



Universidad Nacional del Nordeste

Facultad de Ciencias Veterinarias

Corrientes - Argentina

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

MÓDULO DE INTENSIFICACIÓN PRÁCTICA

**FOTOTERAPIA PARA LA CICATRIZACIÓN DE HERIDA EN UN
PACIENTE FELINO.**

OPCIÓN: CLÍNICA DE PEQUEÑOS ANIMALES.

TUTOR EXTERNO: M.V. RAMIREZ, Rocío Lilian (Veterinaria del
Sol).

TUTOR INTERNO: M.V. LOPEZ RAMOS, Mayra Luz (FCV-UNNE).

RESIDENTE: BUYATTI, Carolina Angélica.

e-mail: carolinabuyatti8@gmail.com

-ANO 2023-

INDICE

RESUMEN.....	6
INTRODUCCION.....	7
Propiedades físicas de la luz.....	9
LED (Ligth emmitting diode).....	10
Piel.....	11
Anatomía de la piel.....	12
Herida.....	13
Cicatrización.....	13
Tipos de cicatrización.....	14
Uso de fototerapia en animales.....	15
OBJETIVOS.....	16
MATERIALES Y METODOS.....	17
Caso clínico.....	18
Plan de rehabilitación /Protocolo de fototerapia.....	19
RESULTADOS.....	19
DISCUSION.....	23
CONCLUSION.....	25
BIBLIOGRAFIA	

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo a mi familia, principalmente a mi hija Celena Speranza quien ha sido mi compañera incansable en las largas jornadas de estudio.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco a los doctores Luis Peralta y Roberto Cardozo por permitirme realizar la residencia en la “Veterinaria del Sol”, Al gran equipo de profesionales que se desempeñan en los distintos servicios Ana Martínez, Lía Placanica y Liliana Severini por compartir sus conocimientos de manera desinteresada.

Especialmente agradezco a mi tutora externa Rocío Ramírez, por dejar que forme parte de su labor y brindarme herramientas durante el desarrollo de mi trabajo final de graduación.

A mi tutora interna la M. V. Mayra López Ramos, por aceptar el desafío.

A mis grandes amigos y compañeros de estudio por su apoyo constante y hacer que todo fuera más fácil durante estos años especialmente a Eduardo Alegre, Magali Frete y Romina Cinat.

Al padre de mi hija Waldo Speranza por siempre alentarme, principalmente a Celena por adaptarse a los cambios y a ambos por brindarme su apoyo incondicional.

RESUMEN

La fototerapia es un tipo de alternativa que se practica dentro de la fisioterapia la cual consiste en el empleo terapéutico de la luz, esta terapia utiliza niveles bajos de energía para generar efectos atérmicos, no traumáticos en los tejidos y permite la reducción de la inflamación y aumento de reparación en los mismos. El objetivo fue observar la evolución del proceso de cicatrización por segunda intención en una herida tras la aplicación de fototerapia (LED), en un felino domestico con una lesión cutánea en la región lumbosacra, en el que se utilizó un tratamiento alternativo de fototerapia LED con diodos infrarrojos (904 nm) rojos (670 nm) y amarillos (590 nm), al que se le realizaron un total de 7 sesiones en 13 días de tratamiento. Como resultado, se observó el comienzo de la reducción del tamaño de la lesión después de la segunda sesión de fototerapia, logrando el cierre casi completo de la herida al décimo tercer día. La evolución de la cicatrización fue en un tiempo menor a diferencia de lo reportado en otras especies, lo que sugiere que la fototerapia favoreció el proceso de curación de la herida en el paciente generando buenos resultados cualitativos observados de manera subjetiva.

INTRODUCCION

La fisioterapia puede tener un importante papel en la cicatrización de heridas, pues posee recursos terapéuticos capaces de acelerar este proceso, dentro de estos recursos se destaca la fototerapia (William *et al.*, 2005). Se trata de un tratamiento no invasivo con luz bajo ciertas características de potencia y longitud de onda, la cual puede generar luz visible, infrarroja y ultravioleta (Mancuso *etal.*, 2021).

