

**Universidad Católica de Santa María**  
**Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas**  
**Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia**



**Implementación de la energía lumínica fluorescente policromática FLE (Phovia) en la aceleración de la cicatrización de heridas en perros (*Canis Lupus Familiaris*) en la Clínica Especializada en Dermatología Animal, Alergias y Oídos (CEDAO), Yanahuara – Arequipa, Perú, 2024.**

Tesis presentada por el Bachiller:

**Manrique Pacheco, Gabriel Josemiliano**

**ORCID: 0009-0002-8398-8298**

para optar el Título Profesional de Médico Veterinario y Zootecnista

Asesor (a):

**Mg. Sanz Ludeña, Carlo Edison**

**ORCID: 0000-0002-5833-6442**

Arequipa – Perú

2025

UCSM-ERP

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**

**MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**TITULACIÓN CON TESIS**

**DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR**

Arequipa, 24 de Junio del 2025

**Dictamen: 013969-C-EPMVZ-2025**

Visto el borrador del expediente 013969, presentado por:

**2018242781 - MANRIQUE PACHECO GABRIEL JOSEMILIANO**

Titulado:

**IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA LUMÍNICA FLUORESCENTE POLICROMÁTICA FLE (PHOVIA) EN LA ACELERACIÓN DE LA CICATRIZACIÓN DE HERIDAS EN PERROS (CANIS LUPUS FAMILIARIS) EN LA CLÍNICA ESPECIALIZADA EN DERMATOLOGÍA ANIMAL, ALERGIAS Y OÍDOS (CEDAO), YANAHUARA - AREQUIPA, PERÚ, 2024.**

Nuestro dictamen es:

**APROBADO**

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

**MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA**

**29327492 - VALDEZ NUÑEZ VERONICA ROCIO  
DICTAMINADOR**



**29729675 - ZUÑIGA VALENCIA ELOISA GABRIELA  
DICTAMINADOR**



**72547272 - CORNEJO ROQUE ROMELY FERNANDA  
DICTAMINADOR**



# Implementación de la energía lumínica fluorescente policromática FLE (Phovia) en la aceleración de la cicatrización de heridas en perros (Canis Lupus Familiaris) en la Clínica Especializada en Dermato

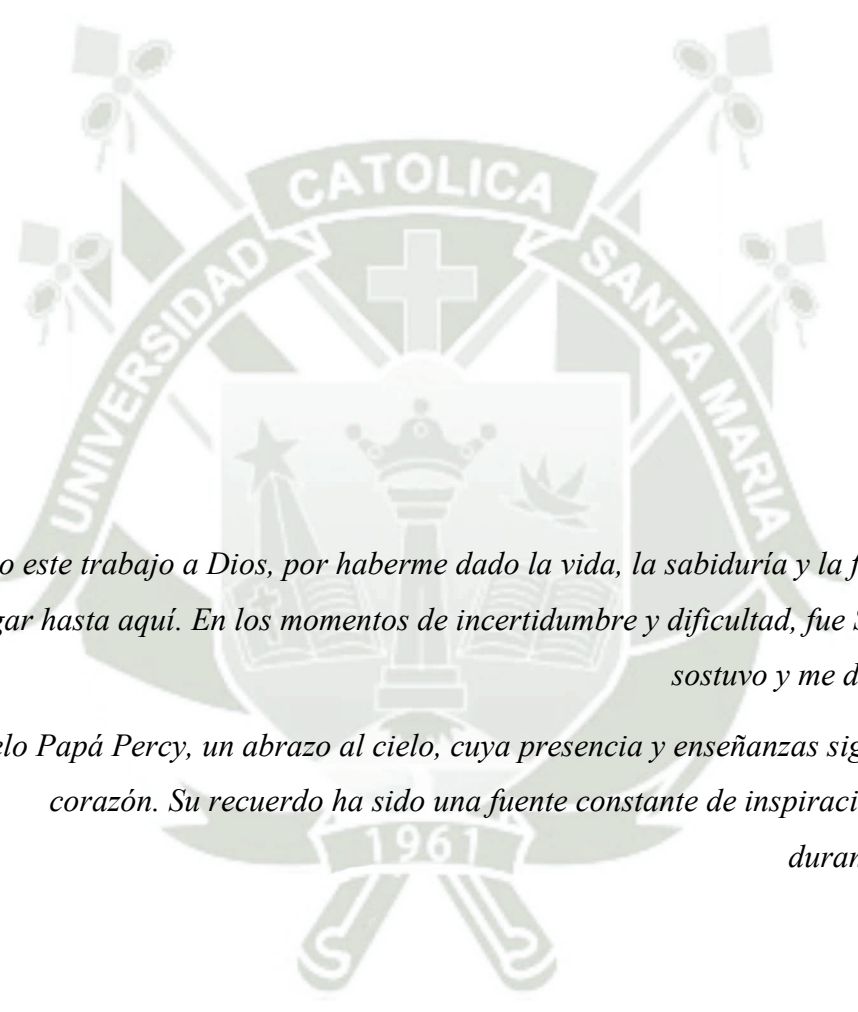
## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>31</b> %	<b>30</b> %	<b>7</b> %	<b>7</b> %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>www.berri.es</b> Fuente de Internet	<b>2</b> %
<b>2</b>	<b>repositorio.cientifica.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2</b> %
<b>3</b>	<b>pubmed.ncbi.nlm.nih.gov</b> Fuente de Internet	<b>2</b> %
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad Católica de Santa María</b> Trabajo del estudiante	<b>2</b> %
<b>5</b>	<b>repositorio.uta.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>2</b> %
<b>6</b>	<b>www.vanguardia veterinaria.com.mx</b> Fuente de Internet	<b>2</b> %
<b>7</b>	<b>repositorio.unsch.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2</b> %
<b>8</b>	<b>pesquisa.bvsalud.org</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>9</b>	<b>www.doccity.com</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>10</b>	<b>archive.org</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %

## DEDICATORIA



*Dedico este trabajo a Dios, por haberme dado la vida, la sabiduría y la fuerza necesaria para llegar hasta aquí. En los momentos de incertidumbre y dificultad, fue Su luz la que me sostuvo y me dio un propósito.*

*A mi abuelo Papá Percy, un abrazo al cielo, cuya presencia y enseñanzas siguen vivas en mi corazón. Su recuerdo ha sido una fuente constante de inspiración y motivación durante este proceso.*

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por brindarme salud, fortaleza y la oportunidad de culminar esta etapa.

Agradezco profundamente a mis padres y hermanos por su amor, comprensión y apoyo inquebrantable.

A mi asesor de tesis, Mag. Carlo Edison Sanz Ludeña, por su guía y conocimientos compartidos durante este proceso.

A mis jurados Mag. Verónica Roció Núñez Valdez, Mag. Eloísa Gabriela Zúñiga Valencia, Mag. Romely Fernanda Cornejo Roque por su paciencia y dedicación.

A la Clínica CEDAO, por los datos proporcionados permitiendo la ejecución de esta investigación y también por su colaboración constante.

## RESUMEN

La presente investigación evaluó la eficiencia de la energía lumínica fluorescente policromática (Phovia) en la cicatrización de heridas cutáneas en perros (*Canis lupus familiaris*). Se empleó un diseño experimental con dos grupos (experimental y control,  $n=5$  cada uno), realizando un seguimiento semanal durante ocho semanas. Se registraron el tamaño de la herida (cm), el tiempo total de cicatrización (días) y la calidad de la cicatriz mediante la Escala de Hollander modificada (0 a 4). El análisis mediante un modelo lineal mixto mostró reducción progresiva del tamaño de las heridas en ambos grupos ( $p = 0.00001$ ), sin diferencias significativas en la eficacia semanal del tratamiento ( $p = 0.09$ ). Sin embargo, el tiempo total de cicatrización fue significativamente menor en el grupo Phovia ( $W = 25$ ,  $p = 0.0079$ ), indicando que los perros tratados con PHOVIA alcanzaron el cierre completo de las heridas en un menor número de días en comparación al grupo control. En relación a la calidad final de las cicatrices, evaluada mediante la Escala de Hollander modificada, ambos grupos obtuvieron puntuaciones óptimas, sin encontrarse diferencias significativas. En conclusión, el tratamiento con Phovia acortó significativamente el tiempo total de cicatrización sin comprometer la calidad final de la cicatriz, constituyéndose en una alternativa para optimizar el manejo de heridas cutáneas en medicina veterinaria.

**Palabras clave:** Energía luminosa, fluorescente policromática, cicatrización.

## ABSTRACT

This study evaluated the efficiency of polychromatic fluorescent light energy (Phovia) in the healing of skin wounds in dogs (*Canis lupus familiaris*). An experimental design with two groups (experimental and control, n=5 each) was used, with weekly follow-ups over eight weeks. The wound size (cm), total healing time (days), and scar quality were recorded using the modified Hollander Scale (0 to 4). Analysis using a mixed linear model showed a progressive reduction in wound size in both groups ( $p = 0.00001$ ), with no significant differences in weekly treatment efficacy ( $p = 0.09$ ). However, total healing time was significantly shorter in the Phovia group ( $W = 25, p = 0.0079$ ), indicating that dogs treated with PHOVIA achieved complete wound closure in fewer days compared to the control group. Regarding the final quality of the scars, evaluated using the modified Hollander Scale, both groups obtained optimal scores, with no significant differences. In conclusion, treatment with Phovia significantly shortened the total healing time without compromising the final quality of the scar, making it an alternative for optimizing the management of skin wounds in veterinary medicine.

**Keywords:** Light energy, polychromatic fluorescence, wound healing.

## ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN ..... 1

CAPÍTULO I ..... 2

1. Planteamiento teórico ..... 3

1.1. Enunciado del problema..... 3

1.2. Descripción del problema..... 3

1.3. Justificación del trabajo..... 3

1.3.1. Aspecto general..... 3

1.3.2. Aspecto tecnológico..... 3

1.3.3. Aspecto social ..... 4

1.3.4. Aspecto económico..... 4

1.3.5. Importancia del trabajo ..... 4

1.4. Objetivos ..... 5

1.4.1. Objetivo general..... 5

1.4.2. Objetivos específicos ..... 5

1.5. Hipótesis..... 5

CAPÍTULO II ..... 6

1. Marco teórico..... 7

1.1. Análisis bibliográficos..... 7

1.1.1. La piel en caninos ..... 7

1.2. Estructura y funciones de la piel..... 7

1.2.1. La epidermis..... 7

1.3.	Zona de membrana basal.....	10
1.4.	La dermis.....	10
1.5.	Vasos sanguíneos .....	12
1.5.1.	Colágeno .....	13
1.5.2.	Fibras elásticas .....	13
1.5.3.	Hipodermis.....	14
1.5.4.	Proceso de cicatrización de heridas .....	15
1.6.	Fases de la cicatrización.....	18
1.6.1.	Fase 1: Hemostasia e inflamación.....	18
1.6.2.	Fase 2: Proliferación/reparación (Re-epitelización, fibroplasia y angiogénesis) 20	
1.6.3.	Fase 3: Maduración y remodelación.....	23
1.7.	Lesiones participantes .....	24
1.7.1.	Fístula perianal - sacos anales .....	24
1.7.2.	ECCEMA / HOT SPOT.....	25
1.7.3.	Foliculitis y forunculosis.....	26
1.7.4.	Herida quirúrgica / Herida traumática .....	26
1.7.5.	Herida por mordedura.....	27
1.7.6.	Granuloma acral por lamido .....	27
1.8.	Introducción a la energía lumínica fluorescente policromática (FLE).....	28
1.8.1.	Principios de funcionamiento .....	28
1.8.2.	Fisiología de la interacción con la piel.....	29
1.8.3.	Espectro de la luz FLE policromática .....	29
1.9.	Procedimiento para uso de PHOVIA energía lumínica fluorescente.....	32
1.9.1.	Lámpara LED.....	32
1.9.2.	Comprueba que todos los componentes de phovia están listos para su uso .....	33

1.9.3.	Preparación del gel.....	33
1.9.4.	Preparación de la mascota.....	34
1.9.5.	Aplicación del gel .....	34
1.9.6.	Inicio de terapia de energía lumínica FLE.....	35
1.9.7.	Limpieza .....	35
1.10.	Contraindicaciones y advertencias del uso de Phovia.....	35
1.11.	Antecedentes de la investigación.....	36
1.11.1.	Análisis de tesis.....	36
1.11.2.	Análisis de trabajos de investigación.....	38
CAPÍTULO III.....		46
1.	Materiales y métodos.....	47
1.1.	Materiales.....	47
1.1.1.	Localización del trabajo .....	47
1.1.2.	Materiales biológicos .....	47
1.1.3.	Materiales de campo .....	47
1.1.4.	Equipos y maquinarias.....	48
1.2.	Métodos.....	48
1.2.1.	Muestreo .....	48
1.2.2.	Métodos de evaluación .....	49
1.3.	Variables de respuesta.....	53
1.3.1.	Variables independientes .....	53
1.3.2.	Variables dependientes .....	53
1.4.	Evaluación estadística .....	55
1.4.1.	Diseño Experimental.....	55
CAPÍTULO IV.....		56
1.	Resultados.....	57

DISCUSIÓN .....	63
CONCLUSIONES .....	65
RECOMENDACIONES.....	66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
ANEXOS .....	71



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Origen y función de la Epidermis .....	10
Tabla 2 Origen y función de las células de la Dermis .....	11
Tabla 3 Lesiones dermatológicas.....	14
Tabla 4 Escala de cicatrices de Hollander modificada.....	17
Tabla 5 Principales citocinas en la inflamación. IFN (interferón), IL (interleucina), NK (linfocitos citotóxicos), TNF (factor de necrosis tumoral) .....	20
Tabla 6 Mecanismos de defensa del huésped frente a las lesiones: regeneración y reparación.....	23
Tabla 7 Escala de cicatrices de Hollander modificada .....	49
Tabla 8 Cuadro de Operacionalización.....	54
Tabla 9 Coeficientes del modelo lineal mixto para la evolución semanal del tamaño de la herida según Grupo de tratamiento. ....	57
Tabla 10 Comparación del tiempo de cicatrización (en días) entre el grupo experimental (Phovia) y el grupo control mediante prueba de Mann-Whitney U. ....	59
Tabla 11 Comparación de la calidad de la cicatriz antes y después del tratamiento según grupo (Experimental y Control) .....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Epidermis que muestra la organización de las células y su maduración en células completamente cornificadas .....	8
Figura 2 Inervación cutánea.....	12
Figura 3 Mecanismos de reparación de tejidos: regeneración .....	16
Figura 4 Herida cutánea tres días después de la lesión.....	19
Figura 5 Fases de epitelización, angiogénesis y remodelación.....	22
Figura 6 Fístula perianal .....	25
Figura 7 Hot spot in dog .....	25
Figura 8 Progresión de la foliculitis.....	26
Figura 9 Dermatitis acral por lamido.....	27
Figura 10 Capas y estructuras de la piel estimuladas por diferentes longitudes de onda de energía de luz fluorescente durante el tratamiento .....	31
Figura 11 Espectros visibles por el ojo humano .....	32
Figura 12 Lámpara Phovia.....	32
Figura 13 Gel cromóforo .....	33
Figura 14 Preparación del gel cromóforo .....	34
Figura 15 Limpieza de lesión en piel.....	34
Figura 16 Aplicación del gel en zona .....	34
Figura 17 Aplicación de terapia lumínica Phovia.....	35
Figura 18 Comparación de reducción del tamaño de herida entre grupos (experimental y control). .....	58
Figura 19 Comparación del tiempo de cicatrización en los grupos (Control y Experimental).....	60
Figura 20 Comparación de calidad de cicatrices antes y después del tratamiento. ....	62

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 BASE DE DATOS.....	72
----------------------------	----



## INTRODUCCIÓN

La cicatrización de heridas en perros es un proceso biológico complejo que involucra una serie de eventos celulares y moleculares. Los tratamientos convencionales a menudo resultan ineficaces o demasiado invasivos, lo que ha llevado al desarrollo de nuevas terapias, como la energía luminosa fluorescente (FLE). En este contexto, el uso de la tecnología PHOVIA, que aplica FLE para estimular la reparación de tejidos, ofrece una opción novedosa y potencialmente efectiva para acelerar la cicatrización de heridas cutáneas en perros (1).

¿Qué tan eficiente será la energía lumínica FLE policromática en la aceleración de la cicatrización de heridas en perros tratados en la clínica CEDAO, Yanahuara?

El tratamiento de heridas en caninos es un desafío frecuente en la práctica veterinaria, y la búsqueda de métodos que aceleren este proceso es crucial. La cicatrización de heridas puede verse afectada por diversos factores, como el tamaño y la ubicación de la herida, así como la respuesta inmunológica del paciente. A pesar de los avances en cirugía y dermatología veterinaria, los tratamientos tradicionales suelen ser lentos y costosos. La energía lumínica FLE policromática ha demostrado tener potencial para acelerar la cicatrización en estudios previos en medicina humana; Sin embargo, su aplicación en medicina veterinaria aún es limitada y poco estudiada.

El presente estudio se encuentra estructurado por los siguientes capítulos. En la Introducción, se plantea el problema del problema del estudio, la importancia de la cicatrización en medicina veterinaria, así como el uso innovador de la energía luminosa fluorescente policromática (PHOVIA). Posterior en el Marco Teórico, se presentan fundamentos científicos relacionados con la cicatrización de heridas, la fotobiomodulación y antecedentes de investigaciones previas. En la metodología, se detalla el diseño del estudio, la población, los criterios de inclusión y exclusión, así como las técnicas de recolección de datos. En la discusión de resultados, se interpretan los hallazgos obtenidos en función de la literatura existente. Finalmente, en las Conclusiones y Recomendaciones, se sintetizan los resultados más relevantes, se emiten sugerencias para futuras investigaciones y se proponen mejoras en la aplicación de PHOVIA en la dermatología veterinaria.



## 1. Planteamiento teórico

### 1.1. Enunciado del problema

“Implementación de la Energía Lumínica fluorescente policromática FLE (PHOVIA) en la Aceleración de la Cicatrización de Heridas en Perros (*Canis Lupus Familiaris*) en la Clínica Especializada en Dermatología Animal, Alergias y Oídos (CEDAO), Yanahuara – Arequipa, Perú, 2024.”

