



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

FACULTAD DE MEDICINA

CARRERA DE MEDICINA

DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE MÉDICO

**Uso de piel de tilapia versus apósitos hidrocoloides en el tratamiento de pacientes adultos
con quemaduras de segundo grado. Revisión sistemática**

Autores:

Juan Sebastian Soto Moscoso

Esteban Ricardo Medina Chiliquina

Tutor:

Olimpia Raquel Trujillo Orbe

2025

Declaración y autorización de derechos de autor

Yo, Esteban Ricardo Medina Chilingua con número de cédula C.I: 1850015643, estudiante de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, declaro bajo mi responsabilidad que:

1. El trabajo titulado: “Uso de piel de tilapia versus apósitos hidrocoloides en el tratamiento de pacientes adultos con quemaduras de segundo grado. Revisión sistemática”, es original y ha sido desarrollado por mí, como requisito para la obtención del título de Médico.
2. Reconozco y respeto los derechos de autor de terceros. Todas las fuentes consultadas han sido debidamente citadas y referenciadas conforme a las normas académicas establecidas.
3. Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, así como a sus bibliotecas, repositorios institucionales y plataformas digitales, a difundir, reproducir, distribuir, comunicar públicamente y preservar esta obra en formato impreso o electrónico, con fines académicos, educativos y de investigación, sin ánimo de lucro.
4. Entiendo que conservo los derechos morales sobre mi obra, pero cedo los derechos patrimoniales no exclusivos a la institución para su uso académico.
5. Acepto que mi trabajo pueda ser consultado por la comunidad académica nacional e internacional, y que se incluya en el repositorio institucional y en bases de datos académicas nacionales o internacionales.
6. Declaro que este trabajo no ha sido previamente publicado ni presentado para la obtención de otro título en esta u otra institución.
7. Eximo de responsabilidad a la institución por el uso indebido que terceros puedan hacer de esta obra, una vez publicada.

Firma del autor(a): _____

Nombre completo: Esteban Ricardo Medina Chiliquina

Documento de identidad: 1850015643

Yo, Juan Sebastián Soto Moscoso con número de cédula C.I: 1726537077, estudiante de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, declaro bajo mi responsabilidad que:

3. El trabajo titulado: “Uso de piel de tilapia versus apósitos hidrocoloides en el tratamiento de pacientes adultos con quemaduras de segundo grado. Revisión sistemática”, es original y ha sido desarrollado por mí, como requisito para la obtención del título de Médico.
4. Reconozco y respeto los derechos de autor de terceros. Todas las fuentes consultadas han sido debidamente citadas y referenciadas conforme a las normas académicas establecidas.
8. Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, así como a sus bibliotecas, repositorios institucionales y plataformas digitales, a difundir, reproducir, distribuir, comunicar públicamente y preservar esta obra en formato impreso o electrónico, con fines académicos, educativos y de investigación, sin ánimo de lucro.
9. Entiendo que conservo los derechos morales sobre mi obra, pero cedo los derechos patrimoniales no exclusivos a la institución para su uso académico.
10. Acepto que mi trabajo pueda ser consultado por la comunidad académica nacional e internacional, y que se incluya en el repositorio institucional y en bases de datos académicas nacionales o internacionales.
11. Declaro que este trabajo no ha sido previamente publicado ni presentado para la obtención de otro título en esta u otra institución.
12. Eximo de responsabilidad a la institución por el uso indebido que terceros puedan hacer de esta obra, una vez publicada.

Firma del autor(a): _____

Nombre completo: Juan Sebastián Soto Moscoso

Documento de identidad: 1726537077

Aprobación del tutor

En calidad de Tutor de la disertación de grado titulada “Uso de piel de tilapia versus apósitos hidrocoloides en el tratamiento de pacientes adultos con quemaduras de segundo grado. Revisión sistemática”, elaborado por los estudiantes Esteban Ricardo Medina Chilingua y Juan Sebastián Soto Moscoso, certifico que dicho trabajo se encuentra concluido y que reúne los requisitos necesarios para ser sometido a evaluación por parte del tribunal que la Facultad designe.

Quito , 23 de septiembre del 2025

Dra. Olimpia Raquel Trujillo Orbe

Tutora

Informe de similitud

Agradecimiento

En primer lugar, damos gracias a Dios por su infinito amor, porque su voluntad ha permitido que lleguemos a culminar nuestra carrera profesional.

A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, por abrirnos sus puertas y ofrecernos una formación académica rigurosa y humanista.

A nuestros profesores, que con su ejemplo y dedicación me transmitieron no solo conocimientos, sino también el compromiso con la excelencia y la ética profesional que caracterizan a la medicina

A nuestra tutora, la Dra. Olimpia Trujillo, por su guía incansable, su mirada crítica y constructiva, su paciencia, confianza, experiencia, rigor académico y dedicación fueron fundamentales para dar forma, profundidad y coherencia a este trabajo.

A nuestros padres, por ser nuestra mayor inspiración, por creer en mí incluso cuando yo dudaba, por sus sacrificios silenciosos y su amor incondicional, este logro es también suyo.

A nuestra familia, por ser el cimiento sobre el cual se construye cada uno de mis logros, a nuestros hermanos y seres queridos, por acompañarnos siempre con palabras de aliento y gestos de cariño que nos motivaron a seguir adelante.

A nuestros amigos y compañeros, por ser mi refugio fuera del aula, por las risas que aliviaron el estrés, por escucharnos, motivarnos y por recordarnos que la vida también se vive fuera de los libros. Gracias por estar ahí.

Esteban Medina y Juan Sebastián Soto

Dedicatoria

Este trabajo no es solo mío, nace de tantas manos que me sostuvieron, de tantas voces que me animaron, de tantos corazones que creyeron en mí incluso cuando yo mismo dudaba. Dedico este trabajo, ante todo, a mis padres, por ser mi primer refugio, mi ejemplo de lucha, de entrega y amor incondicional, gracias por enseñarme que el amor no se mide en palabras, sino en actos, ustedes, sin saberlo, escribieron este logro con sus propias vidas.

A mi hermano Ariel, quien no solo compartió techo conmigo, sino también días, noches, silencios, preocupaciones y alegrías durante estos años de universidad, vivir contigo en Quito fue un regalo inesperado, tu presencia convirtió un departamento en un hogar, gracias por aguantarme en mis peores momentos, por celebrar mis logros como tuyos, y por recordarme, sin decirlo, que nunca estaba solo, esta etapa de mi vida no habría sido la misma sin tu presencia.

A toda mi familia, por ser el hogar al que siempre pude volver, aunque estuviera lejos, por ser mi raíz, mi fuerza, mi razón para seguir adelante.

A Juanse, mi primer amigo en Quito, mi compañero de ruta desde el primer día de clases, mi hermano de apuntes, de nervios, de risas, de noches sin dormir y de celebraciones improvisadas, gracias por enseñarme que la verdadera amistad no se elige por conveniencia, sino por lealtad y complicidad.

A Ángela y Paola, mis mejores amigas, gracias por estar en los momentos importantes, su amistad es uno de los regalos más grandes que me ha dado esta etapa, hicieron que este camino fuera más liviano, más humano, más hermoso.

Esteban

A mi familia, por ser el pilar fundamental en mi vida y en mi formación profesional. Su apoyo incondicional, por su paciencia en los momentos de mayor exigencia y su constante confianza en mis capacidades han sido la fuente de fortaleza que me permitió culminar este proceso académico. Este trabajo es también suyo, porque cada logro alcanzado ha sido posible gracias a su ejemplo, amor y sacrificio.

A mi novia, cuyo apoyo, comprensión y compañía han sido una fuente invaluable de fortaleza y motivación. Su paciencia en los momentos de mayor exigencia y su fe en mí fueron un recordatorio constante de que este esfuerzo valía la pena.

A mis compañeros de carrera, quienes compartieron conmigo largas horas de estudio, dudas, aprendizajes y logros, haciendo de esta experiencia no solo un desafío académico, sino también una etapa llena de amistad y camaradería.

Extiendo esta dedicatoria a todos quienes, de manera directa o indirecta, contribuyeron a la realización de este trabajo. Su apoyo, ha sido un recordatorio constante de que la investigación es un esfuerzo colectivo orientado a generar conocimiento útil y aplicable para el beneficio de los pacientes y de la sociedad.

Finalmente, dedico este esfuerzo a quienes en el futuro se beneficiarán de los avances en el tratamiento de las quemaduras, con la esperanza de que esta revisión sistemática aporte, para así mejorar la atención, aliviar el sufrimiento y dignificar la vida de quienes enfrentan esta condición.

Juan Sebastián

Resumen

Introducción: La piel es el órgano más grande del cuerpo humano y desempeña varias funciones importantes para el organismo como barrera protectora, reguladora de la temperatura del cuerpo, detectora de estímulos del medio externo y evita la fuga de agua hacia el exterior del cuerpo. Al desempeñar funciones vitales para el organismo sus daños pueden causar efectos perjudiciales, especialmente cuando se pierde su integridad al momento de una quemadura. Las quemaduras son un problema para la salud pública a nivel mundial por lo que se buscan nuevas y eficientes formas de tratar este tipo de heridas para optimizar los resultados clínicos y funcionales del paciente. Dentro de los métodos que han generado mayor impacto en los últimos años gracias a los avances en varios campos de investigación médica han sido los xenoinjertos de piel de tilapia y los apósitos hidrocoloides para el tratamiento de quemaduras de segundo grado.

Objetivo: Sistematizar la evidencia existente sobre los beneficios del uso de la piel de tilapia y apósitos hidrocoloides en pacientes con quemaduras de segundo grado. **Métodos:** Se realizó una revisión sistemática siguiendo la guía PRISMA 2020 (Page et al., 2021), que incluyó ensayos clínicos aleatorizados (ECA) publicados entre 2020 y 2025 en PubMed, Scopus y Clinical Key. Se comparó la eficacia y seguridad del xenoinjerto de piel de tilapia frente a apósitos hidrocoloides en adultos con quemaduras de segundo grado, evaluando tiempo de curación, dolor, infecciones, satisfacción estética y costos. La búsqueda se realizó con términos MeSH y operadores booleanos en inglés y español, y se utilizó Mendeley para gestión bibliográfica.

Resultados: No existe un apósito ideal universal, sino dos herramientas complementarias con perfiles diferenciados. La elección debe basarse en la profundidad de la quemadura, exudado, localización anatómica, perfil del paciente, disponibilidad de recursos y objetivos terapéuticos.

Esta revisión confirma que piel de tilapia e hidrocoloides son avances transformadores en el manejo de quemaduras de segundo grado en adultos, que reemplazan progresivamente los tratamientos convencionales.

Palabras clave: apósitos, hidrocoloides, piel de tilapia, quemaduras, xenoinjerto.

Abstract

Introduction: The skin is the largest organ in the human body and performs several important functions for the body, such as providing a protective barrier, regulating body temperature, detecting stimuli from the external environment, and preventing water leakage. Since it performs vital functions for the body, damage to the skin can cause harmful effects, especially when its integrity is lost due to a burn. Burns are a global public health problem, which is why new and efficient ways to treat these types of wounds are being sought to improve the patient's quality of life. Among the methods that have generated the greatest impact in recent years thanks to advances in various fields of medical research have been tilapia skin xenografts and hydrocolloid dressings for the treatment of second-degree burns. **Objective:** To systematize the existing evidence on the benefits of using tilapia skin and hydrocolloid dressings in patients with second-degree burns. **Methods:** A systematic literature search will be conducted in databases such as PubMed, Scopus and Clinical Key. **Results:** There is no universal ideal dressing, but rather two complementary tools with distinct profiles. Selection must be based on burn depth, exudate level, anatomical location, patient profile, resource availability, and therapeutic goals. This review confirms that tilapia skin and hydrocolloids are transformative advances in the management of second-degree burns in adults, progressively replacing conventional treatments.

Keywords: burns, dressings, hydrocolloids, tilapia skin, xenograft.

Índice de Contenidos

Resumen.....	11
Abstract	13
Capítulo 1.....	18
Introducción.....	18
Planteamiento del problema.....	19
Justificación	20
Objetivos del estudio.....	20
General.....	21
Específicos.....	22
Capítulo 2: Marco Teórico	23
La Piel	23
Epidermis	23
Dermis.....	23
Hipodermis	28
Funciones De La Piel	28
Quemaduras	31
Quemaduras moderadas	35
Quemaduras leves	36
Elección De Sustitutos De La Piel.....	36

	15
Componentes naturales.....	38
Colágeno.....	39
Xenoinjertos.....	39
Tipos de Xenoinjertos.....	40
Tilapia.....	41
Matriz extracelular descelularizada.....	43
Apósitos.....	44
Clasificación según la complejidad tecnológica.....	45
Clasificación según la naturaleza del biomaterial polimérico.....	46
Clasificación según la permeabilidad.....	46
Apósitos Hidrocoloides.....	47
Capítulo 3: Marco Metodológico.....	49
Materiales y Métodos.....	49
Problema de investigación.....	49
Tipo de estudio.....	50
Pregunta de investigación.....	50
Pregunta PICO.....	50
Criterios de inclusión.....	50
Criterios de exclusión.....	51
Fuentes de información.....	51
Estrategia de búsqueda.....	51

Selección de estudios	52
Proceso de recolección de información	52
Aspectos bioéticos	52
Capítulo 4.....	54
Resultados.....	54
Discusión.....	82
Aceleración del proceso de cicatrización	82
Manejo del dolor	83
Reducción en la frecuencia de cambios de apósito y mejora en el manejo de exudados	84
Reducción de costos: relevancia para sistemas de salud pública.....	84
Seguridad y biocompatibilidad	85
Apósitos hidrocoloides.....	85
Control del dolor y prurito	86
Aceleración de la reepitelización y cicatrización	86
Eficiencia operativa y ventajas económicas.....	87
Perfil de seguridad: eficacia sin comprometer la integridad del paciente.....	88
Limitaciones y consideraciones contextuales.....	88
Conclusiones	90
Recomendaciones.....	93
Referencias Bibliográficas	95

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Estructuras de la Dermis</i>	26
Tabla 2. <i>Tipos de quemaduras en cuanto a su profundidad</i>	34
Tabla 3. <i>Tipos de sustitutos de la piel</i>	37
Tabla 4. <i>Tipo de xenoinjetos</i>	40
Tabla 5. <i>Características de los artículos incluidos en la investigación: Uso de piel de tilapia</i>	57
Tabla 6. <i>Características de los artículos incluidos en la investigación: Apósitos hidrocoloides</i>	68
Tabla 7. <i>Resumen comparativo Piel de Tilapia vs apósitos hidrocoloides</i>	78

Índice de figuras

Figura 1. <i>Clasificación de los apósitos</i>	47
Figura 2. <i>Fase de búsqueda: Uso de piel de tilapia</i>	55
Figura 3. <i>Fase de búsqueda: Apósitos hidrocoloides</i>	56

Capítulo 1. Introducción

La piel, como órgano más extenso del cuerpo humano, desempeña funciones vitales para la homeostasis del organismo. Entre ellas destacan su rol como barrera física protectora contra patógenos y agentes externos, la regulación de la temperatura corporal, la prevención de la pérdida transepidérmica de agua y la percepción sensorial del entorno (Buendía Eisman et al., 2018; Yousef et al., 2025). En consecuencia, la estabilidad de la barrera dérmica es fundamental para la supervivencia, cualquier tipo de lesión que altere su estructura, representa una amenaza significativa.

Una de las principales causas de morbilidad y mortalidad, son encabezadas por las quemaduras, representando una carga desproporcionada en países de ingresos bajos. La estadística informa que cada año se producen aproximadamente 180.000 muertes por quemaduras y la gran mayoría provocan muertes que pueden ser prevenibles mediante intervenciones tempranas con el abordaje médico adecuado (Organización Mundial de la Salud OMS, 2023). Además, más de 11 millones de personas requieren atención médica anualmente debido a quemaduras, convirtiéndolas en una de las lesiones más frecuentes que demandan hospitalización. Estas lesiones no solo generan secuelas físicas y funcionales, sino también un impacto psicológico profundo, largas hospitalizaciones, elevados costos sanitarios y, en muchos casos, discapacidad permanente (Mock et al., 2008; OMS, 2023)

Si bien existen distintos grados de quemaduras, con variaciones en la profundidad del daño tisular y en la severidad clínica, las quemaduras de segundo grado tanto superficiales como profundas afectan la epidermis y la dermis, provocando dolor intenso, formación de ampollas, exudación y un elevado riesgo de infección (Orgill, 2024). (Dennis P Orgill, 2024). En el tratamiento también se incluye estrategias enfocadas a la protección de la herida, favoreciendo

un ambiente propicio para la reepitelización, con el menor número de síntomas adversos y complicaciones.

Al tratar quemaduras se ha incluido el uso de apósitos simples, como las gasas vaselinadas que con el paso del tiempo, se han remplazado por alternativas más avanzadas, dentro de las principales destaca, los famosos apósitos hidrocoloides que poseen características favorables para la regeneración del tejido y con resultados prometedores con la disminución de la sintomatología de los pacientes. (Markiewicz-Gospodarek et al., 2022; Miranda Altamirano, 2020). En su composición predomina los polímeros como la carboximetilcelulosa, que con el contacto directo con la herida generan un gel y el exudado, logrando una retirada atraumática, que disminuye la frecuencia de cambios y mejora la comodidad del paciente (Dekerle et al., 2022).

Paralelamente, sobre el uso de xenoinjertos biológicos se ha destacado en especial la piel de tilapia (*Oreochromis niloticus*) como una alternativa innovadora, sostenible y de bajo costo (Pimienta et al., 2021). Pues se establece como un biomaterial rico en colágeno tipo I

(70-80%) de su composición, que favorece la adhesión y migración de queratinocitos y fibroblastos, modula la respuesta inflamatoria en la herida (Li et al., 2021). Todo el proceso empieza gracias a la desepitelización y tratamiento con ácido acético garantiza biocompatibilidad y baja inmunogenicidad, para así convertirse en una alternativa terapéutica en las quemaduras, especialmente en contextos de recursos limitados (Salinas, 2023).

A pesar de la alta viabilidad del uso de ambos tratamientos, no existe una síntesis sistemática que compare directamente la eficacia y seguridad sobre el uso de xenoinjerto de piel de tilapia frente a los apósitos hidrocoloides en el manejo de quemaduras de segundo grado en

adultos. Esta falta de comparación representa una barrera en la toma de decisiones particularmente en entornos con recursos limitados, donde la toma de decisiones es crucial.

Planteamiento del problema

En la salud pública las quemaduras son un gran desafío, especialmente sectores con recursos limitados, donde la escasez de autoinjertos cutáneos obliga a la búsqueda de alternativas que puedan reemplazar el tratamiento convencional con una alta capacidad resolutive, tanto en la herida como en la sintomatología (Fernández & Casas, 2020). Por esto las opciones prometedoras como el xenoinjerto de piel de tilapia y los apósitos hidrocoloides, han sido enlistadas individualmente como una alternativa, sin embargo, no existe una comprensión específica. Esta falta de evidencia dificulta la toma de decisiones clínicas fundamentadas y limita la adopción de la mejor opción terapéutica, particularmente en entornos donde la accesibilidad, el costo y la sostenibilidad son factores decisivos para el manejo óptimo y oportuno de estas lesiones.

Justificación

El tratamiento de las quemaduras ha evolucionado durante los años y se ha llegado hoy en día a los injertos de piel. Dentro de las opciones de tratamiento se encuentran los xenoinjertos de piel de la especie *Oreochromis Niloticus* (tilapia), que han mostrado una eficacia alta al momento de la curación del área afectada y una reducción significativa de los tiempos de curación (Salinas, 2023). Asimismo, los apósitos hidrocoloides han demostrado una elevada eficacia y cuentan con varios beneficios para el paciente (Inuca de la Cruz & Guanuchi, 2024). No obstante, aunque han sido un estándar terapéutico durante décadas, la aparición de alternativas biológicas como la piel de tilapia (*Oreochromis niloticus*) ha generado controversia

sobre cuál estrategia ofrece mayores beneficios clínicos, económicos y humanos (Inuca de la Cruz & Guanuchi, 2024).

Por esta razón, con esta revisión sistemática se pretende resolver la incertidumbre actual al sintetizar evidencia comparativa reciente, identificar brechas metodológicas en la literatura y proponer recomendaciones basadas en resultados tangibles para optimizar protocolos clínicos. En el Consenso sobre el tratamiento de quemaduras de segundo grado, no se establecen preferencias jerárquicas por falta de estudios que aporten evidencia de calidad (Inuca de la Cruz & Guanuchi, 2024), lo que dificulta la estandarización de protocolos (Alama et al., 2022).

