg Med Trauma Acute Care* [Internet]. 15 de noviembre de 2022 [citado 17 de octubre de 2025];2022(4). Disponible en: <https://www.qscience.com/content/journals/10.5339/jemtac.2022.18>
 18. Khan KA, Durrani UF, Mahmood AK, Tipu MY, Fatima A, Saeed HA, et al. Clinical study on wound healing properties of Nile tilapia fish skin as biological dressing in dogs. Viegas CAA, editor. *PLOS ONE*. 28 de febrero de 2025;20(2):e0286864.
 19. Alam K, Jeffery SLA. Acellular Fish Skin Grafts for Management of Split Thickness Donor Sites and Partial Thickness Burns: A Case Series. *Mil Med*. 1 de marzo de 2019;184(Supplement_1):16-20.
 20. Ramírez Rojas DF. Universidad UNAB. 2022 [citado 22 de noviembre de 2025]. Evaluación de las propiedades mecánicas de hidrogeles a base de colágeno de piel de tilapia con potencial uso en el tratamiento de quemaduras de segundo grado. Disponible en: <https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/16892>
 21. Gámez AMI, Ordóñez LDC, Rueda AJL, Jácome CAP, Olarte VT. TRATAMIENTO DE QUEMADURAS EMPLEANDO PIEL DE TILAPIA Y DERIVADOS, COMPARADO CON TRATAMIENTOS CONVENCIONALES COMO LA SULFADIAZINA DE PLATA: REVISIÓN NARRATIVA. 2023;
 22. Piel de pescado acelular para la cicatrización de heridas - Esmaeili - 2023 - *International Wound Journal* - Wiley Online Library [Internet]. [citado 28 de octubre de 2025]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/iwj.14158>

23. Comparison of Structural and Physicochemical Characteristics of Skin Collagen from Chum Salmon (Cold-Water Fish) and Nile Tilapia (Warm-Water Fish) [Internet]. [citado 28 de octubre de 2025]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2304-8158/13/8/1213>
24. Sonawane S, Patil HS, Panpatil KS, Shinde SD, Wabale PS. Revolutionizing Burn Care: The Therapeutic Potential of Nile Tilapia Skin. *Biosci Biotechnol Res Asia*. 27 de junio de 2025;22(2):411-24.
25. Extracción y caracterización de colágeno tipo I de la piel de tilapia (*Oreochromis niloticus*) y su posible aplicación en material de andamiaje biomédico para ingeniería de tejidos - ScienceDirect [Internet]. [citado 28 de octubre de 2025]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359511318301144>
26. Pineda-Barrera CA, León-Puello A, Bolívar-Buitrago ND, Niño-Perez PY. Eficacia de la piel de tilapia versus el injerto miocutáneo en el tratamiento de quemaduras: una revisión sistemática de la literatura. *Bol Semillero Investig En Fam* [Internet]. 28 de junio de 2024 [citado 16 de octubre de 2025];6(1). Disponible en: <https://revistas.unillanos.edu.co/index.php/bsif/article/view/1134>
27. Xenoinjerto de piel de tilapia como una alternativa terapéutica para el tratamiento de quemaduras | Sociedad & Tecnología [Internet]. [citado 22 de noviembre de 2025]. Disponible en: <https://institutojubones.edu.ec/ojs/index.php/societec/article/view/500>
28. Xenoinjerto en el tratamiento de quemaduras: Xenograft in the treatment of burns | LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades [Internet]. [citado 22 de noviembre de 2025]. Disponible en: <https://latam.redilat.org/index.php/lt/article/view/926>
29. Validación de tres métodos diferentes de esterilización de pieles de tilapia: impacto en el recuento microbiológico y el contenido de colágeno - PMC [Internet]. [citado 22 de noviembre de 2025]. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7785820/>
30. Uso de xenoinjertos estériles de piel de tilapia (Pargo-UNAM) para la reparación de heridas con tejido de granulación exuberante en la región distal de los miembros del caballo (*Equus caballus*) [Internet]. [citado 22 de noviembre de 2025]. Disponible en: <https://ru.dgb.unam.mx/items/c064d482-3553-4979-83a6-b4b0b8bdc3bb>
31. Utilidades sanitarias de la piel de pescado | Revista de investigación de calidad sanitaria [Internet]. [citado 22 de noviembre de 2025]. Disponible en: <https://www.elsevier.es/en-revista-journal-healthcare-quality-research-257-articulo-utilidades-sanitarias-piel-pescado-S2603647920300385>