### 1.2. Descripción del problema

La cicatrización de heridas en animales es un proceso complejo que requiere de tiempo y tratamientos especializados. Se buscará evaluar si la energía lumínica FLE policromática podrá reducir el tiempo de cicatrización en perros. El problema radica en la necesidad de desarrollar tratamientos más eficientes que permitan acortar los tiempos de cicatrización en caninos con heridas cutáneas y dermatológicas, mejorando así su calidad de vida y reduciendo los costos asociados a tratamientos prolongados. La clínica CEDAO de Yanahuara, especializada en dermatología animal, ofrecerá una plataforma única para investigar cómo la luz policromática FLE (Phovia) podrá influir positivamente en este proceso, utilizando un enfoque innovador que podría cambiar los paradigmas de la dermatología veterinaria en la región (2).

### 1.3. Justificación del trabajo

#### 1.3.1. Aspecto general

La investigación estará justificada por la necesidad de encontrar tratamientos más efectivos para la cicatrización de heridas en perros, con un enfoque en la innovación tecnológica que la energía lumínica FLE ofrecerá. Este estudio buscará aportar una solución que no solo beneficiará a los animales tratados, sino que también optimizará los recursos clínicos y reducirá los costos a largo plazo.

#### 1.3.2. Aspecto tecnológico

El uso de la energía lumínica FLE policromática representará un avance en el campo de la medicina veterinaria. Esta tecnología ha mostrado ser prometedora en la medicina humana, y su implementación en animales podría revolucionar la forma en que trataremos heridas en pacientes caninos.

### **1.3.3. Aspecto social**

Este proyecto también tendrá un fuerte componente social, ya que buscará mejorar la calidad de vida de los perros al reducir su tiempo de recuperación. Los propietarios de mascotas y las clínicas veterinarias se beneficiarán de tratamientos más rápidos y efectivos.

### **1.3.4. Aspecto económico**

La aceleración de la cicatrización implicará una disminución del manejo clínico y quirúrgico, lo que resultará en menores costos para los dueños de mascotas. Asimismo, al reducirse el tiempo de recuperación y disminuir las complicaciones asociadas a heridas mal tratadas, las clínicas podrán atender a más pacientes en menor tiempo, mejorando la eficiencia operativa. La implementación de la energía luminosa fluorescente policromática podría mejorar la calidad de los tratamientos, implementar la clínica diaria y aumentar la rentabilidad sostenible para la clínica.

### **1.3.5. Importancia del trabajo**

Este estudio tendrá el potencial de sentar un precedente en la medicina veterinaria en Perú y, sobre todo, en Arequipa, demostrando que la luz FLE podrá ser una herramienta indispensable en el tratamiento de heridas, complementando tratamientos tradicionales y optimizando resultados clínicos con aportes a la medicina regenerativa, con aplicaciones más allá de la dermatología.

## 1.4. Objetivos

### 1.4.1. Objetivo general

Evaluar la eficiencia de la energía lumínica FLE policromática (Phovia) en la aceleración del proceso de cicatrización de heridas cutáneas en perros (*Canis lupus familiaris*) en la clínica CEDAO, Yanahuara, Arequipa.

### 1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar la eficiencia de la energía lumínica FLE policromática (Phovia) en la reducción del tiempo de cicatrización de heridas cutáneas de hasta 12 cm de diámetro en perros (*Canis lupus familiaris*).
- Clasificar y valorar la calidad de las cicatrices obtenidas tras el tratamiento con energía lumínica FLE policromática (Phovia), utilizando la escala de cicatrices de Hollander modificada.

## 1.5. Hipótesis

Dado que la cicatrización de las heridas tiene un proceso largo, es probable que la aplicación de la energía lumínica FLE policromática (Phovia) acelere significativamente la cicatrización de heridas en perros, reduciendo el tiempo de recuperación, logrando el éxito en curación sin necesidad de anestésicos o intervención quirúrgica.



## CAPÍTULO II

## 1. Marco teórico

### 1.1. Análisis bibliográficos

#### 1.1.1. La piel en caninos

La piel se organiza en tres capas principales: la epidermis, la dermis y la hipodermis, también denominada tejido subcutáneo. Desde el punto de vista estructural, la epidermis constituye la porción más externa y está formada por tejido epitelial. Inmediatamente por debajo se localiza la dermis, compuesta por tejido conectivo que contiene diversas estructuras anexas. La capa más profunda corresponde a la hipodermis, un tipo de tejido conectivo más laxo conocido también como tejido celular subcutáneo. En el caso de los caninos, el espesor de la piel varía en función de la región anatómica. Se observa una piel más delgada en las zonas cubiertas por pelaje, mientras que se presenta un engrosamiento en áreas como las almohadillas plantares y el plano nasal. Asimismo, la presencia de melanina tanto en la piel como en el pelaje cumple un papel protector frente a los efectos de la radiación ultravioleta (3).

### 1.2. Estructura y funciones de la piel

#### 1.2.1. La epidermis

La epidermis, que es la capa más externa de la piel, es un sistema altamente organizado en constante renovación. Está formado por un epitelio escamoso estratificado que recubre la membrana basal. Este epitelio se compone de diferentes estratos: el estrato basal, el estrato espinoso, el estrato granuloso y córneo.

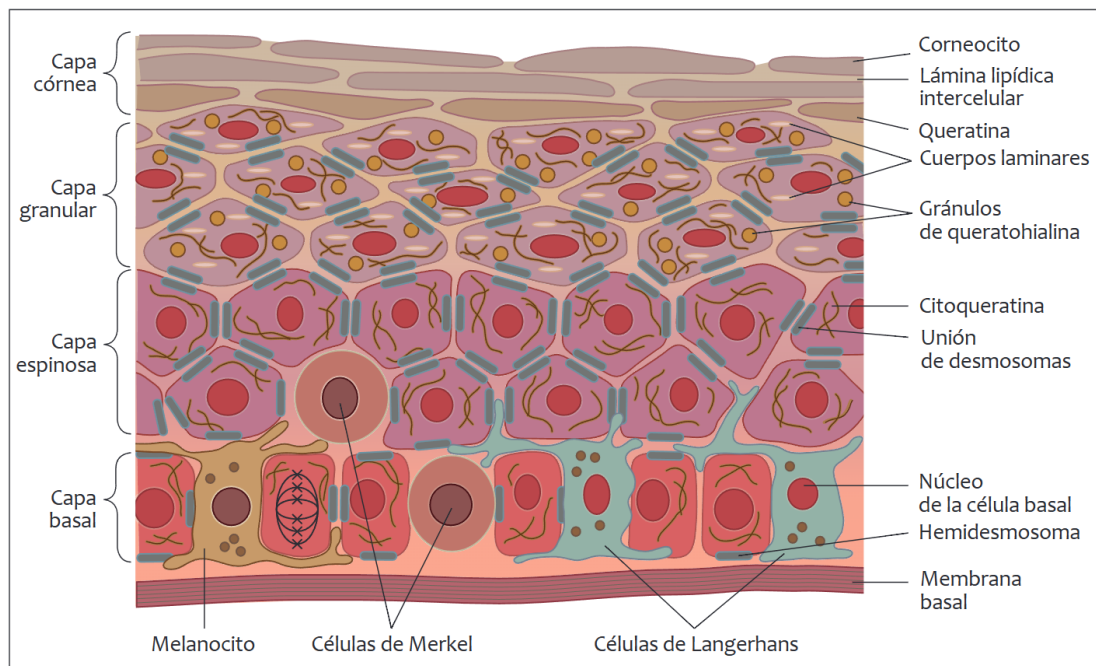
Formada por cuatro capas del interior al exterior:

1. Capa basal (*stratum basale*)
2. Capa espinosa (*stratum spinosum*)
3. Capa granular (*stratum granulosum*)
4. Capa córnea (*stratum corneum*)

En algunas regiones puede haber una quinta capa (capa clara o estrato lúcido) (4).

**Figura 1**

**Epidermis que muestra la organización de las células y su maduración en células completamente cornificadas**



**\* Jackson; Marsella (5).**

En la epidermis encontramos diferentes tipos celulares: los queratinocitos que representan el 85% de las células epidérmicas, los melanocitos (5%), las células de Langerhans (3-8%) y las células de Merkel (2%) (5). En la epidermis los queratinocitos están unidos entre sí por varias estructuras como desmosomas, uniones estrechas, uniones adherentes y uniones gap. Los queratinocitos se desprenden continuamente del estrato córneo. El tiempo de tránsito de un queratinocito desde el estrato basal hasta desprenderse en el estrato córneo es de aproximadamente 1 mes, aunque este tiempo puede acelerarse en algunos trastornos como la seborrea primaria caracterizada clínicamente por descamación (4). La capa más interna de la epidermis es la capa germinal, o estrato basal, que consta de una sola capa de células cuboidales que descansan sobre una membrana basal. Entremezclados dentro de la capa de células basales se encuentran melanocitos, células de Langerhans y células de Merkel (3,6).

Las células de Langerhans están presentes en los estratos basal, espinoso y granuloso de la epidermis, pero tienen preferencia por una posición supra basal. Se le conoce como células dendríticas por sus prolongaciones; tienen funciones

inmunológicas. Otro tipo celular son las células de Merkel que se encuentran en la capa basal, se encuentran en la piel con y sin pelo, particularmente en regiones del cuerpo con mayor sensibilidad táctil. Las células de Merkel tienen gránulos que contienen mediadores químicos (metencefalina, péptido intestinal vasoactivo, cromogranina A, acetilcolina, péptido relacionado con el gen de la calcitonina, enolasa específica de neuronas y sinaptofisina). Además de funcionar como mecanorreceptores, las células de Merkel también pueden influir en la proliferación de queratinocitos, estimular y mantener las células madre de los folículos pilosos y alterar el flujo sanguíneo y la producción de sudor. Se cree que el origen de las células de Merkel es una célula madre epidérmica primitiva (4).

Los melanocitos derivan de las células de la cresta neural y se localizan intercalados entre las células del estrato germinativo de la epidermis. Estas células poseen la enzima tirosinasa, indispensable para la síntesis de melanina epidérmica. La función principal de la melanina es proteger tanto las capas más profundas de la epidermis como la dermis subyacente frente a los efectos nocivos de la radiación ultravioleta excesiva. En años recientes, diversos estudios han propuesto que los melanocitos podrían desempeñar un papel relevante en la respuesta inmune cutánea. Se encuentran ubicados en la capa basal de la epidermis, en estrecha proximidad con la dermis, y tienen la capacidad de secretar múltiples citoquinas que actúan como mediadores en los procesos inflamatorios de la piel (7).

**Tabla 1**  
**Origen y función de la Epidermis**

Estructura de la piel	Tipo de célula	Origen	Función
<b>EPIDERMIS</b>	Queratinocito	Ectodermo	Barrera debida a la estructura Respuesta inmunitaria mediante la producción de citocinas y fagocitosis
	Células de Langerhans	Células progenitoras hematopoyéticas	Vigilancia inmunológica
	Melanocito	Cresta natural	Producción de pigmentos, protege de la luz ultravioleta, proporciona camuflaje y permite la exhibición sexual en algunas especies.
	Célula de Merkel	Células epidérmicas primitivas	Mecanorreceptores de adaptación lenta

\* Jackson; Marsella (5).

### 1.3. Zona de membrana basal

La epidermis y la dermis están separadas por una membrana basal. En las zonas sin pelo, como las almohadillas de las patas y el plano nasal, esta unión es irregular debido a las proyecciones epidérmicas, La zona de la membrana basal también sirve como andamio para la migración de células epidérmicas en la cicatrización de heridas y como barrera inicial a la invasión de la dermis por células neoplásicas que se originan en la epidermis (4,5).

### 1.4. La dermis

La dermis representa la capa interna de la piel y cumple múltiples funciones fisiológicas esenciales, tales como mantener la forma corporal, absorber las tensiones derivadas del movimiento, regular el crecimiento celular, intervenir en el control de la temperatura, la percepción sensorial y participar en el almacenamiento de agua en el organismo. Su estructura está compuesta por fibras insolubles, principalmente colágeno y elastina, dispuestas dentro de una matriz rica en polímeros solubles como glucosaminoglucanos y proteoglucanos, además de contener mediadores inflamatorios, citocinas y factores de crecimiento. En su porción insoluble, la dermis alberga vasos sanguíneos y linfáticos, terminaciones nerviosas, receptores sensoriales y diversas células (4).

La dermis superficial se caracteriza por presentar fibras finas de colágeno distribuidas de manera irregular y laxa, acompañadas por una red de delgadas fibras de elastina. En las capas más profundas, el colágeno se vuelve más grueso y denso, con fibras orientadas de forma paralela a la superficie cutánea, mientras que las fibras de elastina también aumentan de grosor, aunque son menos abundantes (5).

En condiciones normales, en la dermis pueden encontrarse diversas células inmunológicas, como mastocitos, linfocitos, células plasmáticas y macrófagos; en menor medida, también pueden hallarse eosinófilos y neutrófilos. Todas estas células tienen su origen en la médula ósea y llegan a la dermis a través de la circulación sanguínea, razón por la cual tienden a agruparse alrededor de los pequeños vasos sanguíneos superficiales (3).

**Tabla 2**  
**Origen y función de las células de la Dermis**

Dermis	Fibroblasto	Mesénquima	Síntesis de los componentes de la matriz extracelular Curación de heridas Producción de enzimas degradantes
	Dendrocito dérmico	Médula Ósea	Presentación de antígenos Hemostasia Curación de heridas
	Linfocito T	Médula ósea	Favorece la respuesta inmunitaria celular y humoral
	Mastocito	Médula ósea	Participa en la respuesta inmunitaria temprana mediante liberación de gránulos preformados y el inicio del proceso inflamatorio
	Célula epitelial microvascular	Células Progenitoras hematopoyéticas	Participa en la respuesta inmunitaria a través de la adhesión de células efectoras, como neutrófilos, eosinófilos, basófilos y monocitos.

\* Jackson; Marsella (5).

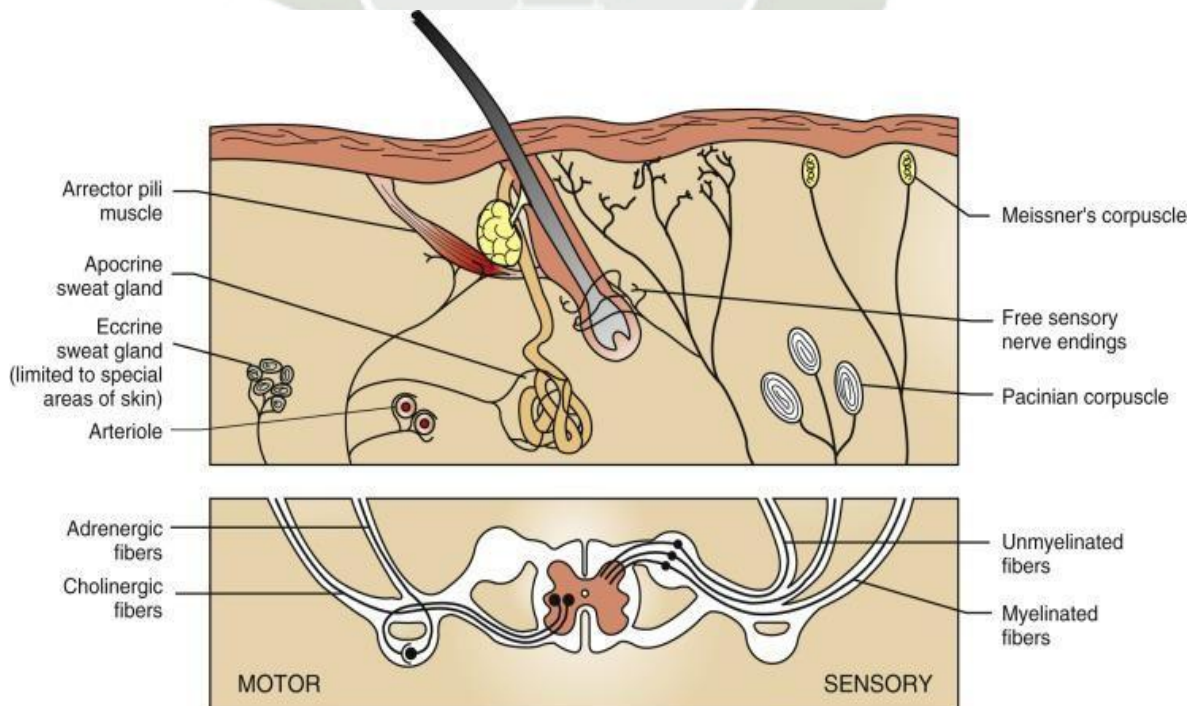
### 1.5. Vasos sanguíneos

La piel posee una red vascular altamente desarrollada, organizada en tres plexos interconectados de arterias y venas que conforman sistemas vasculares bien definidos:

- Plexo profundo: localizado en la base de la dermis, es responsable de irrigar las papilas pilosas y las glándulas sudoríparas (4).
- Plexo medio: situado a la altura del istmo folicular, provee sangre a las glándulas sebáceas, los músculos erectores del pelo y la región media del folículo piloso
- Plexo superficial: se encuentra justo por debajo de la epidermis, la cual carece de vascularización propia

El sistema microcirculatorio está compuesto por arteriolas, capilares arteriales y venosos. La mayoría de los vasos presentes en la dermis superficial corresponden a vénulas poscapilares. Durante los procesos inflamatorios, las células inmunitarias migran desde estos vasos hacia los tejidos circundantes, facilitadas por el aumento en la permeabilidad vascular, resultado de la formación de brechas entre las células endoteliales (5,3).

**Figura 2**  
**Inervación cutánea**



\* Jackson; Marsella (5).

### 1.5.1. Colágeno

El colágeno constituye aproximadamente el 90 % del total de fibras presentes en la dermis y cumple funciones clave al conferir resistencia a la tracción y elasticidad a los tejidos. Además, participa en procesos como la migración celular, la adhesión y la quimiotaxis. Sus principales aminoácidos estructurales son la glicina, la prolina y la hidroxiprolina. Hasta la fecha, se han identificado al menos 28 tipos distintos de colágeno, con variaciones tanto genéticas como estructurales. En la dermis, predominan los tipos I (87 %) y III (10 %), mientras que el tipo V representa cerca del 3 % del colágeno dérmico. La síntesis de colágeno está a cargo de los fibroblastos y depende de la acción de diversas enzimas que requieren cofactores como hierro, oxígeno, cobre y vitamina C para su adecuado funcionamiento. Las alteraciones en la producción o estructura del colágeno suelen originarse por mutaciones genéticas o por deficiencias nutricionales, especialmente de vitamina C, hierro y cobre. La degradación del colágeno es llevada a cabo por colagenasas, enzimas pertenecientes a la familia de las metaloproteinasas de la matriz (MMPs). Bajo determinadas condiciones, como en lesiones cutáneas o durante el proceso de cicatrización, tanto células inflamatorias (neutrófilos, eosinófilos y macrófagos) como queratinocitos pueden sintetizar colagenasas (5).