Así, esta revisión sistemática se justifica porque, no se cuenta hasta el momento con una síntesis cualitativa robusta de la evidencia científica que compare la eficacia y seguridad de ambas técnicas. Esto es importante porque se contribuirá a la resolución de la incertidumbre clínica, porque se determinará si la piel de tilapia supera a los hidrocoloides en los resultados clínicos. Este trabajo es relevante porque la evidencia disponible, sobre la efectividad de la piel de tilapia en comparación con los apósitos hidrocoloides es escasa, por lo que con esta revisión sistemática no solo se resolverían controversias existentes, sino que también sentaría las bases para protocolos personalizados y políticas de salud pública más equitativas.

Objetivos del estudio

General

Sistematizar la evidencia existente sobre los beneficios del uso de la piel de tilapia y apósitos hidrocoloides en pacientes con quemaduras de segundo grado.

Específicos

- Identificar las diferentes formas de aplicación de la piel de tilapia y los apósitos hidrocoloides en el tratamiento de quemaduras de segundo grado, además considerar su efectividad y protocolos de uso.
- Analizar los resultados del uso de piel de tilapia en pacientes con quemaduras de segundo grado
- Analizar los resultados del uso de apósitos hidrocoloides en pacientes con quemaduras de segundo grado

Capítulo 2. Marco Teórico

La Piel

La piel es considerada el órgano más extenso del cuerpo humano, ya que recubre toda la superficie corporal. Cumple funciones esenciales para la supervivencia, como la protección frente a agresiones del entorno, la regulación de la temperatura corporal y el mantenimiento del equilibrio hídrico. Anatómicamente, está conformada por tres capas diferenciadas: epidermis, dermis e hipodermis, cada una con funciones específicas que contribuyen al mantenimiento de la homeostasis cutánea (Yousef et al., 2025).

Aunque se extiende a lo largo de la mayor parte del cuerpo, la piel exhibe variaciones estructurales y funcionales específicas dependiendo de la región anatómica, lo cual influye en su respuesta frente a lesiones y tratamientos. El grosor de la piel varía según la región corporal y se ve influenciado por el grosor de las capas epidérmica y dérmica. La piel sin vello en las palmas de las manos y las plantas de los pies es la más gruesa debido a la presencia del estrato lúcido, una capa adicional en la epidermis (Valdés et al., 2012; Yousef et al., 2025).

Epidermis

La epidermis está formada principalmente por células denominadas queratinocitos, las cuales se originan a partir de la división celular en la capa basal. Estas células empiezan migrar hacia la superficie, en donde atraviesan diferentes capas estructurales, experimentando un proceso continuo de maduración conocido como queratinización, que termina en la capa córnea, una barrera externa compuesta por células completamente queratinizadas, en estado apoptótico (Dorado & Fraile, 2021).

Si bien la epidermis está conformada principalmente por queratinocitos en un 95%, estos no constituyen la única población celular presente. La existencia de otros tipos celulares en esta

estructura contribuye significativamente a la diversidad de funciones que cumple la epidermis, incluyendo mecanismos de protección, pigmentación e inmunovigilancia, entre otros. En la epidermis existen otras poblaciones celulares, como son los melanocitos, que inyectan el pigmento formado por ellos a los queratinocitos; las células de Langerhans, que tienen funciones inmunológicas, y las células de Merkel, de función sensorial poco conocida (Dorado & Fraile, 2021).

Asimismo, la epidermis se organiza en distintas capas con características bien definidas. De la más profunda a la más superficial, las capas epidérmicas son el estrato basal, el estrato espinoso, el estrato granuloso, el estrato lúcido y el estrato córneo. El estrato basal, también conocido como estrato germinativo, está separado de la dermis por la membrana basal (lámina basal) y unido a ella por hemidesmosomas (Buendía Eisman et al., 2018; Valdés et al., 2012). Además, este epitelio es avascular y no posee terminaciones nerviosas propias. Sin embargo, se encuentra atravesado por diversas estructuras accesorias, entre las que se incluyen anexos glandulares, como las glándulas sebáceas y sudoríparas (ecrinas y apocrinas), así como formaciones queratinizadas, como los folículos pilosos y las uñas (Buendía Eisman et al., 2018).

A medida que los queratinocitos avanzan en su proceso de maduración por queratinización progresiva, comienzan a desarrollar en su citoplasma distintas estructuras que actuarán como precursores en la síntesis de queratina. Al seguir ascendiendo, las células se hacen cada vez más aplanadas, pierden su núcleo y muestran numerosos gránulos de queratohialina, partículas amorfas no recubiertas de membrana, que constituyen la matriz que engloba las tonofibrillas en el proceso de queratinización (Buendía Eisman et al., 2018). Los lípidos polares son transformados en lípidos neutros en el espacio extracelular mediante la acción de enzimas hidrolíticas liberadas en ese entorno, lo que contribuye a la formación de una barrera

fundamental para la regulación de la permeabilidad de la piel (Buendía Eisman et al., 2018; Yousef et al., 2025).

Este proceso de renovación celular epidérmica, conocido como epidermopoyesis, es fundamental para el mantenimiento de la integridad cutánea. “El tiempo total desde que una célula germinativa de la capa basal comienza a multiplicarse y ascender hasta eliminarse en la capa córnea es de 52 a 75 días, pudiendo esta tasa de epidermopoyesis variar según las regiones corporales.” Este ciclo de recambio puede acelerarse en condiciones patológicas o ralentizarse con la edad y en determinadas enfermedades dermatológicas, afectando directamente la función barrera de la piel (Shah et al., 2024).

El mantenimiento constante del grosor epidérmico sugiere que existe un equilibrio entre la generación de nuevas células en el estrato basal y su eliminación en el estrato córneo, llamado epidermopoyesis. Este balance se logra gracias a mecanismos reguladores en la capa basal, que cuenta con sistemas de control capaces de estimular o inhibir la proliferación celular según las demandas fisiológicas del tejido o ante determinadas condiciones patológicas (Castrillon & Ramos, 2008; Shah et al., 2024).

El factor de crecimiento epidérmico EGF estimula la diferenciación y la proliferación de las células en este tejido. El EGF incrementa la epidermopoyesis uniéndose a unos receptores específicos de la superficie celular (EGFr) que se detectan en la capa basal de la epidermis humana (Valdés et al., 2012). Los queratinocitos humanos producen cuatro miembros de la familia de los factores de crecimiento epidérmico (EGF): el factor de crecimiento transformante alfa (TGF- α), la anfirregulina, el HB-EGF (factor de crecimiento epidérmico unido a heparina) y la epirregulina. Estos factores actúan mediante un mecanismo autocrino, promoviendo tanto la

proliferación como la diferenciación celular, a través de su interacción con el receptor del EGF (EGFr).

Entre los mediadores que promueven la epidermopoyesis se incluyen el factor de crecimiento de queratinocitos, las prostaglandinas y las poliaminas, los cuales generan una respuesta positiva en la proliferación celular. No obstante, para mantener un equilibrio fisiológico adecuado, también deben intervenir mecanismos de regulación negativa. En este contexto, el factor transformador de crecimiento beta (TGF- β), sintetizado por los mismos queratinocitos, actúa como uno de los principales inhibidores de su proliferación, aunque simultáneamente estimula la actividad de los fibroblastos. Este efecto inhibitorio se ve reforzado por la acción del interferón alfa (IFN- α) y del interferón gamma (IFN- γ). Por su parte, el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α), también producido por los queratinocitos, ejerce un efecto citostático reversible sobre ellos, mientras que favorece la proliferación fibroblástica y la producción de citocinas (Dorado & Fraile, 2021; Muzzarelli, 2009).

Dermis

Se trata de la capa que proporciona soporte estructural a la epidermis, suministra los nutrientes necesarios para su mantenimiento. En ella se encuentran alojados los anexos cutáneos, así como los componentes vasculares y nerviosos. Está constituida por una fascia superficial de tejido conectivo, formada por células, fibras y una sustancia fundamental que le confiere cohesión y funcionalidad. Como se mencionó previamente, el grosor de la dermis varía según la región del cuerpo, siendo más delgada en los párpados y más gruesa en la zona dorsal. Además, este grosor puede modificarse con la edad. En general, la dermis es de 15 a 40 veces más gruesa que la epidermis (Dorado & Fraile, 2021; Li et al., 2021).

Tabla 1. *Estructuras de la Dermis*

Células	Fibras	Sustancia Fundamental
Mastocitos	Colágeno	Electrolitos
Fibrociitos	Elásticas	Agua
Histiocitos		Proteoglicanos
		Proteínas plasmáticas

Las funciones de la dermis pueden inferirse a partir de su composición y estructura:

1. **Protección:** Esta propiedad se explica gracias al su alto contenido de tejido conectivo, que frente a una noxa permite a la dermis superficial y al gel fluido presente en ella absorber y dispersan el impacto.
2. **Sopte estructural:** Proporciona sostén a las estructuras vasculares, nerviosas y anexas que se encuentran en la piel.
3. **Almacenamiento:** Sirve como reservorio tanto para componentes del sistema vascular como, en ocasiones, para sustancias contenidas en la matriz extracelular.

La dermis se encuentra constituida por dos regiones bien definidas. “La región papilar superficial es la capa superior más delgada, compuesta de tejido conectivo laxo que está en contacto con el tejido conectivo de la epidermis” (Lotfollahi, 2024; Shah et al., 2024). En esta zona, los fibroblastos secretan fibronectina y ácido hialurónico, componentes fundamentales para favorecer una cicatrización adecuada. Por otro lado, “la dermis reticular profunda es la capa más profunda, más gruesa, menos celular y compuesta por tejido conectivo denso” (Lotfollahi, 2024). Esta región presenta una mayor vascularización y un contenido más abundante de fibras de colágeno, lo que le otorga una notable resistencia a la tensión mecánica de la piel.

Hipodermis

También denominada tejido subcutáneo o fascia superficial, la hipodermis está constituida principalmente por adipocitos. “La hipodermis está compuesta principalmente de tejido adiposo con la función de almacenar grasa y proporcionar amortiguación y aislamiento”. (Lotfollahi, 2024) Gracias a su disposición de fibras de colágeno y elásticas, esta capa permite un desplazamiento libre de la piel sobre las estructuras subyacentes.

Funciones de la piel

1. Protección

Una de las funciones esenciales de la piel es ofrecer una barrera física eficaz que protege al organismo frente a agentes mecánicos, microorganismos patógenos, sustancias nocivas y radiación ultravioleta (Buendía Eisman et al., 2018). Además, su estructura contribuye a la impermeabilidad, evitando la pérdida excesiva de agua y favoreciendo la preservación del equilibrio hídrico y térmico. De traumas mecánicos protege mediante los estratos dérmico e hipodérmico, que actúan a modo de cojinetes, y además con el crecimiento-engrosamiento epitelial, protege de los físicos, como radiaciones ultravioletas, mediante la pigmentación epidérmica y absorción de estas radiaciones a distintos niveles, y de los químicos impidiendo su paso a través de un epitelio celular compacto (Mock et al., 2008).

Desde el punto de vista inmunológico, la piel también constituye una línea de defensa innata, participando activamente en la prevención de infecciones por agentes externos (Lotfollahi, 2024).

2. Termorregulación

La piel desempeña un papel fundamental en el mantenimiento de la temperatura corporal. Esto lo logra mediante mecanismos como la sudoración y la modulación del flujo sanguíneo cutáneo a través de procesos de vasoconstricción y vasodilatación.

Cuando la temperatura cutánea cae por debajo de los 37 °C, se produce una vasoconstricción de las arteriolas dérmicas con el fin de conservar el calor corporal, y cesa la actividad de las glándulas sudoríparas. En cambio, si la temperatura supera los 37 °C, estas glándulas incrementan la producción de sudor, lo que favorece la disipación del calor mediante la evaporación, actuado como un eficiente intercambiador de calor entre el organismo y el medio ambiente (Lotfollahi, 2024; Yousef et al., 2025).

3. Función Sensorial

Gracias a la abundancia de receptores especializados, la piel permite la percepción de múltiples estímulos, como presión, dolor, temperatura y tacto. Esta capacidad sensorial es esencial para la interacción con el entorno y la protección del cuerpo frente a posibles agresiones (Shah et al., 2024). Las tres capas de la piel, la epidermis, la dermis y la hipodermis, contienen estructuras nerviosas sensoriales especializadas, como los corpúsculos de Meissner, los corpúsculos de Vater Pacini y fibras nerviosas amielínicas (Yousef et al., 2025).

Además, la piel, gracias a la presencia de receptores específicos, permite la detección de diversos estímulos, facilitando así una adecuada interacción con el entorno. Estas funciones sensoriales son fundamentales para el movimiento, la protección y la propiocepción (Buendía Eisman et al., 2018; Yousef et al., 2025).

4. Función Metabólica

La piel participa en importantes procesos metabólicos. Destaca su capacidad de sintetizar vitamina D tras la exposición a la radiación solar, proceso esencial para la homeostasis del calcio

y la salud ósea, Los queratinocitos producen vitamina D mediante la conversión del 7-dehidrocolesterol bajo la exposición a la luz ultravioleta. Estas células también expresan el receptor de vitamina D y contienen enzimas que activan la vitamina D, esencial para la proliferación y diferenciación de los queratinocitos (Valdés-Rodríguez et al., 2012; Yousef et al., 2025). La melanina, sintetizada por los melanocitos en respuesta a la exposición solar, proporciona fotoprotección frente a los rayos ultravioleta.

5. Excreción

Mediante la producción de sudor, la piel contribuye a la eliminación de productos de desecho y también participa en la regulación térmica del cuerpo.

6. Funciones sociales y psicológicas

La piel influye en la comunicación no verbal y en la interacción social, ya que interviene en la expresión emocional, lo cual puede influir en el comportamiento interpersonal.

7. Inmunológica

Los queratinocitos constituyen un componente fundamental del sistema inmunitario innato, actuando como primera barrera de defensa frente a agentes externos. Participan en mecanismos inmunológicos mediante la activación de células T, la interacción con células de Langerhans epidérmicas y la liberación de citocinas proinflamatorias. En la superficie se evidencian péptidos antimicrobianos que ejercer funciones antibacterianas y antifúngicas (Buendía Eisman et al., 2018; Dorado & Fraile, 2021; Shah et al., 2024).

Otra población celular en la epidermis son las células de Langerhans, de tipo dendríticas que otorgan inmunidad inicial frente a patógenos. Al hablar de inmunidad adaptativa, ayudan como presentadoras de antígenos, activando linfocitos T y promoviendo la formación de TH1, TH2 y TH17. En cuanto a la inmunidad innata, la piel sintetiza múltiples péptidos

antimicrobianos con propiedades tanto antibacterianas como antifúngicas. (Buendía Eisman et al., 2018; Yousef et al., 2025).

Quemaduras

Se calcula que cada año se producen 265.000 muertes sólo por incendios, y un número mayor por escaldaduras, quemaduras eléctricas y otras formas de quemaduras, de las que no se dispone de datos globales (Mock C et al., 2008; OMS, 2023). Dependiendo del grado de lesión, estas lesiones pueden ser tratadas de manera ambulatoria cuando son leves, pero una cantidad importante de las mismas requiere un manejo hospitalario que conlleva admisión en la casa de salud, horas de trabajo, morbilidad y mortalidad (Ong & Milne, 2016; Singh et al., 2007).

Las quemaduras son la reacción de los tejidos a una lesión provocada por calor, sustancias químicas o radiaciones. Provoca la interrupción de los procesos metabólicos de las células que, en última instancia, acaba en la muerte del tejido. La principal manifestación celular es la necrosis de coagulación que provoca la disrupción directa de las membranas celulares (Ong & Milne, 2016). La gravedad de las quemaduras depende de la velocidad a la que se transfiere el calor del agente a la piel. La velocidad de transferencia de calor depende, a su vez, de: (Castillo, 2003; Ong & Milne, 2016; Singh et al., 2007)

- **Capacidad calorífica del agente** (es decir, cantidad de calor contenida en el agente). Viene determinada tanto por el calor específico del material como por la temperatura y la cantidad del agente.
- **Temperatura del agente.** La piel humana puede tolerar temperaturas de hasta 44 °C durante aproximadamente 6 horas antes de que se produzcan lesiones irreversibles. Se produce un aumento logarítmico en la destrucción de la piel con mayores aumentos de temperatura. Los materiales experimentan un cambio de estado al calentarse a una

temperatura específica (por ejemplo, 100 °C para el agua). Los vapores de algunos líquidos al mezclarse con el aire se inflaman espontáneamente al alcanzar una temperatura específica (punto de inflamación). Un líquido inflamable se define como aquel cuyo punto de inflamación es inferior a 37,8 °C. Los líquidos con puntos de inflamación superiores se consideran combustibles (Fernández & Casas, 2020; Martínez & Romero, 2019).

- **Duración del contacto con el agente.** La duración del contacto entre un líquido y la piel depende de las características físicas del líquido, como su viscosidad, y de la forma en que se aplica sobre la piel de la víctima. Cuando se produce un derrame de líquido caliente sobre una persona (escaldadura por derrame), éste fluye por el cuerpo con una velocidad que depende de su viscosidad (por ejemplo, el agua, que es menos viscosa, fluye rápidamente por el cuerpo en comparación con los aceites y las grasas, que tardan más tiempo, por lo que se produce un contacto prolongado con la piel y, por tanto, más lesiones. En las escaldaduras por inmersión, la duración del contacto entre el líquido caliente y la piel es considerablemente mayor, por lo que se transfiere más energía y las quemaduras son más graves, como en comparación con las quemaduras por derrame (Fernández & Casas, 2020; Martínez & Romero, 2019).
- **Coefficientes de transferencia de calor.** Las quemaduras dependen de la transferencia de calor de un objeto a la piel o viceversa y esto se regula mediante el coeficiente de transferencia de calor. Éste se define como la cantidad de calor que pasa a través de una unidad de superficie de contacto entre dos materiales cuando la diferencia de temperatura entre estos dos materiales es de 1 °C. Existen tres métodos diferentes de transferencia de calor: conducción, convección y radiación.

- **Calor específico y conductividad de los tejidos locales.** La conductividad de los tejidos locales influye significativamente en el alcance de la lesión por quemadura. El contenido de agua, los aceites naturales y otras secreciones cutáneas, el grosor de la piel y la presencia y grosor de los apéndices cutáneos (pelo) influyen en la conductividad de los tejidos. Además, el flujo sanguíneo local influye en la transferencia de calor desde la piel afectada y puede desempeñar un papel importante en la extensión de la lesión (Singh et al., 2007).

La clasificación tradicional de las quemaduras en primer, segundo y tercer grado está siendo reemplazada por un sistema que refleja mejor la necesidad de intervención quirúrgica: superficiales o epidérmicas, dérmicas superficiales, dérmicas profundas y aquellas que afectan a todo el espesor de la piel o subdérmicas. No obstante, el sistema tradicional se sigue empleando con frecuencia en la práctica clínica habitual (Orgill, 2024; Ong & Milne, 2016).

Tabla 2. *Tipos de quemaduras en cuanto a su profundidad*

Grado	Síntomas	Signos	Evolución
Epidérmica o de primer grado	Dolor, hiperalgesia, quemazón, dolor urente y escalofríos	Piel caliente y seca No exudados Blanquea a la presión Piloerección	Curación en 5-7 días No secuelas
Dérmica superficial o 2º grado superficial	Hipersensibilidad y alodinia	Ampollas o flictenas Lecho rosado, liso, brillante y exudativo	Curan entre 7-14 días Discromía que desaparece con el tiempo
Dérmica profunda o 2º grado profunda	Menos dolorosas Hipoestesia	Desde rojo brillante a áreas blanquecinas o amarronadas y alguna flictena Lecho muy pálido o blanco, liso, brillante y exudativa	Pequeñas Curan con cicatrices (15 días a 2-3 meses) Habitualmente requieren tratamiento quirúrgico
Subdérmica o de 3er grado	Anestesia	Blanco nacarado hasta negro Escara Tacto seco apergaminado	No curan espontáneamente Tratamiento quirúrgico

La Asociación Americana de Quemaduras, clasifica a las quemaduras por su severidad tomando en cuenta varios factores como:

- Área de Superficie Corporal Total que está quemada
- Profundidad de la quemadura

- Localización anatómica de la zona quemada
- Edad del paciente
- La presencia o ausencia de lesiones por inhalación
- Etiología de la quemadura
- Morbilidades coexistentes.