Se define como fototerapia al empleo terapéutico de la luz (Cameron, 2019); en su concepto moderno, la fototerapia se basa en la utilización de niveles bajos de energía de luz para la promoción de efectos atérmicos y no traumáticos en los tejidos, siendo uno de los recursos alternativos más utilizados en la práctica clínica para la reducción de la inflamación y el aumento de la reparación en los diversos tejidos (Mattos; 2012).

La luz es una onda electromagnética que se propagan en dos tipos de campos, el eléctrico y el magnético, perpendiculares entre sí y a la dirección de avance como lo indica la *Figura 1* (Cameron; 2019).

En forma básica los efectos de la luz tienen tres componentes físicos, uno térmico que lo determinan las radiaciones infrarrojas y rojas es el responsable del calentamiento de los cuerpos, uno visible responsable de la luminosidad y otro ultravioleta más energético que genera radiaciones fotoquímicas encargadas de la activación o aceleración de algunas reacciones químicas celulares caracterizadas por su escaso poder de penetración. En sentido amplio la fototerapia incluye el tratamiento con los tres tipos de energías tanto en forma natural de producción, considerando al sol como agente terapéutico como en aquellas formas artificiales de producción de radiaciones infrarrojas y ultravioletas. Se integran también formas especiales de emisión como la radiación láser (Martínez Morrillo *et al*; 1998).

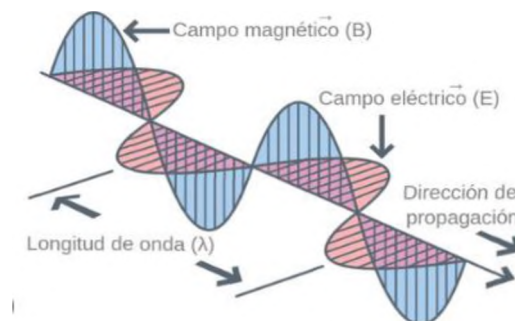


Figura 1. Ondas Electromagnéticas. Fuente: Cameron 2019.

Todas las radiaciones tienen idénticas características físicas, es decir, están formadas por fotones, paquetes de energía que son transportados por ondas electromagnéticas vinculadas a dichos paquetes (Cabello Albornoz *et al*; 2012).

La energía capaz de transferir una radiación electromagnética viene determinada principalmente por la frecuencia en que se transmite esa radiación. (Cabello Albornoz *et al*; 2012)

Dentro del espectro electromagnético (*Figura 2*) los tipos de radiaciones se clasifican según su frecuencia y longitud de onda, las cuales son inversamente proporcionales entre sí, la longitud de onda disminuye a medida que aumenta la frecuencia. De esta forma se puede establecer una clasificación del conjunto de radiaciones electromagnéticas según la energía que son capaces de transportar. La radiación electromagnética de menor frecuencia, como las ondas de radio, las microondas, la radiación infrarroja (IR), la luz visible y la ultravioleta (UV), es no ionizante, lo que significa que no logra romper enlaces moleculares ni producir iones, por lo que puede utilizarse para aplicaciones médicas terapéuticas. La radiación electromagnética de mayor frecuencia, tales como los rayos X y los rayos gamma, es ionizante y puede romper enlaces moleculares para formar iones. La radiación ionizante puede inhibir también la división celular, por lo que no se emplea en la práctica clínica o se emplea en dosis sumamente pequeñas para obtener imágenes, o en dosis más altas para destruir tejidos (Cameron; 2019).