### 1.5.2. Fibras elásticas

La matriz de fibras elásticas está constituida principalmente por elastina y proteínas microfibrilares. La elastina, de naturaleza amorfa, conforma el núcleo central de las fibras elásticas maduras, las cuales están rodeadas por una capa de microfibrillas. Estas microfibrillas están integradas por colágeno tipo VI y fibrilina. En ausencia de elastina, el componente microfibrilar se denomina oxitalán; cuando se encuentra en combinación con pequeñas cantidades de elastina, se le conoce como eulanina. En la dermis superficial, las fibras de eulanina adoptan una disposición en forma de arcada. La degradación de estas fibras elásticas es llevada a cabo por enzimas proteolíticas denominadas elastasas (4,5).

### 1.5.3. Hipodermis

La hipodermis está compuesta predominantemente por tejido adiposo, así como por fibras colágenas y elásticas, las cuales contribuyen a otorgar flexibilidad a la piel. El componente adiposo cumple una función importante como aislante térmico, protegiendo al organismo frente a cambios de temperatura. En zonas específicas, como las almohadillas, este tejido también actúa como amortiguador, ayudando a absorber impactos y reducir la presión mecánica (4,5).

**Tabla 3**  
**Lesiones dermatológicas**

<b>LESIONES PRIMARIAS</b>	<b>DEFINICIÓN</b>
Mácula	Área plana no palpable menor a 1 cm de diámetro con cambio de la piel.
Parche	Mácula mayor a 1 cm de diámetro.
Pápula	Elevación sólida menor a 1 cm.
Nódulo	Elevación sólida mayor a 1 cm de diámetro
Placa	Elevación tipo plataforma plana y sólida.
Vesícula	Ampolla mayor a 1 cm, llena de líquido claro.
Ampolla	Ampolla mayor de 1 cm.
Pústula	Vesícula llena de pus.
Tumor	Gran masa de tipo neoplásico.
Roncha	Zona elevada y edematosa, mayor a 1 cm, con coloración rosa. (se blanquea mediante discopia)
Alopecia	Pérdida de pelo. La espontánea es primaria, la autoinducida es secundaria.
Escama	Acumulación visible de células cornificadas en la superficie de la piel.
Costra	Exudado seco, contiene sangre, suero, escamas o pus.
Cilindros foliculares	Acumulación de queratina y material folicular en la base del tallo capilar.
Comedón	Folículo piloso obstruido con queratina y sebo.

Hiperpigmentación	Aumento de la pigmentación.
Hipopigmentación	Disminución de la pigmentación.
Collarettes	Lesión circular y descamada, remanente o restos de vesícula o pústula.
Cicatriz	Tejido fibroso que sustituye a la dermis dañada. proceso de reparación.
Erosión	Defecto epidérmico superficial sin pérdida de la capa basal. No va más allá de la epidermis.
Úlcera	Defecto de la piel por debajo del nivel de la membrana basal.
Fisura	Hendidura o grieta profunda.
Liquenificación	Engrosamiento y endurecimiento de la piel. Puede provocar arrugas.
Excoriación	Auto traumatismo.

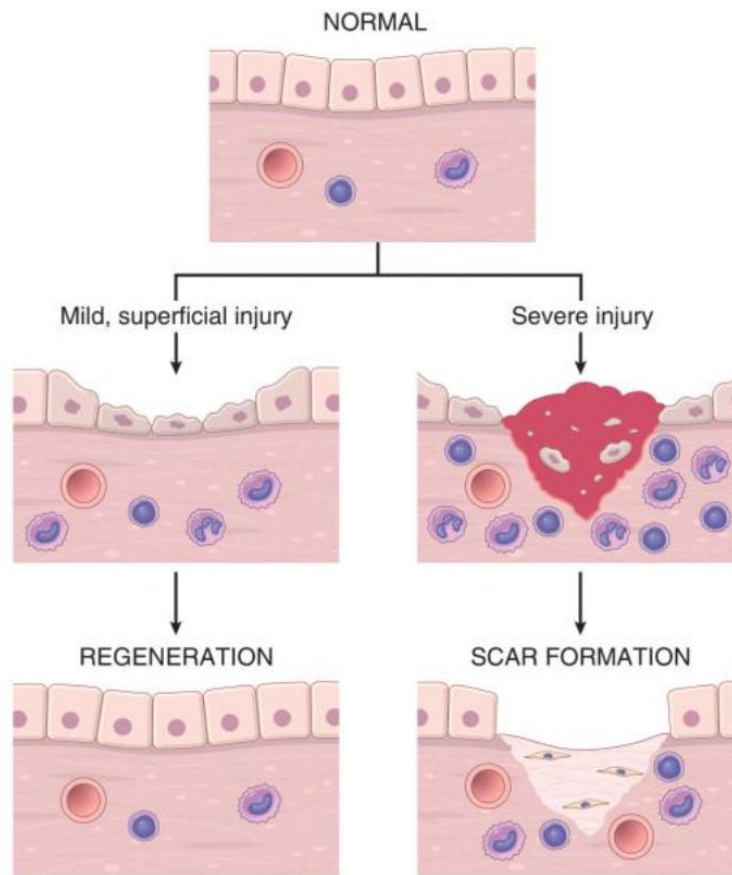
**\* Jackson; Marsella (5).**

#### **1.5.4. Proceso de cicatrización de heridas**

El proceso de cicatrización constituye un fenómeno biológico complejo que involucra la interacción coordinada de diversos tipos celulares, citoquinas, mediadores bioquímicos y componentes del sistema vascular. La intensidad y duración de cada fase de este proceso dependen en gran medida de la profundidad y extensión de la lesión cutánea. Existen múltiples factores que pueden interferir negativamente en la reparación tisular, entre ellos la colonización bacteriana, alteraciones en la respuesta celular, enfermedades sistémicas debilitantes, traumatismos repetitivos, inflamación prolongada o excesiva, así como la presencia de biofilm bacteriano (8,9).

**Figura 3**

**Mecanismos de reparación de tejidos: regeneración**



\* Ruiz (7).

**Tabla 4**  
**Escala de cicatrices de Hollander modificada**

<b>Puntaje</b>	<b>Fronteras de paso</b>	<b>Irregularidad del contorno</b>	<b>Separación de márgenes</b>	<b>Distorsión excesiva</b>
0	Sin fronteras de paso	Sin irregularidades en el contorno	No se ven bordes de la herida, parece piel normal.	Sin edema ni apariencia de infección.
1	Bordes muy leves (apenas perceptibles)	Arrugas muy leves (apenas perceptibles)	Distancia muy leve entre los bordes de la herida (apenas perceptible)	Muy leve cantidad de edema e indicios de infección.
2	Límites de paso bien definidos	Ligera arruga alrededor de la herida.	Distancia leve pero aparente entre los bordes de la herida.	Cantidad leve pero evidente de edema e indicios de infección.
3	Fronteras con escalones de moderados a severos	Arrugas moderadas alrededor de la herida.	Distancia moderada entre los bordes de la herida, pero menor que el tamaño original de la herida.	Cantidad moderada de edema e indicios de infección.
4	Bordes escalonados severos (los bordes de la herida están en planos muy diferentes entre sí)	Arrugas severas alrededor de la herida.	Distancia máxima observable entre los bordes de la herida al momento de la creación de la herida	Cantidad importante de edema e indicios de infección.

**\* Marchegiani et al (8).**

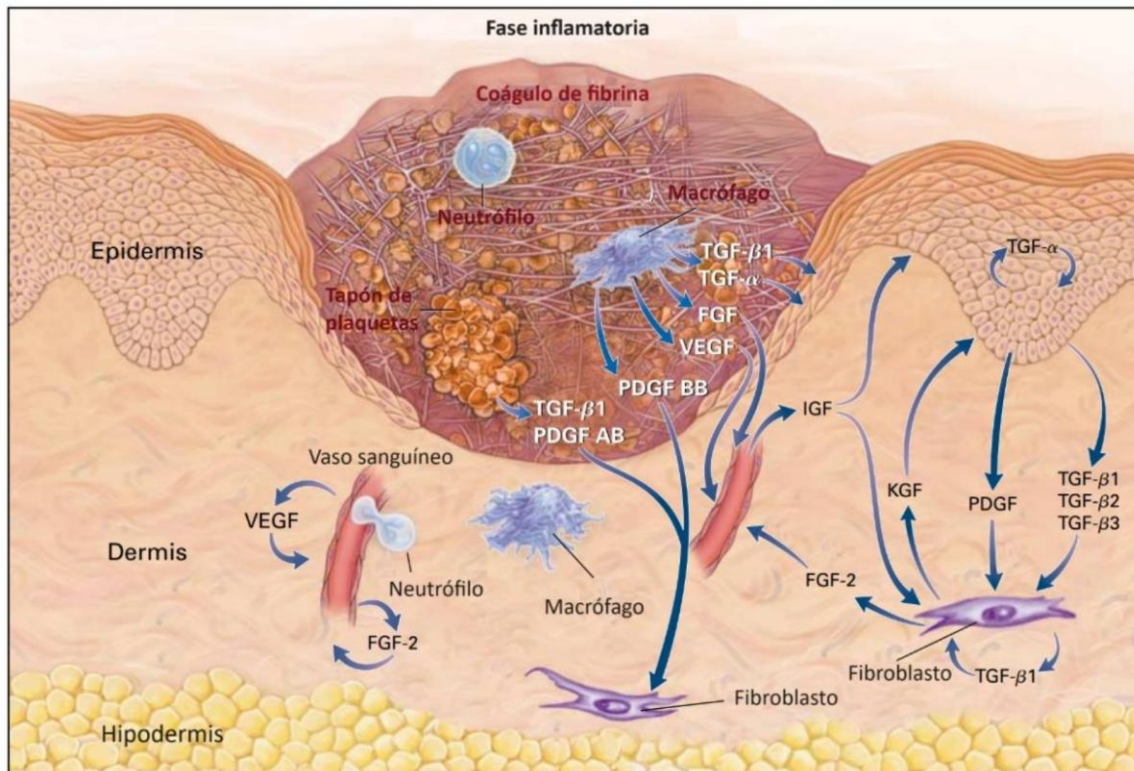
## 1.6. Fases de la cicatrización

### 1.6.1. Fase 1: Hemostasia e inflamación

La primera fase del proceso de cicatrización comienza inmediatamente después de la lesión, con la ruptura de los vasos sanguíneos, que lleva a la coagulación y formación de un coágulo en el vaso lesionado y en el espacio de la herida (9). Este proceso ocurre dentro de las primeras 12 a 24 horas (10,11). El proceso comienza con la rotura de los vasos sanguíneos, la agregación plaquetaria, la coagulación sanguínea y la formación de un coágulo en el vaso y en el espacio de la herida. La deshidratación de la superficie del coágulo forma la costra que cubre la herida. Durante esta fase, se activa la agregación plaquetaria, lo que genera la liberación de compuestos vasoactivos como la histamina, serotonina y catecolaminas, provocando vasodilatación y permitiendo que fluidos y células inflamatorias lleguen al área dañada (12).

El coágulo en el espacio de la herida también sirve de matriz para la migración de células inflamatorias como neutrófilos y macrófagos. Los factores derivados de las plaquetas y los factores asociados con las cascadas de coagulación y complemento facilitan el reclutamiento de células inflamatorias, como los neutrófilos y los macrófagos, para fagocitar patógenos, partículas extrañas y desechos (13,9). Los neutrófilos fagocitan patógenos y detritos, y son posteriormente reemplazados por los macrófagos que, además de fagocitar, promueven la formación de tejido de granulación al secretar colagenasa y factores de crecimiento (5,14).

**Figura 4**  
**Herida cutánea tres días después de la lesión**



\* Ruiz (7).

Se muestran los factores de crecimiento considerados necesarios para el desplazamiento celular hacia la herida. TGF- $\beta$ 1, TGF- $\beta$ 2 y TGF- $\beta$ 3 indican el factor de crecimiento transformante beta 1, beta 2 y beta 3, respectivamente; TGF- $\alpha$  representa el factor de crecimiento transformante alfa; FGF corresponde al factor de crecimiento de fibroblastos; y VEGF al factor de crecimiento vascular endotelial (7).

**Tabla 5**

**Principales citocinas en la inflamación. IFN (interferón), IL (interleucina), NK (linfocitos citotóxicos), TNF (factor de necrosis tumoral)**

Citocina	Principales fuentes	Principales acciones en la inflamación
<b>En la Inflamación aguda</b>		
TNF	Macrófagos, mastocitos, linfocitos T	Estimula la expresión de moléculas de adhesión endotelial y la secreción de otras citocinas, efectos sistémicos
IL-1	Macrófagos, células endoteliales, algunas células epiteliales	Similares a las de TNF; mayor participación en la fiebre
IL-6	Macrófagos, otras células	Efectos sistémicos (respuesta de fase aguda)
IL-17	Linfocitos T	Reclutamiento de neutrófilos y monocitos
<b>En la Inflamación crónica</b>		
IL-12	Células dendríticas, macrófagos	Aumento de la producción de IFN- $\gamma$
IFN- $\gamma$	Linfocitos T, NK	Activación de macrófagos (aumento de la capacidad de destruir microbios y células tumorales)
IL-17	Linfocitos T	Reclutamiento de neutrófilos y monocitos

**\* Ruiz (7).**

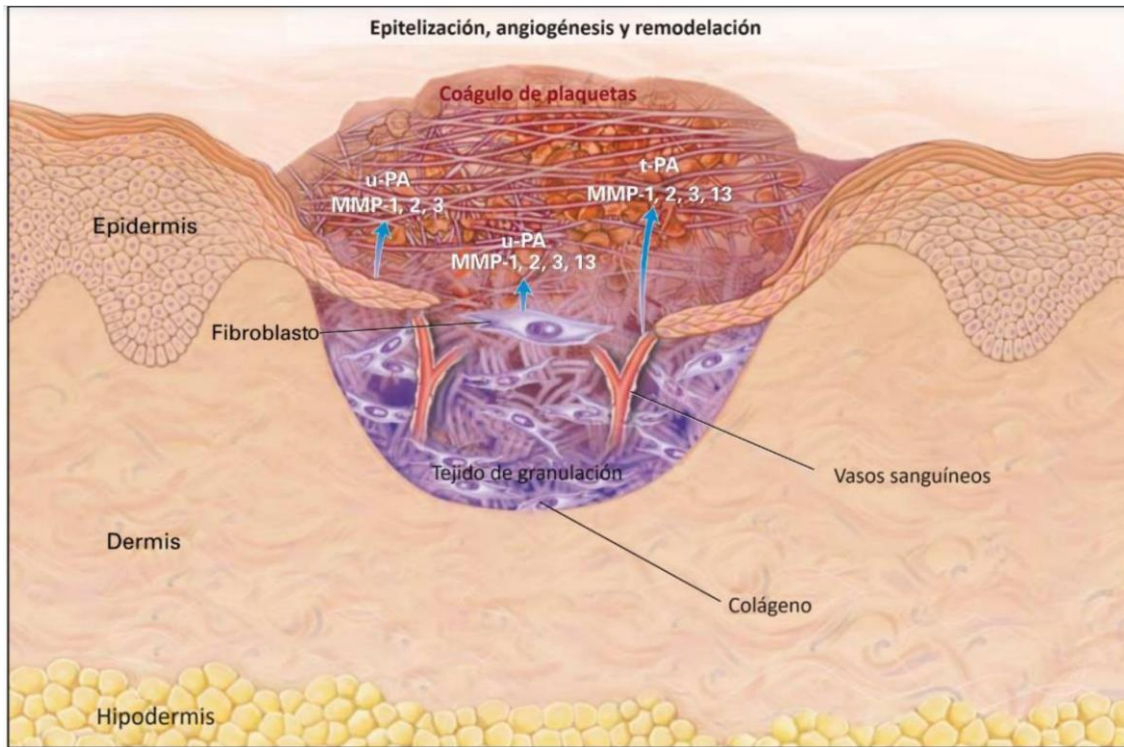
**1.6.2. Fase 2: Proliferación/repación (Re-epitelización, fibroplasia y angiogénesis)**

La segunda fase comienza aproximadamente entre los días 3 y 7 después de la lesión, y se caracteriza por la reepitelización, la formación de tejido de granulación, y la angiogénesis. Esta fase marca el inicio de la regeneración activa del tejido lesionado. El proceso de reepitelización comienza en las horas posteriores a la lesión a partir de los queratinocitos de las células basales adyacentes a la incisión. Para que las células basales se vuelvan móviles, retraen tonofilamentos intercelulares, disuelven desmosomas y hemidesmosomas y forman filamentos de actina citoplasmáticos (7,13). La migración de células hacia los bordes de la herida promueve la cicatrización, separando el tejido viable del no viable y finalmente uniendo ambos lados de la herida mediante la creación de nueva epidermis (9).

La fibroplasia y la angiogénesis comienzan con la formación de tejido de granulación, compuesto por fibroblastos proliferativos y células endoteliales vasculares. El tejido de granulación es el sello distintivo de esta fase, apareciendo clínicamente como un tejido de color rosado y con diminutos focos rojos que consisten en capilares proliferantes. La angiogénesis es crucial para proporcionar un adecuado suministro sanguíneo al área lesionada (15). El proceso de formación de tejido de granulación comienza aproximadamente 3 días después de la lesión. La fibroplasia (fibrosis) se induce cuando las citocinas (IL-1, TNF- $\alpha$ ) y los factores de crecimiento (TGF- $\beta$ , PDGF, EGF, FGF) estimulan a los fibroblastos para que proliferen, migren y, en última instancia, produzcan matriz extracelular. Esto facilita la cicatrización y aumenta la resistencia del tejido lesionado a medida que se forma el colágeno (12,11,14).

Fase de transición entre la fase de inflamación y fase de maduración en la que se producen más células inflamatorias, migrando los monocitos hacia la herida y activando a los macrófagos. En esta fase, los fibroblastos y los queratinocitos toman un papel fundamental. Esta fase es denominada también como fase de proliferación, marcada por la aparición de tejido de granulación, epitelización y contracción de la herida. La apoptosis de las células endoteliales y los miofibroblastos da como resultado una reducción celular del tejido de granulación y la transición a una cicatriz de la herida. Durante este proceso, la vascularización se reduce, y la cicatriz adquiere un aspecto más pálido. TGF- $\beta$  desempeña un papel clave, estimulando la producción de colágeno tipo I y III, lo que fortalece la cicatriz. La duración de esta fase puede ser de hasta 21 días (10,16).