Lesiones graves por quemaduras

- Quemaduras de espesor parcial > 25% Área de Superficie Corporal Total en adultos o > 20% del Área de Superficie Corporal Total en personas menores de 10 años o mayores de 50 años; o
- Quemaduras de espesor total > 10% Área de Superficie Corporal Total; o
- Quemaduras que afectan a zonas importantes desde el punto de vista funcional o estético, como la cara, los ojos, las orejas, las manos, los pies, el perineo; o
- Causadas por agentes químicos cáusticos, energía eléctrica de alto voltaje.
- Asociadas a lesiones por inhalación o traumatismos importantes o enfermedades debilitantes preexistentes.

Las quemaduras graves deben tratarse en un centro especializado en quemaduras bajo la orientación de expertos.

Quemaduras moderadas

- Quemaduras de espesor parcial que afectan al 15-25% del Área de Superficie Corporal Total en adultos o al 10-20% del Área de Superficie Corporal Total en personas > 10 años o > 50 años sin otros factores de complicación asociados enumerados anteriormente en las quemaduras graves.

- Quemaduras de espesor total que impliquen el 2-10% del Área de Superficie Corporal Total.
- Los pacientes con quemaduras moderadas deben ser hospitalizados, aunque no necesariamente en un centro especializado en quemaduras

Quemaduras leves

- Quemaduras de espesor parcial que implican < 15% del Área de Superficie Corporal Total en adultos o < 10% del Área de Superficie Corporal Total en niños y ancianos.
- Quemaduras de espesor total < 2% Área de Superficie Corporal Total sin factores de complicación como se ha descrito previamente.

Elección de sustitutos de la piel

La búsqueda de un sustituto cutáneo ideal que reproduzca fielmente la estructura y función del tejido original continúa siendo un desafío. Las principales dificultades radican en seleccionar una técnica de biofabricación capaz de replicar la compleja organización de la piel, optimizar combinaciones de materiales que favorezcan la diferenciación celular en las distintas capas, y definir adecuadamente el tipo, fuente y densidad de células madre utilizadas según la variabilidad tisular (Cardenas et al., 2021; Kaur et al., 2019).

Según la profundidad del tejido que reemplazan, los sustitutos cutáneos pueden clasificarse de la siguiente manera:

Tabla 3. *Tipos de sustitutos de la piel*

Tipo	Descripción	Ventajas	Limitaciones
Epidérmicos	Compuestos por queratinocitos cultivados sobre capas de fibroblastos. Se obtienen a partir de células autolíticas del paciente, con variabilidad de 2 a 8 capas celulares. Se han usado apósitos de gasa con petróleo, membranas de silicona o biopolímeros como fibrina o ácido hialurónico como soporte.	Uso autólogo, baja inmunogenicidad, replican parte de la función epidérmica. Favorecen la proliferación y migración celular cuando se usan biomateriales naturales.	Frágiles, difíciles de manipular, baja eficacia en quemaduras extensas. Portadores sintéticos no son biodegradables y deben retirarse posteriormente.
Dérmicos	Generalmente acelulares, compuestos por una matriz extracelular que actúa como andamiaje para la infiltración celular y vascular. Compuestos principalmente por colágeno tipo I y III.	Fácil almacenamiento, baja inmunogenicidad.	Requieren repoblación celular in vivo. Menos funcionamiento al no poseer capa epidérmica.
Epidermis y dermis	Comparten queratinocitos y fibroblastos. Ayudan a la formación factores de crecimiento y citoquinas de cicatrización	Se asemejan a la composición estructural y funcional con la piel. Mas utilizadas y mejores resultados en heridas complejas.	Su espesor es un limitante para la vascularización , lo que compromete a necrosis tisular.
Epidermis, dermis e hipodermis	Incluyen tejido adiposo subcutáneo con colágeno tipo VI y múltiples tipos celulares (adipocitos, preadipocitos, células endoteliales).	Se asemejan a la piel completa en heridas de espesor total.	Poca investigación disponible; complejidad en la adaptación hipodérmica. .

Componentes naturales

El avance tecnológico en el uso de materiales poliméricos, como proteínas tales como el colágeno, el fibrinógeno o la fibra de seda, ha demostrado una alta afinidad celular, lo que reduce efectos no deseados como la inflamación, la toxicidad o las reacciones inmunológicas. Por ello, su desarrollo es crucial para su aplicación como sustitutos de la piel (Kaur et al., 2019).

Ácido hialurónico

El ácido hialurónico es un polisacárido que forma parte de diversos tejidos corporales como la piel, los huesos y el cordón umbilical. Posee una estructura que ayuda a la retención de agua, elasticidad y función lubricante. Por su alta relevancia es indispensable en la matriz extracelular y además que permite una reducción en la respuesta inmunológica, lo que lo convierte en un entorno favorable para la viabilidad celular. (Kaur et al., 2019).

En modelos animales, se ha comprobado que su combinación con matriz extracelular porcina descélularizada y el factor de crecimiento básico de fibroblastos (bFGF) favorece significativamente la regeneración tisular, promoviendo la cicatrización tanto de la epidermis como de la dermis (Kaur et al., 2019). De igual manera, se han desarrollado sustitutos dérmicos compuestos por ácido hialurónico, gelatina y quitosano, los cuales presentan buenas características mecánicas y han permitido mantener en cultivo queratinocitos y fibroblastos durante varias semanas.

Durante la reparación tisular, el ácido hialurónico contribuye al desarrollo de nuevos vasos sanguíneos, proceso clave para la integración del injerto y la prevención de contracturas. Asimismo, su presencia estimula la producción de colágeno tipo I y III, elementos esenciales para la restauración estructural de la matriz dérmica (Kaur et al., 2019; Salinas, 2023).

Colágeno

El colágeno es una proteína estructural que se organiza en forma de triple hélice, lo que le confiere estabilidad y funcionalidad dentro de la matriz extracelular de numerosos tejidos. Siendo clave en procesos de reparación y remodelación tisular. Ya que, se encarga de la migración, adhesión, diferenciación y proliferación celular (Kaur et al., 2019; Salinas, 2023).

A pesar de ser fundamental presenta problemáticas como, su baja resistencia mecánica y su rápida tasa de degradación, limitando la estabilidad del injerto en aplicaciones clínicas (Kaur et al., 2019).

Xenoinjertos

Los xenoinjertos son tejidos, células u órganos que se trasplantan entre individuos de diferentes especies. Este tipo de injertos se utiliza principalmente en ensayos clínicos y experimentales, especialmente cuando no se dispone de injertos autólogos o alogénicos. En este contexto, se implantan o se infunden células, tejidos u órganos provenientes de animales no humanos en receptores humanos. Además, la definición incluye aquellos casos en los que fluidos corporales, células, tejidos u órganos humanos han estado en contacto *ex vivo* con material biológico de origen animal antes de su aplicación en seres humanos. (Gómez et al., 2023; Irlouzadian et al., 2023; Salinas, 2023).

Al ser sustitutos biológicos, deben tener capacidad adaptativa a la piel humana, basándose en características como la flexibilidad, resistencia, remodelación, cicatrización y buenos resultados estéticos. Si bien estos son obtenidos de otras especies, la preparación de estos para uso en humanos es rigurosa; sin embargo, las complicaciones más frecuentes son las infecciones asociadas a la distinta microbiota del huésped. Además, su seguridad en términos de

riesgo de transmisión de enfermedades infecciosas, penetración de microorganismos, toxicidad, oncogenicidad y alergenicidad es preocupante (Irilouzadian et al., 2023; Moraes et al., 2024).

En este contexto, los xenoinjertos como biomaterial se establecen como alternativa terapéutica temporal. Destacando el uso innovador de la piel de tilapia (*Oreochromis niloticus*), un producto procesado como matriz acelular de colágeno, con propiedades biocompatibles con la piel humana (Irilouzadian et al., 2023; Salinas, 2023).

Tipos de xenoinjertos

En la tabla 4 se detallan los tipos de Xenoinjertos más utilizados en el tratamiento de heridas, enfocado en sus características principales como sus desventajas en la práctica clínica.

Tabla 4. Tipo de xenoinjetos

Tipo	Origen	Procesamiento	Ventajas	Desventajas	Aplicación Clínica
Piel de tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Pescado	Desepitelización, tratamiento con ácido acético, irradiación	<ul style="list-style-type: none"> • Alto contenido de colágeno tipo I • Efecto analgésico • Propiedades antimicrobianas naturales • Bajo costo y sostenible • Biocompatible y biodegradable 	<ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de estandarización • Limitada disponibilidad comercial 	<ul style="list-style-type: none"> • Quemaduras de segundo y tercer grado • Úlceras diabéticas • Heridas traumáticas y postquirúrgicas
Piel de cerdo (porcina)	Cerdo	Desepitelización, irradiación, conservación en glicerina o criopreservación	<ul style="list-style-type: none"> • Estructura similar a la piel humana • Disponible en muchos centros 	<ul style="list-style-type: none"> • Degradación rápida • Riesgo de rechazo inmunológico • Requiere procesamiento riguroso 	<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura temporal en quemaduras • Heridas extensas

Matriz dérmica acelular bovina	Bovino	Descelularización química/enzimática	<ul style="list-style-type: none"> • Soporte estructural duradero • Promueve angiogénesis y migración celular 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo elevado • Riesgo teórico de enfermedades priónicas 	<ul style="list-style-type: none"> • Heridas crónicas • Cirugía reconstructiva
---------------------------------------	--------	--------------------------------------	---	---	--

Tilapia

Ecuador, por su amplia biodiversidad y variabilidad climática, incorporó la tilapia en la década de 1990. Una especie caracterizada por su alta capacidad adaptativa a ambientes cálidos y húmedos. Siendo económica y accesible, hasta el momento, aún no ha sido explorada de manera significativa en aplicaciones clínicas o terapéuticas (Gómez et al., 2023; Pimienta et al., 2021). De manera que su aprovechamiento representa una alternativa prometedora en el manejo de heridas como las quemaduras. El uso de la misma permite crear una opción terapéutica de bajo costo y mayor accesibilidad (Pimienta et al., 2021).

Para su aplicación en el ámbito médico, la piel de tilapia debe someterse a un riguroso proceso de limpieza y purificación. Este procedimiento tiene como objetivo eliminar impurezas como residuos musculares, escamas, toxinas y el característico olor del pescado. A fin de mejorar sus propiedades físicas y lograr una mayor similitud con la piel humana, la piel tratada es prensada mediante equipos especializados, obteniéndose láminas uniformes de aproximadamente 10 x 20 cm. Esta etapa permite conferirle mayor flexibilidad y manejabilidad, características esenciales para su uso como apósito biológico en el tratamiento de quemaduras (Salinas, 2023).

Aplicación como xenoinjerto

La innovación en el uso de piel de tilapia para el tratamiento de quemaduras ha despertado gran interés debido a su eficacia, sostenibilidad y bajo costo, especialmente en países en desarrollo y con recursos limitados. Su alto contenido de colágeno tipo I, que constituye aproximadamente el 70-80% de su composición proteica y su estructura tridimensional favorecen la adhesión celular, la migración de queratinocitos y fibroblastos, así como la formación de nuevo tejido (Li et al., 2021).

A pesar de su origen animal, se ha demostrado que la piel de tilapia presenta una alta biocompatibilidad y baja inmunogenicidad, lo que, gracias a su reducida respuesta inflamatoria, la convierte en una opción con menor riesgo de rechazo y menor dolor durante su aplicación. Además, el procesamiento mediante ácido acético para la eliminación de patógenos le confiere propiedades bacteriostáticas naturales, reduciendo la probabilidad de infección (Kuwahara et al., 2021).

El bajo costo de la piel de tilapia es un pilar con respecto a sus ventajas, ya que se ha reportado que el costo promedio por paciente tratado con este biomaterial es de aproximadamente 11 USD (± 1 USD), en comparación con los 19 USD (± 1 USD) frente al uso de sulfadiazina de plata (Lima Júnior AA, de Oliveira JC, da Silva FOS). Esto representa un ahorro significativo tanto para el paciente como para el sistema de salud pública, constituyendo una alternativa especialmente favorable en entornos con recursos limitados. La evidencia indica que es una opción viable y rentable frente a apósitos sintéticos y biosintéticos de alto costo, como los derivados de colágeno bovino o los productos comerciales importados (Luze et al., 2022).

Por lo tanto, la piel de tilapia actúa como un andamio temporal bioactivo y facilitador de la cicatrización a través de múltiples mecanismos:

1. **Modulación de la inflamación:** Reduce la liberación de citoquinas proinflamatorias (IL-6, TNF- α) y promueve la transición a la fase proliferativa (Li et al., 2021).
2. **Estímulo a la angiogénesis:** El colágeno tipo I actúa como señal quimiotáctica para células endoteliales (Li et al., 2021).
3. **Sostén estructural:** Proporciona una matriz tridimensional que guía la migración celular y la deposición de nuevo colágeno.
4. **Protección contra infecciones:** La barrera física y las propiedades antimicrobianas reducen la colonización bacteriana (Li et al., 2021).

Biocompatibilidad

Es la capacidad de un material para permitir funciones celulares normales, como la adhesión celular, la síntesis de matriz extracelular y la proliferación, sin inducir una respuesta inmunitaria adversa.

En el contexto de los xenoinjertos, este aspecto cobra especial relevancia, ya que suelen presentar una mayor tendencia a generar reacciones inmunogénicas. En estos, incluso tras procesos de descelularización, pueden persistir restos como el ADN y estructuras antigénicas específicas, que desencadenan respuesta inmunológica (Kaur et al., 2019).

Matriz extracelular descelularizada

La tecnología de descelularización ha sido aplicada exitosamente en la elaboración de sustitutos tisulares, especialmente en aquellos tejidos donde la presencia de células del donante podría desencadenar respuestas inmunológicas en el receptor. Este proceso permite eliminar por completo las células del tejido donado sin comprometer la arquitectura ni los componentes esenciales de la matriz extracelular, como el colágeno, la elastina y diversos factores de crecimiento (Kaur et al., 2019).

La descelularización tiene como objetivo preservar la estructura tridimensional del colágeno, que actúa como un soporte mecánico fundamental, junto con otros elementos bioactivos que favorecen la regeneración tisular. Gracias a que ha sido altamente estudiada su aplicación es crucial en matriz dérmica origen porcino, caprino y de peces (Kaur et al., 2019). Los xenoinjertos representan una alternativa más accesible, sin embargo, tienen un mayor riesgo de inmunogenicidad y potencial transmisión de enfermedades zoonóticas.

Su microambiente con alta cantidad adaptativa, promueve la adhesión y proliferación celular (Kaur et al., 2019). Esta capacidad de conservar los elementos clave de la matriz nativa la convierte en una plataforma eficaz para la reparación de tejidos dañados y el desarrollo de terapias avanzadas en ingeniería de tejidos.

Apósitos

Para que una herida cicatrice mejor, se deben reunir varias condiciones, que permiten definir las características de un apósito considerado «ideal». Éste debe contribuir al mantenimiento de un medio húmedo, pero sin maceración: por tanto, ha de tener capacidades de absorción de los exudados. Tiene que proteger de las sobreinfecciones, aislar la herida térmicamente y permitir los intercambios gaseosos necesarios para la cicatrización. Además, ha de ser hipoalergénico y no contener ninguna partícula tóxica. Para finalizar, debe ser indoloro y permitir una retirada atraumática (Dekerle et al., 2022).

Los apósitos son biomateriales que imitan algunas funciones de la matriz extracelular de la piel (Erfurt-Berge & Renner, 2015). La función básica para la que son diseñados es la de absorber el exudado y servir como barrera contra microorganismos patógenos y cuerpos extraños que puedan iniciar un proceso infeccioso y por tanto prolongar la fase inflamatoria (Abdelrahman & Newton, 2011). El tratamiento local de cualquier herida debe fomentar la

formación de tejido nuevo con las condiciones óptimas de humedad, temperatura, pH e intercambio gaseoso, al mismo tiempo, que previene el daño de la piel perilesional por exceso de exudado (Skórkowska-Telichowska et al., 2013). Los apósitos disminuyen el dolor, actúan como barrera contra las infecciones, absorben el exudado y promueven la cicatrización. El apósito ideal debe mantener un grado relativo de humedad en el lecho de la quemadura, debe ser capaz de absorber el exceso de exudado sin resecar y su retirada no debe ser traumática (Miranda Altamirano, 2020).

Los apósitos modernos constituyen biomateriales diseñados para emular parcialmente las funciones de la matriz extracelular (MEC) de la piel, facilitando un entorno propicio para la cicatrización (Winter, 1962). Es fundamental distinguirlos de los principios activos aislados como antibióticos tópicos o antisépticos cuya acción no depende de una matriz estructural, sino que se aplican directamente sobre la lesión (Boateng et al., 2008).

Para su clasificación se consideró cinco ejes: complejidad tecnológica, naturaleza del biomaterial, permeabilidad, interacción biológica y efecto terapéutico.

Clasificación según la complejidad tecnológica

Apósitos tradicionales

Incluyen gasas, vendas de algodón y torundas. Son económicos y accesibles, pero generan adherencia, dolor al retiro, desecación de la herida y mayor riesgo infeccioso (Norman et al., 2018). Se recomiendan solo como apósitos secundarios o en heridas limpias y secas (Wu et al., 2015).

Apósitos avanzados

Promueven un ambiente húmedo, aceleran la migración celular, reducen el dolor y la frecuencia de cambios (Rezvani Ghomi et al., 2019). Ejemplos: hidrogeles, alginatos, espumas y membranas bioactivas (Mishra et al., 2024).

Clasificación según la naturaleza del biomaterial polimérico

Biomateriales naturales

- **Proteínas:** colágeno, fibroína de seda, fibrina y elastina (Friess, 1998).
- **Polisacáridos:** celulosa bacteriana, alginato, quitosano (Muzzarelli, 2009).

Biomateriales sintéticos

Incluyen polivinilalcohol (PVA), polietilenglicol (PEG) y poliésteres, diseñados para propiedades específicas como porosidad o degradación controlada (Middleton & Tipton, 2000).

Clasificación según la permeabilidad

- **Permeables:** permiten paso de gases y líquidos.
- **Semipermeables:** impermeables a líquidos, permeables a gases (poliuretano) (Sweeney et al., 2012).
- **Oclusivos:** sellan completamente, mantienen humedad constante (Thomas, 2008).

Clasificación según la interacción biológica con la herida

- **Pasivos:** protección mecánica sin interacción biológica (Enoch, 2006).
- **Interactivos:** modifican el microambiente, como los hidrocoloides, permitiendo una MEC interactiva y resolutive en la herida (Lloyd et al., 2012).
- **Bioactivos:** liberan principios activos o poseen actividad biológica intrínseca (Chopra et al., 2022).

Clasificación según el efecto terapéutico específico

- **Desbridantes:** eliminan tejido necrótico (Falabella, 2006).

- **Manejo de exudado:** absorben sin macerar (Falabella, 2006; Walker et al., 2017)
- **Formación de granulación:** estimulan crecimiento controlado (Mustoe et al., 2002; Walker et al., 2017).
- **Control de infecciones:** previenen colonización e infección (Munteanu et al., 2016).
- **Hemostáticos:** activan cascada de coagulación (Spotnitz, 2010).

Figura 1. Clasificación de los apósitos



La selección adecuada del apósito debe basarse en una evaluación integral de la herida, considerando su etiología, fase de cicatrización, volumen de exudado y presencia de complicaciones como infección o necrosis. La clasificación propuesta permite una toma de decisiones clínica racional, optimizando recursos y mejorando los resultados en la cicatrización (Boateng et al., 2008; Schultz et al., 2003).

Apósitos Hidrocoloides

El apósito hidrocoloide, considerado el modelo de los apósitos «modernos», ha marcado un punto de inflexión en la historia de los apósitos. Está compuesto por fibras de

carboximetilcelulosa (CMC) recubiertas de polímeros absorbentes (espuma de poliuretano). Se gelifica cuando se coloca en contacto con un exudado. De este modo, la herida queda cubierta por una película semipermeable que permite la eliminación de agua en forma de vapor (Stashak et al., 2004).

Los apósitos hidrocoloides o hidroactivos, son utilizados como apósitos que mantienen la humedad en las heridas. Suelen estar compuestos por polímeros naturales que forman gel, como la gelatina, el colágeno y la carboximetilcelulosa, combinados con adhesivo aplicados sobre un soporte, lo que da lugar a obleas absorbentes, autoadhesivas e impermeables. Estos apósitos pueden absorber el exudado de la herida y formar geles (Cardenas et al., 2021). Sus propiedades oclusivas contribuyen a evitar la penetración de microorganismos. Permite mantener un entorno húmedo que hace posible la secreción de citocinas y de factores de crecimiento favorables para la cicatrización (Eaglstein, 1993).

