



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTA DE CIENCIAS DE LA SALUD

CARRERA DE MEDICINA

Evaluación de la eficacia de los injertos de piel de Tilapia vs los apósitos de plata para el manejo de quemaduras de segundo grado

Trabajo de Titulación para optar al título de Médico

Autores:

Cayambe Orozco, Yulissa Micaela

Daqui Barreno, Marco Alexander

Tutor:

PhD. Lisbeth Josefina Reales Chacón

Riobamba, Ecuador. 2025

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Yulissa Micaela Cayambe Orozco, con cédula de ciudadanía 0605329291, autora del trabajo de investigación titulado: Evaluación de la eficacia de los injertos de piel de Tilapia vs los apósitos de plata para el manejo de quemaduras de segundo grado, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, a los 18 días del mes de julio de 2025



Yulissa Micaela Cayambe Orozco
C.I: 0605329291

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Marco Alexander Daqui Barreno, con cédula de ciudadanía 0605158963, autor del trabajo de investigación titulado: Evaluación de la eficacia de los injertos de piel de Tilapia vs los apósitos de plata para el manejo de quemaduras de segundo grado, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, a los 18 días del mes de julio de 2025



Marco Alexander Daqui Barreno
C.I: 0605158963

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Lisbeth Josefina Reales Chacón catedrático adscrito a la Facultad de Ciencias de la Salud, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: Evaluación de la eficacia de los injertos de piel de Tilapia vs los apósitos de plata para el manejo de quemaduras de segundo grado, bajo la autoría de Yulissa Micaela Cayambe Orozco y Marco Alexander Daqui Barreno; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 18 días del mes de julio de 2025

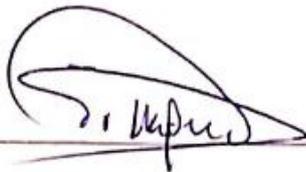

Dra. Lisbeth Josefina Reales Chacón
C.I: 1758977407

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación Evaluación de la eficacia de los injertos de piel de Tilapia vs los apósitos de plata para el manejo de quemaduras de segundo grado, presentado por Yulissa Micaela Cayambe Orozco, con cédula de identidad número 0605329291 y Marco Alexander Daqui Barreno, con cédula de identidad número 0605158963, bajo la tutoría de PhD. Lisbeth Josefina Reales Chacón; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autora; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba, a los 18 días del mes de julio de 2025

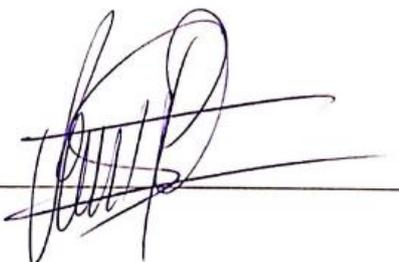
Víctor Enrique Ortega Salvador, Dr.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Mauro Ruben Cushpa Guaman, Dr.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Veronica Alexandra Ramos Guambo, Dra.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

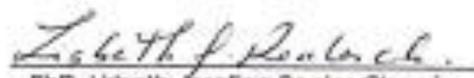




CERTIFICACIÓN

Que, **CAYAMBE OROZCO YULISSA MICAELA** con CC: **0605329291**, estudiante de la Carrera **MEDICINA**, Facultad de **CIENCIAS DE LA SALUD**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado " **Evaluación de la eficacia de los injertos de piel de Tilapia vs los apósitos de plata para el manejo de quemaduras de segundo grado** ", cumple con el 3 % de acuerdo al reporte del sistema Anti-plagio **COMPILATIO**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 10 de julio de 2025


PhD. Libeth Josefina Reales Chocón
TUTORA



CERTIFICACIÓN

Que, **DAQUI BARRENO MARCO ALEXANDER** con CC: **0605158963**, estudiante de la Carrera **MEDICINA**, Facultad de **CIENCIAS DE LA SALUD**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado " **Evaluación de la eficacia de los injertos de piel de Tilapia vs los apósitos de plata para el manejo de quemaduras de segundo grado** ", cumple con el 3 % de acuerdo al reporte del sistema Anti-plagio **COMPILATIO**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 10 de julio de 2025

Libeth J. Reales Chacón
PhD, Libeth Josefina Reales Chacón
TUTORA

DEDICATORIA

A lo largo de este camino lleno de desafíos, aprendizajes y sacrificios, he comprendido que ningún logro tiene verdadero sentido si no se comparte con quienes han sido parte esencial del proceso. Esta tesis no solo representa el cierre de una etapa académica, sino también el reflejo del amor, el apoyo y las enseñanzas de quienes han dejado una huella profunda en mi vida.

A Dios, mi guía eterno, gracias por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad, por iluminar mi camino cuando la incertidumbre me rodeaba y por darme la fe necesaria para seguir adelante. Sin Tu presencia, nada de esto habría sido posible.

A mi persona, pese al cansancio, nunca dejé de intentarlo; a quien aprendió a levantarse en medio de la duda y el temor; a esa versión de mí que persistió cuando todo parecía difícil, gracias por no rendirte. Este logro también es mío.

A mis amados padres, Marco Abelardo Cayambe Patache y Lourdes Patricia Orozco Cajamarca, con todo mi corazón: gracias por su amor incondicional, por su sacrificio silencioso y su apoyo constante. Ustedes han sido mi base, mi impulso y mi mayor inspiración. Este logro también es suyo.

A mis queridos hermanos, Marco Josué, Dulce María y Adamaris Mayte Cayambe Orozco, gracias por ser mi motivación diaria, mi alegría, mi compañía y mi refugio en los momentos de duda. Su presencia ha sido esencial en cada paso de este recorrido.

A mis abuelitos Teresa Patache, Manuel Cayambe, Segundo Orozco, Martha Álvarez y toda mi familia, por ser fuente inagotable de motivación, por creer en mí incluso cuando yo misma dudaba, y por enseñarme que la perseverancia, la fe y el amor son los verdaderos motores del éxito.

A Luis Miguel Delgado, porque, aunque no estuviste desde el inicio de esta travesía, llegaste para sumar con tu compañía, comprensión y apoyo incondicional. Gracias por creer en mí, por animarme en los días difíciles y por convertirte en parte importante de este logro.

A todos ustedes, con infinita gratitud y profunda humildad, les dedico este logro que también les pertenece. Cada página escrita, cada obstáculo superado, lleva su huella. Gracias por caminar conmigo, por animarme en cada caída y por celebrar mis triunfos como propios. Esta tesis es para ustedes, con todo mi corazón.

Yulissa Micaela Cayambe Orozco

DEDICATORIA

*A Dios, mi guía eterno y mi fortaleza inquebrantable:
Por ser mi luz en los momentos de oscuridad, por darme la sabiduría para seguir adelante cuando el camino parecía insuperable, y por bendecirme con la salud y la perseverancia para alcanzar este sueño. Tú, que escribiste mi historia antes de que yo la viviera, mereces toda la gloria por este logro.*

*A mis padres, Marco Aurelio Daqui Aguagallo y Martha Cecilia Barreno Rojas,
mis héroes sin capa:
No hay palabras suficientes para agradecerles por cada lágrima que secaron, por cada noche en vela que pasaron preocupados por mí, y por cada sacrificio que hicieron en silencio para verme llegar aquí. Ustedes son el cimiento sobre el que he construido mi vida, y este título es, en realidad, el fruto de su amor infinito. Los llevo grabados no solo en este papel, sino en lo más profundo de mi corazón.*

*A mi amor, Mishell Alexandra Ayala Calderón, mi refugio y mi motivación:
Gracias por ser mi compañera de batallas, por secar mis lágrimas en los días de estrés, por celebrar cada pequeño avance como si fuera una victoria gigante, y por recordarme siempre por qué valía la pena luchar. Contigo, hasta los momentos más difíciles se llenaron de amor y esperanza. Prometo seguir caminando a tu lado, ahora con este título, pero siempre con la misma devoción con la que un día me elegiste.*

*A Cristiano Ronaldo Dos Santos Aveiro, mi inspiración más allá del deporte:
Tu disciplina, tu resiliencia y tu grandeza trascendieron el fútbol y se convirtieron en un faro para mí. En los días en que creí que no podía más, tu ejemplo me recordó que los sueños se conquistan con esfuerzo, pasión y una mentalidad inquebrantable. Gracias por enseñarme, desde la distancia, que los imposibles solo existen si los dejamos existir.*

Marco Alexander Daqui Barreno

AGRADECIMIENTO

Este logro es el reflejo de muchas manos que me sostuvieron, de corazones que me alentaron y de personas que, de distintas formas, me ayudaron a llegar hasta aquí.

A Dios, fuente de vida y sabiduría, gracias por acompañarme en cada paso, por darme fuerza cuando creí no tenerla, y por llenar de sentido este camino que tantas veces fue desafiante, pero nunca solitario.

A mis padres, Marco Abelardo Cayambe Patache y Lourdes Patricia Orozco Cajamarca, por ser mi mayor ejemplo de amor, entrega y perseverancia. Su apoyo incansable, sus consejos y su fe en mí han sido fundamentales. Gracias por todo lo que han dado sin pedir nada a cambio. Este triunfo también les pertenece.

A mis hermanos, Marco Josué, Dulce María y Adamaris Mayte Cayambe Orozco, por su cariño, su compañía y por recordarme cada día lo valioso que es tener un hogar al que regresar.

A Luis Miguel Delgado, por llegar a mi vida en el momento justo, por acompañarme con amor, respeto y comprensión. Gracias por ser un apoyo constante, por creer en mí y caminar a mi lado con firmeza y ternura. Tu presencia ha sido un impulso invaluable

A toda mi familia, por animarme con palabras sinceras, por compartir mis logros con alegría genuina y por hacerme sentir que nunca caminé sola.

A mis compañeros de carrera, por haber sido más que colegas: gracias por los momentos compartidos, las jornadas intensas, los desafíos enfrentados juntos y el compañerismo que convirtió cada día en una experiencia más llevadera.

A los pacientes que encontré en el camino, quienes, sin saberlo, se convirtieron en verdaderos maestros. Gracias por mostrarme el lado más humano de la medicina, por su confianza y por enseñarme a escuchar con el corazón.

A los docentes y profesionales de salud que me formaron, por compartir su conocimiento con pasión y por exigirme siempre dar lo mejor de mí. Ustedes forjaron en mí la vocación con la que hoy abrazo esta profesión.

Y finalmente, gracias a la vida por regalarme esta experiencia. Cada obstáculo superado y cada meta alcanzada me preparan para lo que viene. Esta no es una meta final, sino el comienzo de un propósito que asumo con responsabilidad, gratitud y esperanza.

Yulissa Micaela Cayambe Orozco

AGRADECIMIENTO

Este logro no es solo mío; es el resultado del amor, el apoyo y la fe de quienes caminaron a mi lado durante estos seis años intensos, desafiantes, pero increíblemente hermosos.

A Dios, mi eterno agradecimiento por permitirme vivir este sueño. Por sostenerme cuando mis fuerzas flaqueaban, por llenar mi corazón de paz en los momentos de incertidumbre y por recordarme que, a través de la Medicina, puedo ser un instrumento de tu amor y sanación.

A mis padres, no hay forma de pagar tanto amor. Mamá, gracias por tus oraciones interminables, por tus abrazos que curaban el cansancio y por tu fe inquebrantable en mí. Papá, gracias por tu ejemplo de trabajo duro, por tus consejos llenos de sabiduría y por demostrarme que no hay obstáculo que no pueda superarse con determinación. Ustedes son mi mayor orgullo, y hoy, al ver sus ojos brillar, sé que todo valió la pena.

A Mishell, mi amor, mi paz, mi razón para sonreír incluso en las noches más largas. No sé cómo habría superado tantas noches de estudio, tantas prácticas agotadoras o tantas dudas sin tu mano sosteniendo la mía. Eres mi persona favorita en este mundo, y este logro es tan tuyo como mío. Te prometo que, así como estuviste para mí en cada paso de esta carrera, yo estaré para ti en cada sueño que quieras conquistar.