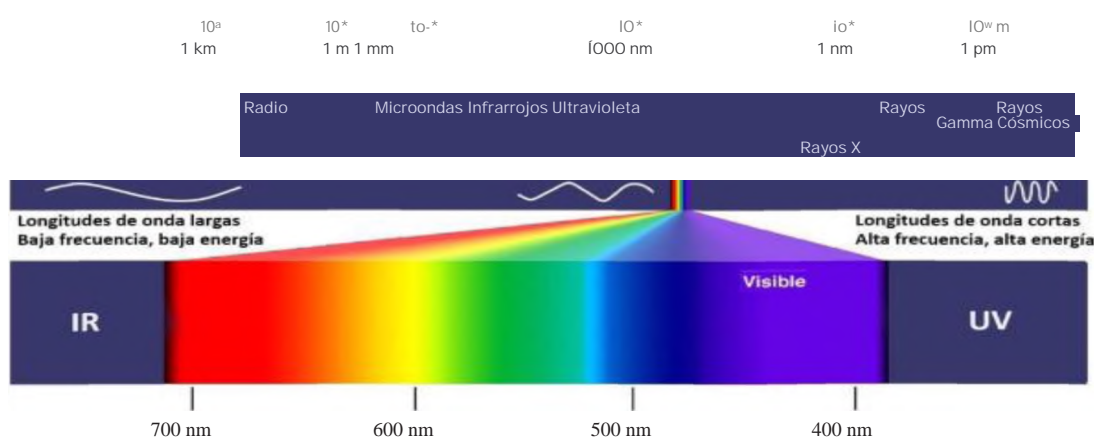


Figura 2. Espectro Electromagnético donde se puede apreciar el rango de acción de la fototerapia en infrarrojo (IR), visible y ultravioleta (UV). Fuente: [ESPECTRO-ELECTROMAGNETICO-LUZ-VISIBLE ipg \(1555x7991 iexnerimentoscientificos.es\)](https://www.iexnerimentoscientificos.es/)

Propiedades físicas de la luz

Macroscópicamente en el empleo de la fototerapia interesa la interacción de las radiaciones con la materia en las interfaces mediante los fenómenos de reflexión y refracción y en el interior del medio donde tiene lugar la transmisión, hecho que depende de los fenómenos de absorción o dispersión. La fracción de un haz luminoso que al incidir sobre un tejido va a conseguir un efecto determinado será aquella que realice el fenómeno de absorción ya que los efectos biológicos de una radiación no son resultado de la energía del haz incidente, sino de la energía que dicho haz cede al medio (Martínez Morrillo *et al.*, 1998; Albornoz Cabello *et al.*, 2012; Juárez Salazar., 2019; García García., 2021).

Diversas son las posibilidades en la interacción de los fotones de una fuente luminosa al atravesar un material en este caso tejido biológico de un espesor determinado. Parte de los fotones pueden ser reflejados desde la superficie iluminada o sufrir dispersión en el interior del medio hasta el exterior de la superficie, en ambas situaciones la luz es remitida desde la cara tisular iluminada y supone la pérdida de una fracción (Martínez Morrillo *et al.*, 1998; Albornoz Cabello *et al.*, 2012; Juárez Salazar, 2019; García García., 2021).

Puede ser que parte de los fotones del haz incidente sean dispersados dentro del tejido con lo que terminan por emerger por la cara opuesta a la iluminada o terminan por absorberse en el tejido cediendo su energía (*Figura 3*). Por último, Un fotón puede ser transportado sin desviarse a través del tejido y emerger con su curso original, lo cual es menos probable cuanto mayor es el espesor de la superficie tisular (Martínez Morrillo *et al.*, 1998).

Cuando se irradian estructuras inhomogéneas como son los tejidos se producen conjuntamente absorción y dispersión. La forma en que esto sucede depende de factores físicos como lo son la longitud de onda de la radiación o el tamaño de las partículas tisulares, en la absorción cobra importancia un factor adicional, la presencia de determinados pigmentos, elementos cromóforos como la melanina, hemoglobina mioglobina, etc. son ejemplos de algunas sustancias que absorben luz en los sistemas biológicos y van a marcar la diferencia de absorción de un tejido a otro. El grado de penetración de una longitud de onda determinada dependerá de la absorción de estos pigmentos y de la absorción competitiva de otros elementos celulares. Algunos fotones incidentes sobre el tejido son retro dispersados y emergen por la cara incidente, la

mayor parte de la luz reflejada está dada por esta retro dispersión (Martínez Morrillo *et al*; 1998).