En cambio, no se aconseja para las heridas que deben vigilarse a diario o que requieran un cambio de apósitos muy frecuente. Se dispone de varias formas de hidrocoloides (placas adhesivas o no, formas anatómicas variables) que permiten una adaptación a la situación clínica. Se adhieren a la piel sana, pero no a la herida, lo que hace que su retirada sea atraumática (Dekerle et al., 2022). Este apósito puede estar indicado en todas las fases de la cicatrización. Se recomienda específicamente en el tratamiento de las escaras, de las úlceras y de las quemaduras. Se ha demostrado que en el postoperatorio contiene mejor los exudados y protege mejor la herida que un apósito simple (Cardenas et al., 2021; Siddique et al., 2011).

Capítulo 3: Marco Metodológico

Materiales y Métodos

Problema de investigación

Una quemadura es una lesión en la piel u otros tejidos orgánicos provocada por agentes físicos, químicos o biológicos (OMS, 2023). Al comprometer la función protectora de la piel, los patógenos pueden infiltrarse, que aumenta el riesgo de infecciones (Yousef et al., 2025). Estas complicaciones prolongan la hospitalización, generan pérdida de líquidos y nutrientes, y elevan la incidencia de secuelas (Fernández & Casas, 2020). En la práctica el método más utilizado son los autoinjertos, por su efectividad al cubrir áreas quemadas, sin embargo pueden llegar a complicar aún más el proceso de recuperación (Altamirano, 2020). Los xenoinjertos, que emplean tejido de origen animal, son una alternativa prometedora, ya que permiten cubrir las quemaduras sin generar nuevas heridas (Altamirano, 2020).

En tales situaciones, otra alternativa son los apósitos, biomateriales fabricados para imitar las funciones de la piel (Martínez & Romero, 2019). La función básica con la que cuentan todos los apósitos es la de absorber el exudado producido por la piel dañada y generar una barrera de protección contra patógenos en el medio externo que puedan alterar el proceso de sanación de la herida (Reyes et al., 2022). El coloide es un estado de materia en el que se encuentran varias fases de esta en el material, el hidrocoloide por su parte se refiere a la presencia de partículas coloidales hidrofílicas (Salinas, 2023).

Sin embargo, hasta el momento no se cuenta con una síntesis de la mejor evidencia disponible sobre la eficacia y seguridad de los xenoinjertos de piel de tilapia en comparación con los apósitos hidrocoloides para el tratamiento de las quemaduras dérmicas de segundo grado en sujetos adultos.

Tipo de estudio

El estudio desarrollado corresponde a una revisión sistemática que comprendió un análisis profundo de bibliografía actualizada de los últimos cinco años de bases de datos científicas donde se filtraron las publicaciones relevantes para la investigación referentes al uso de piel de tilapia versus apósitos hidrocoloides en el tratamiento de pacientes adultos con quemaduras de segundo grado.

Pregunta de investigación

¿Cuál es la eficacia y seguridad relativas del uso de piel de tilapia en comparación con los apósitos hidrocoloides en el manejo de quemaduras dérmicas de segundo grado en adultos?

Pregunta PICO

- Población: pacientes adultos (edad \geq 18 años) con quemaduras dérmicas de segundo grado.
- Intervención: xenoinjerto de piel de tilapia.
- Comparador: apósitos hidrocoloides estándar.
- Resultados:
 - Desenlace primario: tiempo de curación.
 - Desenlaces secundarios: intensidad del dolor, complicaciones infecciosas, satisfacción estética y costos.

Criterios de inclusión

Se incluyen artículos publicados en inglés y español entre el 2020 a Agosto 2025 cuya metodología sea ensayos clínicos aleatorizados (ECA), publicados en revistas indexadas en las bases de datos especializadas como Scopus, Pubmed, y Clinical Key, con artículos que cuenten con acceso completo al contenido.

Criterios de exclusión

Se excluyeron cartas al editor, cartas de conferencia, editoriales, artículos sin acceso libre, tesis, artículos de revisión, artículos publicados antes del 2020.

Fuentes de información

En este estudio se realizó una revisión bibliográfica de artículos científicos de tres bases científicas: PubMed, Clinical Key y Scopus, se aplicó criterios de inclusión y exclusión se identificaron artículos tanto sobre el uso de piel de tilapia como del uso de apósitos hidrocoloides en el manejo de quemaduras dérmicas de segundo grado en adultos.

Estrategia de búsqueda

Para la investigación se analizaron estudios con una ventana de los cinco últimos años, desde el año 2020 hasta el año 2025 escritos tanto en español como en inglés, que incluyan el estudio del uso de piel de tilapia y/o apósitos hidrocoloides en el manejo de quemaduras dérmicas de segundo grado en adultos con la estrategia de búsqueda descrita en términos MESH: **utilizando los términos como** “xenograft”, “Burn”, “Tilapia Skin”, “Regenerative Medicine”, “Hydrocolloid dressing”, “Xenoinjertos”, “Quemadura”, “Piel de Tilapia”, “Medicina Regenerativa”, “Apósitos”, “Hidrocoloides”.

Además, la estrategia de búsqueda incluyó fórmulas creadas con la combinación de las palabras clave y los operadores booleanos AND y OR: “Xenograft OR “Tilapia Skin” AND “Burn”, “Tilapia Skin” OR “Xenograft” AND “Burn” AND “Regenerative Medicine”, “Xenograft” OR “Tilapia Skin” AND “Burn” OR “Regenerative Medicine”, “Tilapia Skin” AND “Xenograft” AND “Burn”, “Hydrocolloid dressing” AND “Burn”, “Xenoinjertos” OR “Piel de Tilapia” AND “Quemaduras”, “Piel de Tilapia” OR “Xenoinjertos” AND “Quemaduras” AND “Medicina Regenerativa”, “Xenoinjertos” OR “Piel de Tilapia” AND

“Quemaduras” OR “Medicina Regenerativa”, “Piel de Tilapia” AND “Xenoinjertos” AND “Quemaduras”, “Apósitos hidrocoloides” AND “quemaduras”.

El proceso de búsqueda se realizó mediante la lista de verificación PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) (Page et al., 2021).

Selección de estudios

Mediante la revisión de información científica de las bases de datos seleccionadas, se analizó el título y resumen de cada estudio, este proceso permitió eliminar estudios duplicados, pues varios de ellos constaban en más de una base de datos. A continuación, se revisó que cada uno de los estudios cumplan con los criterios de inclusión.

Proceso de recolección de información

La recolección de información se basó en el análisis de información científica actualizada y relevante tanto sobre el uso de piel de tilapia como del uso de apósitos hidrocoloides en el manejo de quemaduras dérmicas de segundo grado en adultos, esto se logró mediante la revisión reportes de caso, revisión sistemática, ensayos clínicos y artículos científicos actualizados, obtenidos de bases de datos como: PubMed, Clinical Key y Scopus.

Se analizaron estudios publicados en un lapso de 5 años, desde enero 2020 hasta enero 2025, en inglés y español que incluyan las variables de estudio, con la estrategia de búsqueda descrita en términos MESH. El análisis se realizó mediante la lista de verificación PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses).

Para el manejo de citas y referencias de los estudios seleccionados se utilizó el gestor bibliográfico Mendeley. La información fue descargada de las bases científicas en formato CSV y se organizaron en una hoja electrónica para su manejo de forma eficiente.

Aspectos bioéticos

En consideración de que la investigación corresponde a una revisión sistemática de artículos publicados en bases científicas de alto impacto como PubMed, Clinical Key y Scopus, no implica ningún tipo de intervención directa con pacientes o la revisión de historias clínicas, en tal virtud no requiere consentimiento informado puesto que no vulnera aspectos relacionados con la confidencialidad.

Es importante indicar que no se incluyeron estudios que no cumplieron con los criterios de inclusión, se verificó la relevancia de los artículos y el apego al tema de estudio. La recolección de información se desarrolló considerando los principios de la bioética que son: autonomía, beneficencia, no maleficencia y justicia, por ello, después de la revisión respectiva, este proyecto se encuentra exento de una revisión expedita o en pleno por parte del CEISH-PUCE.

Capítulo 4. Resultados

Para localizar los artículos relevantes a la investigación se organizaron dos búsquedas, una por cada variable de investigación en las bases de datos Scopus, PubMed y Clinical Key, obteniendo estudios de interés para el tema de investigación.

Se aplicaron criterios de inclusión y exclusión en cada caso. Con respecto al uso de piel de tilapia en quemaduras de segundo grado se identificaron 1356 publicaciones, de estas se excluyeron 895 en base al análisis del contenido limitando el tiempo de publicación, técnicas utilizadas. Luego se excluyeron 95 artículos, excluyendo los artículos que abordaban el uso de los injertos en diferentes enfermedades diferentes a las quemaduras. Se obtuvo un total de 7 artículos que se ajustaron a los criterios de inclusión para realizar el análisis crítico de su contenido.

La revisión se desarrolló con estudios publicados entre 2020 y 2025, la metodología PRISMA 2020 aplicada se aprecia en la figura 2 y 3, donde se ilustra el proceso de forma detallada

En cuanto a la segunda variable respecto al uso de apósitos hidrocoloides, se desarrolló un proceso similar en las bases de datos Scopus, PubMed y Clinical Key, inicialmente se identificaron 730 publicaciones de forma análoga se aplicaron criterios de inclusión y exclusión que consideraron la actualidad contenida, acceso. Se excluyeron 647 documentos debido a que no se ajustaban al tema de investigación. Luego se analizó el contenido de las investigaciones y se excluyeron 72 publicaciones pues abarcaban el uso de apósitos en otro tipo de enfermedades distintas a las quemaduras, al final se obtuvieron 6 documentos que cumplieron las características necesarias para incluirlas en esta investigación.

Figura 2. Fase de búsqueda: Uso de piel de tilapia

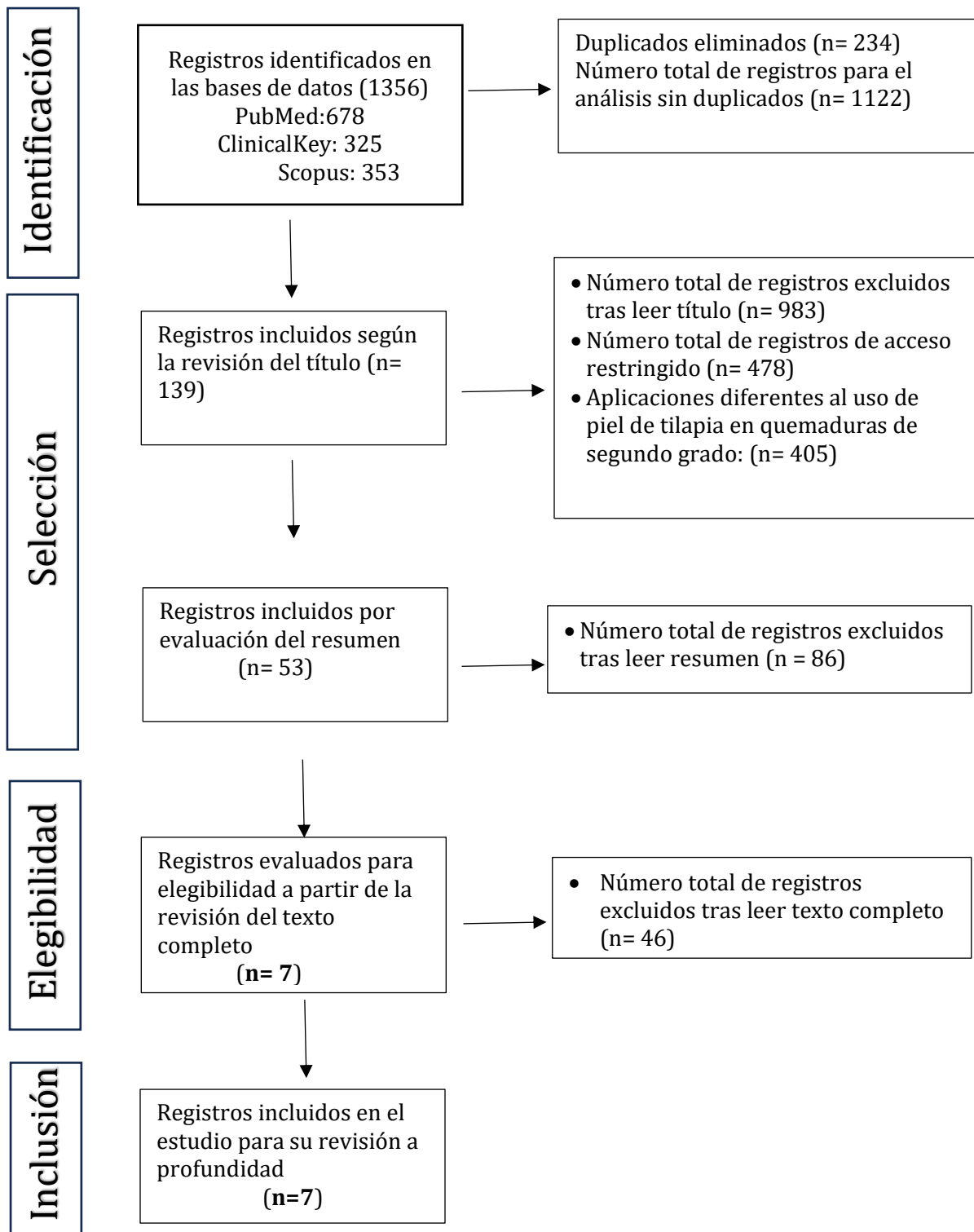
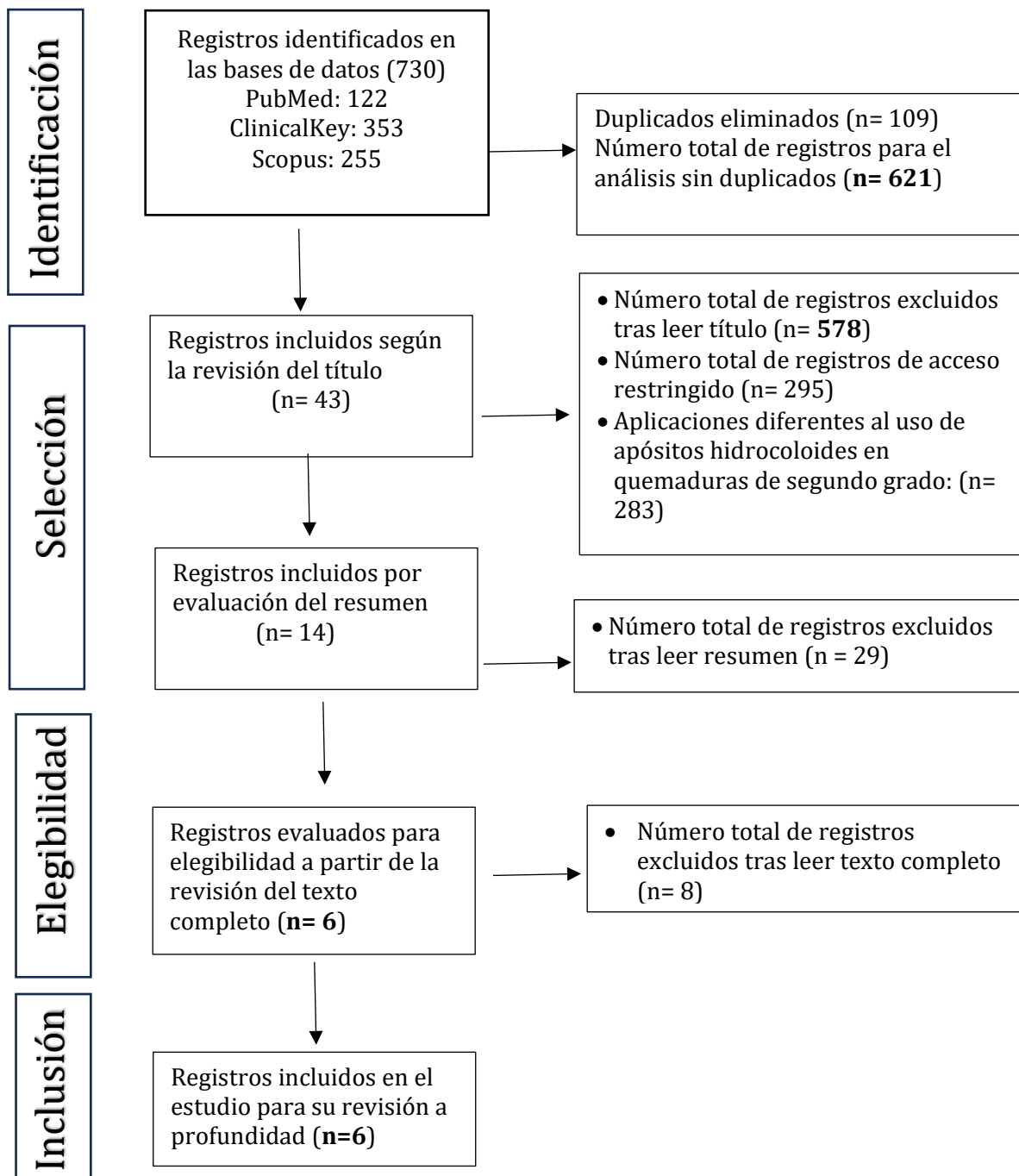


Figura 3. Fase de búsqueda: Apósitos hidrocoloides



A partir de los dos resultados del método PRISMA se analizaron cada artículo en cuanto al tipo de estudio, autor, año, objetivo, metodología y resultados, mismos que se reflejan en las tablas.

Tabla 5. Características de los artículos incluidos en la investigación: Uso de piel de tilapia

N	Título	Autor y año	País	Características del grupo de estudio	Metodología	Resultados	Conclusiones
1	Nile Tilapia Skin Xenograft Versus Silver-Based Dressings in the Management of Partial-Thickness Burn Wounds: A Systematic Review and Meta-Analysis	Moraes et al. (2024)	Brasil, Bolivia, EE. UU., otros	<ul style="list-style-type: none"> • Ensayos clínicos aleatorizados • Pacientes con quemaduras de espesor parcial superficial • Tamaño de muestra entre 24 y 115 pacientes 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión sistemática y metaanálisis siguiendo PRISMA • Comparó piel de tilapia del Nilo vs. apósitos a base de plata 	<ul style="list-style-type: none"> • El grupo de tilapia mostró reepitelización significativamente más rápida • Reducción del dolor según escala VAS • Menor frecuencia de cambios de apósito 	<ul style="list-style-type: none"> • El xenoinjerto de piel de tilapia es no inferior y potencialmente superior al tratamiento con plata • Ofrece beneficios clínicos y económicos
2	Efficacy of Tilapia Skin Xenograft Compared to Paraffin-Impregnated Gauze as a Full-Thickness Burn Dressing After Excisional Debridement: A Case Series	Putri N.M. et al. (2022)	Indonesia	Las muestras fueron pacientes adultos con quemaduras agudas, de entre 18 y 60 años, con un 20-40 % de la superficie corporal total y quemaduras de espesor completo similares en ambos lados de las extremidades superiores o inferiores, que se	<ul style="list-style-type: none"> • Serie de casos prospectiva • Aplicación de piel de tilapia deshidratada como xenoinjerto • Evaluación de tiempo de hospitalización y cicatrización 	La piel de tilapia mostró beneficios clínicos significativos en manejo de exudado, reducción de dolor y menor frecuencia de cambios de vendaje, sin comprometer la seguridad (ausencia de reacciones alérgicas), aunque la mortalidad por sepsis no estuvo	<ul style="list-style-type: none"> • El xenoinjerto de piel de tilapia no fue inferior a la gasa impregnada en parafina en quemaduras de espesor completo. • La piel de tilapia tuvo un mejor rendimiento en el control y la contención de los exudados de la quemadura en

				sometieron a desbridamiento escisional ≤ 96 h después de la quemadura.		relacionada con el tratamiento.	comparación con la gasa impregnada en parafina. <ul style="list-style-type: none"> Se recomienda realizar estudios prospectivos más amplios sobre la producción, la eficacia y la vida útil del xenoinjerto de piel de tilapia como apósito
3	Nile Tilapia Skin Xenograft Versus Silver-Based Hydrofiber Dressing in the Treatment of Second-Degree Burns in Adults	Miranda M.J.B., Brandt C.T. (2019)	Brasil	<ul style="list-style-type: none"> - Conformado por 30 pacientes adultos (15 por grupo) - Quemaduras de segundo grado (superficial/profundo) - Afectación $\leq 10\%$ de la superficie corporal - Edad entre 20–60 años 	<ul style="list-style-type: none"> - Estudio clínico analítico, abierto, con muestreo de conveniencia - Comparación de la eficacia de la piel de tilapia frente a un vendaje estándar en quemaduras de 2° grado - Evaluando tiempo de curación, cantidad de dolor y la frecuencia de cambios de apósitos, con métodos estandarizados y análisis estadístico. 	La piel de tilapia del Nilo demostró ser una alternativa segura, efectiva y no inferior al vendaje convencional en el manejo de quemaduras de segundo grado, con tiempos de curación similares (9.6 vs 10.7 días), reducción significativa del dolor tras la aplicación del vendaje (86.7% de los pacientes con tilapia reportaron alivio) y menor necesidad de reemplazos —el	La piel de tilapia del Nilo es un vendaje biológico oclusivo efectivo para el tratamiento de quemaduras de segundo grado en adultos, con un tiempo promedio de curación comparable al del vendaje convencional. Además, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos en cuanto al nivel de dolor tras el cambio de vendaje ni en la necesidad de reemplazos durante el tratamiento, lo que respalda su uso como

					60% de los pacientes no requirieron cambio alguno durante el tratamiento, lo que sugiere ventajas prácticas en términos de comodidad, adherencia y posiblemente costos operativos, posicionándola como una opción viable, especialmente en contextos con recursos limitados.	una alternativa segura y equivalente a los tratamientos estándar actuales.	
4	Treatment of Deep Second-Degree Burns on the Abdomen, Thighs, and Genitalia: Use of Tilapia Skin as a Xenograft	Lima Júnior E.M. et al. (2020)	Brasil	Se trata de un caso clínico único (estudio de caso) —una paciente femenina de 18 años, sin comorbilidades, con quemaduras de segundo grado profundo que afectaron genitales, región inguinal y otras áreas (13.5% de superficie corporal total), tratada con piel de tilapia como xenoinjerto.	La piel de tilapia se usó como xenoinjerto en zonas anatómicas complejas, con protocolo estandarizado y seguimiento hasta la curación, donde se registra adherencia, recambios y evolución de la herida	La piel de tilapia es efectiva, segura y viable incluso en zonas anatómicas desafiantes, expandiendo su potencial de uso clínico más allá de las áreas tradicionales.	La piel de tilapia curó con éxito quemaduras profundas en zonas sensibles (genitales e inglés) en solo 16 días, sin efectos secundarios, se demuestra que sí puede usarse en áreas de pliegues aunque requiera algún reemplazo. Es un biomaterial seguro, eficaz, de bajo costo y alto potencial, listo para ser el primer xenoinjerto acuático registrado en Brasil y el mundo para quemaduras.