A Cristiano Ronaldo, aunque nunca nos hayamos cruzado palabras, tu historia resonó en mí como un llamado a nunca conformarme. Cuando pensé en rendirme, recordé tus madrugadas de entrenamiento, tus caídas y tus levantadas, y entendí que la grandeza se construye día a día. Gracias por ser, sin saberlo, ese empujón que a veces necesitaba.

Este no es el final, sino el comienzo de una nueva etapa. Pero hoy, quiero detenerme y decirles, con el corazón en la mano: ¡Gracias! Por creer en mí incluso cuando yo no lo hacía. Por ser mi red de apoyo, mi motivación y mi razón para seguir adelante. Los llevo conmigo, siempre.

Marco Alexander Daqui Barreno

INDICE

DECLARATORIA DE AUTORÍA

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

INDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN

ABSTRACT

CAPÍTULO I.....	18
1. 1. Introducción.....	18
1.2. Planteamiento del problema	19
1.3. Objetivos.....	20
1.3.1. Objetivo general	20
1.3.2. Objetivos específicos.....	20
CAPÍTULO II.....	21
2.1. Marco teórico.....	21
2.1.1. Quemaduras	21
2.1.1.1. Etiología de las quemaduras	23
2.1.1.2. Fisiopatología de las quemaduras.....	24
2.1.1.3. Proceso de cicatrización	26
2.1.1.4. Criterios de hospitalización para quemaduras	27
2.1.1.5. Manejo de las quemaduras	27
2.1.1.6. Enfriamiento de áreas quemadas	27
2.1.1.7. Fluido terapia en quemaduras.....	28
2.1.1.8. Nutrición en pacientes quemados	28
2.1.1.9. Actuación quirúrgica del paciente quemado	28
2.1.2. Apósitos de plata	30
2.1.3. Piel de tilapia en quemaduras	30
2.1.3.1. Morfología de la piel de tilapia.....	31

2.1.3.2. Métodos de esterilización	31
2.1.3.3. Aplicación de la piel de tilapia en quemaduras	33
CAPÍTULO III	34
3. Metodología.....	34
3.1 diseño de la investigación.....	34
3.2 Fuentes de información y estrategia de búsqueda	34
3.3 Proceso de selección de estudios	35
3.4 Criterios de inclusión.....	36
3.5 Criterios de exclusión	36
3.6 Síntesis y análisis de datos	36
3.7 Consideraciones éticas.....	36
CAPÍTULO IV	37
4.1 resultados	37
4.2. Discusión	39
CAPÍTULO V	41
5.1. Conclusiones.....	41
5.2. Recomendaciones	42
BIBLIOGRAFIA	43
ANEXOS	47
<i>Anexo 01. Flujograma de manejo clínico de quemaduras de segundo grado"</i>	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estudios incluidos en la revisión comparativa de injertos de piel de tilapia vs, apósitos de plata para el manejo de quemaduras de segundo grado.....	37
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Regla de los nueve de Wallace para el cálculo de la superficie corporal quemada	22
Figura 2 Tabla de Lund – Browder modificada para evaluar el porcentaje de quemadura total en la superficie corporal en niños y adultos.	22
Figura 3 .Flujograma de manejo clínico de quemaduras de segundo grado.....	29
Figura 4. Flujograma de identificación y selección de documentos.....	35

RESUMEN

La piel, el órgano más importante del cuerpo, cumple funciones esenciales como protección y termorregulación. Las quemaduras, causadas por agentes físicos, químicos o biológicos, pueden afectar desde capas superficiales hasta tejidos profundos, generando complicaciones físicas, metabólicas e infecciosas. Esta tesis comparó la efectividad de los xenoinjertos de piel de tilapia frente a los apósitos de plata en quemaduras de segundo grado, mediante una revisión sistemática (2019-2024) en bases como PubMed, Scopus y Web of Science, siguiendo los criterios PRISMA y el instrumento CASPe para evaluación crítica.

Se analizaron variables como tiempo de curación, dolor, infecciones y resultados estéticos en diez estudios seleccionados. Los resultados mostraron que la piel de tilapia reduce significativamente el tiempo de cicatrización, disminuye el dolor, mejora la calidad de las cicatrices y requiere menos cambios de apósitos en comparación con los apósitos de plata. Además, demostró ser una opción más costo-efectiva.

Se concluye que el injerto de tilapia es una alternativa terapéutica eficaz, segura y económica para quemaduras de segundo grado, especialmente en entornos con recursos limitados, superando a los apósitos de plata en varios aspectos. Estos hallazgos respaldan su implementación clínica como tratamiento viable.

Palabras clave: Quemaduras, Injerto de piel, Tilapia, Apósitos de plata, Cicatrización, Segundo grado, Biomateriales, Costo-efectividad.

Abstract

The skin, the body's most important organ, performs essential functions such as protection and thermoregulation. Burns, caused by physical, chemical, or biological agents, can affect superficial layers as well as deep tissues, leading to physical, metabolic, and infectious complications. This thesis compared the effectiveness of tilapia skin xenografts versus silver dressings in second-degree burns through a systematic review (2019–2024) of databases such as PubMed, Scopus, and Web of Science, following PRISMA criteria and the CASPe tool for critical appraisal. Variables such as healing time, pain, infections, and aesthetic outcomes were analyzed across ten selected studies. The results showed that tilapia skin significantly reduces healing time, decreases pain, improves scar quality, and requires fewer dressing changes compared to silver dressings. Additionally, it proved to be a more cost-effective option. In conclusion, tilapia xenografts are an effective, safe, and economical therapeutic alternative for second-degree burns, particularly in resource-limited settings, outperforming silver dressings in several aspects. These findings support its clinical implementation as a viable treatment.

Keywords: Burns, Skin graft, Tilapia, Silver dressings, Wound healing, Second-degree burns, Biomaterials, Cost-effectiveness.



Reviewed by:

Mgt. Hugo Solis V.

0603450438

ENGLISH PROFESSOR

CAPÍTULO I

1. 1. Introducción

La piel es la estructura de mayor extensión del cuerpo, cumpliendo un papel primordial como protectora frente a agentes externos y permitiendo la relación con estos (García J, 2021). Los agentes físicos, químicos o biológicos pueden llegar a producir quemaduras que afectan la piel en su totalidad o parcialmente, con mayor frecuencia las cutáneas (Alberto Bolgiani, 2019).

El nivel de daño es una función tanto de la intensidad del efecto del agente causante como del tiempo de exposición al mismo. Como consecuencia, estas lesiones provocan deterioro en los tejidos, además de importantes desequilibrios metabólicos. Asimismo, aumentan el riesgo de infecciones secundarias, desencadenar síndromes graves y dejar secuelas como deformidades y limitaciones funcionales significativas (Gaibor, Curicho, Cajas, & Roldán, 2023).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) señala que las quemaduras representan un grave problema de salud pública a nivel global, con aproximadamente 11 millones de casos anuales y 180 000 muertes (Radzikowska-Büchner, y otros, 2023). Muchas de estas lesiones, aunque no son mortales, provocan hospitalizaciones prolongadas, desfiguración y discapacidad, lo que puede llevar a estigmatización social. Entre los grupos más vulnerables se encuentran las mujeres (con tasas de mortalidad ligeramente superiores a las de los hombres), los niños y las personas en condiciones socioeconómicas desfavorables (OMS, 2023).

Un estudio del Institute for Health Metrics and Evaluation, insiste en que en 2019 en el mundo se reportaron 8,378,122 casos de quemaduras. Los países más afectados fueron China e India. La población que ocupó el primer lugar en la estadística fue de 10-19 años. Las quemaduras causaron 11,292 muertes entre los niños de 1 a 4 años, los resultados indican una reducción en los años de vida ajustados por discapacidad, destacando que los jóvenes son el grupo más vulnerable (Radzikowska-Büchner, y otros, 2023).

En Ecuador no se evidencia base de datos o registros precisos sobre la incidencia, gravedad o seguimientos de casos de quemaduras en los últimos años. Esta carencia de información termina siendo un limitante para detectar adecuadamente el porcentaje real del daño en la población, limitando la existencia de centros especializados un mejor tratamiento y seguimiento de las lesiones. A pesar de las limitantes existentes el sistema de salud ecuatoriano maneja estas patologías en base a protocolos establecidos por el Ministerio de Salud Pública.

En general, el tratamiento de las quemaduras es mediante cremas y apósitos de plata. Por ejemplo, la sulfadiazina al 1% ha sido popular durante siglos. Los casos más graves, que incluyen quemaduras de espesores completos y parciales, requieren métodos más avanzados, como biomateriales, apósitos sintéticos o injertos de piel (humano o animal). Dado el alto

costo y la escasa disponibilidad de los injertos de piel humana, se ha incentivado la búsqueda de alternativas, como xenoinjertos provenientes de otras fuentes (Moraes Aquino, y otros, 2024).

La piel de tilapia, proveniente del río Nilo, ha sido objeto de investigación reciente y ha demostrado ser una opción viable para el tratamiento de quemaduras, que ofrece ventajas sobre las pieles de rana y cerdo. La aplicación de la piel de rana y de cerdo ha reportado resultados exitosos, sin embargo, su elevado costo y limitaciones de producción no hacen posible su uso. En cambio, la piel de tilapia es una alternativa económica y flexible, que se adhiere mejor al tejido receptor y contiene colágeno tipo I, además de tener propiedades estructurales similares a la piel humana. Asimismo, tras su procesamiento, alberga un microbiota no patógeno, lo que refuerza su potencial terapéutico (Moraes Aquino, y otros, 2024).

En Ecuador, el manejo inicial de pacientes con quemaduras prioriza la estabilización respiratoria y cardiovascular, junto con la evaluación de lesiones asociadas, la gravedad de la quemadura y la posible inhalación de humo, por otra parte, si se identifican quemaduras mayores, el traslado temprano a una unidad especializada es crucial para mejorar el pronóstico y la recuperación del paciente (Hidalgo & Jiménez, 2020). Si bien es cierto que los avances en el tratamiento han sido significativos, se requiere un enfoque multidisciplinario para evitar complicaciones tales como infecciones, cicatrización tardía, contracturas y queloides, que prolongan la hospitalización (Vinita Puri , y otros, 2025).

El tratamiento de quemaduras sigue un protocolo establecido que incluye hidratación, antibióticos tópicos, curaciones, elevación de las zonas afectadas e injertos de piel, asimismo el abordaje psicológico, debido al estrés postraumático del paciente (Fiorini, Mogrovejo, Zambrano, Castro, & Niveló, 2023). Este enfoque integral busca optimizar la recuperación física y emocional del paciente.

1.2. Planteamiento del problema

Las quemaduras, son lesiones en la piel causadas por agentes térmicos, químicos, eléctricos y biológicos, que comprometen la función protectora y pueden causar complicaciones tales como infecciones, dolor y cicatrización lenta. El tratamiento habitual incluye la limpieza de la herida, el uso de cremas antibióticas y apósitos de plata, métodos efectivos, aunque con limitaciones debido al elevado costo, la necesidad de cambios frecuentes que incomodan al paciente, y en casos más graves, la dependencia de injertos de piel autóloga o de donante, los cuales requieren infraestructura avanzada y a juzgar por algunos estudios pueden provocar rechazo o cicatrices antiestéticas (Radzikowska-Büchner, y otros, 2023).

En los últimos años, resulta crucial destacar que los injertos de piel de tilapia (*Oreochromis niloticus*) han surgido como una opción prometedora debido a su constitución de colágeno tipo I (Lima Júnior E. M., 2020). Estudios preliminares sugieren que este biomaterial puede acelerar la epitelización y reducir el dolor en contraste con los

tratamientos convencionales (Gómez, González, Carvajalino, & Cortés, 2023). Sin embargo, aún existe discusión respecto a su eficacia clínica en términos de tasa de infección, tiempo de cicatrización y coste-efectividad frente a los apósitos de plata.