32. Los injertos de piel de pescado intacta dan como resultado un tiempo de curación más rápido y menores costos para los pacientes con úlceras venosas en las piernas y úlceras del pie diabético en comparación con el estándar de atención: un modelo de precios basado en resultados :: Cambridge Media Journals [Internet]. [citado 22 de noviembre de 2025]. Disponible en: <https://journals.cambridgemedia.com.au/jwm/volume-23-number-1/intact-fish-skin-grafts-result-faster-time-healing-and-lower-costs-patients-venous-leg-ulcers-and-diabetic-foot-ulcers-compared>
33. Quemaduras [Internet]. [citado 22 de noviembre de 2025]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/burns>
34. Modelo Integral para la Prevención de Accidentes en GV Diseño 110216 [Internet]. [citado 18 de noviembre de 2025]. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/211448/ModeloIntegral.pdf>
35. Jeschke MG, van Baar ME, Choudhry MA, Chung KK, Gibran NS, Logsetty S. Burn injury. Nat Rev Dis Primer. 13 de febrero de 2020;6(1):11.
36. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición [Internet]. [citado 22 de noviembre de 2025]. Disponible en: <https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanutcontinua2025/index.php>
37. Aumento de la incidencia de quemaduras graves secundarias en la cuarentena por Covid-19 [Internet]. [citado 22 de noviembre de 2025]. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342021000500591
38. Medición de pobreza en 2024 baja a 29.6% de la población – México ¿cómo vamos? [Internet]. [citado 22 de noviembre de 2025]. Disponible en: https://mexicocomovamos.mx/publicaciones/2025/08/medicion-de-pobreza-2024/?utm_source=chatgpt.com
39. Innovative Burn Treatment Using Tilapia Skin as a Xenograft: A Phase II Randomized Controlled Trial - PubMed [Internet]. [citado 22 de noviembre de 2025]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31900475/>
40. Quemaduras [Internet]. [citado 22 de noviembre de 2025]. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/burns>
41. Revolucionando el tratamiento de quemaduras: El potencial terapéutico de la piel de tilapia del Nilo – Biociencias, Investigación Biotecnológica en Asia [Internet]. [citado 22 de noviembre de 2025]. Disponible en: <https://www.biotech-asia.org/vol22no2/revolutionizing-burn-care-the-therapeutic-potential-of-nile-tilapia-skin/>

42. Sonawane S, Patil HS, Panpatil KS, Shinde SD, Wabale PS. Revolutionizing Burn Care: The Therapeutic Potential of Nile Tilapia Skin. *Biosci Biotechnol Res Asia*. 27 de junio de 2025;22(2):411-24.
43. The efficacy of Nile tilapia skin xenograft for treating superficial partial-thickness burn versus the standard of care: a meta-analysis of published trials | *Archives of Dermatological Research* [Internet]. [citado 24 de noviembre de 2025]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00403-023-02755-7>
44. Garrity C, Garcia-Rovetta C, Rivas I, Delatorre U, Wong A, Kültz D, et al. Tilapia Fish Skin Treatment of Third-Degree Skin Burns in Murine Model. *J Funct Biomater*. 11 de octubre de 2023;14(10):512.
45. Gómez LA, González-Sierra KT, Carvajalino-Gutiérrez YA, Cortés-Amaya SS, Gómez LA, González-Sierra KT, et al. Xenoinjertos de piel de tilapia en quemaduras cutáneas. Una revisión exploratoria. *Cir Plástica Ibero-Latinoam*. septiembre de 2023;49(3):309-14.
46. Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud.
47. Los principios de la bioética: cuáles son y su importancia [Internet]. [citado 24 de noviembre de 2025]. Disponible en: <https://mexico.unir.net/noticias/salud/principios-de-la-bioetica/>
48. (PDF) Tratamiento de quemaduras profundas de segundo grado en abdomen, muslos y genitales: uso de piel de tilapia como xenoinjerto [Internet]. [citado 22 de noviembre de 2025]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/343313722_Treatment_of_deep_second-degree_burns_on_the_abdomen_thighs_and_genitalia_use_of_tilapia_skin_as_a_xenograft
49. SciELO Brasil - Xenoinjerto (piel de tilapia del Nilo) e hidrofibra impregnada con plata en el tratamiento de quemaduras de segundo grado en adultos. [Internet]. [citado 22 de noviembre de 2025]. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rbcp/a/6ZhjfLZ5QTFz3qC9SBB5tdw/?lang=pt#>
50. Tratamiento de quemaduras pediátricas con piel de tilapia como xenoinjerto para heridas superficiales de espesor parcial: un estudio piloto - PubMed [Internet]. [citado 22 de noviembre de 2025]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31504615/>
51. Tratamiento innovador con piel de tilapia como xenoinjerto para quemaduras de espesor parcial tras explosión de pólvora - PMC [Internet]. [citado 22 de noviembre de 2025]. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6565829/>