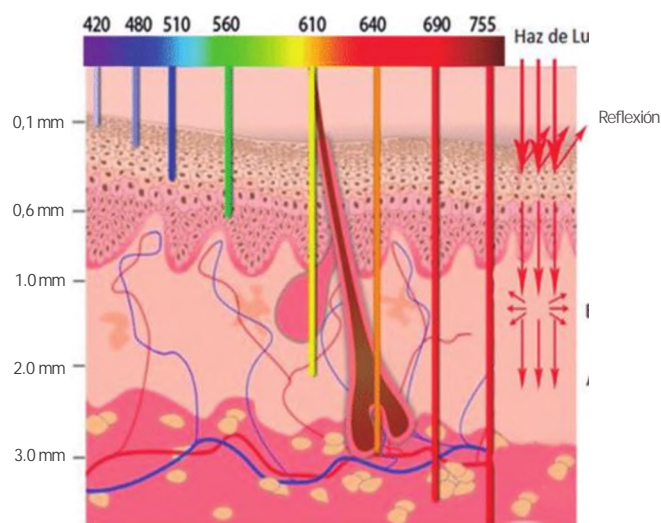


Figura 3. Propiedades físicas de la luz y penetración en la piel según la longitud de onda. Adaptado de Muñoz *et al*, 2017.

LED (Light emitting diode)

Una opción de fototerapia promisoría en la práctica clínica es el LED (light emitting diode) que son diodos semiconductores. El LED emite luz que es utilizada con una longitud de onda que varía de 405nm (azul) a 1000 nm (infrarrojo), (William *et al.*, 2005).

Los primeros registros sobre la utilización de la luz con fines clínicos implicaban al uso de luz solar. La fototerapia logró la aceptación en la era moderna con la llegada del láser y recientemente con los diodos emisores de luz (LED) (Cameron, 2019).

Los LED producen luz de baja intensidad que puede parecer de un solo color, pero que no es coherente ni monocromática, tampoco es direccional y se dispersa ampliamente a diferencia de los láser. Los aplicadores terapéuticos que utilizan LED como fuente de luz por lo general incluyen 30 LED o más en una matriz o agrupados, de modo que cada LED tiene una potencia de emisión baja. Aunque la baja potencia de los LED puede aumentar el tiempo necesario para el tratamiento, el elevado número de diodos y su divergencia permiten aplicar la energía lumínica en un área amplia (Cameron, 2019).

En cuanto a su longitud de onda los aplicadores de terapia de luz de baja intensidad, emiten luz en el rango de longitud de onda visible o casi visible del espectro

electromagnético, entre 500 y 1.100 nm. La mayoría de los aplicadores contienen luz **IR** (-700 a 1.100 nm) que con su mayor longitud de onda, penetra a mayor profundidad que la luz roja, por lo que resulta más adecuada para tratar tejidos más profundos, hasta una profundidad de 30 a 40 mm. La luz roja (-600 a 700 nm) es más adecuada para tratar tejidos a una profundidad de 5 a 10 mm, como la piel y el tejido subcutáneo. También se fabrican aplicadores que emiten luz azul (~450-495nm), luz verde (-495-570 nm) y luz amarilla (-570-610 nm), que son más apropiados para tratar el tejido superficial, como la piel o partes blandas expuestas (*Figura 3*) (Cameron, 2019).

La foto-estimulación o foto-ondulación resultante de esa luz actúa sobre la célula, en la permeabilidad, sobre las mitocondrias estimuladoras en la síntesis de ATP (adenosina trifosfato) y en proteínas como colágeno y elastina (William *et al.*, 2005). En heridas cutáneas esta terapia promueve la neoangiogénesis, además de la síntesis de colágeno, produce efectos anti-inflamatorios, proliferación de fibroblastos en tejido epitelial y contracción de la lesión. La energía de la luz que es absorbida por los tejidos, es transformada en energía bioquímica que causa una variedad de reacciones resultando en la modulación de las funciones celulares y estimulación del mecanismo de reparación de los tejidos (Klos *et al.*, 2020). Las fuentes láser (amplificación de la luz por emisión estimulada de radiación) es otra forma de fototerapia bastante utilizada en fisioterapia y el LED son similares desde el punto de vista de la luz emitida es decir, ambos producen una banda espectral relativamente estrecha, teniendo el LED un espectro un poco más amplio, la diferencia radica en el hecho de que la luz que sale del LED no es colimado ni coherente. Esto significa que tiene una diferencia medido en grados que representan una desventaja por un lado, ya que los fotones se distribuyen sobre una superficie mayor pero, constituye la ventaja de que el terapeuta puede cubrir un área mayor dejando el aplicador fijo, sin necesidad de movimientos. Por otro lado, el bajo costo, fácil manejo sumado a la ventaja de que las técnicas fototerapéuticas son mínimamente invasivas a diferencia de otros procedimientos clínicos más tradicionales, llevan a una creciente utilización de la fototerapia en medicina tanto humana como veterinaria (Dalí Agnol *et al.*, 2009; Deland *et al.*, 2007).