**Figura 5**  
**Fases de epitelización, angiogénesis y remodelación**



\* Ruiz (7).

**Tabla 6**

**Mecanismos de defensa del huésped frente a las lesiones: regeneración y reparación**

Coagulación sanguínea e inflamación	<ul style="list-style-type: none"> <li>El coágulo se forma en el vaso y en el espacio de la herida, proporciona una matriz para la migración celular y se seca para formar una costra sobre la herida.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las plaquetas y la cascada de la coagulación y del complemento reclutan células inflamatorias</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los neutrófilos y macrófagos fagocitan patógenos y desechos extraños.</li> </ul>	
	<p>Los macrófagos secretan colagenasa, lo que facilita el desbridamiento del tejido y la transición entre la inflamación y la reparación.</p>	
Reepitelización, fibroplasia y angiogénesis	Reepitelización	Las células epiteliales producen proteasas para diseccionar entre tejido viable y no viable, migrar y proliferar para cubrir la herida y restablece la membrana basal.
	Fibroplasia	Los fibroblastos producen enzimas proteolíticas para proporcionar una vía para la migración, migran y proliferan en el sitio de la herida y producen una matriz extracelular para formar tejido conectivo.
	Angiogénesis	Las células endoteliales forman estructuras tubulares que se convierten en vasos sanguíneos y restablecen el flujo sanguíneo.
Contracción de heridas y producción de colágeno	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los fibroblastos producen colágeno y microfilamentos contráctiles que se unen a la matriz.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los haces de colágeno recién formados se unen entre sí y con los haces de colágeno en el borde de la herida para contraerla.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>La inflamación, el edema y la vascularización desaparecen gradualmente.</li> </ul>	

\* Ñaccha (12).

**1.6.3. Fase 3: Maduración y remodelación**

En la fase final de cicatrización, la herida se somete a un proceso de remodelación que puede durar meses. La producción de colágeno y la proliferación de fibroblastos progresan rápidamente en esta fase, mientras que la inflamación, el edema y la vascularidad disminuyen. La degradación de colágeno tipo III y el aumento de la síntesis de colágeno tipo I están regulados por metaloproteinasas de matriz (MMP), lo que contribuye a una mayor resistencia de la herida. En un mes, la herida alcanza aproximadamente el 40 % de la resistencia a la tracción que tenía antes de la lesión. El resultado final es una cicatriz acelular compuesta principalmente de colágeno

tipo I, con menos anexos dérmicos, que puede cicatrizar de manera deficiente si el proceso de remodelación se ve afectado (7,13,9).

Aunque el proceso de cicatrización de las heridas sigue una secuencia lineal de fases, este no siempre progresa de manera continua, ya que puede experimentar avances o retrocesos en función de diversos factores internos y externos del paciente. Entre los elementos que pueden comprometer o retrasar la reparación tisular se encuentran la colonización bacteriana, las alteraciones en las respuestas celulares, la presencia de enfermedades sistémicas debilitantes, los traumatismos recurrentes, la inflamación crónica o excesiva, así como la formación de biofilm bacteriano (9,15)

## **1.7. Lesiones participantes**

### **1.7.1. Fístula perianal - sacos anales**

Los sacos anales son estructuras cutáneas especializadas que son propensas a desarrollar lesiones. Los sacos anales son divertículos bilaterales ubicados entre los músculos del esfínter anal interno y externo. Los conductos y los sacos están revestidos por epitelio escamoso estratificado. Los sacos anales pueden distenderse con productos secretores, romperse después de un traumatismo y causar infección bacteriana e inflamación crónica (4,17). Las fístulas perianales en perros son trayectos anómalos en forma de túnel que se desarrollan en la piel y en los tejidos profundos circundantes a la región anal. Estas lesiones presentan una evolución variable, aunque inicialmente se manifiestan como pequeños orificios exudativos en la superficie cutánea. Con el tiempo, estos orificios pueden expandirse tanto en profundidad como en diámetro, llegando incluso a comprometer de manera circunferencial el área perianal. Si bien esta patología puede presentarse en cualquier raza, se ha observado una mayor predisposición en los pastores alemanes (18).

**Figura 6**  
**Fístula perianal**



\* Machicote (19).

#### 1.7.2. ECCEMA / HOT SPOT

Edema epidérmico intercelular se refiere a la acumulación de líquido entre las células. La epidermis tiene un aspecto “esponjoso”, los queratinocitos se acentúan debido al edema que ensancha los espacios intercelulares. Los queratinocitos permanecen conectados entre sí a través de sitios de unión desmosómicos. La superficie de la piel se ve húmeda y brillante debido al edema dérmico y epidérmico, y hay eritema debido a la congestión dérmica (hiperemia) (4,5).

**Figura 7**  
**Hot spot in dog**

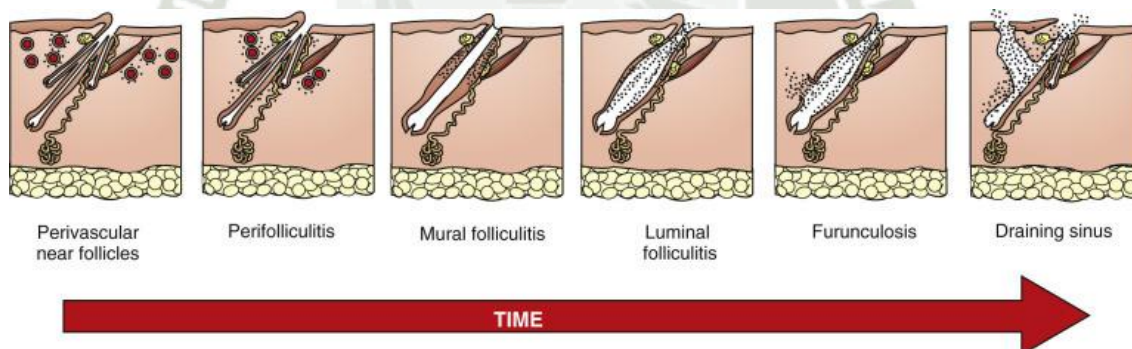


\* Hargis; Myers (4).

### 1.7.3. Foliculitis y forunculosis

La pared del folículo se rompe, lo que da como resultado la liberación de contenido folicular (un tallo piloso, estrato córneo del folículo y exudado) hacia la dermis. El lumen folicular también contiene numerosas bacterias cocoides. El tallo piloso tiene gránulos de pigmento de melanina de tamaño y forma variables. La inflamación comienza con la migración de leucocitos (puntos negros) desde los vasos dérmicos perifoliculares hacia la dermis perifolicular (peri foliculitis). La inflamación progresa hasta afectar la pared folicular (foliculitis mural) y luego el lumen (foliculitis luminal). Si la inflamación continúa, la pared folicular se debilita y se rompe, y el contenido folicular se libera hacia la dermis (forunculosis). La inflamación puede extenderse hacia la dermis profunda y el panículo y/o formar senos que drenan hacia la superficie de la piel. Para simplificar, se ilustra un folículo piloso simple en algunos cuadros (4,20,21).

**Figura 8**  
**Progresión de la foliculitis**



\* Hargis; Myers (4).

### 1.7.4. Herida quirúrgica / Herida traumática

Pérdida parcial de la piel por fuerzas de cizallamiento (fricción). La contusión (trauma cerrado) y la contaminación son comunes (por ejemplo, con bacterias, tejido desvitalizado y desechos). Abrasión profunda con desgarramiento del tejido (avulsión anatómica) o desprendimiento (avulsión fisiológica; desprendimiento). Común con trauma vehicular y afectación de miembros distales. La extensión de la lesión puede subestimarse, siendo comunes el desenguantado fisiológico, el traumatismo de tejidos profundos (p. ej., vasos, nervios, tendones, huesos y músculos) y la contaminación grave; heridas con alto riesgo de infección (22,23).

### 1.7.5. Herida por mordedura

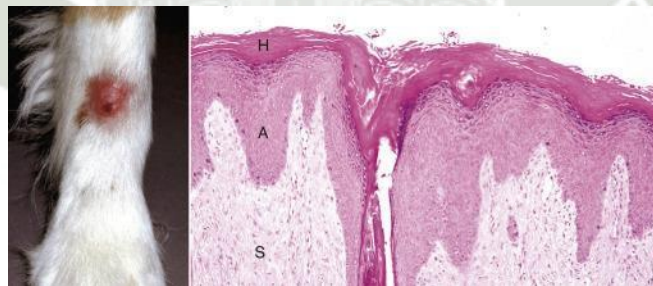
Múltiples heridas punzantes (es decir, causadas por los dientes caninos) que combinan lesiones por aplastamiento, desgarramiento y avulsión. Se puede subestimar el alcance de la lesión, con desprendimiento y traumatismo grave de los tejidos la contaminación polimicrobiana es frecuente y las heridas tienen un alto riesgo de infección (4,14,22,23).

### 1.7.6. Granuloma acral por lamido

La dermatitis por lamido acral (granuloma por lamido, nódulo pruriginoso acral, neuro dermatitis) suele desarrollarse en una extremidad (acral = extremidad o ápice) en los perros y es causada por lamido o masticación persistente. El trastorno no es infrecuente y puede ser de origen psicógeno o estar asociado con un proceso patológico en la piel (p. ej., infección localizada o neoplasia) o en la articulación o el hueso subyacentes. El aburrimiento puede desempeñar un papel en algunos casos (4,24).

**Figura 9**

#### **Dermatitis acral por lamido**



\* Hargis; Myers (4).

La epidermis está engrosada por hiperqueratosis compacta (H) y acantosis (A), y la dermis está engrosada por tejido de granulación y fibrosis (cicatrización [S]) Tinción H & E (14).

## 1.8. Introducción a la energía lumínica fluorescente policromática (FLE)

### 1.8.1. Principios de funcionamiento

El uso de luces terapéuticas en lesiones de piel en caninos ha tenido una intensa difusión en los últimos años, representando nuevas opciones de manejo atractivas para la práctica clínica dermatológica. La piel es de fácil acceso y los trastornos dermatológicos son el grupo de patologías que se presenta con mayor frecuencia en la práctica, siendo casi una cuarta parte de toda la casuística (25,26).

La terapia de luz de bajo nivel (LLLT), la fototerapia o la fotobiomodulación (PBM) son sinónimos de la misma práctica que utiliza fotones (producidos principalmente por diodos emisores de luz, LED) en diferentes longitudes de onda y con una irradiancia no térmica para influir en la actividad biológica (27,28).

Es una tecnología no invasiva utilizada principalmente en dermatología estética para el tratamiento de diversas afecciones de la piel. Se basa en el uso de diferentes longitudes de onda de luz para estimular procesos biológicos en las capas cutáneas, favoreciendo la regeneración, la reparación de tejidos y el tratamiento de ciertas patologías (29,30).

#### 1.8.1.1. ¿Cómo funciona en la piel?

La lámpara LED produce luz azul, que actúa sobre los cromóforos del gel, generando fluorescencia. Esta fluorescencia emite energía en forma de energía FLE policromática. Las moléculas fotorreceptoras de las células absorben esta energía, lo que provoca cambios químicos a nivel celular. Como resultado, las mitocondrias se vuelven más eficientes, lo que se traduce en una mayor producción de ATP y, por ende, en una reparación celular más rápida (28).

Una mayor eficiencia mitocondrial también se relaciona con un aumento en la producción de AMP cíclico (AMPC) y óxido nítrico (NO), lo que genera cambios en la actividad celular y promueve la vasodilatación. Además, unas mitocondrias con mayor eficiencia incrementan la producción de especies reactivas de oxígeno, que son esenciales para que las células inmunitarias ataquen a bacterias y otros microorganismos (9,11,2).

La terapia con luz (PBM, por sus siglas en inglés) ha demostrado influir en diversos procesos metabólicos, al estimular la liberación de múltiples factores

de crecimiento, entre los que se incluyen el factor de crecimiento del endotelio vascular (VEGF), los factores de crecimiento fibroblásticos (FGF), el factor de crecimiento transformante beta (TGF- $\beta$ ) y el colágeno. Asimismo, la PBM actúa directamente sobre cromóforos endógenos, como el citocromo C oxidasa, las flavinas y las opsinas. Esta terapia también tiene un efecto modulador sobre la respuesta inflamatoria, ya que tanto en estudios in vitro como in vivo se ha observado que la luz roja posee propiedades antiinflamatorias (13).

Además, la PBM estimula la activación de fibroblastos, queratinocitos y células endoteliales en los tejidos irradiados, lo cual contribuye a la disminución de la inflamación, el dolor y el edema. Cabe resaltar que la profundidad de penetración de la luz en los tejidos varía según la longitud de onda utilizada, generando efectos terapéuticos específicos en función de dicha variable (9).

### **1.8.2. Fisiología de la interacción con la piel**

La energía FLE policromática provoca una serie de efectos fisiológicos en la piel:

1. Foto estimulación: La luz policromática penetra en las diferentes capas de la piel, donde es absorbida por los cromóforos, activando cascadas de señalización celular que favorecen la regeneración tisular.
2. Foto termólisis selectiva: La energía lumínica se convierte en calor cuando es absorbida por los cromóforos. Este calor puede ser utilizado para destruir selectivamente células no deseadas, como células pigmentadas o vasos sanguíneos dañados.
3. Efecto antiinflamatorio: Al estimular la producción de colágeno y aumentar la circulación, puede tener un efecto calmante sobre áreas inflamadas, ayudando a la cicatrización y reducción de eritemas (25,27).

### **1.8.3. Espectro de la luz FLE policromática**

La FLE policromática emite múltiples longitudes de onda que generalmente abarcan desde la luz visible hasta longitudes de ondas rojas (400 a 700 nanómetros [nm]). Cada longitud de onda interactúa con diferentes componentes de la piel de manera específica, como la melanina, la hemoglobina y el agua. Estos son los rangos (26,27,2).

#### 1.8.3.1. Luz azul (400-495 nm)

Las longitudes de onda azules penetran hasta 1 mm, dirigiéndose a las bacterias y reduciendo la inflamación epidérmica.

- Objetivo: Absorbida principalmente por la porfirina, una sustancia producida por las bacterias asociadas con el acné, como *Propionibacterium acnes*.
- Efecto: Elimina las bacterias responsables del acné al destruirlas mediante la activación de radicales libres. Además, ayuda a mejorar problemas de piel con hiperpigmentación superficial y a reducir el riesgo de infecciones (31,26,28).

#### 1.8.3.2. Luz verde (495-570 nm)

Las longitudes de onda verdes penetran a una profundidad de 0,5-2 mm, dirigiéndose a los fibroblastos e impulsando la proliferación de queratinocitos.

- Objetivo: Melanina.
- Efecto: Ayuda a disminuir manchas y zonas hiperpigmentadas, como las causadas por el melasma o las manchas solares. Al ser absorbida por la melanina, favorece su fragmentación y eventual eliminación por el sistema inmunológico (26,27,1).

#### 1.8.3.3. Luz amarilla (570-590 nm)

Las longitudes de onda amarillas penetran hasta 2 mm, modulando la inflamación y mejorando la perfusión.

- Objetivo: Hemoglobina.
- Efecto: Apta para tratar problemas vasculares superficiales, como la rosácea o los capilares rotos (telangiectasias). La hemoglobina en la sangre absorbe la luz amarilla, generando una respuesta térmica que coagula los vasos, reduciendo su visibilidad sin dañar el tejido circundante (26,27).

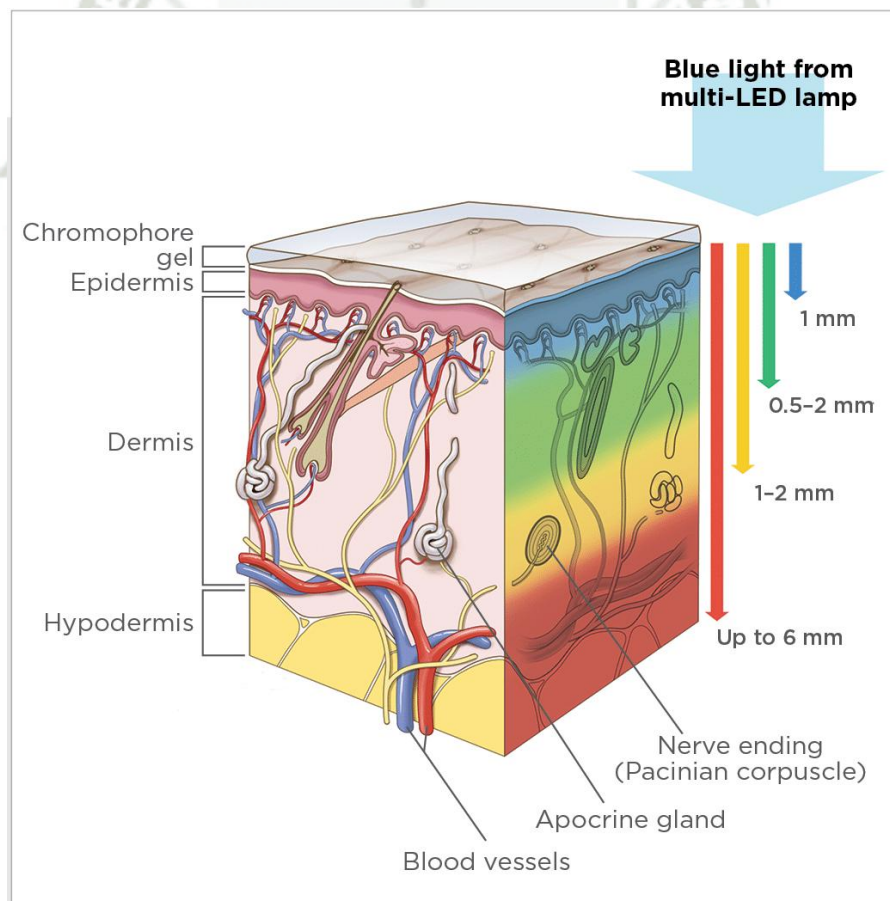
#### 1.8.3.4. Luz roja (620-700 nm)

Las longitudes de onda rojas, más largas, son las que más penetran, pudiendo llegar hasta los 6mm. Estimulan la angiogénesis y modulan la inflamación, estimulan la producción de ATP y promueven la síntesis de colágeno adicional, lo que conduce a una regeneración dérmica rápida. Objetivo: Fibroblastos y colágeno (25).