52. Innovative Burn Treatment Using Tilapia Skin as a Xenograft: A Phase II Randomized Controlled Trial | Journal of Burn Care & Research | Oxford Academic [Internet]. [citado 22 de noviembre de 2025]. Disponible en: <https://academic.oup.com/jbcr/article-abstract/41/3/585/5695972?redirectedFrom=fulltext&login=false>
53. Un apósito a base de piel de tilapia del Nilo mejora el dolor y los costos del tratamiento de quemaduras superficiales de espesor parcial: un ensayo controlado aleatorizado de fase III - PubMed [Internet]. [citado 22 de noviembre de 2025]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33890902/>
54. Piel de tilapia liofilizada como xenoinjerto para quemaduras superficiales de espesor parcial: una nueva técnica de preparación y almacenamiento - PubMed [Internet]. [citado 22 de noviembre de 2025]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33052795/>
55. Borges M. RBCP - Xenoinjerto (piel de tilapia del Nilo) e hidrofibra de plata en el tratamiento de quemaduras de segundo grado en adultos. [Internet]. 2019 [citado 25 de noviembre de 2025]. Disponible en: <https://www.rbc.org.br/details/2349/pt-BR/xenoinjerto--pele-da-tilapia-do-nilo--e-hidrofibra-com-prata-no-tratamento-das-queimaduras-de-ii-grau-em-adultos>
56. Lima Júnior EM, De Moraes Filho MO, Costa BA, Fachine FV, Rocha MBS, Vale ML, et al. A Randomized Comparison Study of Lyophilized Nile Tilapia Skin and Silver-Impregnated Sodium Carboxymethylcellulose for the Treatment of Superficial Partial-Thickness Burns. *J Burn Care Res.* 3 de febrero de 2021;42(1):41-8.
57. Putri NM, Kreshanti P, Syarif AN, Duhita GA, 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. *Int J Surg Case Rep.* junio de 2022;95:107240.
58. Chau Ramos EA, Wiegering Cecchi G, Chau Ramos CA. Uso de xenoinjerto comparado con sustituto dérmico sintético de nanocelulosa en pacientes con quemaduras térmicas de segundo grado profundo, enero 2022-julio 2023. *Horiz Méd.* 2025;25(1):10.
59. Moraes FCAD, Ferraz Barbosa B, Sepulvida D, Bordignon Barbosa C, Brochi LM, Figueroa ES, 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.* 13 de marzo de 2024;13(6):1642.

14. ANEXOS

ANEXO 1. Evolución del tratamiento con el uso de piel de tilapia.



Figura 9: Aspecto de la quemadura antes de la aplicación de la piel de tilapia.



Figura 10: Apariencia de la quemadura después de la aplicación de piel de tilapia.



Figura 11: Estado de cicatrización después de la extracción de la piel de tilapia al decimocuarto día de tratamiento.

Fuente: Lima EM, Moraes MO, Costa BA, Uchôa AMDN, Martins CB, Moraes MEAD, et al. Tratamiento de quemaduras profundas de segundo grado en abdomen, muslos y genitales: uso de piel de tilapia como xenoinjerto.(48)

ANEXO 2. Evolución del tratamiento con el uso de piel de tilapia.