5	Utilizing tilapia fish skin biomaterial for burn wound dressing: A systematic review	Lawley B. et al. (2024)	Malawi	La población fue heterogénea: pacientes con quemaduras de espesor parcial y modelos animales como ratas y burros, que poseen heridas inducidas, tratados con distintas formulaciones de piel de tilapia y comparados con terapias convencionales.	Se aplicó una revisión sistemática siguiendo un protocolo adaptado de PRISMA 2020, con el uso de 65 artículos iniciales, 18 cumplieron criterios y fueron incluidos en el análisis final.	El biomaterial de piel de tilapia, en sus diferentes presentaciones, pudo demostrar mejores resultados que los tratamientos tradicionales, que acelera la curación, reduciendo complicaciones y ofreciendo potencial para nuevas aplicaciones.	La piel de tilapia es una alternativa biocompatible y rica en colágeno con un gran potencial, pero aún necesita ser mejorada y combinada con otras tecnologías para superar completamente las limitaciones de los tratamientos actuales y convertirse en el nuevo estándar de oro.
6	The Use of Acellular Fish Skin Grafts in Burn Wound Management —A Systematic Review	Luze, H.; Nischwitz, S.P.; Smolle, C.; Zrim, R.; Kamolz, L.-P. (2022)	Austria	Pacientes humanos (adultos y pediátricos) con quemaduras de espesor parcial y sitios donantes de injertos, complementada con datos de estudios preclínicos en conejos y cerdos.	Se realizó una revisión sistemática (PRISMA) en PubMed y Web of Science hasta la fecha de marzo de 2022, de 79 estudios, 14 cumplieron criterios. Dos investigadores obtuvieron los datos de curación, dolor, recambios y costos, sin metaanálisis.	Los 14 estudios mostraron que los injertos de piel de pescado acelular aceleran la reepitelización en quemaduras parciales, reducen dolor, cambios de apósito y costos (hasta 42,1%), con mejores resultados estéticos y funcionales a largo plazo y eficacia en sitios donantes, además sin eventos adversos graves.	Los injertos de piel de pescado tilapia, acelular son una opción efectiva y económica para quemaduras parciales cuando el autoinjerto no es viable. Aceleran cicatrización, reducen dolor, recambios y costos, y mejoran resultados estéticos y funcionales.

7	Nile Tilapia Fish Skin-Based Wound Dressing Improves Pain and Treatment-Related Costs of Superficial Partial-Thickness Burns: A Phase III Randomized Controlled Trial	Lima Junior, E. et al. (2021)	Brasil	115 pacientes ambulatorios de entre 18 y 70 años con quemaduras superficiales de espesor parcial que afectaban al 15 % o menos de la superficie corporal y sin tratamiento previo	Se realizó un ensayo clínico aleatorizado y controlado de fase III entre abril de 2017 y octubre de 2018 en Fortaleza, Brasil	Los pacientes tratados con piel de pescado requirieron menos días de reepitelización ($9,7 \pm 0,6$ días frente a $10,2 \pm 0,9$ días; $p = 0,001$) y menos apósitos ($1,6 \pm 0,7$ frente a $4,9 \pm 0,5$; $p < 0,001$). También presentaron una menor necesidad de analgésicos y mediciones de la escala visual analógica, la Escala de Ansiedad por Dolor Específico de Quemaduras y la Escala Electrónica de Von Frey. Finalmente, el uso de piel de pescado redujo el coste medio final del tratamiento por paciente en un 42,1 %.	Al acelerar la reepitelización, mejorar el dolor relacionado con las quemaduras y disminuir los costos relacionados con el tratamiento, la piel de tilapia del Nilo podría beneficiar a los sistemas de salud pública con escasos recursos de los países en desarrollo.
---	---	-------------------------------	--------	---	---	--	---

Siete estudios incluidos en la investigación analizaron la efectividad del uso de tilapia en el tratamiento de pacientes adultos con quemaduras de segundo grado, la evaluación de la efectividad se realizó tomando en cuenta el tiempo de cicatrización, manejo del dolor, cantidad de cambio de los apósitos de piel de tilapia, tiempo de recuperación, costo de producción del apósito, viabilidad del apósito, entre otros.

Según el estudio de Moraes et al. (2024), quien realizó una revisión sistemática y meta-análisis de 4 ensayos clínicos aleatorizados con un total de 199 pacientes con quemaduras de espesor parcial (superficial y profundo de segundo grado), 99 pacientes fueron tratados con xenoinjerto de piel de tilapia y 100 con apósitos fabricados a base de plata (principalmente sulfadiazina de plata o hidrofibra de plata), se encontró que el uso de piel de tilapia aceleró significativamente la re-epitelización completa (MD -0.48 días; IC 95% -0.71 a -0.24; $p < 0.01$), también redujo significativamente el nivel de dolor reportado por los pacientes, medido mediante la escala visual analógica del dolor (VAS) o la escala revisada de caras (FPSS-R) (MD -0.79; IC 95% -1.10 a -0.47; $p < 0.01$), y disminuyó significativamente la frecuencia de cambios de apósito necesarios (MD -3.54 cambios; IC 95% -5.81 a -1.26; $p = 0.02$). Además, se reportó una reducción significativa en los costos totales del tratamiento en comparación con la terapia convencional con sulfadiazina de plata ($p < 0.001$). En un estudio pediátrico, una disminución significativa en la cantidad de ketamina intravenosa requerida para los cambios de apósito ($p = 0.0014$). Todos estos resultados permiten denotar que la piel de tilapia es un tratamiento superior a los apósitos a base de plata para las quemaduras de espesor parcial, ofreciendo una cicatrización más rápida, menos dolor, menos cambios de apósito y un costo más bajo a comparación del tratamiento tradicional.

En otro estudio realizado por Putri et al. (2022), que presentó una serie de casos de quemaduras agudas con 4 pacientes adultos con edades comprendidas entre 18-60 años con quemaduras de espesor total que abarcaban entre 20% y 40% de la superficie corporal total, se comparó el uso de xenoinjerto de piel de tilapia con gasa impregnada en parafina (tratamiento estándar) en extremidades contralaterales tras una debridación y limpieza quirúrgica. Encontrándose que, aunque el tiempo necesario para la preparación del lecho de la herida para el injerto autólogo fue similar en ambos grupos (evaluado mediante la herramienta Bates-Jensen, con puntuaciones idénticas al día 5 y 10, y procedimiento de injerto realizado al día 11 en todos los casos supervivientes), el grupo tratado con piel de tilapia requirió significativamente menos cambios de apósito, alrededor de 2 cambios menos en un período de 10 días, debido a su superior capacidad para controlar y contener los exudados, además de no presentar fugas a través del vendaje elástico, a diferencia del grupo de gasa parafinada donde el exudado se filtraba desde el día siguiente. Por otra parte, los pacientes reportaron que el lado tratado con tilapia era menos doloroso, y no se observaron reacciones alérgicas en ningún caso, concluyéndose que el xenoinjerto de piel de tilapia no es inferior al tratamiento estándar en cuanto a preparación del lecho de la herida y es superior en manejo de exudados y frecuencia de cambios. Pese a que el estudio fue limitado por su pequeño tamaño muestral y dos fallecimientos por shock séptico no atribuibles directamente al tratamiento.

Según el estudio de Miranda y Brandt (2019), que realizó un ensayo clínico intervencional abierto con un grupo de 30 pacientes adultos (20 a 60 años) con quemaduras de segundo grado, tanto superficial como profundo, que afectaban hasta el 10% de la superficie corporal total. Los participantes fueron asignados aleatoriamente a recibir tratamiento con xenoinjerto de piel de tilapia del Nilo (n=15) o con apósito de hidrofibra con plata (Aquacel

Ag®) (n=15), encontrándose que el tiempo medio necesario para lograr la curación completa de la herida (re-epitelización $\geq 95\%$) fue similar entre ambos grupos (9.6 ± 2.4 días para tilapia vs. 10.7 ± 4.5 días para hidrofibra, $p=0.36$); además, no se observó diferencia estadísticamente significativa en el nivel de dolor reportado por los pacientes durante el cambio de apósito, ya que ambos grupos reportaron puntuaciones altas en la escala visual analógica del dolor (VAS >5 , $p>0.68$), pero tras la aplicación del nuevo apósito, el 86.7% de los pacientes tratados con piel de tilapia reportaron una disminución del dolor (VAS ≤ 5), en comparación con solo el 46.7% del grupo de hidrofibra ($p\leq 0.05$); asimismo, el 60% de los pacientes del grupo de tilapia no requirieron ningún cambio de apósito durante todo el tratamiento, mientras que en el grupo de hidrofibra, el 53.3% necesitó más de un cambio ($p=0.71$). Los resultados del estudio indican que los apósitos formados por piel de tilapia no fueron inferiores al apósito comercial en cuanto a eficacia, control del dolor post-apósito y reducción en la frecuencia de cambios, sugiriendo que es un apósito biológico oclusivo igualmente efectivo para el manejo de quemaduras de segundo grado en adultos.

En el estudio de Lima Júnior et al. (2020), presenta un reporte de caso clínico de una paciente femenina de 18 años sin comorbilidades, con quemaduras de segundo grado profundo en abdomen, región inguinal, parte de la genital y mitad superior de ambos muslos, afectando el 13.5% de la superficie corporal total. Para el tratamiento se aplicó piel de tilapia como xenoinjerto tras un proceso estandarizado de descontaminación y esterilización, lográndose una re-epitelización completa en 16 días de tratamiento, lo cual es más rápido que el tiempo esperado de aproximadamente tres semanas para este tipo de quemaduras con tratamientos convencionales. Durante el proceso, se realizaron dos cambios de apósito (a los 4 y 7 días) debido a falta de adherencia parcial en zonas de pliegues cutáneos como la ingle y región genital,

donde el exceso de secreción comprometió la fijación inicial, pero tras la reposición del biomaterial, la adherencia mejoró y no se observaron efectos secundarios, reacciones alérgicas o infecciones. Se llegó a la conclusión de que la piel de tilapia es un xenoinjerto eficaz, flexible, no antigénico, capaz de conservar la humedad y prevenir la entrada de microorganismos, y que su aplicación es viable incluso en áreas anatómicas complejas como los pliegues cutáneos, a modo de ampliar así su utilidad clínica más allá de las zonas planas habitualmente consideradas en ensayos clínicos previos.

La revisión sistemática de Zimba y Sauli (2024), analizó 18 estudios (ensayos clínicos, estudios en animales y revisiones) sobre el uso de la piel de tilapia como biomaterial para el tratamiento de quemaduras. Donde se llegó a la conclusión de que este recurso es una alternativa prometedora al tratamiento convencional con sulfadiazina de plata (SSD), para aprovechar su alto contenido de colágeno tipo I y III, similar morfológicamente al colágeno humano, mismo que promueve la proliferación, migración y diferenciación celular, la síntesis de factores de crecimiento y la angiogénesis en el sitio de la herida. Los estudios clínicos en humanos, principalmente realizados en Brasil, demuestran que la piel de tilapia, utilizada como xenoinjerto, reduce significativamente la frecuencia de cambios de apósito (pudiendo mantenerse hasta 10 días frente al cambio diario requerido por la gasa con SSD), acelera la re-epitelización completa (se logra una cicatrización en 10-11 días para quemaduras superficiales y alrededor de 21 días para quemaduras profundas, frente a 2 y 3 semanas respectivamente con tratamientos estándar), el dolor percibido por los pacientes disminuyó y los costos totales del tratamiento disminuyeron.

Recientemente, se ha trabajado en distintas formas de procesar la piel de tilapia para mejorar su eficacia en el tratamiento de quemaduras. Entre estas se incluyen matrices dérmicas

acelulares con ácidos grasos omega-3 las cuales ayudan a controlar la inflamación y así reducir la formación de cicatrices, esponjas de colágeno muy porosas que favorecen la hemostasia y el crecimiento celular, hidrogeles combinados con quitosano o péptidos marinos que mantienen la piel húmeda y con propiedades antibacterianas, e incluso materiales enriquecidos con nanopartículas de plata para potenciar el efecto antimicrobiano sin dañar el colágeno. Estas innovaciones permiten ampliar las posibilidades de uso de la piel de tilapia, aunque aún hay retos por resolver, como estandarizar los métodos de procesamiento, evaluar su eficacia en quemaduras más profundas y desarrollar formulaciones con agentes antimicrobianos adicionales, lo que permitiría consolidarla como un tratamiento seguro, efectivo y aceptado.

Según la revisión sistemática de Luze et al. (2022), que analizó 14 estudios (ensayos preclínicos, informes de casos, estudios piloto y de cohorte) sobre el uso de injertos de piel de pescado acelular (AFS), principalmente de tilapia del Nilo y bacalao del Atlántico Norte, en el tratamiento de quemaduras y sitios donantes de injertos de piel, se concluye que el AFS es una alternativa efectiva y de bajo costo para las quemaduras de espesor parcial (superficial y profundo), se acelera la reepitelización completa (por ejemplo, se logra la cicatrización en ~10-11 días para quemaduras superficiales y ~21 días para quemaduras profundas, frente a 2 y más de 3 semanas respectivamente con tratamientos convencionales como la sulfadiazina de plata), reduciendo significativamente el dolor percibido por los pacientes (con menores puntuaciones en escalas de dolor y menor necesidad de analgésicos/anestésicos, $p < 0.05$ en estudios controlados), disminuyendo la frecuencia de cambios de apósito necesarios (debido a su excelente adherencia al lecho de la herida, lo que también reduce la carga de trabajo del personal y el costo total del tratamiento, con un estudio donde se reporta una reducción del 42.1% en los costos), y se mejora los resultados estéticos y funcionales a largo plazo (con mayor elasticidad, contenido de agua y

sebo en la piel regenerada comparado con otros tratamientos); además, el AFS ha demostrado ser seguro, sin eventos adversos reportados, y también es efectivo en la aceleración de la cicatrización de sitios donantes de injertos de piel de espesor parcial, reduciendo el tiempo de reepitelización en casi dos días en comparación con apósitos de colágeno bovino; sin embargo, los autores señalan que la evidencia actual se basa principalmente en estudios preclínicos y cohortes pequeñas, por lo que se necesitan estudios de mayor escala para confirmar plenamente su potencial terapéutico.

Según el estudio de Lima Júnior et al. (2021), que realizó un ensayo clínico aleatorizado controlado de fase III con 115 pacientes ambulatorios adultos (18 a 70 años) con quemaduras de espesor parcial superficial que afectaban hasta el 15% de la superficie corporal total, 57 pacientes fueron tratados con piel de tilapia del Nilo glicerolizada y 58 con crema de sulfadiazina de plata al 1%, encontrándose que el grupo tratado con piel de tilapia requirió significativamente menos días para lograr la reepitelización completa (9.7 ± 0.6 días vs. 10.2 ± 0.9 días; $p = 0.001$), necesitó significativamente menos cambios de apósito (1.6 ± 0.7 vs. 4.9 ± 0.5 ; $p < 0.001$), reportó niveles significativamente menores de dolor medidos mediante la escala visual analógica (VAS), el dispositivo Electronic von Frey y la Escala de Ansiedad por Dolor Específica para Quemaduras (BSPAS), y tuvo una menor necesidad de analgésicos; además, el uso de piel de tilapia redujo el costo promedio total del tratamiento por paciente en un 42.1% en comparación con el grupo de sulfadiazina de plata, lo que sugiere que la piel de tilapia del Nilo es una alternativa de bajo costo, eficaz y superior para el manejo ambulatorio de quemaduras superficiales, con beneficios claros en aceleración de la cicatrización, control del dolor y reducción de costos, especialmente relevante para sistemas de salud pública con recursos limitados en países en desarrollo.

Tabla 6. Características de los artículos incluidos en la investigación: Apósitos hidrocoloideos

N	Título	Autor y año	País	Características del grupo de estudio	Metodología	Resultados	Conclusiones
1	A comparative study between hydrocolloid dressing and conventional Vaseline gauze dressing in healing of donor site wound in split skin graft	Supreeth K., Bhoomika R. 2025	India	Se incluyeron 50 pacientes con quemaduras de espesor parcial, distribuidos en dos grupos de 25: el grupo de estudio recibió apósito hidrocoloide y el grupo control recibió apósito de gasa con parafina	<ul style="list-style-type: none"> • Estudio comparativo prospectivo aleatorizado. • Comparó dos tipos de apósitos para evaluar cicatrización, manejo de la herida, dolor, infecciones y facilidad de aplicación, con seguimiento hasta la completa epitelización. 	El hidrocoloide favoreció una cicatrización más rápida, menor dolor y seguridad similar a la gasa con parafina.	El apósito hidrocoloide en la zona donante de injerto cutáneo disminuye el dolor durante el periodo postoperatorio.
2	Bacterial Nanocellulose Dressing Compared With Hydrocolloid Dressing For The Treatment Of Partial-Thickness Second-Degree Burns: A Prospective,	Rehan, M. et al. 2024	Pakistán	130 pacientes con quemaduras de segundo grado de espesor parcial.	<ul style="list-style-type: none"> • Este fue un estudio prospectivo, aleatorizado y controlado de un solo centro en pacientes con lesiones por quemaduras de segundo grado 	El grupo experimental (BNC) presentó menor tiempo de hospitalización (11,7 vs. 18 días), epitelización más rápida (13 vs. 17,4 días),	El BNC mostró mejores resultados clínicos (menor dolor, hospitalización y complicaciones) frente al hidrocoloide, aunque este último es más económico.