Efecto: Estimula la actividad de los fibroblastos para promover la producción de colágeno y elastina, lo que mejora la elasticidad de la piel y reduce las arrugas. También tiene un efecto antiinflamatorio y ayuda a la cicatrización (26,32).

**Figura 10**

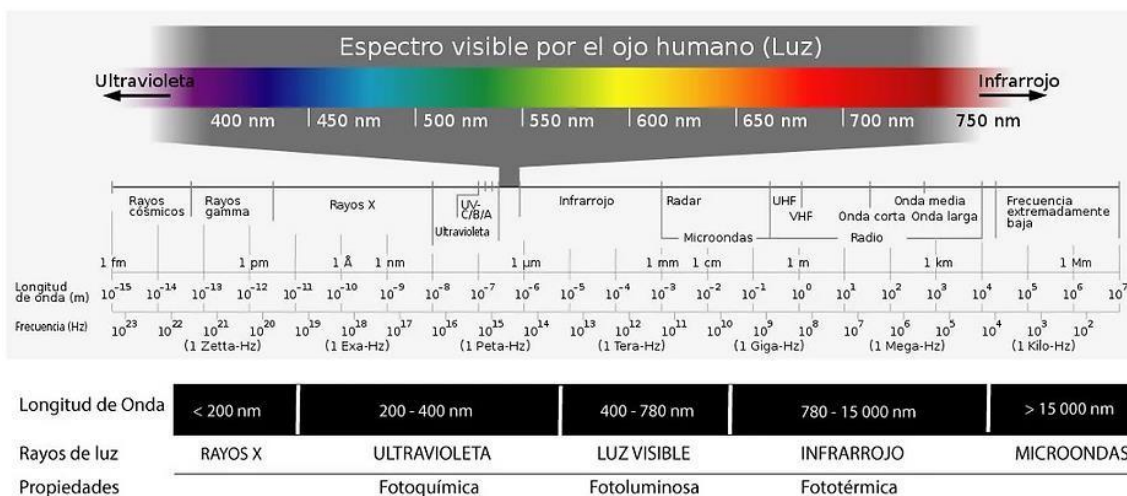
**Capas y estructuras de la piel estimuladas por diferentes longitudes de onda de energía de luz fluorescente durante el tratamiento**



\* Tait (26).

LED = diodo emisor de luz. Ilustración: Kip Carter.

**Figura 11**  
**Espectros visibles por el ojo humano**



\* Augusta Wellness Technologies (25).

## 1.9. Procedimiento para uso de PHOVIA energía lumínica fluorescente

### 1.9.1. Lámpara LED

La lámpara multi LED emite luz azul, funciona con batería y viene con una base para cargar. Los controles incorporados hacen que sea fácil y segura de usar durante el periodo correcto de tiempo para cualquier miembro del personal capacitado (27,1).

**Figura 12**  
**Lámpara Phovia**



\* Vetoquinol (1).

### 1.9.2. Comprueba que todos los componentes de phovia están listos para su uso

- El gel del frasco debe ser translúcido, mientras que el gel cromóforo debe ser naranja brillante. Asegúrate de que la ampolla de gel naranja permanece en el envoltorio de aluminio hasta justo antes de usarlo.
- Comprueba que la lámpara esté cargada: el indicador de encendido debe estar iluminado en verde o en amarillo (carga baja pero suficiente para ser utilizado).
- Asegúrate de que el cristal de la lámpara esté limpio y desinfectado antes de su uso (1).

### 1.9.3. Preparación del gel

El gel contiene cromóforos, moléculas especializadas que pueden absorber fotones de luz dirigida (de la lámpara LED) y luego remitirlos a diferentes longitudes de onda. Esto produce energía lumínica FLE que es la clave del funcionamiento de Phovia. El gel se aplica en la piel de la mascota y luego se ilumina con la lámpara, lo que produce los efectos biológicos que observamos como una regeneración más rápida de la piel. Incluye dos componentes: el gel portador translúcido y el gel naranja con cromóforos activos (1).

**Figura 13**

**Gel cromóforo**



**\* Vetoquinol (1).**

- Usa guantes, utiliza la espátula suministrada para mezclar bien el gel naranja con el gel translúcido. Recuerda, una vez mezclados, deben usarse inmediatamente y mantenerse cubiertos hasta la aplicación (1).

**Figura 14**

**Preparación del gel cromóforo**



\* Vetoquinol (1).

**1.9.4. Preparación de la mascota**

Quita los apósitos, rasura la piel y limpia la zona con suero fisiológico (1).

**Figura 15**

**Limpieza de lesión en piel**



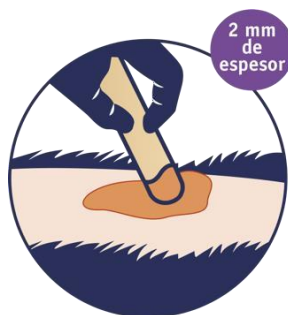
\* Vetoquinol (1).

**1.9.5. Aplicación del gel**

Utiliza la espátula para aplicar una capa de gel de unos 2 mm de espesor. Cubre toda el área afectada hasta un máximo de 12 cm de diámetro (1).

**Figura 16**

**Aplicación del gel en zona**



\* Vetoquinol (1).

### 1.9.6. Inicio de terapia de energía lumínica FLE

- Asegúrate de que todos los presentes usen las gafas protectoras. Coloca al animal sin mirar a la luz o cubre sus ojos. Sostén la lámpara: el cono de la lámpara debe estar lo más cerca posible de la piel sin tocar el gel.
- Presione el botón “START / STOP” para iniciar el ciclo; sonará un pitido.
- El temporizador funcionará durante 2 minutos. Cada barra en el indicador de “Temporizador/nivel de batería” es de 24 segundos. Al final, sonará otro pitido y la luz se apagará automáticamente (1).

**Figura 17**

#### **Aplicación de terapia lumínica Phovia**



**\* Vetoquinol (1).**

### 1.9.7. Limpieza

Retira suavemente el gel con una gasa empapada en suero fisiológico. Limpia la lámpara y guárdala o ponla a cargar (1).

### 1.10. Contraindicaciones y advertencias del uso de Phovia

Según la información oficial del fabricante (Vetoquinol), el uso de Phovia presenta las siguientes advertencias específicas:

1. No usar si el animal sufre fotosensibilidad debido a una enfermedad o se encuentra bajo tratamiento con medicamentos u otros productos que puedan inducir reacciones de fotosensibilidad.
2. No usar en animales con hipersensibilidad cutánea conocida.
3. No usar en animales que sufran de porfiria (33).

## 1.11. Antecedentes de la investigación

### 1.11.1. Análisis de tesis

“Evaluación del tiempo de cicatrización en heridas quirúrgicas cutáneas abdominales tras la aplicación de plasma rico en plaquetas en un modelo animal”. El objetivo de esta investigación fue evaluar el tiempo de cicatrización de heridas quirúrgicas cutáneas abdominales tras la aplicación del plasma rico en plaquetas (PRP), haciendo un seguimiento microscópico y macroscópico. Se usaron conejos adultos machos sanos, de un año de edad, de la raza Nueva Zelanda Blanco ( $n = 12$ ), de 2 kg de peso. Se extrajo 5 ml de sangre de cada conejo para preparar el PRP autólogo, el cual fue activado con gluconato de calcio tras su centrifugación y separación. Las heridas cutáneas se crearon mediante una incisión con bisturí del N.º 3, las cuales fueron hechas a nivel del abdomen, en paralelo y de diez centímetros de largo cada uno. Luego, se trataron mediante una inyección intralesional de PRP en el grupo experimental al que se denominó grupo tratamiento, mientras que el grupo control no recibió ninguna, seguidamente se suturó con puntos discontinuos simples con un espacio de un centímetro entre cada punto. El proceso de curación se evaluó clínica e histológicamente. El registro de datos se hizo mediante fichas, donde se evaluó la presencia de edema, exudado, color y afrontamiento de los bordes como indicadores de curación macroscópica durante los días 1, 3, 6, 10 y 14, mientras que el análisis microscópico se llevó a cabo en los mismos tiempos mediante una biopsia de la herida y su posterior remisión a la unidad de patología de la Universidad Científica del Sur para su análisis, en el que se evaluó la cantidad de polimorfonucleares, macrófagos, linfocitos, fibroblastos y vasos sanguíneos. Las pruebas estadísticas no demostraron una diferencia significativa entre la cicatrización de los grupos tratamiento y control ( $p > 0.05$ ), no se concluyó que el PRP aplicado al grupo tratamiento haya logrado disminuir el tiempo de cicatrización de la herida quirúrgica cutánea abdominal en los modelos animales (10).

“Efecto cicatrizante de la crema de “Ñuñunga” (*Solanum Nitidum* R&P) en el tratamiento de heridas externas de canes, Ayacucho 2015.” Cirugía de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria de la UNSCH, durante los meses de abril a noviembre del año 2015, a través de una investigación de tipo básica descriptiva. La población muestral estuvo conformada por 27 canes criollos de un peso promedio entre 5 a 30 Kg. Con la finalidad de evaluar el efecto cicatrizante de la crema a base de hojas de la “ñuñunga” (*Solanum nitidum* R&P), recolectados en la comunidad de Huaraca, anexo de Vinchos, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho. Se realizaron técnicas operatorias externas como: entropión, ectropión, laparotomía, esofagectomía, amputación parcial del pabellón de las orejas, amputación de cola, drenaje de oídos y extirpación de sacos anales. El tiempo promedio de la cicatrización de la herida a base de la crema de hojas de “ñuñunga” (*Solanum nitidum* R & P) fue de 7 a 9 días, y con la violeta de genciana es de 7 a 10 días notándose una ligera diferencia en función al tiempo de cicatrización. Se determinó el porcentaje de eficiencia de cicatrización de la crema de hojas de “ñuñunga” (*Solanum nitidum* R. & P) del 52 al 70% y con violeta de genciana del 30 al 48% El porcentaje de la retracción de la herida por acción de la crema de hojas de “ñuñunga” (*Solanumnitidum* R. & P) de 5.6 al 14.5% y para la violeta de genciana del 4 al 12.5% (12).

“Análisis del desarrollo de sustitutos de piel mediante ingeniería de tejidos”. La cicatrización de heridas es una función importante de la piel, sin embargo, después de sufrir lesiones cutáneas extensas y profundas, este proceso puede desregularse o perderse. El propósito de esta investigación fue analizar los avances científicos en el desarrollo de sustitutos de piel mediante la aplicación de técnicas de Ingeniería de Tejidos hasta la actualidad. En la investigación realizada se determinó que los sustitutos de piel pueden clasificarse en sustitutos epidérmicos, dérmicos y dermo epidérmicos, dependiendo de la severidad de la herida que se vaya a tratar. En cuanto a los sustitutos epidérmicos se encontró que están constituidos por queratinocitos autólogos y superficies celulares. Los sustitutos dérmicos, en cambio, se conforman de fibroblastos dérmicos y andamios. Los dermo epidérmicos están compuestos por queratinocitos y fibroblastos dérmicos y también utilizan andamios. Respecto a las células que se emplean para los sustitutos dérmicos y

dermo epidérmicos se determinó que estas pueden ser extraídas de fuentes autólogas, alogénicas y xenogénicas. Mediante un análisis exhaustivo se encontró que existe una gran variedad de productos de sustitutos de piel disponibles en el mercado. Sin embargo, para que los sustitutos puedan ingresar al mercado generalmente se suelen realizar estudios preclínicos y clínicos para demostrar la validez y eficacia de estos durante su uso. En conclusión, la ingeniería de tejidos es una tecnología basada en la creación de sustitutos de piel, los cuales no solo reducen la mortalidad, sino que también disminuyen morbilidad con el objetivo de mejorar la calidad de vida de pacientes con heridas agudas o crónicas (33).

#### 1.11.2. Análisis de trabajos de investigación

“Terapia de Fotobiomodulación (PBMT) para el dolor agudo y la inflamación en pacientes sometidos a artroplastia total de cadera: Un ensayo clínico aleatorizado, triple ciego y controlado con placebo”. Cuando los tratamientos conservadores fallan, la osteoartritis de cadera (OA), una enfermedad degenerativa crónica caracterizada por el desgaste del cartílago, la deformidad progresiva de las articulaciones y la pérdida de función puede dar lugar a la necesidad de una artroplastia total de cadera (ATC). Los procedimientos quirúrgicos inducen trauma tisular e incitan una respuesta inmune. La terapia de fotobiomodulación (PBMT) utilizando terapia láser de baja intensidad (LLLT) y/o terapia con diodos emisores de luz (LEDT) ha demostrado ser eficaz en la reparación tisular al modular el proceso inflamatorio y promover el alivio del dolor. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue analizar el efecto inmediato de PBMT sobre la inflamación y el dolor de los pacientes sometidos a artroplastia total de cadera. El estudio consistió en 18 pacientes posquirúrgicos de artroplastia de cadera divididos en dos grupos (n = 9 cada uno) placebo y PBMT activo que recibieron uno de los tratamientos en un período de 8 a 12 h después de la cirugía de ATC. Se aplicó PBMT (activo o placebo) utilizando un dispositivo que consta de nueve diodos (un láser superpulsado de 905 nm, cuatro LED infrarrojos de 875 nm y cuatro LED rojos de 640 nm, 40,3 J por punto) aplicados a 5 puntos a lo largo de la incisión. Se registraron la escala analógica visual (EAV) y las muestras de sangre para el análisis de los niveles de las citocinas TNF- $\alpha$ , IL-6 e IL-8 antes y después de la aplicación de PBMT. Los valores de la escala analógica visual, así como los del análisis de los niveles séricos de TNF- $\alpha$  e IL-8, disminuyeron en el grupo de PBMT

activo en comparación con el grupo de control placebo ( $p < 0,05$ ). No se observó ninguna disminución de los niveles de IL-6. Concluimos que PBMt es eficaz para disminuir la intensidad del dolor y la inflamación postoperatoria en pacientes sometidos a artroplastia total de cadera (29).

“Efectos de la terapia láser de baja intensidad en longitudes de onda de 660 y 808 nm en un modelo experimental de Osteoartritis”. El objetivo del presente estudio fue analizar la influencia de la radiación láser de bajo nivel en longitudes de onda de 660 y 808 nm en un modelo experimental de osteoartritis (OA). La muestra estuvo compuesta por 36 ratas Wistar macho adultas divididas en tres grupos (G1, G2 y G3). Para la inducción de la lesión del cartílago, se realizaron tres inyecciones de papaína al 4% y 10  $\mu\text{L}$  de una solución de cisteína en la rodilla derecha de la pata trasera. Dos semanas después de la última inyección, el grupo G1 fue tratado con InGaAlP (660 nm, 100 mW, 3,57  $\text{W cm}^{-2}$ , 40 s) y G2 fue tratado con AsGaAl (808 nm, 100 mW, 3,57  $\text{W cm}^{-2}$ , 40 s) ambos con energía de 4 J. Hubo diferencias significativas en el tipo de epitelio escamoso entre los días 7 y 14 en G2 ( $P < 0,05$ ) y el día 14 entre G1 y G2 ( $P < 0,05$ ). Además, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la formación de nuevos vasos sanguíneos entre G1 y G3 en los días 7 y 21, así como entre G2 y G3 en el día 21. La formación de tejido fibrótico fue mayor en G3 ( $P < 0,05$ ). En conclusión, la terapia con láser, especialmente en una longitud de onda de 808 nm, estimuló la angiogénesis y redujo la formación de fibrosis en un modelo experimental de OA (34).

Uso de energía de luz fluorescente para terapia dermatológica”. La terapia con luz fluorescente utiliza una forma de fotobiomodulación, energía de luz fluorescente, para reparar la piel a nivel celular y nivel molecular, lo que reduce los tiempos de cicatrización de la piel y resolución de infecciones. La terapia con luz fluorescente se administra a través de un nuevo, herramienta de tratamiento no invasiva y fácil de usar que se dirige a todas las capas de la piel simultáneamente para promover la regeneración, disminuir inflamación, matar microorganismos y más (26).

Manejo local de heridas: una revisión de técnicas y productos modernos". El manejo de heridas es un aspecto esencial y comúnmente realizado de la medicina veterinaria de pequeños animales. El manejo apropiado de heridas es un arte difícil de dominar, debido a la complejidad inherente del escenario clínico, así como a la naturaleza en constante evolución del campo con la adición constante de nuevos productos y técnicas. Este artículo revisa los conceptos clave que pueden ayudar al médico a comprender mejor el proceso natural de cicatrización de heridas, los factores que retrasan la cicatrización y las estrategias para ayudar a mejorar el entorno local de la herida para que sea más propicio para la cicatrización durante el tratamiento de heridas abiertas. El concepto de preparación del lecho de la herida se define antes de que se analicen con más detalle las estrategias comunes de tratamiento local de heridas, como el lavado y el desbridamiento de la herida. También se revisan aspectos clave del manejo de biopelículas y el uso adecuado de agentes antimicrobianos. Finalmente, se explica el concepto de cicatrización húmeda de heridas y su impacto en el tratamiento moderno de heridas antes de revisar una amplia variedad de tipos de apósitos para heridas, con un enfoque particular en los apósitos activos (35).

"Exploración de la energía de la luz fluorescente como opción de tratamiento para la Foliculitis Bacteriana Superficial Canina". La foliculitis bacteriana superficial (FBS) es un diagnóstico dermatológico común en perros que se puede tratar con éxito con tratamientos tópicos y/o sistémicos. En el presente estudio evaluamos la eficacia de un dispositivo de energía de luz fluorescente (FLE) como único tratamiento para la FBS. Se ha demostrado que el mismo dispositivo de FLE, como terapia adjunta a un antibiótico sistémico o solo, controla eficazmente la manifestación clínica de la forunculosis interdigital. Se asignaron al azar veinte perros para recibir FLE una vez (seis perros) o dos veces (seis perros) por semana en comparación con antibióticos orales (ocho perros) hasta la curación completa. El régimen de FLE pudo reducir significativamente el tiempo necesario para la resolución clínica del antibiótico oral, lo que favoreció el cumplimiento de los propietarios y el bienestar de los perros (36).