Razón por la cual, surge la necesidad de evaluar de manera comparativa la eficacia de los injertos de piel de tilapia versus los apósitos de plata en el manejo de quemaduras de segundo grado, considerando parámetros como la velocidad de cicatrización, la incidencia de infecciones, el control del dolor y la relación coste-beneficio. Esta investigación busca aportar evidencia científica actualizada que permita optimizar el tratamiento de estos pacientes.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la eficacia del injerto de piel de tilapia frente a los apósitos de plata en el tratamiento de quemaduras de segundo grado.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Determinar la utilidad de injertos de piel de tilapia y los apósitos a base de plata en el tratamiento de quemaduras de segundo grado.
2. Analizar la eficacia de injertos de piel de tilapia y los apósitos a base de plata en la reducción del dolor durante el proceso de cicatrización en pacientes con quemaduras de segundo grado
3. Comparar el tiempo de cicatrización de quemaduras de segundo grado tratadas con injertos de piel de tilapia versus apósitos a base de plata.
4. Evaluar la calidad de las cicatrices formadas, después del tratamiento con injertos de piel de tilapia y los apósitos a base de plata en la cicatrización de quemaduras de segundo grado

CAPÍTULO II

2.1. Marco teórico

2.1.1. Quemaduras

Las quemaduras son lesiones en los tejidos vivos producidas por agentes térmicos, eléctricos, químicos o radiactivos, que provocan la desnaturalización de proteínas, edema y/o pérdida de líquido intravascular, pudiendo afectar la dermis e incluso tejidos subcutáneos profundos en los casos más graves (Żwieręto W, 2023).

La piel es el órgano más importante del organismo, cumple roles esenciales como el mantenimiento de la homeostasis y regulación térmica. De acuerdo con la (OMS, 2023), las quemaduras representan problema de salud global, con una prevalencia siete veces mayor en países en desarrollo, donde ocurren principalmente en el ámbito doméstico, siendo la prevención la intervención que más puede reducir la mortalidad.

Al sufrir una quemadura, por lo general, los pacientes presentan hipotermia y cuando se trasladan a una unidad de quemados reciben unos cuidados más avanzados. El riesgo de hipotermia aumenta en casos de quemaduras que abarcan más del 20% de la Superficie Corporal Quemada (SCQ), en personas de edad avanzada o con otras enfermedades previas.

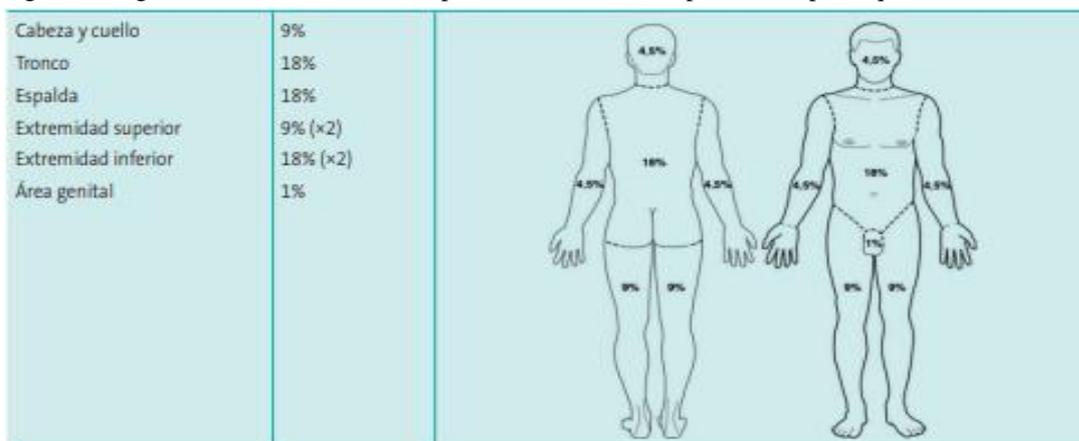
Desde el punto de vista clínico, Reinoso (2022), clasifica a las quemaduras según la profundidad de la lesión:

- **Primer grado:** afecta solo la epidermis; eritema, dolor y sin formación de ampollas. El dolor difiere de 48 a 72 horas provocada la lesión y no se evidencia presencia de cicatriz.
- **Segundo grado superficial (espesor parcial A):** compromete la epidermis y parte de la dermis; hay ampollas, dolor intenso y potencial de cicatrización sin secuelas. La lesión cicatriza aproximadamente de 14 a 21 días.
- **Segundo grado profundo (espesor parcial B):** afecta la dermis reticular; dolor disminuido por daño nervioso y alto riesgo de cicatrización con secuelas. Posterior a la quemadura se forman flictenas propensas a romperse, por lo mismo se requiere escisión quirúrgica; sin embargo, en ciertos casos se requiere injertos de piel. La curación varía entre 21 y 35 días.
- **Tercer grado (profunda de espesor total):** afecta todas las capas de la piel y estructuras subyacentes; la zona aparece acartonada e insensible. Es caracterizada por ausencia de dolor debido a la profundidad de la lesión, este tipo de quemaduras requiere intervención quirúrgica.
- **Cuarto grado (mixta):** Es una combinación de quemaduras de segundo y tercer grado, afecta tejido adiposo, músculo y hueso, provocando necrosis local. Requiere manejo conservador y quirúrgico. (Reinoso Trujillo, 2022) (Markiewicz, Koziol, Tobiasz, Radzikowska, & Przekora, 2022)

De acuerdo con la investigación de (Fernández Santervás & Melé Casas , 2020), las quemaduras también son clasificadas según la extensión y localización:

- **Extensión:** Excepto en quemaduras superficiales (primer grado), es necesario calcular el porcentaje de superficie corporal afectada (SCQ). Uno de los métodos más utilizados es la "Regla de los 9" de Wallace, empleada principalmente en pacientes mayores de 14 años y adultos para estimar rápidamente áreas extensas. Esta regla asigna un 9% o múltiplos de 9% a diferentes zonas del cuerpo, según su proporción respecto a la superficie corporal total (SCT).

Figura 1. Regla de los nueve de Wallace para el cálculo de la superficie corporal quemada



Nota. Fernández Santervás & Melé Casas 2020. Regla de los nueve de Wallace para el cálculo de la superficie corporal quemada.

La tabla de SCT ajustada según Lund-Browder es considerada uno de los métodos más exacto para calcular la superficie corporal total (SCT) tanto en el caso de adultos como en niños. Si bien es cierto que, se recomienda especialmente en pacientes pediátricos, debido a una mayor proporción de la cabeza con las piernas, en relación con la gente adulta, lo que permite una estimación más precisa del porcentaje de SCT. Es importante recalcar que el método Lund - Browder no es aplicable en casos de quemaduras superficiales.

Figura 2 Tabla de Lund – Browder modificada para evaluar el porcentaje de quemadura total en la superficie corporal en niños y adultos.

Zona*	<1 año	1 a 4 años	5 a 9 años	10 a 14 años	Adulto
Cabeza	9,5	8,5	6,5	5,5	4,5
Cuello	1	1	1	1	1
Tronco	13	13	13	13	13
Parte superior del brazo	2	2	2	2	2
Antebrazo	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Mano	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Muslo	2,75	3,25	4	4,25	4,5
Pierna	2,5	2,5	2,5	3	3,25
Pie	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75
Nalga	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Genitales	1	1	1	1	1

Nota. Fernández Santervás & Melé Casas 2020. Tabla de Lund – Browder. Los valores listados son para un área de superficie y cada extremidad individual. Los valores del área superficial anterior y posterior son equivalentes al estimar el área de superficie corporal total (SCT).

- **Localización:** Existen regiones conocidas como zonas especiales o de mayor riesgo, que incluyen el rostro, el cuello, las manos, los pies, los genitales, el área perineal y las zonas de flexión. Estas áreas, debido a su alta movilidad, aunque no representan un peligro inmediato para la vida, se consideran extremadamente graves por el elevado riesgo de dejar secuelas tanto funcionales como estéticas.

2.1.1.1. Etiología de las quemaduras

Las quemaduras pueden ser causadas por diversos agentes, clasificados en físicos, químicos y biológicos. Entre los factores físicos, se incluyen elementos sólidos, líquidos o gaseosos que, al aumentar su temperatura (provocando lesiones térmicas) o disminuirla (generando congelamiento), producen las alteraciones características de las quemaduras. También forman parte de este grupo las lesiones por electricidad, radiaciones o fricción, donde el roce de los tejidos eleva la temperatura, agravando el daño mecánico inicial. (Bolgiani , Serra, & Benaim, 2020)

En el caso de los agentes químicos, las quemaduras son resultado del contacto con sustancias como ácidos o álcalis, cuya composición influye en el aspecto de la zona afectada. Por último, aunque menos frecuentes, los agentes biológicos como bacterias, peces eléctricos, medusas y otros organismos pueden causar irritaciones cutáneas, aunque hoy en día estas lesiones no se consideran verdaderas quemaduras. (Bolgiani , Serra, & Benaim, 2020)

- **Quemadura por fuego:** se produce al tocar directamente los elementos resultantes de la combustión, un proceso químico que desprende calor, humo y llamas (Reinoso, Herrera, Suárez, & Pacheco, 2022).
- **Quemadura por escaldadura:** lesión causada por el contacto con líquidos a alta temperatura (Reinoso, Herrera, Suárez, & Pacheco, 2022).
- **Quemadura por contacto:** Causadas por la exposición continua al calor de un objeto hacia la piel (Reinoso, Herrera, Suárez, & Pacheco, 2022).
- **Quemadura por radiación y radioactividad:** se refiere al daño en los tejidos provocado por la energía de radiación ionizante, la cual puede originarse por exposición a radiación electromagnética (como rayos X o gamma) o por partículas radiactivas (como alfa, beta o neutrones) (Reinoso, Herrera, Suárez, & Pacheco, 2022).
- **Quemadura eléctrica:** Lesión causada por el paso directo de corriente eléctrica (flujo de electrones de un polo negativo a uno positivo), que genera daño por efectos térmicos y no térmicos. Estas quemaduras se clasifican en bajo voltaje (<1,000 V) y alto voltaje (>1,000 V), incluyendo en esta última categoría las producidas por arco eléctrico y relámpago (Reinoso, Herrera, Suárez, & Pacheco, 2022).
- **Quemadura por fricción:** se produce cuando la piel y los tejidos subyacentes son raspados por un objeto rugoso, causando pérdida de tejido por abrasión y daño por calor (Reinoso, Herrera, Suárez, & Pacheco, 2022).
- **Quemadura por químicos:** daños en la piel y tejidos causados por el contacto con sustancias químicas, como ácidos, bases, así como compuestos orgánicos e inorgánicos.

Estas lesiones ocurren debido a la licuefacción o coagulación de las proteínas en los tejidos afectados (Reinoso, Herrera, Suárez, & Pacheco, 2022).

- **Quemadura por agentes biológicos:** resultan de la interacción con ciertas criaturas vivas o sus productos, las cuales producen irritación y daño tisular. Dentro de algunos ejemplos encontramos animales marinos (medusas), las cuales liberan sustancias tóxicas y plantas (Ortiga, hiedra venenosa o casuarina) que producen una dermatitis por contacto. (Bolgiani, Serra, & Benaim, 2020)

2.1.1.2. Fisiopatología de las quemaduras

La piel puede soportar brevemente temperaturas de hasta 40°C, pero por encima de este umbral, cada aumento de un grado incrementa significativamente el daño. A más de 70°C, el calor destruye instantáneamente la epidermis por necrosis. Las quemaduras alteran la homeostasis del cuerpo, y su gravedad depende de la extensión, pudiendo afectar múltiples órganos. La severidad de la lesión está ligada a la transferencia de calor, influenciada por factores como la temperatura del agente, duración del contacto y propiedades térmicas de los tejidos. Estas lesiones dañan las membranas celulares y desencadenan una respuesta inflamatoria local o sistémica, según su magnitud. (Ramírez, González, Ramírez, & Vélez)

La respuesta fisiopatológica a una quemadura varía considerablemente según el área corporal comprometida, la profundidad de la lesión, la edad del paciente y la presencia de enfermedades preexistentes. El daño térmico inicia una serie de reacciones locales y sistémicas que, si no se controlan de forma adecuada, pueden comprometer seriamente la estabilidad hemodinámica y metabólica del paciente

a) Respuesta local

Las quemaduras localmente causan necrosis coagulativa en la epidermis y tejidos más profundos, cuya gravedad depende de la temperatura y el tiempo de exposición. El agente causante también influye; por ejemplo, el aceite produce quemaduras más profundas que el agua hirviendo, incluso a igual temperatura y duración, debido a su mayor capacidad calorífica (Ramírez, González, Ramírez, & Vélez). El modelo fisiopatológico propuesto por Jackson describe este proceso mediante tres zonas concéntricas:

- Zona de hiperemia: es la zona periférica que muestra inflamación reactiva, pero con conservación del tejido viable.
- Zona de estasis: región adyacente con perfusión disminuida; el daño aquí puede ser reversible si se interviene oportunamente.
- Zona de coagulación: corresponde al área central donde el tejido ha sufrido necrosis irreversible.

b) Respuesta sistémica

Cuando las quemaduras abarcan el 30% de la superficie corporal total, el cuerpo entra en una fase de respuesta sistémica intensa, caracterizada por:

- Pérdida significativa de líquidos y proteínas plasmáticas, lo que conduce a hipovolemia, hipotensión y riesgo de shock hipovolémico.