	Randomized Control Trial				de espesor parcial. •Uso de Nanocelulosa bacteriana •Uso de Hidrocoloide	menos cambios de apósito (1,3 vs. 4,2), menor dolor inicial (2,6 vs. 4,8), menor uso de opioides (13/65 vs. 44/65) y ausencia de infecciones (0 vs. 1), en comparación con el grupo control (hidrocoloide), aunque este último fue más económico.	
3	Effect of hydrocolloid dressing combined with low molecular weight heparin and calcium on scar hyperplasia in burn patients with venous thromboembolism	Chengzhi L. Yuanyuan W. Fan H. Hui G. 2023	China	50 adultos con quemadura 2° profundo más TEV; vs 48 controles con apósito tradicional más Heparina de Bajo Peso Molecular.	Estudio retrospectivo; hidrocoloide más HBPM vs gasa más HBPM; evaluación de dolor, cicatriz, coagulación.	Menor tiempo curación, dolor, cambios apósito, hiperplasia cicatricial, complicaciones	Hidrocoloide más HBPM es seguro y eficaz: mejora cicatrización, reduce dolor y complicaciones en adultos con TEV.
4	Biosynthetic cellulose compared to	Karlsson, M. Elmasry, M. et al. 2022	Suecia	Veinticuatro adultos con	Ensayo clínico realizado de manera	No hubo diferencias significativas	No hubo diferencias significativas

	porcine xenograft in the treatment of partial-thickness burns: A randomised clinical trial			quemaduras de espesor parcial.	aleatorizado en los Centros de Quemados de Linköping y Uppsala (Suecia) entre junio 2016 y noviembre 2018	entre xenoinjerto porcino y celulosa biosintética en cicatrización, dolor, infección, costos ni resultados a 6 y 12 meses, ambos fueron seguros y efectivos.	entre ambos apósitos; solo a 12 meses los pacientes con xenoinjerto porcino percibieron cicatrices más gruesas, sin confirmación del observador y con limitación por bajo número de casos.
5	Hydrocolloid Wound Dressing for Sealing Periwound with Poor Normal Skin: Negative Pressure Wound Therapy for Deep Limb Burns with Extensive Burns	Kamma, T. Inoue, Y. et al. 2023	Japón	Mujer de 61 años con quemaduras extensas en las extremidades a consecuencia de un incendio en su domicilio	<ul style="list-style-type: none"> • - Reporte de caso clínico, empleó terapia de presión negativa al utilizar un método de sellado innovador. El apósito hidrocoloide se colocó en los bordes proximal y distal de la herida profunda, y posteriormente se aplicaron apósitos film 	<ul style="list-style-type: none"> • Se logró un sello efectivo a pesar de la escasa piel normal perilesional • Terapia de presión negativa funcionó sin fugas durante el tratamiento • No se reportaron complicaciones durante la aplicación • Método sencillo, 	<ul style="list-style-type: none"> • El uso de apósitos hidrocoloide es una estrategia efectiva y económica para lograr el sellado en terapia de presión negativa cuando hay quemaduras extensas y falta de piel sana • Permite el uso de terapia de presión negativa incluso en casos complejos con

				por las superficies anterior y posterior de la extremidad, formando un “método sándwich” que permitió mantener el sistema hermético.	económico y reproducible	exposición ósea y tendinosa • Se recomienda como alternativa práctica en entornos clínicos desafiantes	
6	Burn Wound Healing: Clinical Complications, Medical Care, Treatment, and Dressing Types: The Current State of Knowledge for Clinical Practice	Markiewicz-Gospodarek, A.; Koziół, M.; Tobiasz, M. et al. 2022	Polonia	Pacientes con quemaduras superficiales y parciales, incluyendo zonas donantes de injerto.	Comparación de hidrocoloides con otros apósitos midiendo cicatrización, dolor, infecciones y costos	Hidrocoloides reducen dolor, aceleran cicatrización y requieren menos cambios de apósito, con seguridad comparable.	Hidrocoloides son efectivos y seguros; reducen dolor y favorecen la cicatrización en quemaduras y zonas donantes.

Según el estudio de (Supreeth & Bhoomika, 2025), que incluye un ensayo clínico aleatorizado prospectivo con 50 pacientes adultos sometidos a injerto cutáneo de espesor parcial conformado de 25 en el grupo de apósito hidrocoloide y 25 en el grupo control con gasa con parafina, en el cual se evaluó la efectividad del hidrocoloide en la curación de la herida en el sitio donante, midiendo parámetros como el dolor, prurito, duración del uso de analgésicos y porcentaje de reepitelización.

Los resultados demostraron que, el dolor fue significativamente menor en el grupo de hidrocoloide, con el 44% de los pacientes reportaron dolor leve a diferencia que solo 8% en el grupo control ($p = 0.003$). A su vez, solo el 8% reportaron dolor severo a comparación del 40% en el grupo de gasa con parafina. Por lo que la duración del uso de analgésicos fue significativamente más corta en el grupo hidrocoloide en promedio de 3.72 días (DE 0.79) vs. 5.12 días (DE 0.93) en el grupo control ($p < 0.001$).

Como resultado en la recuperación de los pacientes, la reepitelización fue significativamente mayor en el grupo hidrocoloide con un 88% que alcanzaron reepitelización $\geq 70\%$ (56% entre 70-80% y 32% entre 80-90%) solo 24% en el grupo control ($p < 0.001$). En el grupo control, el 48% solo alcanzó 60-70% de reepitelización, y ninguno superó el 80%. También el prurito fue significativamente menor en el grupo hidrocoloide, el 64% reportaron prurito leve a comparación del 24% en el grupo control ($p = 0.01$). Solo 4% reportaron prurito severo vs. 16% en el grupo control.

No se reportaron diferencias significativas en tasas de infección o complicaciones entre ambos grupos, lo que sugiere que ambos tratamientos son igualmente seguros. Sin embargo, el hidrocoloide demostró claras ventajas en control del dolor, menor prurito, necesidad de analgésicos y mayor velocidad de reepitelización.

Según el estudio de Rehan M. et al. (2024), que incluye un ensayo clínico aleatorizado prospectivo con 130 pacientes adultos divididos en dos grupos de 65 cada uno, el primer grupo tratado con apósito de nanocelulosa bacteriana (BNC) y otro con apósito hidrocoloide, se evaluó la eficacia de ambos materiales en el manejo de quemaduras de espesor parcial de segundo grado, midiendo desenlaces clínicos como tiempo de epitelización, duración de hospitalización, dolor, número de cambios de apósito, infecciones y uso de opioides.

Los resultados mostraron que el grupo tratado con BNC tuvo una epitelización más rápida, con un promedio de alrededor 13 días frente a 17,4 días en el grupo de hidrocoloide ($p = 0,02$). Además, la estancia hospitalaria fue significativamente menor en el grupo BNC, con 11,7 días en promedio frente a 18 días en el grupo hidrocoloide ($p = 0,02$), lo que indica una recuperación más veloz.

En cuanto al manejo del dolor, los pacientes del grupo BNC reportaron menor intensidad de dolor desde el primer día de tratamiento, con una puntuación promedio en la escala verbal de valoración del dolor (VRS) de 2.6, mientras que en el grupo hidrocoloide fue de 4.8 ($p = 0.043$). Esta diferencia se mantuvo durante los primeros días de curación, aunque ambos grupos mostraron una disminución progresiva del dolor con el tiempo. Además, el uso de opioides fue significativamente mayor en el grupo hidrocoloide, donde 44 de 65 pacientes (67.7%) requirieron analgésicos potentes, frente a solo 13 de 65 (19.2%) en el grupo BNC. El número de cambios de apósito también fue mucho menor en el grupo BNC, con un promedio de 1.3 cambios por paciente, en comparación con 4.2 cambios en el grupo hidrocoloide.

En términos de seguridad, no se observaron infecciones en el grupo BNC, mientras que un caso de infección confirmada (con fiebre $>39^{\circ}\text{C}$ y aumento de leucocitos) fue registrado en el grupo hidrocoloide, lo que sugiere un perfil de seguridad superior del BNC en este contexto.

Aunque no se reportaron complicaciones graves como necrosis o cicatrices hipertróficas, la ausencia de infecciones y el menor dolor podrían favorecer mejores resultados funcionales y estéticos a largo plazo. Por otro lado, aunque el estudio no evaluó directamente los costos, el mayor número de cambios de apósito y el uso más frecuente de opioides en el grupo hidrocoloide podrían implicar un gasto mayor, en contraste con la mayor eficiencia del BNC en recursos humanos y materiales.

Según el estudio de Chengzhi Li, Yuanyuan Wang, Fan Hu y Hui Gong (2023), que incluye un análisis retrospectivo de 98 pacientes adultos con quemaduras de segundo grado profundo complicadas con tromboembolismo venoso (TEV), divididos en un grupo control (n=48) tratado con gasa convencional más heparina de bajo peso molecular (HBPM) y un grupo de estudio (n=50) que recibió apósito hidrocoloide más HBPM, se evaluó el impacto combinado de esta terapia sobre la cicatrización, el dolor, la función de coagulación, la hiperplasia cicatricial y las complicaciones.

Los resultados demostraron que el grupo tratado con hidrocoloide más HBPM presentó una reducción significativa en el tiempo de curación de la herida (10.28 ± 2.39 días vs. 11.29 ± 2.02 días; $p = 0.026$), menor número de cambios de apósito (5.39 ± 1.02 vs. 7.34 ± 1.04 ; $p < 0.001$) y regresión más rápida de los síntomas infecciosos (6.67 ± 1.13 días vs. 9.38 ± 1.23 días; $p < 0.001$), lo que sugiere una mejoría clínica rápida.

En cuanto al dolor, ambos grupos mostraron una disminución tras la intervención, pero el grupo con hidrocoloide presentó niveles significativamente menores a los 7 y 14 días (2.87 ± 0.23 vs. 3.14 ± 0.27 a los 7 días, $p < 0.001$; y 0.23 ± 0.06 vs. 0.76 ± 0.07 a los 14 días, $p < 0.001$), lo que refleja una mejor tolerancia al tratamiento. Ahora, en relación con la formación de

cicatrices, evaluada con la Escala de Vancouver, no hubo diferencias al inicio, pero a las 12 semanas el grupo con hidrocoloide mostró una menor hiperplasia cicatricial ($5,09 \pm 1,23$ vs. $7,41 \pm 1,27$; $p < 0,001$), lo que refleja un beneficio estético y funcional a largo plazo, crucial en la calidad de vida del paciente quemado.

Finalmente, en términos de complicaciones, el grupo con hidrocoloide presentó una tasa significativamente menor de eventos adversos (2% vs. 14.6%; $p = 0.023$), incluyendo menos casos de enrojecimiento, picazón, sangrado o infección de la herida, lo que refuerza su perfil de seguridad y tolerancia.

Según el estudio de Karlsson M., Elmasry M. et al. (2022), que incluye un ensayo clínico aleatorizado prospectivo, abierto y de dos centros en Suecia, con 24 adultos con quemaduras de espesor parcial, 11 tratados con xenoinjerto porcino y 13 con celulosa biosintética, se evaluó la eficacia comparativa de ambos apósitos en parámetros clínicos como tiempo de curación, dolor, infección, impacto en la vida diaria, estancia hospitalaria, costo y resultado cicatricial a 6 y 12 meses.

Los resultados mostraron que no hubo diferencias significativas entre los grupos con respecto al tiempo de epitelización completa ($\geq 95\%$), con una mediana de 19 días en el grupo porcino frente a 18 días en el grupo “Biosynthetic Cellulose Dressing” (BsC) ($p = 0,716$). En cuanto a la infección de la herida, ambos grupos presentaron tasas similares: todos los pacientes del grupo porcino (11/11) y 11 de 13 del grupo BsC mostraron signos clínicos de infección, y 8 pacientes de cada grupo necesitaron antibióticos ($p > 0,05$). Respecto al dolor, evaluado mediante escala numérica (NRS 0–10), no se encontraron diferencias significativas en reposo o durante la actividad en ninguna visita, aunque el grupo BsC tendió a reportar puntuaciones ligeramente más bajas.

El impacto en la vida diaria también fue similar entre grupos, con puntuaciones máximas medianas de 5 en ambos ($p > 0.05$), siendo la limitación de movilidad la causa más frecuente reportada (13/24 pacientes). En cuanto a los costos, aunque el precio por cm^2 fue menor para la celulosa biosintética (0,15 USD frente a 0,26 USD del xenoinjerto), no se observaron diferencias significativas en el costo total por paciente, ya que se necesitó más material BsC por quemadura (286 cm^2 vs. 208 cm^2 ; $p = 0,115$), por su disponibilidad de un único tamaño estándar.

Respecto al resultado cicatricial, evaluado con la Escala de Evaluación de Cicatrices Paciente Observador (POSAS) a los 6 y 12 meses, a los 6 meses no se encontraron diferencias significativas en ninguna dimensión como el: color, grosor, vascularidad, picazón, dolor, rigidez, entre otras, ni en la puntuación total, tanto desde la perspectiva del paciente, así como la del observador. Sin embargo, a los 12 meses, los pacientes del grupo xenoinjerto porcino reportaron puntuaciones significativamente más altas en “grosor” ($p = 0.048$) y “relieve” ($p = 0.050$) de sus cicatrices, lo que sugiere una percepción subjetiva de mayor severidad estética o funcional.

Finalmente, no se reportaron eventos adversos graves, y la única complicación documentada fue un caso de erisipela en el grupo porcino, tratado exitosamente con antibióticos, además cabe destacar que la celulosa biosintética utilizada en este estudio pertenece a la familia de los apósitos hidrocoloides, ya que comparte su mecanismo de acción basado en la creación de un ambiente húmedo, la absorción controlada de exudado y la promoción de la reepitelización.

Según el reporte de caso clínico de Kamma T., Inoue Y. et al. (2023), se describe el uso innovador de un apósito hidrocoloide como sello perilesional en terapia de presión negativa (NPWT) en una paciente adulta de 61 años con quemaduras profundas extensas en la extremidad inferior derecha (42% de superficie corporal total afectada), complicadas por la exposición del rótula y tendón rotuliano tras dos intentos fallidos de injerto cutáneo.

La solución propuesta fue un método “sándwich”: se colocó un apósito hidrocoloide alrededor de los bordes proximal y distal de la herida profunda, se crea una barrera adhesiva estable sobre la piel quemada o defectuosa. Posteriormente, se aplicaron dos apósitos film, incluyendo el hidrocoloide en el sello, permitiendo así la aplicación exitosa de NPWT con presión negativa constante de -20 kPa.

Los resultados demostraron que, mediante esta técnica, se logró un sello efectivo sin fugas durante todo el tratamiento (34 días, desde el día 53 al 87 postquemadura), lo que permitió, la formación de tejido de granulación saludable sobre los tejidos expuestos, para si colocar un injerto cutáneo en el día 88, con casi total toma del injerto y epitelización rápida. No se observaron complicaciones relacionadas con la técnica, como infección, dolor excesivo o necrosis por presión. La técnica es reproducible, económica y de fácil acceso, dado que el hidrocoloide usado está ampliamente disponible en hospitales para el manejo de heridas quirúrgicas. Aunque se trata de un caso único (nivel de evidencia V), destaca por su innovación y solución práctica a problemas frecuentes en quemaduras complejas. El estudio muestra que el hidrocoloide, gracias a su capacidad de adherirse incluso a piel no íntegra, retener exudado y formar un gel que sella microfugas, puede ser un componente clave al adaptar técnicas avanzadas como la NPWT en situaciones donde los protocolos estándar no funcionan.

Según la revisión narrativa de Markiewicz Gospodarek et al., (2022), en un análisis exhaustivo del estado actual y del conocimiento sobre el manejo de quemaduras en donde incluye la clasificación, complicaciones, cuidados médicos, tratamientos farmacológicos.

El estudio clasifica los apósitos hidrocoloides como parte de los apósitos avanzados de curación en ambiente húmedo, junto con hidrogeles e hidrofibras, y destaca su uso frecuente en heridas agudas y crónicas, incluyendo quemaduras de espesor parcial y zonas donantes de

injerto. Los autores indican que los hidrocoloides disminuyen significativamente el dolor durante los cambios de apósito, ya que no se adhieren al lecho de la herida, para evitar el trauma mecánico y la laceración del tejido en formación, lo que representa una ventaja importante frente a apósitos tradicionales como la gasa con parafina o vaselinada, que suelen pegarse fuertemente y causar dolor al retirarse, en los pacientes.

Además, estos apósitos aceleran la epitelización al mantener un ambiente húmedo que favorece la migración celular, la autólisis del tejido necrótico y la angiogénesis. También disminuyen la frecuencia de cambios de apósito gracias a su capacidad de absorción de exudado y formación de un gel que sella la herida, lo que reduce la carga asistencial y mejora la comodidad del paciente. En términos de seguridad, los hidrocoloides actúan como barrera contra microorganismos, reduciendo el riesgo de infección cruzada, aunque los autores advierten que, en heridas con alto exudado.

Finalmente, los autores destacan que no existe un “apósito ideal” único, y que la elección debe depender de la profundidad de la quemadura, el nivel de exudado, la ubicación, la comodidad del paciente y los recursos disponibles. Dentro de este contexto, los hidrocoloides se presentan como una opción de primera línea para quemaduras superficiales de segundo grado y zonas donantes, donde sus beneficios superan ampliamente a los de los tratamientos convencionales descritos en la práctica médica.

En base a las evidencias presentadas en los estudios abordados se presenta a continuación una tabla resumen de los aspectos relevantes de las técnicas estudiadas a fin de que se sintetice la información.

Tabla 7. *Resumen comparativo Piel de Tilapia vs apósitos hidrocoloides*

Característica/aspecto	Piel de tilapia (xenoinjerto)	Apósitos hidrocoloides
-------------------------------	--	-------------------------------

Tipo de Material	Biomaterial biológico (piel de pescado), rico en colágeno tipo I. Puede ser utilizado como xenoinjerto o en forma acelular (AFS).	Material sintético o semisintético que forma un gel al absorber el exudado, para la creación un ambiente húmedo.
Principales Indicaciones	Quemaduras de espesor parcial (superficial y profundo) y, en algunos casos, de espesor completo. También efectivo en sitios donantes de injertos y zonas anatómicas complejas (genitales, pliegues).	Quemaduras de espesor parcial, sitios donantes de injertos cutáneos y como sello en terapia de presión negativa para quemaduras profundas/extensas.
Eficacia en Cicatrización	Acelera la reepitelización. Múltiples estudios (incluyendo ECA de fase III) reportan tiempos de curación más rápidos o comparables a los tratamientos convencionales (p. ej., 9.7 días vs. 10.2 días con apósitos de plata).	Acelera la cicatrización. Estudios comparativos muestran una curación más rápida en comparación con apósitos tradicionales como la gasa con parafina.
Manejo del Dolor	Reducción significativa del dolor. Reportado consistentemente en todos los estudios. Los pacientes requieren menos analgésicos y reportan alivio inmediato tras la aplicación.	Reduce el dolor. Especialmente efectivo en zonas donantes de injertos, con reducción estadísticamente significativa del dolor postoperatorio en comparación con apósitos tradicionales.
Frecuencia de Cambios de Apósito	Requiere muchos menos cambios. Un estudio reportó un promedio de 1.6 cambios vs. 4.9 con apósitos de plata. En algunos casos, el 60% de	Requiere menos cambios en comparación con apósitos tradicionales como la gasa, aunque puede ser superado por tecnologías más nuevas (p. ej., nanocelulosa bacteriana

	los pacientes no requirió ningún cambio.	requirió 1.3 cambios vs. 4.2 del hidrocoloide).
Seguridad y Eventos Adversos	Seguro. No se reportaron reacciones alérgicas graves o eventos adversos relacionados con el tratamiento en los estudios humanos. Se considera biocompatible.	Seguro. Presenta una seguridad comparable a los tratamientos convencionales, con baja tasa de infecciones reportadas.
Ventajas Clínicas Adicionales	<ul style="list-style-type: none"> - Mejor manejo y contención del exudado. - Resultados estéticos y funcionales a largo plazo superiores (mayor elasticidad e hidratación). - Efectivo en áreas anatómicas desafiantes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Crea un ambiente húmedo ideal para la cicatrización. - Efectivo como sello en terapia de presión negativa en heridas con poca piel sana perilesional. - Puede combinarse con otros tratamientos (e.g., heparina) para reducir la hiperplasia cicatricial.
Impacto Económico	Reduce significativamente los costos. Un ECA de fase III reportó una reducción del 42.1% en el costo total del tratamiento por paciente, debido a menos cambios de apósito, menor uso de analgésicos y menor tiempo de curación.	Costo variable. Generalmente más económico que tecnologías emergentes (como la nanocelulosa bacteriana), pero puede ser más costoso que apósitos muy básicos (gasa). Su eficacia puede reducir costos indirectos (menos cambios, menos dolor).
Limitaciones / Necesidades Futuras	<ul style="list-style-type: none"> - La mayoría de la evidencia proviene de Brasil; se necesitan más estudios multicéntricos internacionales. - Aún se necesitan ensayos clínicos más amplios para confirmar su potencial como estándar de oro, especialmente frente a todos los tipos de 	<ul style="list-style-type: none"> - Puede ser superado en eficacia por nuevos biomateriales (como la nanocelulosa bacteriana) en algunos parámetros. - La evidencia de alta calidad (ECA) es más limitada en comparación con la piel de tilapia para el tratamiento directo de quemaduras (más estudios en sitios donantes).

	apósitos. - Necesita mejoras y combinaciones con otras tecnologías para superar completamente las limitaciones actuales.	
Conclusión General	Una alternativa efectiva, segura, de bajo costo y potencialmente superior a los tratamientos convencionales (como apósitos de plata o gasa con parafina) para quemaduras de espesor parcial. Ofrece ventajas claras en dolor, frecuencia de cambios y costos, posicionándose como una excelente opción, especialmente en contextos de recursos limitados.	Un tratamiento efectivo y seguro que mejora la cicatrización y reduce el dolor en comparación con apósitos tradicionales. Es particularmente útil en sitios donantes y como herramienta auxiliar en terapias complejas (presión negativa). Aunque eficaz, puede ser superado por tecnologías más recientes en algunos aspectos, pero sigue siendo una opción práctica y económica.