Piel

La piel es el órgano más grande y visible del cuerpo y una barrera anatómica y fisiológica entre el animal y el medioambiente, no solo es un órgano con sus propios patrones de reacción, también refleja procesos que ocurren en otras partes del

organismo cuenta con 3 capas principales epidermis, dermis, y el tejido subcutáneo o hipodermis (Miller *et al.*, 2014).

Las funciones generales de la piel es el de ser una barrera física al proteger al cuerpo de lesiones fisicoquímicas, previniendo la entrada de materiales extraños parásitos, agentes infecciosos, a la vez que previene la pérdida de agua, electrolitos, macromoléculas, etc. Actúa además en la defensa inmunitaria que es más que una simple barrera física pasiva, el sistema inmunitario de la piel identifica, bloquea y elimina activamente a los patógenos.

Por otro lado es un órgano clave en la termorregulación ya que trabaja tanto en prevenir la pérdida de calor como para promoverla según sea necesario para optimizar la temperatura corporal central (Noli *et al.*, 2020).

Tiene además funciones metabólicas tanto para mantener la homeostasis de la piel como para cumplir con funciones sistémicas (Noli *et al.*, 2020).

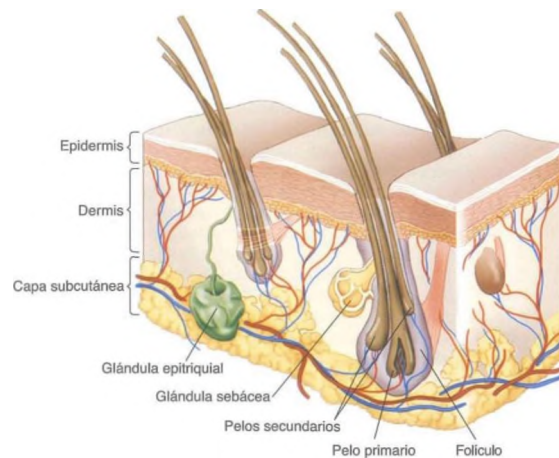
Las glándulas de la piel producen olores importantes que favorecen a la comunicación olfativa de los carnívoros. Y actúa en la Percepción sensorial ya que es el órgano principal de sensación y sus terminaciones nerviosas sensoriales que distinguen dolor, temperatura, prurito y tacto (Noli *etal.*, 2020).

Anatomía de la piel

La piel está organizada en múltiples capas delgadas y discretas que se apilan para crear un órgano (*Figura 4*). La epidermis es la estructura más externa de la piel compuesta por varias capas de células definidas por su posición, forma, morfología y el estado de diferenciación de los queratinocitos. En la epidermis existen 4 tipos de células diferenciadas los queratinocitos (85% de células epidérmicas) los melanocitos (5%) las células de Langerhans (3 a 8%) y las células de Merkel (2%). Ciertas áreas de la epidermis se clasifican como capas o estratos y se denominan de interna a externa capa basal, capa espinosa, capa granular, capa clara y la capa cornea. En general en perros y gatos la epidermis es delgada entre 0,1 a 0,5 mm de espesor, en almohadillas o plano nasal puede llegar a 1,5mm de profundidad (Miller *et al.*, 2014; Noli *et al.*, 2020).