- Rabdomiólisis en los casos donde hay daño muscular profundo, lo que puede comprometer la función renal.
- Síndrome de respuesta inflamatoria sistémica (SIRS), estimulado por la liberación de citoquinas proinflamatorias como TNF- α , IL-1 e IL-6.
- Hiperactividad metabólica, con aumento del catabolismo proteico, hiperglucemia persistente y debilitamiento inmunológico.
- Disfunciones orgánicas múltiples, incluyendo alteraciones pulmonares (como edema o síndrome de distrés respiratorio agudo), hepáticas y renales.

Estas alteraciones no tratadas pueden progresar hacia complicaciones como sepsis, falla multiorgánica y, en los casos más severos, la muerte. Por ello, el manejo adecuado del paciente quemado en las primeras horas es crucial para reducir la mortalidad y mejorar los resultados clínicos. (Reinoso, Herrera, Suárez, & Pacheco, 2022)

c) Respuesta cardiovascular

Tras una quemadura, la vasoconstricción inicial es rápidamente reemplazada por vasodilatación y un aumento de la permeabilidad vascular, mediados por moléculas como sustancia P, calcitonina, serotonina, histamina, bradicinina, prostaciclina, leucotrienos y tromboxano A₂. Esto provoca extravasación de líquido hacia el espacio intersticial, generando hipovolemia, disminución del retorno venoso y reducción del gasto cardíaco.

La respuesta cardiovascular inmediata incluye:

- Disminución del gasto cardíaco (posiblemente influenciado por un factor depresor miocárdico no confirmado).
- Aumento de la resistencia vascular periférica.
- Incremento en la fracción de eyección y velocidad de contracción miocárdica como mecanismo compensatorio.

Entre 12 y 18 horas después del trauma, el gasto cardíaco comienza a elevarse y se mantiene alto hasta que las heridas cicatrizan. La resistencia vascular periférica, inicialmente alta por vasoconstricción, hiperviscosidad sanguínea e hiperfibrinogenemia, termina disminuyendo (Ramírez , González , Ramírez , & Vélez).

La pérdida de piel provoca un incremento significativo en la evaporación de líquidos, lo que, sumado a la alteración de la permeabilidad capilar, puede desencadenar rápidamente un shock hipovolémico (Ramírez , González , Ramírez , & Vélez).

d) Respuesta hematológica

El shock inicial por quemaduras puede agravarse debido a una hemólisis aguda, la cual ocurre principalmente por dos razones: la destrucción directa de glóbulos rojos por el calor y la reducción en su vida media ya sea por daño celular o por una anemia hemolítica microangiopática que puede durar hasta dos semanas. (Ramírez , González , Ramírez , & Vélez)

Aunque la masa eritrocitaria puede disminuir entre un 3% y 15% en quemaduras graves, inicialmente el paciente presentará hemoconcentración, con un hematocrito elevado (alrededor del 60%), debido a que la pérdida de líquido intravascular supera la de glóbulos rojos. Entre 24 y 36 horas después de la lesión, se desarrolla una anemia microcítica hipocrómica, que mejora parcialmente con una adecuada reposición de volumen (Ramírez , González , Ramírez , & Vélez).

Curiosamente, se ha observado que las personas con quemaduras graves tienen un mayor riesgo de sufrir trombosis y embolias, posiblemente debido a la falta de movilidad. Estos problemas circulatorios suelen relacionarse con factores como la edad avanzada, el exceso de peso y la extensión de las quemaduras. Por ello, en estos casos se aconseja administrar tratamiento preventivo contra coágulos, siempre que no existan contraindicaciones (Ramírez , González , Ramírez , & Vélez).

e) Respuesta renal

Los pacientes con quemaduras graves sufren una reducción en el flujo sanguíneo renal y en la filtración glomerular, principalmente por la pérdida de volumen sanguíneo y el bajo gasto cardíaco. Además, hormonas como la angiotensina, aldosterona y vasopresina contribuyen a esta disminución, estos factores pueden provocar oliguria, que, si no se trata, deriva en necrosis tubular aguda e insuficiencia renal. En casos de quemaduras eléctricas o hemólisis masiva, la acumulación de hemoglobina o mioglobina en los túbulos renales puede obstruirlos, agravando el daño renal.

El desarrollo de protocolos para reanimación en quemaduras ha sido clave, ya que es crucial mantener una diuresis de 50-70 cc/hora en adultos y 1 cc/kg/hora en niños, con un monitoreo estricto durante las primeras 72 horas post quemadura, una reanimación temprana y adecuada reduce significativamente el riesgo de fallo renal y mortalidad (Ramírez , González , Ramírez , & Vélez).

2.1.1.3. Proceso de cicatrización

La recuperación de los tejidos lesionados por una quemadura sigue un patrón biológico ordenado que se divide en tres etapas principales:

1. **Fase inflamatoria:** durante esta etapa inicial, se movilizan células del sistema inmune como leucocitos y macrófagos hacia el área afectada. Su función es eliminar microorganismos y restos celulares, preparando el terreno para la regeneración.
2. **Fase proliferativa:** se da el inicio a la formación del tejido de granulación, se estimula el crecimiento de nuevos vasos sanguíneos, y los fibroblastos comienzan a sintetizar matriz extracelular. Junto con lo anterior, se produce la migración de queratinocitos que facilita la regeneración epitelial.
3. **Fase de remodelación:** en última instancia, el tejido cicatricial se reestructura mediante el depósito progresivo de colágeno tipo I y III, dando lugar a la maduración y fortalecimiento estructural de la nueva piel.

El tiempo que tarda una herida por quemadura en cicatrizar puede variar considerablemente según factores como la profundidad de la lesión, el estado nutricional del paciente, el tipo de tratamiento aplicado, y particularmente el tipo de apósito o injerto utilizado para cubrir la zona afectada (Martínez, 2020).

2.1.1.4. Criterios de hospitalización para quemaduras

- **Quemadura Menor:** En adultos, se considera aquella que abarca hasta un 15% de la superficie corporal quemada (SCQ) y es de 1° o 2° grado; en niños, cuando afecta hasta un 10% de SCQ de 1° o 2° grado, o menos del 2% de SCQ si es de 3° grado. Además, no debe involucrar zonas especiales como ojos, orejas, cara, manos, pies, pliegues de flexión, periné o genitales (Reinoso, Herrera, Suárez, & Pacheco, 2022).
- **Quemadura Moderada:** se define como aquella que cubre entre el 15% y 25% de la superficie corporal quemada (SCQ) de segundo grado en adultos, del 10% al 20% de SCQ de segundo grado en niños, o entre el 2% y 10% de SCQ de tercer grado en niños o adultos, siempre que no afecten áreas especiales. Estos casos requieren un tratamiento hospitalario como mínimo en un segundo nivel de atención (Reinoso, Herrera, Suárez, & Pacheco, 2022).
- **Quemadura Mayor:** se considera mayor cuando supera el 25% de la superficie corporal quemada (SCQ) de 2° grado en adultos o el 20% en niños, o cuando afecta más del 10% de SCQ de 3° grado, en cualquier caso. También se incluyen en esta categoría las quemaduras en áreas especiales (como cara, manos, pies o genitales), las lesiones inhalatorias (con o sin afectación cutánea asociada), y aquellas causadas por electricidad o rayos. Además, se consideran mayores las quemaduras acompañadas de politraumatismos, las que ocurren en pacientes con falla orgánica preexistente, o en personas de alto riesgo con enfermedades graves como diabetes mellitus, EPOC o neoplasias con repercusión sistémica (Reinoso, Herrera, Suárez, & Pacheco, 2022).

2.1.1.5. Manejo de las quemaduras

El manejo clínico ante una quemadura inicia con el enfriamiento inmediato de la lesión y una evaluación rápida de su profundidad. De acuerdo con la profundidad, las decisiones incluyen conservar o retirar la piel ampollada, aplicar apósitos o iniciar terapias de preservación de escara. Con el paso del tiempo, se realiza una nueva valoración para definir si se requiere desbridamiento, injertos o un manejo más intensivo.

2.1.1.6. Enfriamiento de áreas quemadas

De acuerdo con algunos autores, ante una quemadura, es crucial eliminar la causa y enfriar la zona afectada de inmediato, ya que esto beneficia al paciente. Reducir la temperatura del tejido quemado mejora la respuesta fisiológica y brinda alivio sintomático. No obstante, el agente utilizado para enfriar se debe aplicar pronto y a una temperatura adecuada (entre 10 y 20 °C), ya que el frío extremo (como el hielo) puede empeorar la lesión al reducir la circulación sanguínea o causar congelación. Además, enfriar áreas extensas por mucho tiempo puede provocar hipotermia (Żwieręto W, 2023).

2.1.1.7. Fluido terapia en quemaduras

En quemaduras graves, la prioridad es una adecuada reanimación, ya que la pérdida de líquidos hacia los tejidos afectados (y, en menor grado, los sanos) puede provocar shock hipovolémico, fallo orgánico y muerte si la quemadura supera el 15-20% del área corporal. El estándar global para calcular la reposición de líquidos en 24 horas es la fórmula de Parkland (4 mL/kg/% de área quemada), establecida por Baxter y Shires en 1968. Según este método, la mitad del volumen debe infundirse en las primeras 8 horas, monitorizando parámetros como la diuresis. Aunque, en los últimos años se ha cuestionado su precisión, especialmente en adultos mayores, lo que ha impulsado reevaluaciones del protocolo.

El exceso de líquidos suele producirse por múltiples causas, como errores en la estimación, aplicación de infusiones innecesarias, un mayor empleo de sedantes y analgésicos intravenosos, y la administración desmedida de cristaloides. Para la reposición de líquidos, se aconseja el uso de soluciones isotónicas como el lactato de Ringer. Además, una alternativa viable es la combinación de coloides con solución salina lactatada hipertónica (HLS) durante la reanimación hídrica (Żwieręło W, 2023).

2.1.1.8. Nutrición en pacientes quemados

Los pacientes que presentan lesiones por quemaduras necesitan una dieta equilibrada para que su recuperación sea mayormente eficaz. El método de elección es la nutrición por vía enteral, a través de ella el cuerpo puede conservar su peso corporal, disminuir la hiperactividad metabólica, mantener la función gastrointestinal, reducir la probabilidad de riesgo de infecciones. Cuando la alimentación enteral no es posible (por íleo prolongado o intolerancia) o resulta insuficiente, puede considerarse la nutrición parenteral, aunque no es la primera opción debido a sus efectos adversos, como inmunosupresión, daño hepático y mayor mortalidad.