“La eficacia de la energía de la luz fluorescente como terapia complementaria en la Pioderma profunda canina: Un ensayo clínico aleatorizado. Se llevó a cabo un estudio clínico controlado, aleatorizado, prospectivo, simple ciego, de un solo centro para evaluar la efectividad de la terapia de energía con luz fluorescente (Phovia™) dos veces por semana como complemento de los antibióticos sistémicos en el tratamiento de la pioderma profunda en perros. Se incluyeron en el estudio perros con lesiones clínicas compatibles con pioderma profunda, cultivo bacteriano positivo y que mostraban bacterias envoltantes de neutrófilos en la citología. Las evaluaciones se realizaron semanalmente durante 8 semanas y posteriormente cada 2 semanas hasta 12 semanas después de la inscripción. En cada visita, se calificaron las lesiones y se realizó una citología para determinar la puntuación de las bacterias fagocitadoras de neutrófilos. Todos los perros (Grupos A y B) fueron tratados con antibióticos sistémicos dos veces al día y el Grupo B recibió adicionalmente Phovia dos veces por semana. La duración media del tratamiento fue de 11,7 semanas para el grupo A y 5,7 semanas para el grupo B. Después de 8 semanas de tratamiento, el porcentaje de perros que alcanzaron la resolución clínica fue del 35,0 % y 88,0 % para los grupos A y B, respectivamente. Las puntuaciones de las lesiones mostraron una diferencia estadísticamente significativa a favor del Grupo B desde la semana 3 a la 8, y las puntuaciones de las bacterias fagocitadoras de neutrófilos mostraron una diferencia estadística desde la semana 2 en adelante a favor del Grupo B. Estos resultados indican que Phovia, cuando se utiliza como complemento de los antibióticos sistémicos, puede acelerar el tiempo hasta la resolución clínica en casos de pioderma profunda canina (37).

Aplicaciones actuales y perspectivas futuras de la biomodulación de la energía de la luz fluorescente en medicina veterinaria". El propósito de esta revisión es determinar el estado del arte del modo de acción y posibles aplicaciones de la fotobiomodulación fluorescente en medicina veterinaria. Después de un resumen de los activos que han llevado a la traducción de estas terapias basadas en luz desde el uso clínico al uso clínico, se presentan los avances recientes en dermatología canina que utilizan este nuevo enfoque y los escenarios futuros en los que este tipo de atención puede proporcionar beneficios sobre Se destacan los cuidados estándar actuales (31).

"Principios básicos del manejo de las heridas". Las heridas traumáticas representan uno de los motivos más frecuentes de consulta en cirugía veterinaria. El desconocimiento de los principios básicos del tratamiento que rigen estos accidentes desencadena complicaciones, con secuelas en la función o la estética del animal. En la práctica clínica con animales domésticos se observan frecuentemente heridas como laceraciones, avulsiones, punciones e incisiones. Entender los mecanismos etiológicos que producen las heridas permite establecer el alcance de la lesión en cuanto a cantidad de tejido necrótico y grado de contaminación presente en la misma; estos mecanismos son factores clave a la hora de orientar el tratamiento y el tipo de cierre que hay que emplear. En pequeños animales comúnmente se presentan avulsiones, producto de accidentes con automóviles, heridas que suelen tener considerable tejido necrótico muy contaminado, mientras que en los caballos las punciones en las extremidades muchas veces transportan microorganismos a lo profundo de los tejidos e implican estructuras sinoviales de cápsulas articulares o vainas tendinosas con graves consecuencias cuando no se tratan como una urgencia. De otra parte, es fundamental para el practicante conocer el fenómeno de cicatrización tisular y la forma en que puede afectarse de manera adversa cuando se utilizan medicamentos, especialmente desinfectantes, de forma poco técnica. El objetivo de este artículo es discutir los conceptos terapéuticos más esenciales del manejo de las heridas (14).

“Efecto de la biomodulación de fluorescencia de klox en heridas quirúrgicas caninas”. Se realizó un estudio clínico prospectivo, ciego y controlado en 10 perros sanos sometidos a cirugía ortopédica. La mitad de la longitud de cada herida quirúrgica se trató con Phovia y el 50 % restante se trató con solución salina el primer día después de la cirugía y cada 3 días hasta el día 13. La cicatrización de las heridas de las áreas tratadas y de control dentro de cada herida se evaluó mediante una evaluación macroscópica y un análisis histológico e inmunohistoquímico de las heridas tratadas y de control. Las áreas tratadas con Phovia alcanzaron puntuaciones histológicas más bajas, consistentes con una reepitelización completa, una menor inflamación de la capa dérmica y una deposición mayor y más regular de colágeno. Según la inmunohistoquímica, la expresión del factor VIII, el factor de crecimiento epidural, la decorina, el colágeno III y Ki67 aumentó en los tejidos tratados en comparación con los no tratados (30).

“Un ensayo clínico prospectivo, ciego y abierto para evaluar la capacidad de la energía de la luz fluorescente para mejorar la cicatrización de heridas después de una mastectomía en perras”. El manejo de heridas quirúrgicas puede representar un desafío debido a posibles complicaciones y al consumo de medicamentos. El presente artículo explora un nuevo dispositivo de fotobiomodulación basada en fluorescencia (FLE) como una opción de manejo de heridas en perras sometidas a cirugía por cáncer mamario. Nueve perras recibieron mastectomía unilateral o bilateral, y la mitad de la herida fue manejada con FLE (un dispositivo LED azul que ilumina una capa de aproximadamente 2 mm de gel productor de fluorescencia), mientras que la parte restante de la herida no recibió FLE. La iluminación se repitió dos veces en la misma sesión (con un minuto de diferencia) y con cinco días de diferencia. No se administraron antimicrobianos ni otros medicamentos a las perras. Todas las partes de la herida manejadas con fotobiomodulación fluorescente mostraron una calidad notablemente mejor de cicatrización de la herida en términos de tener menos bordes escalonados, irregularidades de contorno despreciables y ausencia de distorsión de la cicatriz. Además, al tener en cuenta los índices inflamatorios como eritema, edema y secreción serosa, estos se registraron como significativamente más bajos para las partes de la herida iluminadas con fotobiomodulación fluorescente. Los resultados

de este estudio preliminar subrayan el impacto positivo de la fotobiomodulación fluorescente en la curación de heridas posteriores a mastectomía en perras, con la posibilidad de reemplazar potencialmente ciertos tratamientos tópicos y mejorar el cumplimiento general de los propietarios (8).

“Biomodulación por fluorescencia para la furunculosis interdigital canina: actualizaciones del programa semanal”. La furunculosis interdigital es una enfermedad inflamatoria multifactorial común de la piel interdigital canina en la que las lesiones suelen infectarse de forma secundaria. La biomodulación por fluorescencia (FBM) administrada dos veces por semana ha demostrado controlar eficazmente las manifestaciones clínicas como terapia adjunta a los antibióticos sistémicos. Dado que el régimen de dos veces por semana podría ser inasequible para algunos dueños de mascotas, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la aplicación una vez por semana de FBM en combinación con antibióticos sistémicos en las manifestaciones clínicas de la pioderma interdigital canina, comparando los resultados con los presentes en la literatura. Doce perros diagnosticados con pioderma interdigital recibieron antibiótico más una aplicación de FBM una vez por semana. Los perros fueron calificados hasta la curación completa según la puntuación global de la lesión y la puntuación de bacterias que engullen neutrófilos. Los resultados obtenidos demostraron que la aplicación una vez por semana de FBM ejerce el mismo efecto beneficioso en la curación de la furunculosis interdigital que la dos veces por semana, lo que indica que el régimen una vez por semana es bien tolerado y está produciendo resultados similares a las aplicaciones dos veces por semana (21).

“Energía de luz fluorescente en el tratamiento de heridas laceradas y contusas en un caballo”. Los veterinarios equinos se enfrentan con frecuencia a heridas traumáticas. Aunque se prefiere el cierre primario, a menudo las heridas cicatrizan por segunda intención, un proceso que lleva mucho tiempo y puede llevar varias semanas con posibles resultados funcionales insatisfactorios. La energía de luz fluorescente (FLE) representa una opción adicional en el tratamiento de heridas y se ha aplicado en animales pequeños para tratar diferentes afecciones de la piel, incluidas heridas y fístulas perianales caninas. Un semental árabe de 11 años fue

presentado al Hospital Veterinario Docente como consulta de primera opinión por una contusión por fuerza contundente en la extremidad trasera derecha enmarcada por una laceración festoneada, a nivel del tercer metacarpiano. El caballo recibió terapia antibiótica y antiinflamatoria sistémica durante diez días con una respuesta limitada. Debido a esto, dichos tratamientos se suspendieron y se inició el tratamiento con FLE (Phovia® Vetoquinol). Consistía en aplicar una capa de gel de aproximadamente 2 mm sobre la lesión e iluminar con el dispositivo LED azul que emite luz azul no coherente con una longitud de onda pico entre 440 y 460 nm y una densidad de potencia de entre 55 y 129 mW (38).

“Tratamiento de la fistula perianal canina con energía de luz fluorescente: hallazgos preliminares”. La fistula perianal canina (FPC) es una afección cutánea grave, dolorosa y debilitante que afecta la piel perianal. A menudo interfiere en la calidad de vida tanto del perro como del dueño. El tratamiento médico convencional implica el uso de terapia inmunosupresora; sin embargo, la resolución exitosa de las lesiones puede verse limitada por el mal cumplimiento del propietario, los efectos adversos de los medicamentos y la dependencia de terapias costosas.

Hipótesis/Objetivos: El presente estudio tuvo como objetivo evaluar los posibles beneficios de la energía de luz fluorescente (FLE) en casos de FPC. Animales: Cuatro perros con fístulas perianales activas. Métodos y materiales: La FLE se aplicó como única terapia de manejo una vez a la semana con dos aplicaciones consecutivas en la misma sesión para cada perro hasta que los signos clínicos hubieran mejorado significativamente, con evaluaciones semanales durante un período de seis semanas. Los perros fueron evaluados midiendo el tamaño de las lesiones al inicio del estudio y luego semanalmente durante seis semanas, utilizando un software de planimetría. Los dueños registraron las puntuaciones de vocalización y frecuencia de esfuerzo durante la defecación de su mascota, y la frecuencia de lamido perianal en una escala de 0 a 5 puntos para evaluar la respuesta a la terapia. Resultados: Todos los perros mejoraron con FLE, logrando una reducción significativa en vocalización, esfuerzo y lamido después de dos semanas ( $P = 0,002$ ). Después de cinco semanas de terapia FLE, las áreas lesionadas habían disminuido significativamente ( $P = 0,04$ ). Solo un perro requirió más de siete aplicaciones. No se informaron eventos adversos. Conclusión e importancia clínica: FLE puede ser una terapia alternativa prometedora para CPF (17).



## 1. Materiales y métodos

### 1.1. Materiales

#### 1.1.1. Localización del trabajo

##### 1.1.1.1. Espacial

La siguiente investigación se realizó en la ciudad de Arequipa, en la Clínica Especializada en Dermatología animal Alergias y Oídos ubicada en el distrito de Yanahuara con dirección Av. José Abelardo Quiñones, urb los cedros F-2, 4to piso.

##### 1.1.1.2. Temporal

De junio a noviembre de 2024.

#### 1.1.2. Materiales biológicos

Serán 10 perros (*Canis Lupus Familiaris*) de diferentes razas, no se consideró sexo como dato relevante. Pesos entre 5 y 30 kg, edad adulta con heridas de hasta 12 cm de diámetro.

#### 1.1.3. Materiales de campo

- a) Cámara fotográfica digital
- b) Vendas coban
- c) Mascarilla
- d) Gasas
- e) Bisturí
- f) Guantes de látex
- g) Solución salina
- h) Hisopos estériles

#### 1.1.4. Equipos y maquinarias

- a) Cámara fotográfica
- b) Laptop portátil
- c) Dispositivo de energía lumínica FLE policromática (PHOVIA)
- d) Geles cromóforos

### 1.2. Métodos

#### 1.2.1. Muestreo

##### 1.2.1.1. Universo

Pacientes caninos (*Canis lupus familiaris*) atendidos en la Clínica Especializada en Dermatología animal Alergias y Oídos (CEDAO) que presentan heridas cutáneas de hasta 12 cm de diámetro.

##### 1.2.1.2. Tamaño de muestra

La muestra estará conformada por 10 perros seleccionados con heridas cutáneas de hasta 12 cm de diámetro evaluados. Los individuos serán distribuidos en dos grupos:

- **Grupo experimental:** 5 canes que recibirán tratamiento con energía lumínica fluorescente policromática (Phovia).
- **Grupo control:** 5 canes que no recibirán tratamiento con Phovia.

Todos los perros serán seleccionados entre los casos registrados en la clínica CEDAO durante el periodo del estudio.

##### 1.2.1.3. Procedimiento de muestreo

El muestreo será no probabilístico de tipo intencional, basado en los perros que acudan a la clínica y cumplan con los criterios de inclusión, los cuales incluyen:

- Presencia de heridas cutáneas de hasta 12 cm de diámetro.

La asignación de los perros a los grupos experimental y control se realizará de manera aleatoria simple, garantizando la comparabilidad entre los grupos (39).

### 1.2.2. Métodos de evaluación

- El análisis estadístico incluirá un diseño completamente aleatorio, con un análisis de varianza (ANOVA) para comparar el grupo a ser tratado.
- Medición del tiempo de cicatrización: Se registrará el tiempo desde el inicio del tratamiento hasta que la herida esté cicatrizada (39).

#### 1.2.2.1. Metodología de la experimentación

Se realizará evaluación semanal de inicio a final del período de tratamiento, aplicando la escala de cicatrices Hollander modificada (39).

**Tabla 7**  
**Escala de cicatrices de Hollander modificada**

Puntaje	Fronteras de paso	Irregularidad del contorno	Separación de márgenes	Distorsión excesiva
0	Sin fronteras de paso	Sin irregularidades en el contorno	No se ven bordes de la herida, parece piel normal.	Sin edema ni apariencia de infección.
1	Bordes muy leves (apenas perceptibles)	Arrugas muy leves (apenas perceptibles)	Distancia muy leve entre los bordes de la herida (apenas perceptible)	Muy leve cantidad de edema e indicios de infección.
2	Límites de paso bien definidos	Ligera arruga alrededor de la herida.	Distancia leve pero aparente entre los bordes de la herida.	Cantidad leve pero evidente de edema e indicios de infección.
3	Fronteras con escalones de moderados a severos	Arrugas moderadas alrededor de la herida.	Distancia moderada entre los bordes de la herida, pero menor que el tamaño original de la herida.	Cantidad moderada de edema e indicios de infección.
4	Bordes escalonados severos (los bordes de la herida están en planos muy diferentes entre sí)	Arrugas severas alrededor de la herida.	Distancia máxima observable entre los bordes de la herida al momento de la creación de la herida	Cantidad importante de edema e indicios de infección.

\* Marchegiani et al (8).

### 1.2.2.2. Procedimiento de selección

Se les invitará a participar y se les informará sobre el estudio a los propietarios de perros con heridas que sean atendidos en la clínica CEDAO, donde se evaluará a cada perro para determinar si cumple con los criterios de inclusión (Herida de hasta 12 cm de, diámetro). Se seleccionarán los primeros 10 perros que cumplan con los criterios mencionados. (5 perros grupo experimental con Energía lumínica fluorescente (Phovia) y 5 perros grupo control sin Phovia) (39).



### **1.2.2.3. Protocolo de tratamiento grupo control**

#### **1.2.2.3.1. Forma de intervención**

El grupo control será tratado con los procedimientos estándar de manejo de heridas disponibles en la clínica CEDAO, siguiendo las mejores prácticas de medicina veterinaria. Estas incluyen:

- Limpieza de la herida: Se realizará una limpieza inicial con solución salina estéril o clorhexidina al 0,05% para eliminar residuos y reducir la carga bacteriana.
- Desbridamiento (si es necesario): Se llevará a cabo un desbridamiento mecánico o químico para eliminar tejido necrótico.
- Cobertura de la herida: Las heridas serán cubiertas con apósitos estériles y no adherentes, seleccionados según el tipo y estado de la herida (p. ej., apósitos hidrocoloides para heridas exudativas).
- Cambio de apósitos: Se realizará un cambio de apósitos cada 3 a 5 días o con mayor frecuencia si hay indicaciones clínicas (p. ej., exceso de exudado) (39).

### **1.2.2.4. Protocolo de tratamiento con energía lumínica fluorescente policromática (PHOVIA)**

#### **1.2.2.4.1. Forma de intervención**

El grupo experimental será tratado con los procedimientos estándar de manejo de heridas disponibles al igual que el grupo control. Añadiendo la terapia Phovia.

- Aplicación de energía lumínica FLE policromática (Phovia): Cada perro seleccionado recibirá un tratamiento con la máquina Phovia, que emite luz en longitudes de onda específicas (39).

#### **1.2.2.4.2. Tiempo y frecuencia de tratamiento**

La duración de cada sesión será de 2 minutos, donde se aplicará 2 sesiones seguidas en un día y se realizará 1 vez por semana hasta por 8 semanas o tiempo de cicatrización.

#### **1.2.2.4.3. Seguimiento de tratamiento**

El tratamiento será guiado diariamente y analizado semanalmente según el tiempo de cicatrización en días y la tabla de Hollander modificada durante un total de hasta 8 semanas.

#### **1.2.2.5. Evaluación de las heridas por grupo: control y experimental**

Se realizará 3 mediciones a lo largo del estudio:

##### **1.2.2.5.1. Evaluaciones iniciales**

Al inicio del tratamiento, se tomará una fotografía de cada herida para tener un registro visual del estado inicial y se clasificará según la tabla de Homellander modificada.

##### **1.2.2.5.2. Evaluaciones durante el tratamiento**

Se tomarán notas sobre la reducción aparente del tamaño de la herida y la aparición de signos de cicatrización.

##### **1.2.2.5.3. Evaluación final**

- Al finalizar el período de tratamiento, se realizará una evaluación final: Se aplicará la escala de cicatrices de Hollander modificada para evaluar la calidad de las cicatrices. Esta escala considera aspectos como color, altura, textura y alineación de la cicatriz. Y la aceleración de cicatrización según los días.
- Los datos recopilados del grupo experimental (Phovia) y el grupo control serán analizados para identificar diferencias significativas en los tiempos de cicatrización y la calidad de las cicatrices. Los resultados del grupo control servirán como referencia para evaluar la efectividad del tratamiento con Phovia.