Fuente:Xenoinjerto (piel de tilapia del Nilo) e hidrofibra de plata en el tratamiento de quemaduras de segundo grado en adultos | Rev. brasileña. cirugía plástica ;34(1): 79-85, ene.-mar. 2019. LILACS.(49)

ANEXO 3. Evolución de dos pacientes pediátricos con el tratamiento de la piel de tilapia.



Fuente: Lima Júnior EM, Moraes Filho MOD, Forte AJ, Costa BA, Fechine FV, Alves APNN, et al. Tratamiento de quemaduras pediátricas con piel de tilapia como xenoinjerto para heridas superficiales de espesor parcial: un estudio piloto. (50)

ANEXO 4. Evolución del paciente con la aplicación de la piel de tilapia.



Fuente: Lima-Junior EM, De Moraes Filho MO, Costa BA, Fachine FV, De Moraes MEA, Silva-Junior FR, et al. Tratamiento innovador con piel de tilapia como xenoinjerto para quemaduras de espesor parcial tras una explosión de pólvora. (51)

ANEXO 5. Evolución de tres pacientes con quemaduras de segundo grado con tuberculosis pulmonar, tratados con la aplicación de la piel de tilapia.



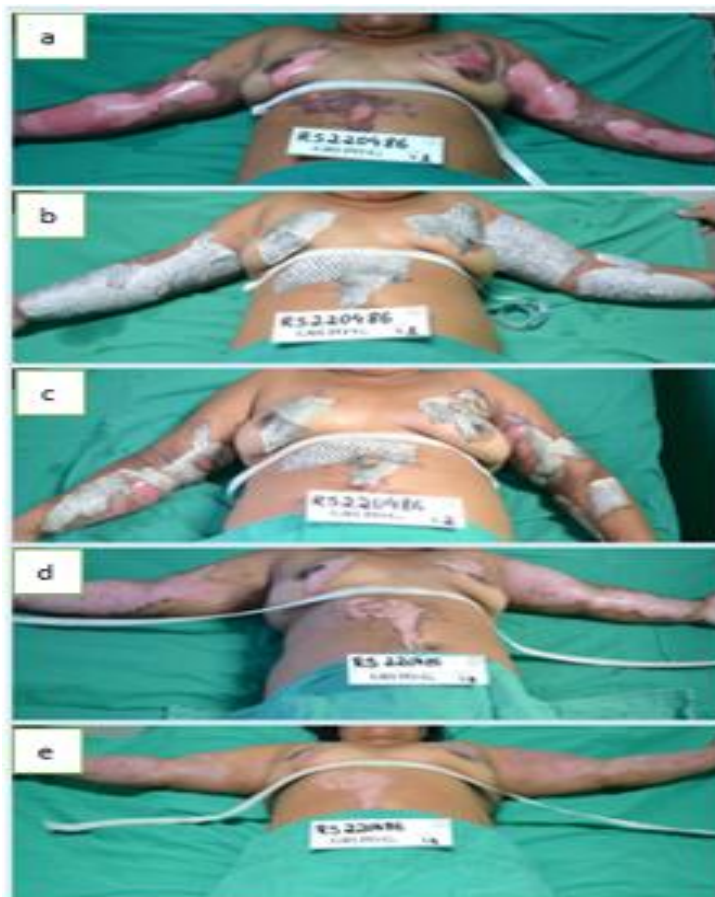
Fuente: Tratamiento innovador de quemaduras mediante xenoinjerto de piel de tilapia: ensayo clínico aleatorizado controlado de fase II. Disponible en: [https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31900475\(52\)](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31900475(52))

ANEXO 6. Evolución de dos pacientes ambulatorios con quemaduras superficiales de espesor parcial tratados con piel de tilapia del Nilo



Fuente: Un apósito a base de piel de tilapia del Nilo mejora el dolor y los costos del tratamiento de quemaduras superficiales de espesor parcial: un ensayo controlado aleatorizado de fase II. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33890902>.(53)

ANEXO 7. Evolución de paciente con quemaduras en extremidades superiores y tórax



Fuente: Júnior EML, De Moraes Filho MO, Costa BA, Alves APNN, De Moraes MEA, Do Nascimento Uchôa AM, et al. Piel de tilapia liofilizada como xenoinjerto para quemaduras superficiales de espesor parcial: una nueva técnica de preparación y almacenamiento. J Cuidado de heridas. 2 de octubre de 2020;29(10):598-602.(54)