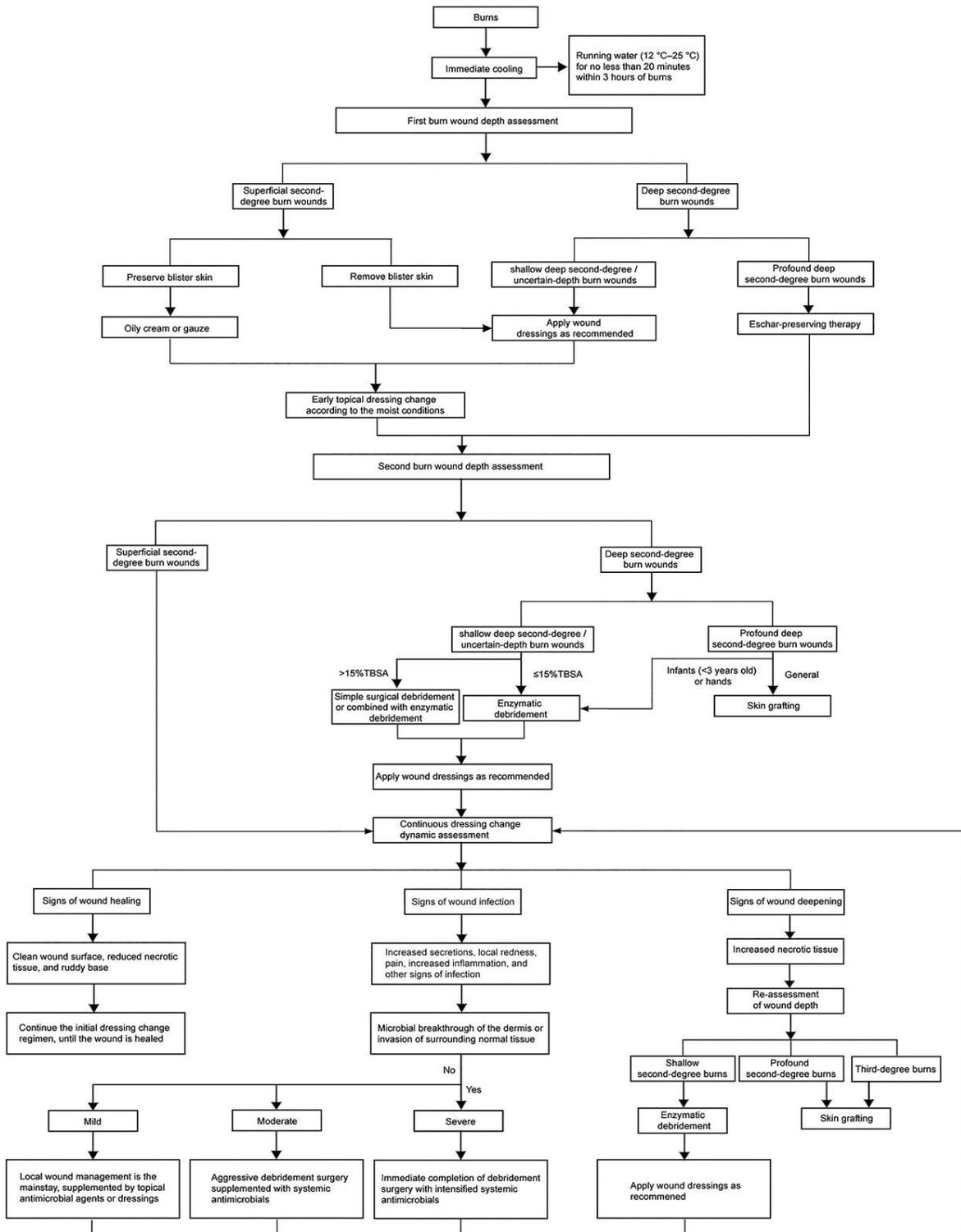
Respecto a la composición ideal de la dieta, se recomienda un alto contenido de proteínas y carbohidratos para compensar la elevada degradación de aminoácidos, favorecer la síntesis proteica y mantener la masa muscular, además de estimular la producción de insulina (Żwieręło W, 2023).

2.1.1.9. Actuación quirúrgica del paciente quemado

En pacientes quemados frecuentemente se realizan procedimientos quirúrgicos, en base a curaciones con previa administración de anestesia y seguida de injertos de piel. El paciente suele ser trasladado a la unidad quirúrgica con un intervalo de 5 – 7 días para retirar el tejido desvitalizado bajo la aplicación de anestésico. En los pacientes pediátricos se requieren intervenciones bajo anestesia con mayor frecuencia en días alternos. Según prácticas tradicionales, el paciente permanece en ayunas durante 12 – 16 horas cada 2 días, o un día de cada semana en dependencia de la extensión y profundidad de la lesión. De tal manera el paciente permanece un promedio del 40 % del tiempo de hospitalización en ayunas, comprometiendo el periodo preoperatorio como el posanestésico, siendo conscientes del impacto que puede provocar para el metabolismo energético y el estado nutricional del mismo (Reinoso, Herrera, Suárez, & Pacheco, 2022).

A continuación, se presenta el flujograma general para el manejo clínico de quemaduras de segundo grado, el cual resume el proceso de evaluación, selección terapéutica y seguimiento de estos pacientes, en concordancia con protocolos actualizados (Ye, 2025).

Figura 3 .Flujograma de manejo clínico de quemaduras de segundo grado



Tomado de Efficacy of HBPs-Ag dressing vs. Atrauman Ag in partial-thickness burns: A randomized controlled trial por Z. W. Ye (2025).

2.1.2. Apósitos de plata

La plata es un agente bactericida usado en medicina desde la segunda mitad del siglo XVIII. La plata causa un efecto antibacteriano a través de varios mecanismos que afectan a la membrana celular de las bacterias, de su ADN, orgánulos citoplasmáticos y respiración bacteriana. Por otro lado, su utilización es segura y los informes existentes sobre las resistencias bacterianas a la plata son escasos e irrelevantes. Existen apósitos mixtos, compuestos por carbón activado cubierto por una funda de nailon porosa y por plata en su interior. El carbón activo permite absorber los microorganismos y otras partículas indeseables a la vez que neutraliza el mal olor. La plata le confiere propiedades bactericidas, ya que destruye las bacterias adheridas al carbón activado. Este tipo de apósito necesita un apósito secundario para su fijación. No se puede recortar por sus componentes internos, ya que mancha o decolora la piel. (Benedí & Romero, Apositos, 2016)

La disponibilidad de nuevos apósitos con plata hidroactiva de liberación sostenida como agente antibacteriano abre un horizonte muy prometedor en el tratamiento de heridas crónicas. Este tipo de apósito está principalmente indicado para el tratamiento de úlceras por presión y vasculares con bajo-moderado componente exudativo, ya que se ha demostrado que controla la carga bacteriana de estas úlceras, absorbe de forma efectiva su exudado y es capaz de desbridar el tejido necrótico existente. (Benedí & Romero, Apositos, 2016)

2.1.3. Piel de tilapia en quemaduras

En la actualidad las heridas de piel pueden ser tratadas de múltiples maneras según sea su profundidad o extensión, como son con sulfadiazina de plata, apósitos en base de vaselina, apósitos de alginato, apósitos de colágeno e injertos de piel. Los tratamientos otorgan un ambiente húmedo con el objetivo de facilitar el proceso de granulación y epitelización del tejido para obtener una cicatrización eficaz.

En el transcurso de los últimos años el tratamiento para las quemaduras ha ido innovando, recientemente se ha descrito el xenoinjerto de piel de tilapia. Este es un pez que se reproduce en aguas dulces con temperatura entre 31 y 36°, entre las especies más estudiadas prevalece la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). (Gómez, González, Carvajalino, & Cortés, 2023)

La tilapia pertenece a la familia de los cíclidos; se origina en la cuenca del río Nilo, en el este de África (Gómez, González, Carvajalino, & Cortés, 2023). Su presencia ahora es generalizada en regiones tropicales y subtropicales del mundo. Recientemente, se ha sugerido que la piel de tilapia puede ser un posible material biológico debido a su similitud colagenosa, histológica y mecánica con la piel humana y con otros biomateriales disponibles. (Alves Negreiros Nunes, y otros, 2018)

En Ecuador, la Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) fue introducida en 1974 por agricultores privados provenientes de Brasil. Su primer registro de cultivo se dio en la laguna de Yahuarcocha, ubicada en la provincia de Imbabura. Actualmente, se cría en estanques de agua dulce y ríos, destacando por su rápido crecimiento y alta adaptabilidad. Esta especie es

principalmente destinada al consumo humano, siendo muy valorada en el sector acuícola (Jacome, Quezada Abad, Sanchez Romero, Perez, & Nirchio, 2019).

Su potencial como vendaje biológico destaca por su excelente calidad, bajo costo y disponibilidad prácticamente ilimitada. No obstante, al tratarse de un xenoinjerto, existe el riesgo de transmisión de patógenos, por lo que estos biomateriales deben someterse a protocolos estrictos de preservación y esterilización. Estas medidas garantizan la seguridad, eficacia y biocompatibilidad del producto final (Alves Negreiros Nunes, y otros, 2018).

2.1.3.1. Morfología de la piel de tilapia

La piel de la tilapia del Nilo presenta una tonalidad blanquecina con matices grises, recubierta por escamas traslúcidas de tamaño considerable. Su textura es áspera y resistente, organizada en tres capas principales: epidermis, dermis e hipodermis.

- La epidermis de la tilapia presenta una estructura estratificada formada por queratinocitos (células epiteliales pavimentosas) dispuestos en múltiples capas. Entre estas células se encuentran las células mucosas, encargadas de secretar una capa de mucus que actúa como barrera protectora contra patógenos, reduce la fricción en el agua y contribuye a la osmorregulación. Además, la epidermis alberga células inmunológicas, como linfocitos y macrófagos, que defienden al pez de infecciones. A diferencia de los vertebrados terrestres, la tilapia presenta menor cantidad de queratinización, ya que, al vivir en un medio acuático, no requiere una capa gruesa de queratina para evitar la deshidratación (Khairani, Fikri, Purnomo, & Elziyad, A Comparative Histological Study of Skin in *Clarias gariepinus* and *Oreochromis niloticus*, 2021).
- La dermis está dividida en dos capas principales: una capa esponjosa (estrato esponjoso), compuesta por tejido conectivo laxo con vasos sanguíneos, fibras de colágeno y elastina, y una capa compacta (estrato compacto), más densa y resistente debido a su organización de fibras de colágeno. En esta capa se encuentran las escamas ctenoideas, caracterizadas por pequeñas espinas (ctenii) en su borde posterior. Las escamas se encuentran localizadas en cavidades dérmicas, poseen una estructura flexible y están cubiertas por la epidermis (Khairani, Fikri, Purnomo, & Elziyad, A Comparative Histological Study of Skin in *Clarias gariepinus* and *Oreochromis niloticus*, 2021).
- Entre las estructuras especializadas de la piel de la tilapia destacan las glándulas mucosas, que secretan mucus de manera continua para proteger contra bacterias y parásitos. Además, posee cromatóforos, células pigmentarias que contienen melanina (melanóforos), guanina (iridóforos) y otros pigmentos, permitiendo cambios de coloración para funciones como el camuflaje y la comunicación intraespecífica (Khairani, Fikri, Purnomo, & Purnama, A Comparative Histological Study of Skin in *Clarias gariepinus* and *Oreochromis niloticus*, 2021).

2.1.3.2. Métodos de esterilización

La clorhexidina es un agente tópico ampliamente utilizado en procedimientos de cobertura de heridas por su eficacia contra bacterias grampositivas, bacterias gramnegativas y fúngicos como *Pseudomonas aeruginosa* y *Cándida albicans*. Estudios han documentado su aplicación en injertos de hueso, tendón y membrana amniótica, aunque existen

discrepancias respecto a su potencial para causar alteraciones microestructurales o inductivas en los tejidos tratados.

Por otra parte, en ingeniería de tejidos, la esterilización por radiación destaca por su alta penetrabilidad, mínima generación de calor y eficacia para eliminar microorganismos, incluso en materiales ya empaquetados. No obstante, la dosis empleada puede afectar la arquitectura del tejido mediante cambios físico - químicos, por lo que es crucial equilibrar la inactivación microbiana con la preservación de las propiedades biológicas del injerto xenogénico (Alves Negreiros Nunes, y otros, 2018).