### **1.2.2.6. Recopilación de la información**

#### **1.2.2.6.1. En el campo**

La recopilación de datos se realizará en la clínica CEDAO, donde se llevará a cabo la evaluación inicial de cada perro mediante fotografías y la aplicación de los tratamientos con energía lumínica fluorescente (Phovia). Durante cada sesión de tratamiento, se registrarán observaciones sobre la evolución de las heridas, incluyendo la reducción del tamaño y aparición de signos de cicatrización (39).

#### **1.2.2.6.2. En el laboratorio**

Análisis de la calidad de las cicatrices: Una vez finalizado el tratamiento, se analizarán las fotografías de las cicatrices y se aplicará la escala de Hollander modificada para evaluar la calidad (39).

#### **1.2.2.6.3. En la biblioteca**

Se revisarán fuentes de información científicas para contextualizar los resultados en relación con otros estudios sobre Energía Lumínica Fluorescente Policromática (Phovia) (39).

#### **1.2.2.6.4. En otros ambientes generadores de la información científica**

Asistencia a cursos prácticos y teóricos relacionados a manejo de heridas para adquirir conocimientos actualizados (39).

### **1.3. Variables de respuesta**

#### **1.3.1. Variables independientes**

Aplicación de terapia Phovia (energía de luz fluorescente policromática).

- Frecuencia: Una vez por semana.
- Duración: Dos sesiones de 2 minutos cada una.

#### **1.3.2. Variables dependientes**

- Tiempo de cicatrización (días desde el inicio del tratamiento hasta la cicatrización completa).
- Calidad de la cicatriz (evaluada a través de la escala de cicatrices de Hollander modificada).

**Tabla 8**  
**Cuadro de Operacionalización**

Objetivo	Variablen	Variable	Definición Conceptual	Orientación	Instrumento	Esca La De Medición	Grupos Y Forma De Intervención	Tiempo
Evaluar la eficiencia de la energía lumínica FLE policromática (Phovia) en la aceleración del proceso de cicatrización de heridas cutáneas en perros.	INDEPENDIENTE	Aplicación de energía lumínica fluorescente policromática (Phovia).	Uso de energía lumínica FLE policromática en la cicatrización de heridas cutáneas de hasta 12 cm de diámetro en perros.	Aplicación de Phovia una vez por semana en dos sesiones con duración de 2 minutos cada sesión.	Registro de procedimiento y fotográfico.	Nominal (presencia o ausencia de sesiones)	Grupo Experimental (5 perros): Tratamiento semanal con Phovia: 2 sesiones de 2 minutos cada una. Grupo Control (5 perros): Sin tratamiento con Phovia.	Evaluación semana 1 hasta la cicatrización completa.
		Tiempo de cicatrización	Duración en días desde el inicio del tratamiento hasta la cicatrización completa	Número de días transcurridos desde el inicio del tratamiento.	Registro de observación clínica	Escala de tiempo (días)	Grupo Experimental: Intervención con Phovia. Grupo	Registro diario durante el estudio
	DEPENDIENTE	Calidad de la cicatriz	Evaluación del estado final de la herida con respecto a cicatrización.	Puntaje en la escala de cicatrices de Hollander modificada tras cicatrización en ambos grupos	Escala de cicatrices de Hollander modificado	Ordinal (puntuación en la escala)	Grupo Experimental: Intervención con Phovia. Grupo control: Seguimiento sin intervención con Phovia	Evaluación al final del estudio

## 1.4. Evaluación estadística

### 1.4.1. Diseño Experimental

#### 1.4.1.1. Unidades experimentales

Se utilizarán 10 unidades (5 experimentales y 5 tipo control) para observar los resultados luego de aplicar energía fluorescente policromática (Phovia) como coadyuvante en cicatrización y regeneración de heridas en caninos (*canis lupus familiaris*) ya que es un muestreo no probabilístico por conveniencia, buscando la efectividad de esta nueva implementación y efectividad en el proyecto (39).

#### 1.4.1.2. Análisis estadístico

- Los datos se registraron sistemáticamente en una hoja de cálculo.
- La evolución semanal del tamaño de las heridas se analizó con un modelo lineal mixto.
- El tiempo de cicatrización y la calidad final de las cicatrices (Escala de Hollander modificada) se compararon entre grupos con la prueba de Mann-Whitney U, por el tamaño muestral reducido.
- Los análisis se realizaron en R Studio y Python (39).

#### 1.4.1.3. Análisis de significancia

- Se consideró un nivel de significancia estadística de  $p < 0.05$ .
- Valores de  $p$  inferiores a este umbral se interpretaron como estadísticamente significativos, lo que indicó evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula.
- Valores de  $p$  mayores a 0.05 se interpretaron como no significativos, manteniéndose la hipótesis nula.
- Se reportaron los valores de  $p$  exactos para una interpretación más precisa de la significancia estadística (39).



## CAPÍTULO IV

## 1. Resultados

Tabla 9

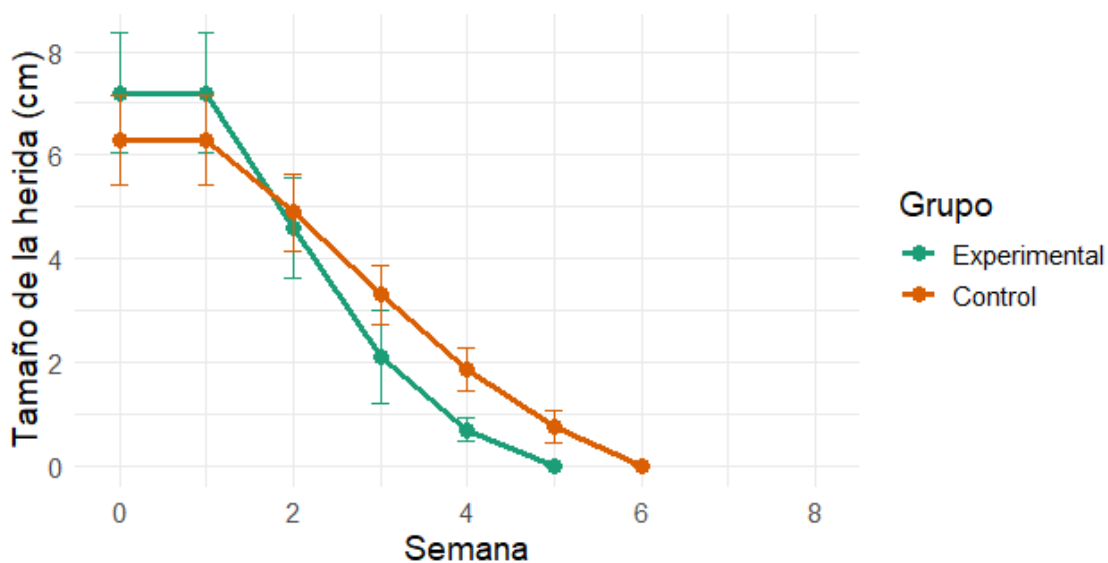
**Coefficientes del modelo lineal mixto para la evolución semanal del tamaño de la herida según Grupo de tratamiento.**

Efecto	$\beta$	Error estándar	t	p-valor
Intercepto (Experimental)	7.85	1.12	6.98	0.0001
Grupo (Control vs Experimental)	-0.94	1.58	-0.595	0.568
Semana (Grupo experimental)	-1.71	0.19	-8.76	0.00001
Interacción (Grupo*Semana)	0.517	0.26	1.91	0.090

El análisis evidenció que al inicio del estudio (Semana 0) y en el grupo experimental el tamaño promedio de las heridas fue de aproximadamente 7.85 cm, respecto al efecto del grupo (Control vs Experimental) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el tamaño inicial de las heridas entre el grupo experimental (Phovia) y el grupo control (coeficiente  $\beta = -0.94$  cm;  $p = 0.568$ ), lo cual indica que ambos grupos comenzaron el estudio en condiciones comparables. Así mismo se evidenció un efecto significativo del tiempo (Semana) sobre la reducción del tamaño de las heridas (coeficiente  $\beta = -1.71$  cm/semana;  $p = 0.00001$ ), indicando que, en promedio, el tamaño de la herida disminuyó aproximadamente 1.71 centímetros por cada semana transcurrida. Por último, la interacción entre el grupo de tratamiento y el tiempo (coeficiente  $\beta = 0.517$  cm/semana;  $p = 0.090$ ) mostró una tendencia hacia una mayor velocidad de cicatrización en el grupo experimental tratado con Phovia, este resultado sugiere que los perros tratados con Phovia podrían haber presentado una reducción semanal adicional de aproximadamente 0.517 centímetros en el tamaño de la herida en comparación con lo tratados en el grupo control. Sin embargo, esta diferencia no alcanzó significancia estadística al nivel convencional ( $p < 0.05$ ), lo que puede atribuirse en parte al reducido tamaño de la muestra.

**Figura 18**

**Comparación de reducción del tamaño de herida entre grupos (experimental y control).**



En la figura, se observa que en el grupo experimental tratado con Phovia muestra una reducción más rápida del tamaño de la herida (-1.71 cm/semana), alcanzando la cicatrización completa alrededor de la semana 5. Por su parte, el grupo control presenta una cicatrización más lenta (-1.193 cm/semana), logrando el cierre completo aproximadamente hacia la semana 6.

Tabla 10

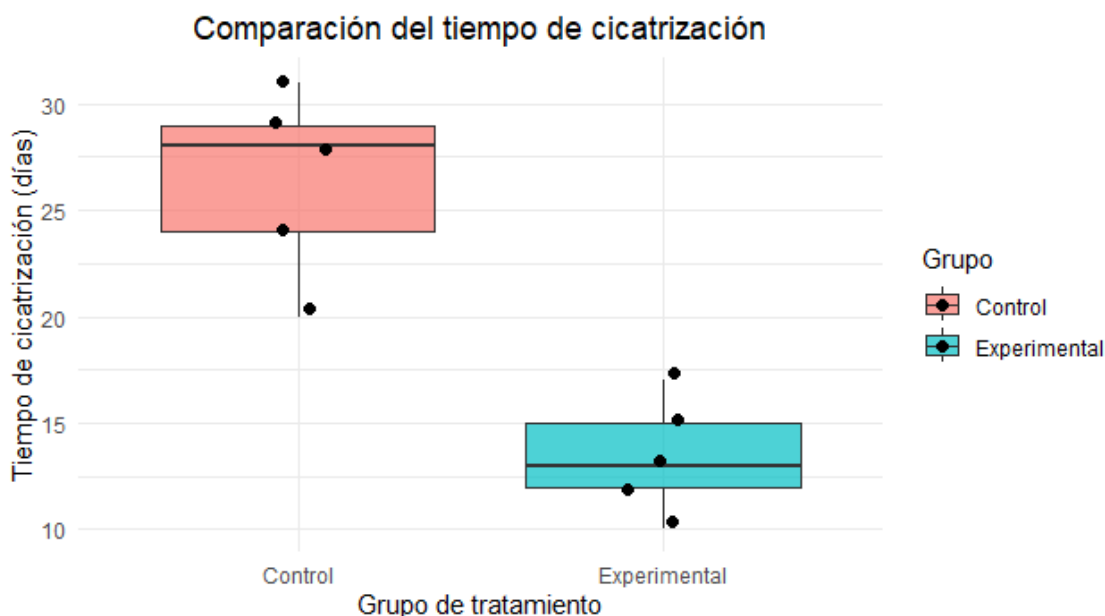
Comparación del tiempo de cicatrización (en días) entre el grupo experimental (Phovia) y el grupo control mediante prueba de Mann-Whitney U.

Grupos	n	Media (días)	D. Estándar (Días)	W	p-valor
G. Experimental	5	13.4	2.7	25	0.0079
G. Control	5	26.4	4.4		(<0.05)

Se compararon los tiempos de cicatrización entre el grupo experimental (tratado con energía lumínica FLE policromática - Phovia) y el grupo control. El grupo experimental presentó un tiempo promedio de cicatrización de 13.4 días, mientras que el grupo control presentó un tiempo promedio de 26.4 días. Debido al tamaño reducido de la muestra (n = 5 por grupo) y la naturaleza de los datos, se aplicó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney U, el resultado fue estadísticamente significativo (W = 25, p = 0.0079), lo que indica que existen diferencias significativas en los tiempos de cicatrización entre ambos grupos, es decir el uso de Phovia permitió reducir de manera importante el tiempo necesario para la cicatrización completa de las heridas cutáneas en comparación con el grupo control, lo cual evidencia la eficacia del tratamiento lumínico en la aceleración del proceso cicatricial.

Figura 19

Comparación del tiempo de cicatrización en los grupos (Control y Experimental).



La figura muestra una comparación del tiempo de cicatrización entre dos grupos de tratamiento: un grupo control y un grupo experimental tratado con energía lumínica FLE policromática, comercialmente conocida como Phovia. Los resultados indican que ambos grupos presentan valores atípicos, la dispersión de los datos en el grupo experimental es menor en comparación con el grupo control, lo que sugiere mayor uniformidad en los resultados, pese a la presencia de algún caso extremo. Por el contrario, el grupo control muestra una variabilidad más amplia y valores más alejados del rango intercuartílico. En conjunto, estos resultados sugieren que el tratamiento con Phovia podría ser una estrategia eficaz para acelerar el proceso de cicatrización de heridas, reduciendo significativamente los tiempos de recuperación en comparación con el tratamiento convencional.

Tabla 11

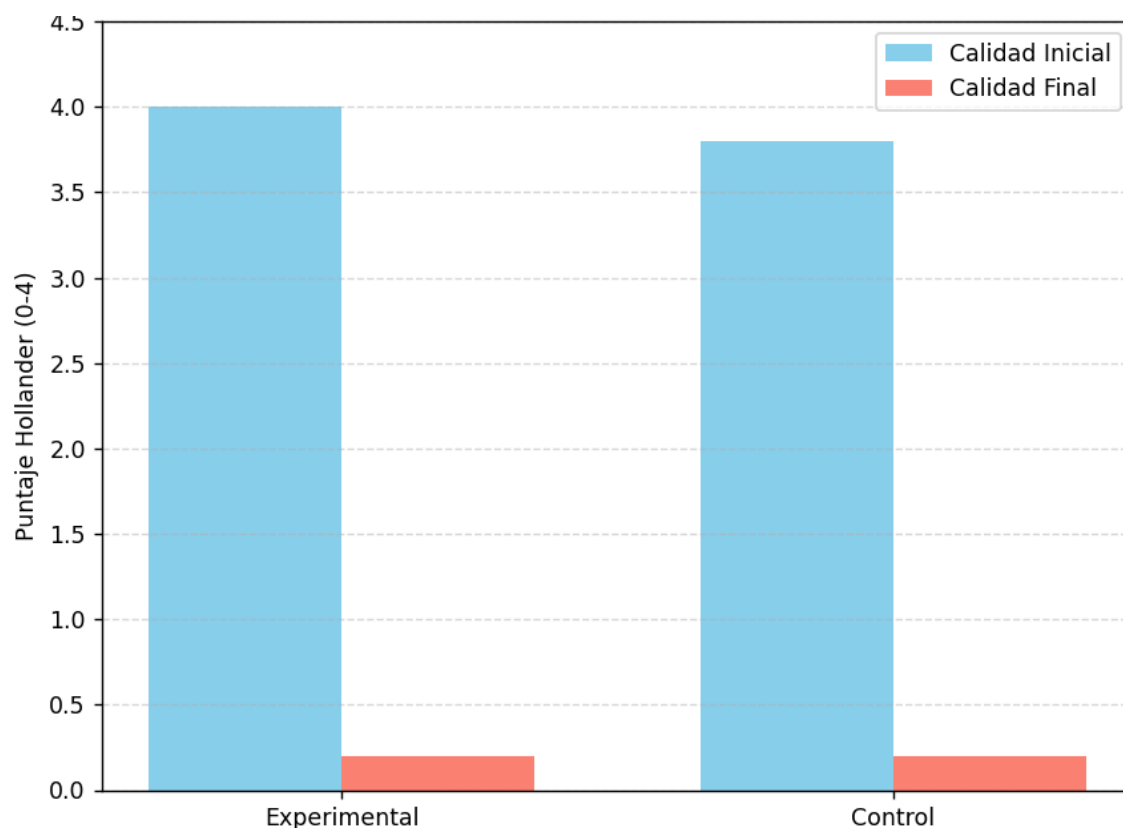
**Comparación de la calidad de la cicatriz antes y después del tratamiento según grupo  
(Experimental y Control)**

Comparación	Prueba	Estadístico	p-valor
Experimental (pre vs post)	Wilcoxon pareado	0.0	0.0625
Control (pre vs post)	Wilcoxon pareado	0.0	0.0625
Experimental vs Control (cambio)	Mann-Whitney U	10.0	0.6005

Se analizó la calidad de las cicatrices antes y después del tratamiento, utilizando la escala de Hollander modificada (0-4). En el grupo experimental (Phovia), la comparación pre y post tratamiento mediante la prueba de Wilcoxon pareado mostró una mejora en la calidad de la cicatriz; sin embargo, esta diferencia no fue estadísticamente significativa (estadístico = 0.0;  $p = 0.0625$ ). De igual forma, el grupo control presentó una mejoría, pero tampoco alcanzó significancia estadística (estadístico = 0.0;  $p = 0.0625$ ). Posteriormente, al comparar los cambios de calidad entre ambos grupos mediante la prueba de Mann-Whitney U, no se hallaron diferencias significativas (estadístico = 10.0;  $p = 0.6005$ ). Estos resultados indican que ambos tratamientos produjeron mejoría en la calidad de la cicatriz, pero sin diferencias estadísticamente significativas entre los grupos.

Figura 20

Comparación de calidad de cicatrices antes y después del tratamiento.



La figura compara la calidad de las cicatrices, medida a través del puntaje Hollander, antes y después del tratamiento, en dos grupos: el grupo experimental, tratado con energía lumínica FLE policromática (Phovia), y el grupo control. Antes del tratamiento, ambos grupos presentaban puntuaciones muy altas en la escala de Hollander: el grupo experimental con un puntaje promedio de 4.0 y el grupo control con 3.8, lo que indica que la calidad inicial de las cicatrices era baja en ambos casos, es decir, se encontraban en condiciones similares. Después del tratamiento, ambos grupos mostraron una mejoría significativa, alcanzando un puntaje promedio de aproximadamente 0.2, lo cual representa una calidad de cicatriz final muy alta. Esta mejora se observa tanto en el grupo experimental como en el control, y la diferencia entre ambos parece ser mínima en el resultado final.