La dermis es una capa gruesa, discreta y organizada de matriz extracelular que proporciona estructura, dureza y flexibilidad a la piel, sostiene a la epidermis y los anexos, así como a los vasos sanguíneos, los vasos linfáticos y los nervios que se encuentran en su interior. Es responsable de la mayor parte de la resistencia a la tracción y la elasticidad de la piel; participa en la regulación del crecimiento, la proliferación, la

adhesión, la migración y la diferenciación celular, además modula la cicatrización de heridas, la estructura y la función de la epidermis (Miller *et al.*, 2014; Noli *et al.*, 2020).



La hipodermis es la capa más profunda y por lo general más gruesa de la piel compuesta por adipocitos dependiendo de la nutrición del animal (Miller *et al.*, 2014; Noli *et al.*, 2020).

Figura 4. Anatomía de la piel. Fuente: Dermatología en pequeños animales. Miller *et al.*, 2014.

Herida

Una herida constituye una interrupción de la continuidad de un tejido corporal, causada por cualquier tipo de trauma físico, químico, mecánico o desencadenado por una afección clínica, que estimula la defensa del organismo lesionado iniciando el proceso de resolución mediante la cicatrización (Maldebaum *et al.*, 2003).

Cicatrización

La cicatrización es un fenómeno fisiológico que se inicia a partir de la pérdida de la integridad de la piel y que busca restaurar la continuidad tisular luego de una lesión. Es una combinación de procesos físicos, químicos, y celulares que restaura el tejido herido o lo reemplaza por colágeno. Es un procedimiento dinámico, que consta de cuatro fases **inflamación**, **desbridamiento**, **reparación** y **maduración** de las heridas, las cuales se superponen en el tiempo (De Rossi, 2009; Fossum, 2009).

En la **fase inflamatoria** ocurre una respuesta protectora de los tejidos que se inicia tras un daño, caracterizada por un aumento de la permeabilidad vascular, quimiotaxis de células circulatorias, liberación de citocinas, factores de crecimiento, y

activación celular. Los mediadores inflamatorios producen la inflamación, que comienza justo después de la lesión y dura aproximadamente 5 días (Fossum, 2009).

En la **fase de desbridamiento** se forma en la herida un exudado compuesto de leucocitos, tejido muerto y fluidos de la herida. Los quimiotáxicos atraen a los neutrófilos y monocitos hacia las heridas (aproximadamente 6 y 12 horas tras la lesión) estos sintetizan factores de crecimiento que participan en la formación tisular y en el remodelado. Al cabo de 24-48 horas se convierten en macrófagos que eliminan el tejido necrótico, bacterias y material extraño (Fossum, 2009).

La **fase de reparación** suele comenzar 3-5 días tras la lesión. Los fibroblastos migran a la herida justo antes de la formación de nuevos capilares al final de la fase inflamatoria (2-3 días). Invaden la herida para sintetizar y depositar colágeno, elastina y proteoglicanos, que maduran para convertirse en tejido fibroso. La fibrina desaparece al depositarse el colágeno cuya síntesis se asocia a un incremento en la resistencia de la herida a la tensión. Cuando aumenta el contenido en colágeno de la herida y disminuye el número de fibroblastos va marcando el final de la fase de reparación (Fossum, 2009).

En la **fase de maduración** la resistencia de la herida aumenta hasta su nivel máximo. La maduración de la solución de continuidad comienza una vez que el colágeno se ha depositado correctamente en la herida (17-20 días tras la lesión) y puede continuar durante años. Cuando disminuye el número de capilares del tejido fibroso, la cicatriz se vuelve más pálida (Fossum, 2009).

Tipos de cicatrización

Hay dos tipos de cicatrización principal, la cicatrización por primera intención (cicatrización primaria) que se da en heridas de tipo quirúrgicas e incisas. Y la cicatrización secundaria (por segunda intención), la cual ocurre de manera lenta y a expensas de tejido de granulación dejando una cicatriz poco estética que ocurre en casos donde hay pérdidas de sustancias, imposibilidad de mantener los labios de la herida en aposición o cuando ocurre algún proceso infeccioso en la misma (Lightowler *et al.*, 1987; Guarín *et al.*, 2013).