- **Protocolo de esterilización química:** Las muestras de piel son sometidas a un proceso de esterilización química que incluye dos baños consecutivos en una solución de clorhexidina al 2% durante 30 minutos cada uno, seguidos de inmersiones en glicerol en concentraciones crecientes (50%, 75% y 99%). Inicialmente, las muestras se deben lavar con solución salina y luego ser sumergidas durante 30 minutos en un recipiente estéril con digluconato de clorhexidina al 2% (solución tensioactiva) (C1). Tras este primer paso, se deben enjuagar nuevamente con solución salina y se sumergen en una nueva solución de clorhexidina al 2% por otros 30 minutos (C2). Posteriormente, se lavan otra vez con solución salina y se transfieren a un medio compuesto por glicerol (50%), solución salina (49%) y una mezcla de penicilina/estreptomicina/fungisol (1%) (G1). Pasadas 24 horas o antes, las pieles se retiran, se enjuagan y se sumergen en una solución con glicerol (75%), solución salina (24%) y el mismo cóctel antibiótico-antifúngico (1%). A continuación, se masajean individualmente en flujo laminar vertical durante 5 minutos (G2) y se almacenan en recipientes sellados. Más tarde, se incuban en baño maría a 37 °C con agitación rotatoria (15 rpm) durante 3 horas. Después de este paso, se lavan con solución salina y se introducen en una solución de glicerol (99%) y penicilina/estreptomicina/fungisol (1%), masajeadolas nuevamente por 5 minutos (G3). Finalmente, se repite el baño maría en las mismas condiciones (37 °C, 15 rpm) por 3 horas adicionales. Una vez completado el proceso, las pieles se empaquetan individualmente en sobres plásticos estériles dobles con una validez de dos años (Alves Negreiros Nunes, y otros, 2018).
- **Esterilización adicional por radiación:** Tras la esterilización química previamente descrita, las pieles son envasadas de forma individual en bolsas de plástico dobles y remitidas a un Instituto de Investigación en Energía Nuclear. En este centro, deben ser irradiadas diversas muestras utilizando un irradiador de Cobalto 60 multipropósito, aplicando dosis de 25, 30 y 50 kGy. El procedimiento de irradiación siguió lo establecido en la norma ISO 11137.

Tanto la esterilización química como la radio - esterilización con dosis de 25 kGy y 30 kGy son métodos eficaces para preparar la piel de tilapia del Nilo como vendaje biológico, sin afectar sus características microscópicas ni sus propiedades tensiométricas. (Alves Negreiros Nunes, y otros, 2018)

En diferentes estudios se evidencio que el uso de la piel de tilapia acelera la cicatrización de la piel gracias debido a que posee un microbiota no infeccioso, además

contiene altas cantidades de colágeno tipo I y una estructura morfológica que es similar a la de la piel humana. Se observó disminuye el dolor y los costos de su uso en este tipo de tratamiento pueden ser menores en comparación con otros tratamientos (Gómez, González, Carvajalino, & Cortés, 2023).

2.1.3.3. Aplicación de la piel de tilapia en quemaduras

En una sala estéril se limpia la lesión con solución salina al 0.9% subsecuente se desbrida la presencia de flictenas para una eficaz preparación del lecho de la herida, se aplica el injerto de piel de tilapia el mismo que se encuentra completamente humedecido en solución salina al 0.9%. Con ayuda de gasas se realiza el vendaje con el fin de sujetar el xenoinjerto (Staubach, Glosse, & Loff, 2024).

El cambio de apósitos del xenoinjerto se lo realiza cada dos o tres días de manera ambulatoria, debido a que el material se mantiene húmedo por la la secreción que drena la herida. El número de cambio de apósitos dependerá de la extensión y profundidad de la lesión (Staubach, Glosse, & Loff, 2024).

CAPÍTULO III

3. Metodología

3.1 diseño de la investigación

Este estudio se basa en un **diseño observacional, retrospectivo, transversal e integrativo**, con **enfoque cuantitativo**. Su propósito fue recopilar, analizar y comparar estudios científicos previamente publicados sobre el uso de **injertos de piel de tilapia y apósitos de plata** en el tratamiento de **quemaduras de segundo grado**, con el objetivo de evaluar su eficacia, seguridad y aplicabilidad clínica.

La búsqueda se efectuó a través de una **revisión bibliográfica estructurada de la literatura** mediante procesos ordenados y críticos, permitió evidenciar diferentes fuentes científicas publicadas en revistas de alto impacto con abordajes experimentales y no experimentales. Esta metodología es eficiente en el área de la salud, ayuda a reunir información actualizada para enfocar de mejor manera las decisiones clínicas.

3.2 Fuentes de información y estrategia de búsqueda

Para cumplir los objetivos planteados, se aplicó el modelo **PICO** como herramienta para estructurar la pregunta de investigación y guiar el proceso de búsqueda:

- **P (Población):** Pacientes con quemaduras de segundo grado.
- **I (Intervención):** Injertos de piel de tilapia.
- **C (Comparación):** Apósitos de plata.
- **O (Resultados):** Tiempo de cicatrización, control del dolor, infecciones, estética y satisfacción del paciente.

Una vez establecidos los criterios de inclusión y exclusión, se desarrolló la búsqueda bibliográfica con una estrategia de selección en las bases de datos de:

- PubMed
- Scopus
- Web of Science
- ClinicalKey
- UpToDate

Se ejecutó una búsqueda combinada de términos: "injertos de piel de tilapia", "apósitos de plata", "tilapia skin graft", "quemaduras de segundo grado", "burn wound healing", "silver dressings", "cicatrización". Los operadores booleanos de la estrategia incluyeron AND, OR, se filtró la información según el idioma de español, inglés y portugués y finalmente fecha de publicación desde 2019 hasta 2024.

Mediante el instrumento CASPe (Critical Appraisal Skills Programme) para una evaluación crítica se aseguró la validez de los estudios, adaptados a estudios clínicos, ensayos clínicos y revisiones. Se consideró que los estudios tengan claridad en sus objetivos, una adecuada metodología, coherencia de resultados y confiabilidad en las conclusiones.

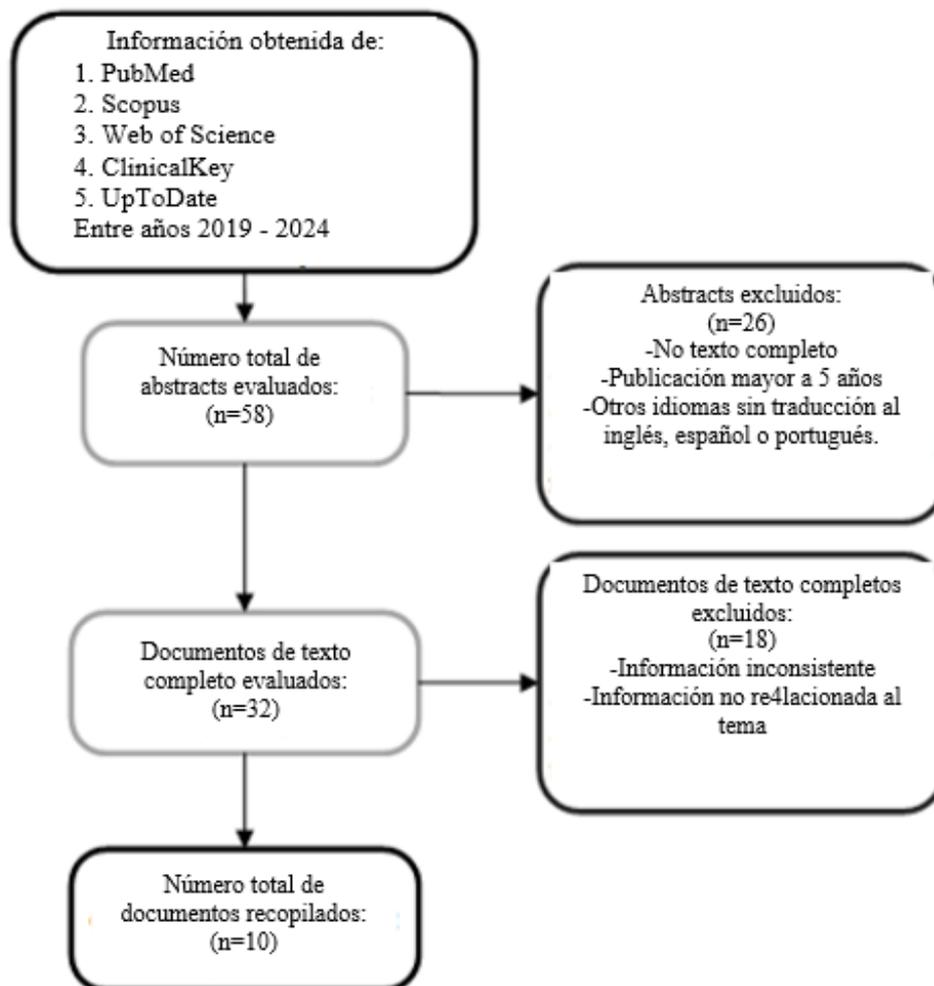
Se tomo en cuenta la información con un margen mínimo de $\geq 8/10$ puntos en la escala CASPe, los mismos que cumplieron con lo criterios de calidad indicados

3.3 Proceso de selección de estudios

Para el proceso de búsqueda y selección de información, se utilizó la guía PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Esta metodología ayuda a garantizar la transparencia, coherencia y trazabilidad del estudio, además permite formar una estructura clara al momento de la revisión de cada etapa.

1. **Identificación inicial:** Se recuperaron 58 registros tras aplicar los términos de búsqueda y filtros de idioma y fecha.
2. **Filtrado:** Se descarto los artículos duplicados y los que no tenían relevancia con el tema a través del título y resumen, disminuyendo a 32 artículos.
3. **Elegibilidad:** Al acceder a la información completa del artículo se valoró los objetivos de cada estudio, dejando 18 artículos seleccionados
4. **Selección final:** Finalmente se implementó criterios de inclusión y exclusión, para los cuales se analizaron 10 estudios para la revisión.

Figura 4. Flujograma de identificación y selección de documentos



Fuente: Elaboración propia

3.4 Criterios de inclusión

En los criterios de inclusión se consideró que los estudios debían ser aptos a las siguientes condiciones:

- Publicación en revistas científicas indexadas.
- Estar directamente relacionados con el uso de injertos de piel de tilapia o apósitos de plata en quemaduras de segundo grado.
- Fecha de publicación, últimos 5 años hasta la actualidad, desde el 2019 al 2024.
- Disponibilidad de texto completo en español, inglés y portugués.

3.5 Criterios de exclusión

Se excluyeron aquellos artículos que:

- Aportaran información inconsistente, ambigua o no relacionada con el tema.
- No contaran con texto completo accesible.
- Fueran publicados antes de 2019 o en idiomas distintos al español, inglés o portugués.

3.6 Síntesis y análisis de datos

El equipo de investigación realizó una lectura exhaustiva de cada documento seleccionado, lo que permitió extraer información pertinente para el desarrollo del estudio.

Estos artículos fueron sometidos a una lectura crítica y análisis detallado, evaluando tanto datos cuantitativos (como tasas de cicatrización, reducción del dolor e incidencia de infecciones) como cualitativos (como la percepción estética de las cicatrices y la satisfacción del paciente). En base a las herramientas de gestión bibliográfico, integridad del proceso de revisión y asegurando su severidad se realizó la síntesis y recopilación de datos.

La estrategia de la metodología ayudó a que la recolección de resultados se encuentre alineados con los objetivos del estudio, obteniendo resultados claros y consistentes

3.7 Consideraciones éticas

El trabajo realizado es una revisión bibliográfica por lo mismo no es necesario el consentimiento ético adicional. Sin Embargo, todas las fuentes documentales utilizadas han sido citadas correctamente respetando así los derechos de cada autor.

CAPÍTULO IV

4.1 resultados

Para la revisión fueron elegidos diez estudios, que han sido publicados desde el año 2019 hasta 2024, estos analizaron el uso y la utilidad del injerto de la piel de tilapia como de los apósitos de plata en el tratamiento de las quemaduras de segundo grado. Estos estudios cumplieron las condiciones establecidas en la metodología: que fueran publicados en los años indicados, en idiomas como inglés, español o portugués, tener acceso completo a la información, resultados de investigación clara y confiable en torno a la eficacia, seguridad de aplicación, tiempo y calidad de cicatrización.