## DISCUSIÓN

El análisis de los resultados muestra que, al inicio del estudio (Semana 0), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos experimental y control en el tamaño inicial de las heridas. El grupo experimental mostró una reducción promedio de 1.71 cm por semana ( $p < 0.0001$ ), mientras que el grupo control presentó una reducción promedio de 0.94 cm ( $p = 0.568$ ). Sin embargo, el grupo experimental trató con Phovia mostró una mayor velocidad de cicatrización, alcanzando la cicatrización completa alrededor de la semana 5, mientras que el grupo control tardó aproximadamente hasta la semana 6. Esta diferencia en la velocidad de cicatrización entre ambos grupos sugiere que el tratamiento con Phovia es más eficaz para acelerar la cicatrización de las heridas (10).

Al abordar el primer objetivo específico, orientado a evaluar el tiempo de cicatrización los resultados mostraron que el grupo experimental sí presentó una reducción significativa del tiempo de cicatrización con un promedio de  $13.4 \pm 2.7$  días frente a  $26.4 \pm 4.4$  días en el grupo control ( $p = 0.0079$ ), dichos resultados se alinean con los encontrados por Barale et al donde el tratamiento con Phovia permitió reducir sustancialmente el tiempo de resolución clínica (40). Asimismo, coinciden con los estudios Tizi et al y Brullo et al que han reportado reducciones significativas en los tiempos de cicatrización utilizando biomodulación fluorescente, reafirmando la capacidad de esta tecnología para acelerar el cierre de heridas (41,42). Por el contrario, este hallazgo contrasta con lo observado en el estudio de Ñaccha, Jesus, donde el uso de crema de hojas de "ñuñunga" mostró mejoras limitadas en la velocidad de cicatrización (52-70% de eficiencia), pero no diferencias tan marcadas como las obtenidas con FLE (12).

Respecto al segundo objetivo, al evaluar la calidad cicatricial se observó que en ambos grupos (experimental y control) hubo una notable mejora a lo largo del seguimiento. En el grupo experimental, los pacientes pasaron de puntuaciones iniciales de 4 (máxima alteración estética) a puntuaciones finales de 0 o 1 en la mayoría de los casos, mientras que el grupo control mostró un patrón de mejoría similar. Los resultados desde el punto de vista estadístico, utilizando las pruebas de Wilcoxon pareado y Mann-Whitney U, no mostraron diferencias significativas ( $p = 0.0625$  y  $p = 0.6005$ , respectivamente). Sin embargo, los resultados reflejan una tendencia favorable en el grupo experimental hacia una mejor calidad estética de las cicatrices, aunque dicha tendencia no alcanzó significancia estadística bajo los criterios convencionales de  $p < 0.05$ . Estos resultados son concordantes con los estudios de Barros, Adriana, Marchegiani et al y Gariboldi et al, quienes han reportado que la biomodulación fluorescente puede favorecer una mejor organización de las fibras de colágeno, disminuir el infiltrado inflamatorio dérmico

y promover cicatrices de mejor calidad estética, aunque en ocasiones los tamaños muestrales limitados dificultan alcanzar diferencias estadísticamente significativas (33,37,43).



## CONCLUSIONES

- PRIMERA:** En cuanto a la evolución del tamaño de la herida en el grupo control, se observó una reducción promedio de  $-0.94$  cm durante el estudio ( $p = 0.568$ ), lo que refleja que la cicatrización en este grupo fue más lenta en comparación con el grupo experimental. El grupo experimental, tratado con Phovia, mostró una reducción promedio de  $-1.71$  cm por semana ( $p < 0.0001$ ), lo que indica una cicatrización más rápida. Estos resultados evidencian que el tratamiento con Phovia acelera significativamente la curación de las heridas.
- SEGUNDA:** Al analizar específicamente el tiempo total de cicatrización, se evidenció que el grupo experimental tratado con Phovia presentó una reducción significativa en el tiempo de cierre de las heridas ( $13.4 \pm 2.7$  días) en comparación con el grupo control ( $26.4 \pm 4.4$  días), resultado estadísticamente significativo ( $p = 0.0079$ ). Esto demuestra que el tratamiento experimental favoreció una recuperación más rápida de las heridas.
- TERCERA:** Al evaluar la calidad de las cicatrices de los perros antes y después de experimento mediante la escala de Hollander modificada, se evidencio que ambos grupos lograron una buena evolución cicatricial con puntuaciones mínimas finales de 0 a 1. Las pruebas estadísticas no evidenciaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ); sin embargo, se observó una tendencia favorable en el grupo experimental hacia una mejor organización estética de la cicatriz.
- CUARTA:** En conjunto, el uso de la energía lumínica FLE policromática (Phovia) demostró ser una herramienta terapéutica segura y de utilidad clínica en la práctica veterinaria, contribuyendo a reducir los tiempos de cicatrización y mostrando un potencial beneficio en la calidad estética de las cicatrices.

## RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** Si bien el tratamiento con Phovia ha demostrado ser eficaz en acelerar la cicatrización de heridas, se deben considerar algunas limitaciones. En primer lugar, existen contraindicaciones para pacientes con ciertas condiciones de piel, como enfermedades cutáneas graves o infecciones que impiden el uso de este tratamiento. Además, el tratamiento puede causar reacciones adversas en pacientes con fotosensibilidad, por lo que es importante evitar la exposición a la luz solar directa durante el tratamiento. Estos factores deben ser tomados en cuenta antes de administrar el tratamiento con Phovia, por lo que se recomienda realizar una evaluación adecuada de cada paciente.
- SEGUNDA:** Después de obtener la clasificación y valoración de la calidad de las cicatrices obtenidas tras el tratamiento con energía lumínica FLE policromática (Phovia), utilizando la escala de cicatrices de Hollander modificada, se recomienda realizar un seguimiento a largo plazo de los pacientes tratados con PHOVIA para evaluar la estabilidad y durabilidad de las cicatrices, así como su impacto funcional y estético en la piel de los perros tratados.
- TERCERA:** Ampliar el diseño experimental, incluyendo grupos de comparación adicionales, periodos de seguimiento más prolongados y protocolos de aplicación alternativos (variando frecuencia e intensidad del tratamiento), lo que permitirá establecer protocolos clínicos óptimos.
- CUARTA:** Complementar los estudios con análisis histológicos y moleculares, evaluando la organización del colágeno (tipo I y III), proliferación celular (Ki67), neovascularización (VEGF, factor VIII), infiltrado inflamatorio y remodelación tisular, para aportar evidencia objetiva de los mecanismos biológicos de la cicatrización bajo el efecto de la energía lumínica FLE.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

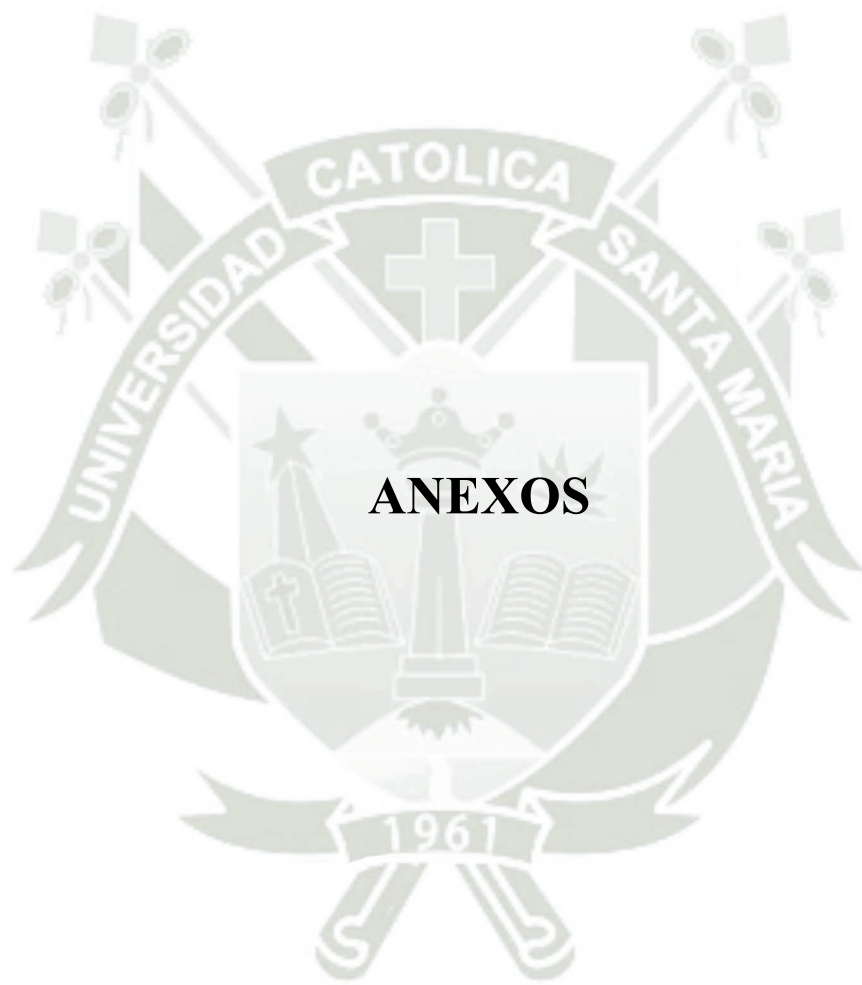
1. Vetoquinol. Indicaciones de uso energía lumínica FLE. [Online].; 2021.
2. Marchegiani A. Energía lumínica FLE en dermatología canina. Reparación cutánea por estimulación lumínica. [Online].; 2022.
3. Moriello K. Estructura de la piel en los perros. [Online].; 2018. Available from: <https://www.msdrvmanual.com/es/propietarios-de-perros/trastornos-de-la-piel-de-los-perros/estructura-de-la-piel-en-los-perros>.
4. Hargis A, Myers S. The integument. Pathologic basis of veterinary disease. 2017;; 1009.
5. Jackson H, Marsella R. BSAVA Manual of Canine and Feline Dermatology; 2012.
6. Castellanos et al. Estructura histológica normal de la piel del perro (estado del arte). Revista de medicina veterinaria. 2005;(10): 109-122.
7. Ruiz S. Efecto de la administración de ácidos grasos Omega-3 en la cicatrización de heridas quirúrgicas en conejos mascota (*Oryctolagus cuniculus*): [Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Medicina Veterinaria y Zootecnia]; 2023.
8. Marchegiani et al. A prospective, blinded, open-label clinical trial to assess the ability of fluorescent light energy to enhance wound healing after mastectomy in female dogs. *Animals*. 2024; 14(8): 1250.
9. Fernández et al. La cicatrización de las heridas; 2008.
10. Benites C. Evaluación del tiempo de cicatrización en heridas quirúrgicas cutáneas abdominales tras la aplicación del plasma rico en plaquetas en un modelo animal: [Tesis para optar el Título Profesional de Médico Veterinario]; 2019.
11. Gutiérrez J. Cicatrización de las heridas en perros y gatos; 2022.
12. Ñaccha J. Efecto cicatrizante de la crema de “ñuñunga” (*Solanum nitidum* R&P) en el tratamiento de heridas externas de canes, Ayacucho 2015: [Tesis para optar el Título Profesional de Médico Veterinario]; 2016 Disponible en: <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/006a8759-a61e-49c7-9283-9928234529ab/content>.
13. Marini et al. Consenso sobre cicatrización de heridas; 2008.
14. Cruz J. Principios básicos del manejo de las heridas. *Revista Veterinaria y Zootecnia (On Line)*. 2008; 2(1): 70-81.

15. Singer et al. Cutaneous wound healing. *New England journal of medicine*. 1999; 341(10): 738-746.
16. Vargas M. Principios quirúrgicos de Halsted en medicina veterinaria. *Revista Agrociencia*. 2021; 5(20): 79-83.
17. Marchegiani et al. Management of canine perianal fistula with fluorescence light energy: preliminary findings. *Veterinary Dermatology*. 2020; 31(6): 460-e122.
18. American College of Veterinary Surgeons. Fístulas Perianales. [Online].; 2014.
19. Machicote G. Uso de la fototerapia como adyuvante en el tratamiento de las fístulas perianales del pastor alemán. [Online].; 2021.
20. Marchegiani et al. Fluorescence biomodulation in the management of canine interdigital pyoderma cases: a prospective, single-blinded, randomized and controlled clinical study. *Veterinary dermatology*. 2019; 30(5): 371-e109.
21. Marchegiani et al. Fluorescence biomodulation for canine interdigital furunculosis: updates for once-weekly schedule. *Frontiers in Veterinary Science*. 2022; 9: 880349.
22. Carrasco I. Herida quirúrgica-experiencia clínica; 2022.
23. Horn et al. Experiencias clínicas manejo de heridas; 2022.
24. Álvarez et al. Casos clínicos de dermatología veterinaria (I): Experiencias prácticas. Terapia por energía lumínica FLE. *Argos: Informativo Veterinario*. 2024;(255): 24-25.
25. Augusta Wellness Technologies. Artículo sobre la terapia con luz roja o fotobiomodulación. [Online].; 2023. Available from: <https://www.augusta-aparatologia-medica-estetica.com/post/fotobiomodulacion-terapia-luz-roja>.
26. Tait J. Using Fluorescent Light Energy for Dermatologic Therapy; 2023.
27. Vetoquinol Especialidades Veterinarias. Dermatología. [Online].; 2024.
28. Jiménez A. Aplicaciones actuales de la biomodulación por fluorescencia en medicina veterinaria. [Online].; 2024.
29. Langella et al. Photobiomodulation therapy (PBMT) on acute pain and inflammation in patients who underwent total hip arthroplasty—a randomized, triple-blind, placebo-controlled clinical trial. *Lasers in medical science*. 2018; 33: 1933–1940.

30. Salvaggio et al. Efecto del sistema tópico de biomodulación fluorescente Klox en la cicatrización de heridas quirúrgicas caninas. *Veterinary Surgery*. 2020; 49(4): 719-727.
31. Marchegiani et al. Current applications and future perspectives of fluorescence light energy biomodulation in veterinary medicine. *Veterinary sciences*. 2021; 8(2): 20.
32. Vetoquinol. Cómo funciona Phovia. [Online].; 2020.
33. Vetoquinol. Phovia Gel fotoconvertidor tópico. Instrucciones de uso; 2022.
34. Barros A. Análisis del desarrollo de sustitutos de piel mediante ingeniería de tejidos: [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Bioquímico]; 2022.
35. Schleder et al. Effects of low-level laser therapy at wavelengths of 660 and 808 nm in experimental model of osteoarthritis. *Photochemistry and photobiology*. 2012; 88(1): 161-166.
36. Aisa J, Parlier M. Local wound management: A review of modern techniques and products. *Veterinary Dermatology*. 2022; 33(5): 463-478.
37. Marchegiani et al. Exploring fluorescent light energy as management option for canine superficial bacterial folliculitis. *Frontiers in Veterinary Science*. 2023; 10: 1155105.
38. Marchegiani et al. The effectiveness of fluorescent light energy as adjunct therapy in canine deep pyoderma: a randomized clinical trial. *Veterinary Medicine International*. 2021; 2021(1): 6643416.
39. Marchegiani et al. Fluorescence light energy in the management of lacerated and contused wound in a horse. In *Abstract book ASVM forum 2022: International Forum on Animal Science and Veterinary Medicine*. 2022;; p. 5-5.
40. Hernández et al. *Metodología de la investigación*: McGraw Hill; 2014.
41. Barale et al. Fluorescent light energy therapy for the treatment of interdigital furunculosis in dogs. *Veterinary Record Case Reports*. 2021; 9(4): e002165.
42. Tizi et al. Fluorescent light energy therapy for canine interdigital pyoderma: a pilot study. *Veterinary Record Case Reports*. 2020; 8(3): e001473.
43. Brullo et al. Evaluation of fluorescent light energy as an adjunct therapy for interdigital furunculosis in dogs: a prospective study. *Veterinary Dermatology*. 2022; 33(2).
44. Gariboldi et al. Clinical evaluation of the effect of fluorescent light energy on canine deep pyoderma: a preliminary study. *Veterinary Dermatology*. 2020; 31(2): 132-e30.

45. Salvaggio et al. Incisiones quirúrgicas caninas: Aprovechando el poder de la terapia por energía luminica FLE para acelerar la resolucio clinica. Veterinary Sugery. 2020; 49: 719-27.
46. Catalan M. Patología. [Online].; 2023.





**ANEXO 1**  
**BASE DE DATOS**

ID Paciente	Nombre del Paciente	Edad	Raza	Sexo	Tamaño inicial de la herida	Tamaño de la herida	Tamaño de la herida	Tamaño de la herida	Tamaño de la herida	Tamaño de la herida	Tamaño de la herida	Tamaño de la herida	Tamaño de la herida	Tamaño final (cm)	Tiempo de cicatrización	Calidad de la cicatriz	Calidad de la cicatriz	Eventos adversos			Edad	Raza	Sexo	Tamaño inicial de la herida	Tamaño de la herida	Tamaño de la herida	Tamaño de la herida	Tamaño de la herida	Tamaño de la herida	Tamaño de la herida	Tamaño de la herida	Tamaño de la herida	Tamaño final (cm)	Tiempo de cicatrización	Calidad de la cicatriz	Calidad de la cicatriz	Eventos adversos
001	Luna Escobedo	8 años	Lhasa Apso	Hembra	4	4	2	0	0	0	0	0	0	10	4	1	Inflamación leve	0	0	12 años	Weimaraner	macho	9	9	7	5	3	5	0	0	0	0	28 días	4	0	Ninguno	
002	Toffy Pampa	12 años	Schnauzer	Machos	8	8	4	0	0	0	0	0	0	12	4	0	Ninguno	0	0	7 años	bulldog frances	hembra	6.5	6.5	5	3	5	2	1	0	0	0	31 días	4	0	Ninguno	
003	Togos Santos	2 años	SRD	machos	6	6	4	2	0	0	0	0	0	17	4	0	Ninguno	0	0	14 años	SRD	Machos	7	7	6	4	5	3	0	0	0	29 días	4	0	Ninguno		
004	Nina Mitchell	12 años	SRD	Hembra	11	11	8	5	1	0	0	0	0	15	4	0	ninguno	0	0	5 años	Shih tzu	Machos	4	4	3	2	1	0	0	0	0	20 días	3	0	Infección leve		
005	Pipos Matto	13 años	Bichon Frise	Machos	7	7	5	3	1	0	0	0	0	13	4	0	Ninguno	0	1	11 años	Bichon Frise	Hembra	5	5	3	5	2	0	8	0	0	0	24 días	4	1	Inflamación leve	