La cicatrización por primera demorada (cicatrización primo-secundaria), se considera un método intermedio donde se realiza la sutura previa formación de tejido de granulación 4 a 5 días post injuria (Lightowler *et al.*, 1987; Guarín *et al.*, 2013).

Es de destacar la importancia del uso de la fototerapia como una alternativa a los tratamientos convencionales dentro de la medicina veterinaria y considerando que es una terapia física, no invasiva, sin riesgos, ni efectos secundarios para los pacientes utilizada tanto en grandes como en pequeños animales e incluso en exóticos, es relativamente de bajo costo por la accesibilidad del aparato y brinda al terapeuta un valioso medio alternativo para el manejo de heridas cutáneas, las cuales son frecuentes en la clínica (Meyer *et al.*, 2010) .

En un estudio de investigación donde se evaluó efectos de los LED en la cicatrización de heridas cutáneas en ratas Wistar para lo cual utilizo 29 ratas divididas en tres grupos, uno control y dos grupos tratados con LED verde y rojo. Luego de 24 horas de realizadas las incisiones quirúrgicas, observo que el tejido de granulación fue mayor en los grupos irradiados a diferencia del control. También la cantidad de células inflamatorias crónicas (monocitos, macrófagos, linfocitos y plasmocitos) fue mayor donde se aplicó la fototerapia verde (515-525). En cuanto a la epitelización de los márgenes de la herida y así como en la formación de cicatrices de mejor calidad ocurrieron con LED rojo (620-630) donde además se observó mayor deposición de fibras de colágeno y buenos efectos antiinflamatorios (Meyer *etal.*, 2010)

Existen varios trabajos que reportaron el uso de la fototerapia LED para el tratamiento de herida cutánea contaminada de diversos tamaños y en distintas especies utilizando luz amarilla, verde, roja e infrarroja, logrando con éxito el cierre de la herida (Sampaio *et al.*, 2016 ;Mancuso *et al.*, 2021; Vieta *etal.*, 2023).

OBJETIVOS

Observar la evolución de la cicatrización por segunda intención de una herida, tras la aplicación de fototerapia (LED) en un felino doméstico.

MATERIALES Y METODOS

Este trabajo se llevó a cabo en el marco de la residencia externa, en las instalaciones de la “Veterinaria del Sol” ubicada en la calle Mendoza 1321, de la ciudad de Corrientes. En donde acudió a la clínica un paciente felino, derivado al servicio de kinesiología y rehabilitación.

Se realizó la ficha clínica correspondiente, seguida de la indagación clínica utilizando los métodos generales de exploración semiológica, en busca de información sobre sus antecedentes e intentar conocer la cronología de sus lesiones.

El motivo de consulta fue una herida en la región lumbosacra de varios días de evolución y con antecedentes quirúrgicos.

Durante la anamnesis la propietaria comentó que el animal fue rescatado días atrás, con múltiples lesiones sobre todo en el tren posterior, donde antes de llegar al servicio de rehabilitación, en primera instancia la paciente fue sometida a una cirugía ortopédica de cadera. Además debieron someterla a la amputación de cola ya que estaba necrosada, manifestando que para cerrar el defecto que dejó este último procedimiento realizaron un colgajo cutáneo de avance en 2 oportunidades, sin éxito en ambas ocasiones resultando en la dehiscencia del tejido, el profesional determinó que debido a la imposibilidad de mantener afrontados los labios de la herida, el cierre de la lesión debía llevarse a cabo por segunda intención.

Por lo que propuso al tutor realizar una consulta con el servicio de Fisioterapia y Rehabilitación de la clínica en busca de otras modalidades de terapias para la cicatrización y el dolor que la herida provocaba a su mascota.

Dicho tratamiento constaba de toilette diariamente de la herida con gasas y solución fisiológica para eliminar detritus de la lesión y luego realizar fototerapia.

Caso clínico

En la evaluación clínica de la paciente llama la atención el gran defecto que presenta en la piel de la región lumbosacra.

Se realizó un examen global del paciente poniendo especial énfasis en el aparato problema.