Tabla 1. Estudios incluidos en la revisión comparativa de injertos de piel de tilapia vs, apósitos de plata para el manejo de quemaduras de segundo grado

Título, Autor y Año	Metodología del artículo	Resultados y conclusiones	Aporte al tema
Lima Júnior et al. (2020) " <i>Nile tilapia skin xenograft for partial thickness burn treatment</i> "	Ensayo clínico fase II, aleatorizado, 62 adultos. Criterios de inclusión: quemaduras de segundo grado, sin infección activa. Criterios de exclusión: comorbilidades graves, alergias.	Tiempo de cicatrización: tilapia 9–10 días vs. plata 11–13 días ($p < 0.01$). Menor dolor (VAS –1 a –2 puntos). Menos cambios de apósito. No hubo eventos adversos.	Evidencia clínica inicial de la eficacia y seguridad del injerto de tilapia.
Lima Júnior et al. (2021) " <i>Phase III trial on the use of Nile tilapia skin as a xenograft</i> "	Ensayo clínico fase III, aleatorizado, 115 adultos. Criterios de inclusión: quemaduras parciales, SCQ <20%. Criterios de exclusión: infecciones activas, alergias alimentarias.	Menor dolor y duración del tratamiento. Tilapia: 1–2 cambios vs. 4–5 en plata. Ahorro de 40–50% en costos. Sin infecciones atribuibles.	Confirma eficacia clínica y costo-efectividad del injerto de tilapia.
Miranda MB et al. (2019) " <i>Uso de pele de tilapia no tratamento de queimaduras pediátricas</i> "	Ensayo piloto en 30 niños. Inclusión: quemaduras de segundo grado.	Buena adherencia, menor ansiedad y dolor. Curación rápida sin infecciones. No se	Evidencia positiva en población pediátrica, mejora

	Exclusión: pacientes con trastornos sistémicos.	necesitaron cambios frecuentes.	experiencia del paciente.
Moraes FCA et al. (2024) " <i>Eficácia dos curativos biológicos com pele de tilápia</i> "	Revisión sistemática y metaanálisis. Inclusión: artículos comparativos publicados 2019–2023. Exclusión: estudios sin texto completo o alta heterogeneidad.	MD –0.7 días en cicatrización (IC95% –1.1 a –0.3; p<0.001). Menor dolor reportado. No hubo diferencias en infecciones.	Respaldo cuantitativo sólido a favor del uso de piel de tilapia.
Cadri S et al. (2023) " <i>Efficacy of tilapia skin as an alternative dressing...</i> "	Metaanálisis con 285 pacientes. Inclusión: RCTs y estudios clínicos con grupo comparador. Exclusión: estudios narrativos o sin datos comparables.	Reducción significativa del dolor y tiempo de cicatrización. Bioseguridad confirmada. Datos consistentes en distintas poblaciones.	Fortalece la base de evidencia con datos agregados.
Moreira SS et al. (2022) " <i>Nanocrystalline silver vs. silver sulfadiazine</i> "	RCT con 68 adultos. Inclusión: quemaduras parciales. Exclusión: quemaduras extensas o infectadas.	Menos dolor y menos cambios de apósito con plata nanocrystalina. Mejor adherencia que SSD.	Comparador relevante de apósitos modernos con plata.
Jiang Y et al. (2024) " <i>Efficacy of silver and iodine dressings...</i> "	Revisión sistemática y metaanálisis. Inclusión: estudios con apósitos de plata e yodo en quemaduras. Exclusión: falta	Control de infecciones efectivo, sin diferencia significativa frente a tilapia. No mejora tiempo de cicatrización.	Útil para contrastar la eficacia antimicrobiana frente a tilapia.

	de datos comparativos.		
Pham C et al. (2023) " <i>Silver-based wound dressings: review</i> "	Revisión sistemática de apósitos con plata. Inclusión: estudios sobre acción antimicrobiana. Exclusión: sin resultados clínicos.	Plata es eficaz en heridas infectadas. No todos los apósitos mostraron beneficios en dolor o cicatrización.	Reafirma utilidad de la plata pero con limitaciones clínicas.
Rashaan ZM et al. (2020) " <i>Alginate vs. silver sulfadiazine</i> "	RCT con 76 adultos con quemaduras térmicas. Inclusión: lesiones agudas. Exclusión: crónicas o infectadas.	Alginato superior en calidad de vida y reducción de costos. Menor dolor y mejores cicatrices que SSD.	Proporciona un comparador adicional frente a plata convencional.
McGonagle JG et al. (2023) " <i>Evaluation of silver nanocrystalline dressings...</i> "	RCT con 60 adultos. Inclusión: quemaduras superficiales. Exclusión: heridas profundas o contaminadas.	Plata nanocrystalina mostró mejor reepitelización y menos inflamación. No hubo efectos adversos.	Evalúa eficacia de versiones avanzadas de apósitos con plata.

4.2. Discusión

La comparación de la eficacia del proceso de cicatrización que se pudo evidenciar en los estudios clínicos es la disminución del tiempo de cicatrización al utilizar injertos de piel de tilapia. Cadri et al. (2023) y Lima Júnior et al. (2020, 2021) indicaron que existe una reducción de tiempo de reepitelización que varía en promedio de 2 a 3 días en comparación con los apósitos convencionales o utilización de sulfadiazina de plata. Aunque la diferencia de tiempo, el mismo es importante y significativa en la reducción de probabilidad de desarrollar complicaciones, disminución de tiempo de hospitalización, aceleración que el paciente pueda incorporarse a sus actividades.

De igual manera, los metaanálisis (Moraes et al., 2024; Cadri et al., 2023) aprobaron esta afirmación en base a hallazgos estadísticos significativos ($p < 0.001$), ese dato es un respaldo para la valoración de la eficacia regenerativa en la piel de tilapia por su componente de colágeno tipo I y su estructura similar a la piel del ser humano

En cuanto al dolor que padecen los pacientes con este tipo de lesiones, los ensayos de Lima Júnior y Miranda MB et al. demostraron que aquellos que fueron tratados con xenoinjertos de tilapia presentaron una reducción en los niveles de dolor, gracias al menor número de veces que necesito ser cambiado este apósito y a la capacidad que tiene para poder mantenerse húmedo tras su aplicación, esto favorece a que la cicatrización sea eficaz sin la necesidad de irritar a los tejidos comprometidos.

Moreira et al. (2022) y Rashaan et al. (2020) también reportaron menores puntuaciones en escalas de dolor, lo cual se traduce en menor uso de analgésicos y mayor satisfacción del paciente.

Desde una perspectiva económica, relacionando costo-efectividad, los estudios incluidos coinciden en que el injerto de tilapia representa una alternativa de bajo costo. Lima Júnior et al. (2021) y Aggarwala et al. (2021) demostraron reducciones significativas en los costos asociados, principalmente por la menor duración del tratamiento, el menor uso de analgesia y la reducción de procedimientos repetidos. A nivel del área de la salud los recursos disponibles son limitados por lo cual estos hallazgos son esenciales en cuanto a costo – beneficio en comparación con los tratamientos tradicionales

En cuanto a la seguridad de aplicación ningún estudio reportó eventos adversos ocasionados tras el uso de injertos de piel de tilapia. Considerando que los apósitos de plata tienen grandes propiedades antimicrobianas (Pham et al., 2023; Jiang et al., 2024), no se evidenciaron diferencias significativas de casos de infecciones. Esto sugiere que la piel de tilapia no incrementa la probabilidad de riesgo de infecciones

Las limitaciones que se encontraron entre los estudios fue que el tamaño de muestra de algunos casos era reducido (Miranda, 2019), al igual que la carencia de ensayos multicéntricos. Además, ciertas revisiones no tenían comparadores directos, lo que limita el peso de las conclusiones

La recopilación de información evidenció que la aplicación del xenoinjerto de piel de tilapia es un alternativa innovadora y comprometedora, en especial en países con recursos limitados. Se sugiere impulsar a la investigación del mismo con ensayos aleatorizados, estandarizados y multicéntricos, seguimiento a largo y corto plazo para una mejor adaptación en centro hospitalarios.

Los injertos de piel de tilapia se posicionan como una opción terapéutica segura, eficaz y asequible para el manejo de quemaduras de segundo grado, con beneficios clínicos y económicos significativos frente a los apósitos de plata.

CAPÍTULO V

5.1. Conclusiones

1. El uso de injertos de piel de tilapia en el tratamiento de quemaduras de segundo grado constituye una alternativa terapéutica eficaz, segura y económica en comparación a los apósitos de plata. Estos poseen ventajas importantes por su alto contenido de colágeno tipo I, regeneración tisular, su estructura similar a la piel del ser humano, su textura flexible y moldeable favoreciendo a la adherencia al lecho de la herida incluso en zonas de formas complejas. Esto contribuye a aliviar el dolor, acelerar la cicatrización y optimizar los resultados funcionales y estéticos. Además, su bajo costo favorece tanto su accesibilidad como su producción local en Ecuador, convirtiéndola en una alternativa costo-efectiva frente a los apósitos tradicionales de plata.
2. Respecto al dolor, la mayoría de los estudios observaron que los pacientes tratados con injertos de tilapia experimentaron menos molestias durante la cicatrización. Su aplicación directa en el área afectada permite formar una capa protectora que se adhiere fácilmente a la herida, esta cobertura se convierte en una barrera física evitando el contacto directo con el exterior. Además, gracias a que la piel de tilapia tiene su estructura dérmica rica en colágeno, permite que al ser aplicado se mantenga húmedo evitando su resecamiento. Esto contribuye a que la herida se mantiene hidratada disminuyendo el número de curaciones, de acuerdo con la investigación realizada varía entre 2 o 3 días dependiendo el caso a diferencia de los apósitos de plata que requiere cambios diarios. Al existir menor manipulación en cada cambio de material, reduce el trauma mecánico lo cual disminuye significativamente el dolor.
3. Los estudios revisados reportaron menor tiempo de cicatrización al utilizar injertos de piel de tilapia con un promedio de 7 a 14 días a diferencia que con los apósitos de plata varía entre 10 y 17. Esto se debe a que sus cambios frecuentes retrasan la epitelización de la lesión. Por otro parte, su alta concentración de colágeno que posee la piel de tilapia favorece la proliferación celular y la regeneración tisular, disminuyendo el proceso de 2 a 3 días. Esta comparación respalda que el tratamiento con injerto de piel de tilapia es una alternativa más rápida y efectiva para la cicatrización en este tipo de lesiones.
4. Se destacaron resultados estéticos favorables con el uso de injertos de tilapia, se evidenciaron cicatrices más uniformes y de menor textura. Esto se debe a que este xenoinjerto tiene un componente rico de colágeno que promueve la proliferación de queratinocitos y fibroblastos dando como resultado un proceso de epitelización adecuado, rápido y constante. Como consecuencia, se reduce la inflamación, la formación excesiva de tejido granuloso y el riesgo de desarrollar fibrosis, así como cicatrices antiestéticas, hipertróficas o deformantes. El injerto de piel de tilapia garantiza una epitelización eficiente, acelerando y mejorando la regeneración de las capas dérmica y epidérmica.

5.2. Recomendaciones

- Fomentar programas de difusión de información en instituciones médicas y gubernamentales destacando los beneficios de los injertos de la piel de tilapia como tratamiento en quemaduras de segundo grado, indicando sus beneficios, aspecto económico, estética de cicatrices, para ser aplicada como nueva técnica innovadora dentro del sistema de salud.
- Incentivar el desarrollo de protocolos institucionales para el manejo y seguimiento de quemaduras con la aplicación del injerto de piel de tilapia pudiendo así capacitar al personal de salud, para asegurar un tratamiento estandarizado, seguro y respaldado por evidencia científica actualizada.
- Promover la implementación del injerto de piel de tilapia como alternativa terapéutica en unidades de atención a pacientes quemados, especialmente en contextos con recursos limitados, debido a su eficacia comprobada en la reducción del tiempo de cicatrización, el control del dolor y la mejor calidad de cicatriz.
- Impulsar alianzas entre instituciones de salud, universidades y centros de investigación para optimizar la producción, procesamiento y conservación del injerto de tilapia, garantizando su calidad, disponibilidad y trazabilidad bajo normativas sanitarias.