Podemos notar que los dos abordajes de quemaduras muestran ser alternativas efectivas, pues, son seguras y clínicamente superiores en múltiples aspectos a los apósitos tradicionales como la gasa con parafina. Es importante destacar la superioridad del xenoinjerto de piel de tilapia en la reducción del dolor, menor frecuencia de cambios de apósito, mejores resultados estéticos y funcionales a largo plazo, y el significativo impacto económico en el sistema de salud, con una reducción de hasta el 42,1% en costos totales por paciente, lo que la convierte en una opción especialmente prometedora para entornos con recursos limitados. Si bien los apósitos hidrocoloides se mantienen como una herramienta versátil y accesible, particularmente en terapias de presión negativa y en combinación con otros agentes, su eficacia es superada por la piel de tilapia en indicaciones directas de quemaduras. Por tanto, mientras los apósitos

hidrocoloides siguen siendo una opción práctica y bien establecida, la piel de tilapia se posiciona como un avance en la medicina de quemaduras y como un biomaterial con potencial para redefinir el estándar de cuidado en quemaduras superficiales y profundas, siempre que se fortalezca su evidencia mediante estudios multicéntricos internacionales y se optimicen sus aplicaciones futuras.

Discusión

Los resultados obtenidos por la presente revisión de literatura, demuestra que la piel de tilapia usada a manera de xenoinjerto para usarse en el tratamiento de quemaduras de segundo grado en pacientes adultos se presenta con una nueva alternativa terapéutica efectiva, segura, económica. Los siete estudios analizados muestran como la piel de tilapia no solo es no inferior en comparación con otro tipo de tratamientos convencionales como apósitos hechos a base de sulfadiazina de plata, hidrofibra o apósitos sintéticos, en muchos casos se demuestra que el tiempo de cicatrización, manejo del dolor, frecuencia de cambios de apósito, costo y viabilidad clínica, incluso en zonas anatómicas complejas; es superior cuando el tratamiento es realizado a base de piel de tilapia.

Aceleración del proceso de cicatrización

Uno de los hallazgos más importantes dentro de los estudios es la reducción significativa del tiempo de re-epitelización completa, es decir más del 95% de re-epitelización de la herida. El metaanálisis de Moraes et al. (2024) reporta una diferencia media de -0.48 días (IC 95%: -0.71 a -0.24; $p < 0.01$), mientras que Lima Júnior et al. (2021), en un ensayo clínico de fase III, encontró una diferencia aún más marcada: 9.7 días vs. 10.2 días ($p = 0.001$). Estos resultados se alinean con los reportados por Zimba y Sauli (2024) y Luze et al. (2022), quienes destacan que la piel de tilapia logra cicatrización completa en 10-11 días para quemaduras superficiales y

alrededor de 21 días para quemaduras profundas, frente a las 2-3 semanas requeridas con tratamientos estándar. Esta aceleración puede atribuirse a las propiedades biológicas inherentes de la piel de tilapia, particularmente el alto contenido de colágeno tipo I y III, morfológicamente similar al colágeno humano, que favorece la proliferación celular, la síntesis de factores de crecimiento y la angiogénesis en el lecho de la herida (Zimba & Sauli, 2024). Además, su estructura tridimensional actúa como andamiaje biológico que facilita la migración de queratinocitos y fibroblastos, para acelerar así la re-epitelización.

Manejo del dolor

El control del dolor es un componente crítico en el manejo de quemaduras, y en este aspecto, la piel de tilapia demuestra una ventaja clara. Moraes et al. (2024) reportan una reducción significativa del dolor (MD -0.79; IC 95%: -1.10 a -0.47; $p < 0.01$), corroborado por Lima Júnior et al. (2021), quienes además observaron menor necesidad de analgésicos y menor ansiedad relacionada con el dolor. Miranda y Brandt (2019) indican en su estudio que, aunque el dolor durante el cambio de apósito fue similar en ambos grupos, la diferencia radica en que, tras la aplicación del apósito de tilapia, el 86.7% de los pacientes experimentaron alivio, frente al 46.7% del grupo control. Este efecto analgésico puede explicarse por la capacidad oclusiva y humectante del xenoinjerto, que protege las terminaciones nerviosas expuestas, reduce la desecación del lecho de la herida y minimiza la irritación mecánica durante los cambios de apósito. Además, en el estudio pediátrico citado por Moraes et al., se observó una reducción en el uso de ketamina, lo que refuerza la hipótesis de que la piel de tilapia no solo alivia el dolor percibido, sino que también reduce la necesidad de intervenciones farmacológicas invasivas.

Reducción en la frecuencia de cambios de apósito y mejora en el manejo de exudados

La piel de tilapia demostró una superior adherencia y capacidad de contención de exudados, lo que traduce en menos cambios de apósito. Moraes et al. (2024) reportan una reducción media de 3.54 cambios ($p = 0.02$), mientras que Putri et al. (2022) observaron 2 cambios menos en 10 días, atribuyendo este beneficio a la ausencia de fugas de exudado, un problema común con gasas parafinadas. En el estudio realizado por Lima Júnior et al. (2021) encontraron que el grupo de tilapia requirió en promedio 1.6 cambios frente a 4.9 en el grupo de sulfadiazina de plata ($p < 0.001$). La importancia de esos resultados radica en que no solo se mejora la comodidad del paciente, sino que también reduce la carga de trabajo del personal de salud, disminuye el riesgo de infecciones asociadas a manipulaciones repetidas y contribuye a la reducción de costos para el paciente. Es importante destacar la estructura densa y flexible de la piel de tilapia, junto con su capacidad de absorción, mismas características que la convierten en un apósito ideal para heridas exudativas, incluso en zonas de pliegues como la ingle o región genital, como lo demostró el caso clínico de Lima Júnior et al. (2020).

Reducción de costos: relevancia para sistemas de salud pública

La reducción significativa en los costos totales del tratamiento es algo importante especialmente en contextos de recursos limitados para el tratamiento de quemaduras. Los estudios de Moraes et al. (2024) y Lima Júnior et al. (2021) reportan reducciones de costos con valores $p < 0.001$ y una disminución del 42.1% en el coste de producción en comparación con otros apósitos, respectivamente. Estos ahorros se explican por la menor cantidad de cambios de apósito, menor uso de analgésicos, menor duración del tratamiento y la baja complejidad de producción del biomaterial. En países en vías desarrollo, donde el acceso a apósitos avanzados o plataformas biotecnológicas es limitado, la piel de tilapia (un subproducto de la industria

pesquera) puede convertirse en una solución sostenible, accesible y escalable. Su procesamiento (descontaminación, esterilización y glicerolización) es relativamente simple y de bajo costo, lo que la posiciona como una alternativa viable para sistemas de salud pública.

Seguridad y biocompatibilidad

Todos los estudios analizados coinciden en que no se reportaron reacciones alérgicas, infecciones atribuibles al xenoinjerto o eventos adversos graves relacionados con el uso de piel de tilapia. Putri et al. (2022) y Miranda y Brandt (2019) destacan específicamente la ausencia de reacciones adversas, mientras que Lima Júnior et al. (2020) confirman su seguridad incluso en áreas sensibles como la región genital. Esta biocompatibilidad se debe, en parte, a la naturaleza acelular del injerto procesado, que elimina componentes inmunogénicos, y a su estructura colágena, que no desencadena respuestas inflamatorias significativas.

Apósitos hidrocoloides

En la práctica clínica existen diversas alternativas terapéuticas para el tratamiento de las quemaduras, las cuales pueden variar según el grado, extensión y profundidad de la lesión. Sin embargo, al analizar específicamente los seis estudios seleccionados que incluyen ensayos clínicos aleatorizados, estudios retrospectivos, reportes de caso y revisiones narrativas se observa un consenso claro: los apósitos hidrocoloides ofrecen beneficios clínicos significativos en el manejo de quemaduras de segundo grado en adultos, se destaca especialmente en el control sintomático, la aceleración de la reepitelización, la reducción de la carga asistencial y la mejora del perfil de seguridad percibido por el paciente. Aunque en algunos parámetros pueden ser superados por tecnologías emergentes, su desempeño consistente frente a tratamientos convencionales, como gasas impregnadas con parafina o vaselina, los consolida como una opción terapéutica de primera línea en contextos clínicos estándar.

Control del dolor y prurito

Uno de los hallazgos más consistentes y clínicamente relevantes es la superioridad de los hidrocoloides en el manejo del dolor y el prurito, dos síntomas altamente prevalentes y limitantes en pacientes con quemaduras. El estudio de Supreeth & Bhoomika (2025) evidenció que el 44% de los pacientes tratados con hidrocoloide experimentaron dolor leve, frente a solo el 8% en el grupo control, acompañado de una reducción significativa en la duración del uso de analgésicos (3.72 vs. 5.12 días; $p < 0.001$).

Estos resultados se replican en el estudio de Chengzhi Li et al. (2023), donde los niveles de dolor fueron significativamente menores a los 7 y 14 días posteriores al inicio del tratamiento. La revisión de Markiewicz Gospodarek et al. (2022) atribuye este beneficio a la capacidad del hidrocoloide de formar un sello hermético sin adherirse al lecho de la herida, lo que evita el trauma mecánico durante los cambios de apósito una fuente importante de dolor en tratamientos convencionales como las gasas.

El prurito, frecuentemente subestimado pero con alto impacto en la adherencia terapéutica y la calidad de vida, también mostró una reducción significativa: el 64% de los pacientes en el grupo hidrocoloide reportaron prurito leve, frente al 24% en el grupo control (Supreeth & Bhoomika, 2025; $p = 0.01$). Este efecto podría estar relacionado con la barrera física que el apósito establece contra irritantes externos, así como con la modulación del microambiente inflamatorio local, aunque se requieren estudios adicionales para confirmar los mecanismos fisiopatológicos subyacentes.

Aceleración de la reepitelización y cicatrización

En cuanto a la cicatrización, los hidrocoloides demostraron acelerar la reepitelización en diversos contextos clínicos. Supreeth & Bhoomika (2025) reportaron que el 88% de los pacientes

alcanzaron una reepitelización $\geq 70\%$, frente al 24% en el grupo control. Por su parte, Chengzhi Li et al. (2023) observaron una reducción significativa en el tiempo de curación (10.28 vs. 11.29 días; $p = 0.026$) en pacientes con quemaduras complicadas por tromboembolismo venoso.

Este efecto se explica por el ambiente húmedo controlado que promueven los hidrocoloides, el cual favorece la migración celular, la angiogénesis y la autólisis del tejido necrótico, para mejorar así la calidad del tejido de granulación, tal como señalan Markiewicz Gospodarek et al. (2022).

Además, y con relevancia a largo plazo, Chengzhi Li et al. (2023) encontraron que, a las 12 semanas, el grupo tratado con hidrocoloide presentó una hiperplasia cicatricial significativamente menor según la Escala de Vancouver (5.09 vs. 7.41; $p < 0.001$). Este hallazgo sugiere no solo una cicatrización más rápida, sino también una mejor calidad estética y funcional, lo cual es particularmente valioso en quemaduras de segundo grado, donde las secuelas pueden comprometer la funcionalidad y la calidad de vida del paciente.

Eficiencia operativa y ventajas económicas

Los hidrocoloides también destacan por su eficiencia operativa. Tanto Supreeth & Bhoomika (2025) como Chengzhi Li et al. (2023) reportaron una reducción significativa en el número de cambios de apósito (5.39 vs. 7.34; $p < 0.001$), lo que se traduce en menor exposición del paciente a procedimientos dolorosos, reducción de la carga de trabajo del personal de salud y disminución del consumo de insumos médicos. Por lo que el ahorro puede llegar a tener implicaciones económicas relevantes. Como en el estudio de Markiewicz Gospodarek et al. (2022) y Kamra et al. (2023), donde se destaca a los hidrocoloides como un material ampliamente disponible, de bajo costo unitario y de fácil implementación, posicionándose como

una opción particularmente atractiva en sistemas de salud de recursos limitados para un beneficio costo-efectividad.

Perfil de seguridad: eficacia sin comprometer la integridad del paciente

El enfoque de seguridad en los estudios coinciden en que los hidrocoloides no aumentan el riesgo de infección ni de complicaciones graves (Supreeth K. & Bhoomika R., 2025) y Chengzhi Li et al., (2023), más bien reportaron tasas significativamente menores de eventos adversos en los grupos tratados con hidrocoloide (2% vs. 14.6%; $p = 0.023$), con una clara disminución en la aparición de enrojecimiento, picazón, sangrado o infección local.

Además, el reporte de caso de Kamma et al. (2023) ejemplifico que, incluso en las heridas complejas y extensas con exposición de estructuras profundas, los apósitos hidrocoloides pueden colocarse de forma segura en la terapia conjunta de presión negativa (NPWT), sin complicaciones adicionales. Lo que permite ampliar la utilidad más allá del manejo convencional, posicionándolos como una herramienta versátil en la práctica clínica de heridas.

Limitaciones y consideraciones contextuales

No obstante, al contextualizar los resultados como se señala en el estudio de (Rehan et al., 2024) y (Karlsson et al., 2022), los apósitos hidrocoloides pueden ser superados por otras tecnologías más avanzadas, como la nanocelulosa bacteriana, en parámetros específicos como el tiempo de epitelización (17.4 días vs. 13 días con BNC) o en la frecuencia de cambios de apósito. Sin embargo, se debe considerar la disponibilidad y costos de las mismas para establecer una aplicabilidad universal.

Asimismo, como advierte Markiewicz, Gospodarek et al. (2022), los hidrocoloides no son ideales en heridas con exudado abundante, ya que pueden saturarse y perder su capacidad de

sellado y barrera antimicrobiana. Por tanto, su uso debe ser guiado por una evaluación individualizada, tomando en consideración la profundidad de la quemadura, el nivel de exudado, la localización de la lesión y las condiciones clínicas del paciente.

La evidencia reunida en esta revisión de literatura demuestra de manera contundente que la piel de tilapia no es simplemente una alternativa más a los apósitos hidrocoloides y otros tratamientos tradicionales en el manejo de quemaduras de espesor parcial, sino una intervención innovadora que supera ampliamente al resto de tratamientos en todos los pilares en los que se fundamenta la medicina moderna: eficacia clínica, alivio del dolor, eficiencia operativa y sostenibilidad económica. Con respecto a los hidrocoloides, son útiles como mejora sobre tratamientos tradicionales como las gasas, se mantienen en un rol intermedio, con limitaciones en la aplicabilidad como en la frecuencia de cambios, intensidad del dolor y baja evidencia de reducción de costos.

La piel de tilapia se plantea como una solución innovadora respaldada por ensayos clínicos aleatorizados de fase III, revisiones sistemáticas con metaanálisis y datos consistentes que enumeran las mejoras en su uso: con una reducción del 42% en costos totales, disminución del 67-100% en el número de cambios de apósito, más alivio inmediato del dolor en más del 85% de los pacientes y una tasa de curación notablemente más rápida. Por su origen biológico, permite ser renovable y de bajo costo, características fundamentales para ser una herramienta sanitaria ideal para entornos de recursos limitados, donde predomina una carga de quemaduras alta y el acceso a tecnologías avanzadas es difícil.

A diferencia de los apósitos hidrocoloides, que con paso del tiempo su aplicación se ha enfocado en regiones específicas, como sellado en terapia de presión negativa. Con respecto al xenoinjerto de piel de tilapia se encuentra en una trayectoria favorable hacia la estandarización

global, con un gran potencial para integrarse con biomateriales de próxima generación y convertirse en el nuevo estándar de oro para el tratamiento de quemaduras de todo tipo.

Por tanto, la pregunta ya no debe ser si la piel de tilapia es superior, pues la evidencia lo confirma; la verdadera pregunta es cómo promover su adaptación clínica a las guías de tratamiento actuales, regular su producción bajo normas de seguridad biológica, capacitar a los equipos de salud y eliminar las barreras burocráticas y culturales que retrasan su implementación. La piel de tilapia tiene el potencial de salvar vidas, reducir sufrimientos innecesarios y permitir el acceso a una curación digna, rápida y económica; además, puede convertirse en el futuro de la medicina de quemaduras, todo depende de que dejemos de considerarla una curiosidad o un experimento, para reconocerla como lo que realmente es: una respuesta necesaria, sostenible y humanitaria que el mundo ha estado esperando.

Conclusiones

La investigación sistematizó la evidencia científica disponible sobre el uso de la piel de tilapia y los apósitos hidrocoloides en el manejo de quemaduras de segundo grado en adultos, con el propósito de evaluar su eficacia y seguridad relativas, en ambas instancias. Los hallazgos revelan que ambos representan avances significativos frente a los tratamientos convencionales, pero presentan características distintivas tanto en el desempeño, ventajas y limitaciones en la práctica clínica.

En cuanto a la piel de tilapia, se constató que es un xenoinjerto biológico altamente eficaz, cuya principal fortaleza radica en su composición de colágeno (tipos I y III) asemejándose al tejido humano, lo que promueve la reepitelización, angiogénesis y la síntesis de factores de crecimiento. En los estudios descritos, especialmente los ensayos clínicos aleatorizados de Moraes et al. (2024) y Lima Júnior et al. (2021), demuestran consistentemente

que la piel de tilapia acelera significativamente la cicatrización en comparación con los apósitos de plata: se logró una reepitelización completa en 9–11 días en quemaduras superficiales (a comparación de 14–21 días con Sulfadiazina de Plata) y en aproximadamente 21 días en quemaduras profundas (vs. >3 semanas). Además, permite reducir de forma considerable la frecuencia de cambios de apósito (hasta en un 60–70%), con una disminución del dolor reportado por los pacientes ($p < 0,01$ en escalas VAS y FPSS-R) y baja de manera importante los costos totales del tratamiento (hasta un 42,1%), lo que la convierte en una opción útil en protocolos de recursos limitados.

Su capacidad para manejar el exudado, prevenir infecciones y adaptarse a zonas anatómicas complejas, como en los pliegues cutáneos, amplía su aplicabilidad clínica, más allá que en solo heridas superficiales planas, se considera su uso incluso en quemaduras de espesor profundo como las de segundo grado. La seguridad del xenoinjerto está respaldada por la ausencia reportada de reacciones alérgicas o eventos adversos graves en múltiples estudios, aunque se requiere mayor estandarización en los protocolos de procesamiento y esterilización para garantizar su viabilidad a gran escala.

Por parte de los apósitos hidrocoloides demostraron ser una opción terapéutica de primera línea, con un perfil de eficacia y seguridad sólido y consistente. Gracias a su característica de creación de un microambiente húmedo, absorción controlada de exudado y formación de un gel protector. Lo que favorece la migración celular, autólisis del tejido necrótico y la importante angiogénesis, que acelera reepitelización y mejora la cicatrización de heridas como las quemaduras.

En comparación con las gasas tradicionales, los apósitos hidrocoloides reducen de forma significativa el dolor ($p = 0,003$), el prurito ($p = 0,01$), la duración del uso de analgésicos ($p < 0,001$) y la frecuencia de cambios de apósito ($p < 0,001$), además de disminuir la hiperplasia cicatricial a largo plazo ($p < 0,001$). Tienen un perfil de seguridad sólido, que resulta en una aplicabilidad fácil así como económicos y con mayor disponibilidad. No obstante, su eficacia puede verse limitada y comprometida en heridas con abundante exudado, ya que tienden a saturarse y perder funcionalidad. Si bien son superiores a los apósitos convencionales, estudios recientes (Rehan et al., 2024; Karlsson et al., 2022) indican que tecnologías más actuales como la nanocelulosa bacteriana que ofrecen una cicatrización más rápida y menor necesidad de opioides, al considerar sus limitaciones por su disponibilidad y costo.