BIBLIOGRAFIA

- Aggarwala, S. K. (2021). Treatment of partial thickness burns: A multicenter randomized controlled trial comparing various burn wound dressings. *Journal of Burn Care & Research*. 42(2), 137–145. <https://doi.org/10.1093/jbcr/iraa019>.
- Alberto Bolgiani, M. C. (2019). *Capítulo 22. Las quemaduras y su tratamiento inicial*. Tratto da Manual de Cirugía del Trauma: https://aac.org.ar/manual_trauma/archivos/25.Capitulo22.pdf
- Alves Negreiros Nunes, A. P., Lima Júnior, E. M., Piccolo, N. S., De Miranda, M. J., Lima Verde, M. Q., Ferreira Júnior, A. C., . . . De Moraes, M. O. (2018). Study of tensiometric properties, microbiological and collagen content in Nile tilapia skin submitted to different sterilization methods. *Cell and Tissue Banking*, 19, 373-382. doi:10.1007/S10561-017-9681-Y,
- Benedí, J., & Romero, C. (2016). Apositos. *Revista Farmacia Profesional*. Tratto da <https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-articulo-apositos-13089951#:~:text=Los%20ap%C3%B3sitos%20de%20plata%20tambi%C3%A9n,con%20la%20misma%20finalidad%20antis%C3%A9ptica>.
- Benedí, J., & Romero, C. (2016). *ELSEVIER*. Tratto da <https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-articulo-apositos-13089951#:~:text=Los%20ap%C3%B3sitos%20de%20plata%20tambi%C3%A9n,con%20la%20misma%20finalidad%20antis%C3%A9ptica>.
- Bolgiani, A., Serra, C., & Benaim, F. (2020). Las Quemaduras y su tratamiento inicial. In A. F. De Gracia, & J. A. Reilly, *Manual de Cirugía Trauma* (p. 347). Comisión de Trauma. Tratto da https://aac.org.ar/manual_trauma/
- Cadri, S. O. (2023). Efficacy of tilapia skin as an alternative dressing for burn wound healing: A meta-analysis. *Burns*, 49(1), 120–130. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2022.06.008>.
- Camacho Silva, B., Enriquez Ramos, M., Aldrete Velasco, J., & Roman Vistrain, G. (2022). *Consenso multidisciplinario sobre terapia nutricional en el paciente quemado*. Tratto da <https://doi.org/10.35366/105375>
- Fernández Santervás, Y., & Melé Casas, M. (2020). Quemaduras. *Sociedad Española de Urgencias de Pediatría*, 13. Tratto il giorno 2025 da www.aeped.es/protocolos/
- Fiorini, E., Mogrovejo, E., Zambrano, P., Castro, J., & Niveló, J. (2023, Julio 06). *Injertos en quemaduras*. Tratto da REVISTA LATINOAMERICANA DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES: <https://latam.redilat.org/index.php/lt/article/view/788>
- Gaibor, P., Curicho, D., Cajas, V., & Roldán, F. (2023, enero). *Actualización en el manejo del paciente quemado en urgencias*. Tratto da Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento: <https://recimundo.com/index.php/es/article/view/1944>
- García J, F. A. (2021). *Anatomía y fisiología de la piel*. Tratto da *Pediatría Integral*: https://www.pediatriaintegral.es/wp-content/uploads/2021/xxv03/07/n3-156e1-13_RB_JesusGarcia.pdf

- Garriga, T., Vaillant, R., & Núñez, L. (2020). Los protocolos ERAS-ACERTO en la atención del paciente quemado. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 30.
- Gomez, L. (2023). Xenoinjertos de piel de Tilapia en quemaduras cutáneas. *Cirugía plástica Ibero-Latinoamericana*, 309-314. doi:<http://dx.doi.org/10.4321/S0376-78922023000300014>
- Gómez, L., González, K., Carvajalino, Y., & Cortés, S. (2023). Xenoinjertos de piel de Tilapia en quemaduras cutáneas. *Cirugía plástica Ibero-Latinoamericana*, 309-314. doi:<http://dx.doi.org/10.4321/S0376-78922023000300014>
- Hidalgo, A., & Jiménez, N. (2020). *ESTUDIO DE CONOCIMIENTOS, ACTITUDES Y PRÁCTICAS SOBRE EL DIAGNOSTICO Y MANEJO DEL PACIENTE QUEMADO EN MEDICOS DEL ECUADOR*. Tratto da PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS: <https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/c442c871-2439-4ae0-952a-f06a606265bf/content>
- Jacome, J., Quezada Abad, C., Sanchez Romero, O., Perez, J., & Nirchio, M. (2019). Tilapia en Ecuador: paradoja entre la producción acuícola y la protección de la biodiversidad ecuatoriana. *Resvista Peruana de Biología*, 26, 543-550. doi:10.15381/RPB.V26I4.16343
- Jiang, Y. Z. (2024). Efficacy and safety of silver and iodine containing dressings for burn wounds: A systematic review and meta-analysis. *Burns & Trauma*, 12, tkae010. <https://doi.org/10.1093/burnst/tkae010>.
- Khairani, S., Fikri, F., Purnomo, A., & Elziyad, M. (2021, Mayo 5). A Comparative Histological Study of Skin in Clarias gariepinus and Oreochromis niloticus. *Media Kedokteran Hewan*, 32, 90. doi:10.20473/MKH.V32I2.2021.90-96
- Khairani, S., Fikri, F., Purnomo, A., & Purnama, M. (2021, Mayo 5). A Comparative Histological Study of Skin in Clarias gariepinus and Oreochromis niloticus. *Media Kedokteran Hewan*, 32, 90. doi:10.20473/MKH.V32I2.2021.90-96
- Lima Júnior, E. M. (2020). Nile tilapia skin xenograft for partial thickness burn treatment: Phase II randomized controlled trial. *Journal of Burn Care & Research*, 41(3), 606–613. <https://doi.org/10.1093/jbcr/irz205>.
- Lima Júnior, E. M. (2021). Phase III trial on the use of Nile tilapia skin as a xenograft for partial thickness burns: A randomized controlled study. *Burns*, 47(5), 1116–1124. <https://doi.org/10.1>.
- Lima Júnior, E. M. (2023). Timeline of tilapia skin (*Oreochromis niloticus*) in modern regenerative medicine: From bench to patient. *CuidArte*, 16(4), 728–739. <https://doi.org/10.55905/cuadv16n4-098>.
- Markiewicz, A., Koziol, M., Tobiasz, M., Radzikowska, E., & Przekora, A. (2022). Burn Wound Healing: Clinical Complications, Medical Care, Treatment, and Dressing Types: The Current State of Knowledge for Clinical Practice. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Tratto da <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/3/1338>
- Martínez, L. &. (2020). Cicatrización de heridas cutáneas: proceso y factores. *Dermatología Peruana*.

- McGonagle, J. G. (2023). Evaluation of silver nanocrystalline dressings in burn wound management: A randomized controlled trial. . *International Wound Journal*, 20(1), 95–103. <https://doi.org/10.1111/iwj.13870>.
- Medeiros, A. (2021, Diciembre). *PIEL DE TILAPIA: ¿AVANCE TECNOLÓGICO EN EL TRATAMIENTO DE QUEMADURAS?* Tratto da REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR NÚCLEO DO CONHECIMENTO: https://www.nucleodoconhecimento.com.br/salud/piel-de-tilapia#google_vignette
- Miranda, M. B. (2019). Uso de pele de tilápia no tratamento de queimaduras pediátricas: um estudo piloto. . *Revista Brasileira de Queimaduras*, 18(2), 65–70.
- Moraes Aquino, F. C., Ferraz Barbosa, B., Sepulvida, D., Bordignon Barbosa, C., Brochi, L., Figueroa, E., . . . Santos Pereira, N. C. (2024, Marzo 1). Nile Tilapia Skin Xenograft Versus Silver-Based Dressings in the Management of Partial-Thickness Burn Wounds: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 13, 1642. doi:10.3390/JCM13061642/S1
- Moraes, F. C. (2024). Eficácia dos curativos biológicos com pele de tilápia no tratamento de queimaduras: revisão sistemática e metanálise. . *Revista Brasileira de Cirurgia Plástica*, 39(1), e20240001.
- Moreira, S. S. (2022). A randomized controlled trial comparing nanocrystalline silver dressings and silver sulfadiazine in partial-thickness burns. . 48(7), 1635–1643. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2021.11.013>.
- OMS. (2023, Octubre 13). *Quemaduras*. Tratto da Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/burns>
- Ospino Gonzalez, C. (2019). *Universidad del Bosque*. Tratto da <https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/1829/>
- Pham, C. C. (2023). Current status of silver-based wound dressings: A systematic review. *Journal of Wound Care*, 32(1), 12–21. <https://doi.org/10.12968/jowc.2023.32.1.12>.
- Radzikowska-Büchner, E., Łopuszyńska, I., Flieger, W., Tobiasz, M., Maciejewski, R., & Flieger, J. (2023, Noviembre 1). An Overview of Recent Developments in the Management of Burn Injuries. *International Journal of Molecular Sciences*, 24, 16357. doi:10.3390/IJMS242216357
- Ramirez, C. E., González, F. L., Ramírez, N., & Vélez, K. (s.d.). Fisiopatología del paciente quemado. *Salud UIS*. Tratto il giorno Junio 10, 2025 da <http://blogs.levante-emv.com/salud->
- Rashaan, Z. M. (2020). Enzymatic alginate dressings vs. silver sulfadiazine: A randomized controlled trial in burn patients. . 46(4), 879–887. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2020.03.011>.
- Reinoso Trujillo, K. e. (2022). Clasificación y manejo inicial de quemaduras. . *RECIMUNDO*, 6(4), 123–131. [https://doi.org/10.26820/recimundo/6.\(4\).octubre.2022.123-131](https://doi.org/10.26820/recimundo/6.(4).octubre.2022.123-131).
- Reinoso, K., Herrera, A., Suárez, E., & Pacheco, N. (2022). Actualización en el manejo de paciente quemado. *Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento*, 130. doi:10.26820/recimundo/6.(4).octubre.2022.123-131
- Rocha, B. A. (2024). Queimaduras: tratamento com o uso de pele de tilápia do nilo. . *Cuadernos Educación*, 16(4), 710–719. <https://doi.org/10.55905/cuadv16n4-098>.

- Rocha, M. B. (2024). Aplicación clínica de la piel de tilápia en el tratamiento de quemaduras: una revisión narrativa. . *Revista Iberoamericana de Salud*, 10(1), 45–53.
- Staubach, R., Glosse, H., & Loff, S. (2024). The Use of Fish Skin Grafts in Children as a New Treatment of Deep Dermal Burns—Case Series with Follow-Up after 2 Years and Measurement of Elasticity as an Objective Scar Evaluation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Tratto da https://www.mdpi.com/2077-0383/13/8/2389?utm_source=chatgpt.com
- Vinita Puri , Jeremy Rawlins , Gaoxing Luo, Yan Liu, Rakesh Jain, Ravi Mahajan, . . . Phung Cong Sang. (2025, Febrero 4). Evaluación y tratamiento de las quemaduras en la región Asia-Pacífico (APAC): Informe de la reunión de consenso – Wounds International. *Wounds Internatinal*, 6. Tratto da <https://woundsinternational.com/consensus-documents/the-assessment-and-treatment-ofburn-wounds-in-the-asia-pacificapac-region-consensus-meeting-report/>
- Ye, Z. W. (2025). Efficacy of HBPs-Ag dressing vs. Atrauman Ag in partial-thickness burns: A randomized controlled trial. *Wound Repair and Regeneration*. 33(1), 100–110. <https://doi.org/10.1093/wrr/rrab123>.
- Żwierello W, P. K.-M. (2023). Burns: Classification, Pathophysiology, and Treatment: A Review. *Int J Mol*. 13;24(4):3749. doi: 10.3390/ijms24043749. PMID: 36835171; PMCID: PMC9959609.

ANEXOS

Anexo 01. Flujoograma de manejo clínico de quemaduras de segundo grado".