En comparación directa entre ambos materiales, la evidencia no permite establecer una superioridad absoluta, sino una complementariedad clínica:

La piel de tilapia se destaca como una alternativa biológica activa, con efectos regenerativos profundos, ideal para quemaduras de espesor parcial, para así acelerar la cicatrización, reducir costos y minimizar intervenciones, especialmente en áreas con exposición prolongada o en contextos de baja disponibilidad de injertos autólogos.

Los apósitos hidrocoloides se consolidan como una opción terapéutica altamente efectiva, con buen control del dolor y del prurito más una elevada tolerancia por parte de los pacientes, con una notable facilidad de aplicación y reducción de la carga asistencial. Son especialmente recomendables en quemaduras de segundo grado superficial y en zonas donantes de injerto. Sin embargo, su limitación fundamental es en heridas con exudado abundante.

Ambos materiales tienen buen perfil de seguridad, tanto en la aparición infecciones y complicaciones graves al momento de la aplicación en protocolos aprobados. La piel de tilapia

ofrece ventajas en la bioactividad y costo total, mientras que los hidrocoloides destacan en la comodidad, predictibilidad y versatilidad de aplicación, incluso como componente clave en técnicas avanzadas como la terapia de presión negativa, como demostró Kamma et al. (2023).

En conclusión, la eficacia y seguridad relativas de la piel de tilapia y los apósitos hidrocoloides dependen del contexto clínico:

La piel de tilapia es superior en términos de aceleración de la cicatrización, reducción de cambios de apósito y costo total, siendo una opción estratégica para quemaduras profundas o en sistemas de salud con limitaciones presupuestarias.

Los apósitos hidrocoloides son superiores en el control sintomático del dolor y prurito, en la simplicidad de uso y en la seguridad en heridas con exudado moderado, consolidándose como la opción de primera línea para quemaduras superficiales y zonas donantes.

Por tanto, no existe un “apósito ideal universal”, sino dos herramientas complementarias con perfiles diferenciados. La elección debe basarse en una evaluación individualizada que considere: la profundidad y extensión de la quemadura, el nivel de exudado, la localización anatómica, considerando la individualización del paciente. Además, se considera la disponibilidad de recursos, el perfil socioeconómico del paciente y los objetivos terapéuticos.

Esta revisión confirma que tanto la piel de tilapia como los hidrocoloides representan avances transformadores en el manejo de quemaduras de segundo grado en adultos, para una actualización progresiva a los tratamientos convencionales.

Recomendaciones

Se recomienda impulsar estudios de comparación directa entre ambos biomateriales, así como la estandarización de protocolos de producción y aplicación de la piel de tilapia, para

establecer su rol como terapias de referencia en la práctica clínica global, especialmente en países en desarrollo.

Referencias bibliográficas

1. Abdelrahman, T., & Newton, H. (2011). Wound dressings: Principles and practice. *Surgery (Oxford)*, 29(10), 491-495. <https://doi.org/10.1016/j.mpsur.2011.06.007>
2. Alama, E. O., Yorleni Sierra Allcca, A., & Lisbeth Bromley Cueva, M. (2022). Beneficios en el uso de la piel de Tilapia en pacientes con quemaduras de primer y segundo grado: Revisión sistemática. <https://doi.org/10.21142/tl.2022.2470>
3. Altamirano, A. (2020). Uso de apósitos en quemaduras. *Cirugia Plastica Ibero-Latinoamericana*, 46, S31-S38. <https://doi.org/10.4321/S0376-78922020000200008>
4. Boateng, J. S., Matthews, K. H., Stevens, H. N. E., & Eccleston, G. M. (2008). Wound Healing Dressings and Drug Delivery Systems: A Review. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 97(8), 2892-2923. <https://doi.org/10.1002/jps.21210>
5. Buendía Eisman, A., Mazuecos Blanca, J., & Camacho Martínez, F. M. (2018). Manual de dermatología, 2.a edición-volumen i anatomía y fisiología de la piel.
6. Cardenas, J., Saenz, A., Castañeda, A., & Cedillo, J. (2021). Apositos polimericos con aplicaciones potenciales en lesiones de la piel. <https://revistas.uadec.mx/CienciaCierta/article/view/261/232>
7. Castillo D., P. (2003). Quemaduras: Conceptos para el médico general. *Cuadernos de Cirugía*, 17(1), 58-63. <https://doi.org/10.4206/cuad.cir.2003.v17n1-10>
8. Castrillon, L., & Ramos, A. P. (2008). The immune function of skin. <https://www.researchgate.net/publication/286655181>
9. Chengzhi Li, Yuanyuan Wang, Fan Hu, & Gong, H. (2023). Effect of hydrocolloid dressing combined with low molecular weight heparin and calcium on scar hyperplasia in

- burn patients with venous thromboembolism. *International Wound Journal*, 20(8), 2981-2988. <https://doi.org/10.1111/iwj.14165>
10. Chopra, H., Gandhi, S., Gautam, R. K., & Kamal, M. A. (2022). Bacterial Nanocellulose based Wound Dressings: Current and Future Prospects. *Current Pharmaceutical Design*, 28(7), 570-580. <https://doi.org/10.2174/1381612827666211021162828>
 11. Dekerle, L., Depoortere, C., & Martinot-Duquennoy, V. (2022). Prescripción de apósitos. *EMC - Cirugía Plástica Reparadora y Estética*, 30(1), 1-13. [https://doi.org/10.1016/s1634-2143\(22\)46484-3](https://doi.org/10.1016/s1634-2143(22)46484-3)
 12. Dennis P Orgill, M., PhD. (2024). Assessment and classification of burn injury. <https://www.uptodate.com/contents/assessment-and-classification-of-burn-injury>
 13. Dorado, J. G., & Fraile, P. A. (2021). Anatomía y fisiología de la piel.
 14. Eaglstein, W. H. (1993). Occlusive Dressings. *The Journal of Dermatologic Surgery and Oncology*, 19(8), 716-720. <https://doi.org/10.1111/j.1524-4725.1993.tb00415.x>
 15. Enoch, S. (2006). ABC of wound healing: Wound assessment. *BMJ*, 332(Suppl S3), 060398. <https://doi.org/10.1136/sbmj.060398>
 16. Erfurt-Berge, C., & Renner, R. (2015). Chronic wounds – Recommendations for diagnostics and therapy. *Reviews in Vascular Medicine*, 3(1), 5-9. <https://doi.org/10.1016/j.rvm.2015.05.001>
 17. Falabella, A. F. (2006). Debridement and wound bed preparation. *Dermatologic Therapy*, 19(6), 317-325. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8019.2006.00090.x>
 18. Fernández, Y., & Casas, M. M. (2020). Quemaduras.
 19. Friess, W. (1998). Collagen – biomaterial for drug delivery1Dedicated to Professor Dr. Eberhard Nürnberg, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, on the occasion

- of his 70th birthday.1. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 45(2), 113-136. [https://doi.org/10.1016/S0939-6411\(98\)00017-4](https://doi.org/10.1016/S0939-6411(98)00017-4)
20. Gómez, L. A., González Sierra, K. T., Carvajalino Gutiérrez, Y. A., & Cortés Amaya, S. S. (2023). Tilapia skin xenografts in skin burns. An exploratory review. *Cirugia Plastica Ibero-Latinoamericana*, 49(3), 309-314. <https://doi.org/10.4321/S0376-78922023000300014>
21. Inuca de la Cruz, D. P., & Guanuchi, F. H. (2024). Xenoinjerto de piel de tilapia como una alternativa terapéutica para el tratamiento de quemaduras. *Sociedad & Tecnología*, 7(S1), 117-131. <https://doi.org/10.51247/st.v7is1.500>
22. Irilouzadian, R., Khalaji, A., Baghsheikhi, H., Sarmadian, R., Hoveidamanesh, S., Ghadimi, T., & Farokh Forghani, S. (2023). The clinical outcomes of xenografts in the treatment of burn patients: A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Medical Research*, 28(1). <https://doi.org/10.1186/s40001-023-01505-9>
23. Karlsson, M., Elmasry, M., Steinvall, I., Huss, F., Olofsson, P., Elawa, S., Larsson, A., & Sjöberg, F. (2022). Biosynthetic cellulose compared to porcine xenograft in the treatment of partial-thickness burns: A randomised clinical trial. *Burns*, 48(5), 1236-1245. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2021.09.017>
24. Kaur, A., Midha, S., Giri, S., & Mohanty, S. (2019). Functional skin grafts: Where biomaterials meet stem cells. *Stem Cells International*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/1286054>
25. Kuwahara, Y., Yoshizaki, K., Nishida, H., Kamishina, H., Maeda, S., Takano, K., Fujita, N., Nishimura, R., Jo, J.-I., Tabata, Y., & Akiyoshi, H. (2021). Extracellular Vesicles Derived From Canine Mesenchymal Stromal Cells in Serum Free Culture Medium Have

- Anti-inflammatory Effect on Microglial Cells. *Frontiers in veterinary science*, 8, 633426.
<https://doi.org/10.3389/fvets.2021.633426>
26. Li, D., Sun, W. Q., Wang, T., Gao, Y., Wu, J., Xie, Z., Zhao, J., He, C., Zhu, M., Zhang, S., Wang, P., & Mo, X. (2021). Evaluation of a novel tilapia-skin acellular dermis matrix rationally processed for enhanced wound healing. *Materials Science and Engineering: C*, 127, 112202. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2021.112202>
27. Lima, E. M., Moraes, M. O., Costa, B. A., Uchôa, A. M. D. N., Martins, C. B., Moraes, M. E. A. D., Rocha, M. B. S., & Fachine, F. V. (2020). Treatment of deep second-degree burns on the abdomen, thighs, and genitalia: Use of tilapia skin as a xenograft. *Revista Brasileira de Cirurgia Plástica (RBCP) – Brazilian Journal of Plastic Surgery*, 35(2), 243-248. <https://doi.org/10.5935/2177-1235.2020RBCP0040>
28. Lima Júnior, E. M., de Moraes Filho, M. O., Costa, B. A., Fachine, F. V., Vale, M. L., Diógenes, A. K. de L., Neves, K. R. T., Uchôa, A. M. do N., Soares, M. F. A. do N., & de Moraes, M. E. A. (2021). Nile Tilapia Fish Skin–Based Wound Dressing Improves Pain and Treatment-Related Costs of Superficial Partial-Thickness Burns: A Phase III Randomized Controlled Trial. *Plastic & Reconstructive Surgery*, 147(5), 1189-1198. <https://doi.org/10.1097/PRS.0000000000007895>
29. Lloyd, E. C. O., Rodgers, B. C., Michener, M., & Williams, M. S. (2012). Outpatient Burns: Prevention and Care (Vol. 85, Número 1). www.aafp.org/afp
30. Lotfollahi, Z. (2024). The anatomy, physiology and function of all skin layers and the impact of ageing on the skin. *Wound Practice and Research*, 32(1), 6-10. <https://doi.org/10.33235/wpr.32.1.6-10>

31. Luze, H., Nischwitz, S. P., Smolle, C., Zrim, R., & Kamolz, L.-P. (2022). The Use of Acellular Fish Skin Grafts in Burn Wound Management—A Systematic Review. *Medicina*, 58(7), 912. <https://doi.org/10.3390/medicina58070912>
32. Markiewicz-Gospodarek, A., Koziół, M., Tobiasz, M., Baj, J., Radzikowska-Büchner, 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*, 19(3), 1338. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031338>
33. Martínez, M., & Romero, A. (2019). Abordaje de las quemaduras.
34. Middleton, J. C., & Tipton, A. J. (2000). Synthetic biodegradable polymers as orthopedic devices. *Biomaterials*, 21(23), 2335-2346. [https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(00\)00101-0](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(00)00101-0)
35. MIRANDA, M. J. B. D., & BRANDT, C. T. (2019). Nile tilapia skin xenograft versus silver-based hydrofiber dressing in the treatment of second-degree burns in adults. *Revista Brasileira de Cirurgia Plástica (RBCP) – Brazilian Journal of Plastic Surgery*, 34(1), 89-95. <https://doi.org/10.5935/2177-1235.2019RBCP0012>
36. Mishra, A., Kushare, A., Gupta, M. N., & Ambre, P. (2024). Advanced Dressings for Chronic Wound Management. *ACS Applied Bio Materials*, 7(5), 2660-2676. <https://doi.org/10.1021/acsabm.4c00138>
37. Mock C, Peck M, Peden M, & Krug E. (2008). A WHO Plan for Burn Prevention and Care. World Health Organization.
38. Moraes, F. C. A. de, Ferraz Barbosa, B., Sepulvida, D., Bordignon Barbosa, C., Brochi, L. M., Figueroa, E. S., Fernandes, M. R., & Santos, N. P. C. dos. (2024). 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(6). <https://doi.org/10.3390/jcm13061642>
39. Munteanu, A., Florescu, I. P., & Nitescu, C. (2016). A modern method of treatment: The role of silver dressings in promoting healing and preventing pathological scarring in patients with burn wounds. *Journal of medicine and life*, 9(3), 306-315.
40. Mustoe, T. A., Cooter, R. D., Gold, M. H., Richard Hobbs, F. D., Ramelet, A.-A., Shakespeare, P. G., Stella, M., Téot, L., Wood, F. M., & Ziegler, U. E. (2002). International Clinical Recommendations on Scar Management. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 110(2), 560-571. <https://doi.org/10.1097/00006534-200208000-00031>
41. Muzzarelli, R. A. A. (2009). Chitins and chitosans for the repair of wounded skin, nerve, cartilage and bone. *Carbohydrate Polymers*, 76(2), 167-182.
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2008.11.002>
42. Norman, G., Westby, M. J., Rithalia, A. D., Stubbs, N., Soares, M. O., & Dumville, J. C. (2018). Dressings and topical agents for treating venous leg ulcers. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2018(6). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012583.pub2>
43. OMS. (2023). Quemaduras. 2023. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/burns>
44. Ong, B. B., & Milne, N. (2016). Injury, Fatal and Nonfatal: Burns and Scalds. En *Encyclopedia of Forensic and Legal Medicine* (pp. 173-181). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800034-2.00220-2>

45. Oshima, J., Kamma, T., Inoue, Y., Shibuya, Y., Sasaki, K., & Sekido, M. (2023). Hydrocolloid Wound Dressing for Sealing Periwound With Poor Normal Skin: Negative Pressure Wound Therapy for Deep Limb Burns With Extensive Burns. *Wound Management & Prevention*, 69(3), 25-27. <https://doi.org/10.25270/wmp.22095>
46. Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Alonso-Fernández, S. (2021). Declaración PRISMA 2020: Una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790-799. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>
47. Pimienta, I., Moya-Gamboa, A. E., & Muyulema, E. J. (2021). Piel de tilapia como vendaje oclusivo donador de colágeno en quemaduras de segundo grado. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria de Ciencias de la Salud. Salud y Vida*, 5(1), 211. <https://doi.org/10.35381/s.v.v5i1.1613>
48. Putri, N. M., Kreshanti, P., Syarif, A. N., Duhita, G. A., Johanna, N., & Wardhana, A. (2022). Efficacy of tilapia skin xenograft compared to paraffin-impregnated gauze as a full-thickness burn dressing after excisional debridement: A case series. *International Journal of Surgery Case Reports*, 95, 107240. <https://doi.org/10.1016/j.ijscr.2022.107240>
49. Rehan, M., Iqbal, T., Tariq, M. H., Khan, M. S., Tul Ain, Q., Sarwar, M. U., & Waheed, U. (2024). Bacterial nanocellulose dressing compared with hydrocolloid dressing for the treatment of partial-thickness second-degree burns: a prospective, randomized control trial. *Annals of burns and fire disasters*, 37(3), 226-232.

50. Reyes, L., Piqueras-Sola, B., García Enriquez, N., Rodríguez-Blancue, R., Tarazaga, L. L., & Carlos Sánchez-García, J. (2022). Desbridamiento quirúrgico e injerto de piel en quemaduras de espesor parcial y profundo. Revisión Sistemática. Revisión bibliográfica. <http://www.ciberindex.com/p/gt/e2503gt>
51. Rezvani Ghomi, E., Khalili, S., Nouri Khorasani, S., Esmaeely Neisiany, R., & Ramakrishna, S. (2019). Wound dressings: Current advances and future directions. *Journal of Applied Polymer Science*, 136(27). <https://doi.org/10.1002/app.47738>
52. Salinas, G. (2023). Xenoinjerto en el tratamiento de quemaduras. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(2). <https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.926>
53. Schultz, G. S., Sibbald, R. G., Falanga, V., Ayello, E. A., Dowsett, C., Harding, K., Romanelli, M., Stacey, M. C., Teot, L., & Vanscheidt, W. (2003). Wound bed preparation: A systematic approach to wound management. *Wound Repair and Regeneration*, 11(s1). <https://doi.org/10.1046/j.1524-475X.11.s2.1.x>
54. Shah, J., McKnight, G., & Hargest, R. (2024). Physiology of the skin. *Surgery (Oxford)*, 42(11), 788-792. <https://doi.org/10.1016/j.mpsur.2024.09.008>
55. Siddique, K., Mirza, S., & Housden, P. (2011). Effectiveness of Hydrocolloid Dressing in Postoperative Hip and Knee Surgery: Literature Review and Our Experience. *Journal of Perioperative Practice*, 21(8), 275-278. <https://doi.org/10.1177/175045891102100803>
56. Singh, M., Sharma, H., & Singh, N. (2007). Hydrogen peroxide induces apoptosis in HeLa cells through mitochondrial pathway. *Mitochondrion*, 7(6), 367-373. <https://doi.org/10.1016/j.mito.2007.07.003>

57. Skórkowska-Telichowska, K., Czemplik, M., Kulma, A., & Szopa, J. (2013). The local treatment and available dressings designed for chronic wounds. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 68(4), e117-e126. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2011.06.028>
58. Spotnitz, W. D. (2010). Fibrin Sealant: Past, Present, and Future: A Brief Review. *World Journal of Surgery*, 34(4), 632-634. <https://doi.org/10.1007/s00268-009-0252-7>
59. Stashak, T. S., Farstvedt, E., & Othic, A. (2004). Update on wound dressings: Indications and best use. *Clinical Techniques in Equine Practice*, 3(2), 148-163. <https://doi.org/10.1053/j.ctep.2004.08.006>
60. Supreeth K. & Bhoomika R. (2025). A comparative study between hydrocolloid dressing and conventional vaseline gauze dressing in healing of donor site wound in split skin graft. *International Surgery Journal*, 12(5), 729-736. <https://doi.org/10.18203/2349-2902.isj20251167>
61. Sweeney, I. R., Miraftab, M., & Collyer, G. (2012). A critical review of modern and emerging absorbent dressings used to treat exuding wounds. *International Wound Journal*, 9(6), 601-612. <https://doi.org/10.1111/j.1742-481X.2011.00923.x>
62. Thomas, S. (2008). Hydrocolloid dressings in the management of acute wounds: A review of the literature. *International Wound Journal*, 5(5), 602-613. <https://doi.org/10.1111/j.1742-481X.2008.00541.x>
63. Valdés, R., Torres-Álvarez, B., González-Muro, J., Almeda-Valdés, P., & Valdés, P. A. (2012). La piel y el sistema endocrinológico Correspondencia (Vol. 148, pp. 162-170).
64. Walker, R. M., Gillespie, B. M., Thalib, L., Higgins, N. S., & Whitty, J. A. (2017). Foam dressings for treating pressure ulcers. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2017(10). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD011332.pub2>

65. Wu, L., Norman, G., Dumville, J. C., O'Meara, S., & Bell-Syer, S. E. (2015). Dressings for treating foot ulcers in people with diabetes: An overview of systematic reviews. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2015(7).
<https://doi.org/10.1002/14651858.CD010471.pub2>
66. Yousef, H., Alhajj, M., Fakoya, A. O., & Sharma, S. (2025). *Anatomy, Skin (Integument), Epidermis*.
67. Zimba, B. L., Rwiza, M. J., & Sauli, E. (2024). Utilizing tilapia fish skin biomaterial for burn wound dressing: A systematic review. *Scientific African*, 24, e02245.
<https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2024.e02245>