El felino presento una lesión en la región lumbosacra que se extendía hasta la zona anal, de 6 cm de ancho y 15 cm de largo, hiperemica, de forma y bordes irregulares, con tejido de granulación en la superficie, presencia de costra en algunas partes de la lesión, temperatura y sensibilidad de la zona se encontraban aumentadas.

Después de evaluar los hallazgos clínicos y determinar los objetivos terapéuticos (acelerar la cicatrización de la herida, disminuir la inflamación de la región lumbosacra, controlar el dolor que provocaba la lesión) se decidió que lo más apropiado en este caso, sería recomendar la utilización de fototerapia con luces LED, debido a los beneficios que podría aportarle esta terapia a la cicatrización de la herida del paciente.

Lina vez aceptada la terapia, se instruyó al tutor de forma tal que siga las recomendaciones del profesional para el cuidado de la lesión de su mascota, en el hogar. La terapia se llevó a cabo con un equipo de fototerapia Cromoter II de Seakit (*Figura 5*).



Figura 5. Equipo de fototerapia Cromoter II. Provisto de 4 aplicadores pocket cada uno con 12 diodos infrarrojos (904nm) 8 diodos rojos (670nm) 5 diodos amarillos (590nm). Imagen cedida por M.V. Ramírez, Rocío L.

<i>Sesión</i>	<i>Modulación</i> (velocidad de la luz)	<i>Intensidad Lumínica</i> (Hz)	<i>Tiempo de Terapia</i> (minutos)
1 y 2	1	900	30
3 y 4	1	1000	35
5 y 6	0	2000	40
7	0	2500	45

Tabla 1. Diseño del protocolo de fototerapia aplicado al paciente.

RESULTADOS

Se realizaron un total de 7 sesiones en la que se observó una evolución satisfactoria de la cicatrización, lográndose el cierre casi completo el último día de la aplicación del tratamiento (*Tabla 1*).

Antes de tratar la herida, por el riesgo de infección se procedió a limpiar los aplicadores utilizando solución fisiológica sobre los 2 pocket del aparato que permiten cubrir toda la zona afectada. Como el lugar a tratar no presenta la piel intacta y duele a la palpación se coloca el aplicador ligeramente separado de la misma en las primeras dos sesiones, pero siempre perpendicular a la superficie afectada ya que esto favorece la absorción de la luz como lo indica la (*Figura 6*).

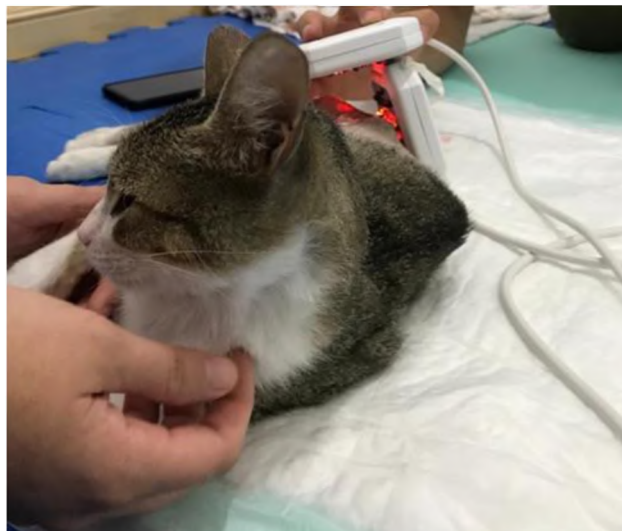


Figura 6. Aplicación de la fototerapia al paciente sobre la zona afectada. Imagen cedida por M.V. Ramirez, Rocio L.

En la primera sesión de tratamiento, a la observación la herida se encuentra con secreciones, inflamación y presencia de costras (*Figura 7*). A la palpación el animal evidencia dolor, encontrándose menos incomodo el día 3 (segunda sesión). No se notaron cambios evidentes en los primeros días de terapia a la observación.



Figura 7. Aspecto de la herida primera sesión (día 1). Imagen cedida por M.V. Ramírez, Rocío L.

Se notó luego de la segunda sesión que la herida se encontraba con menor humedad y comienza a presentar indicios de reducción del tamaño de la lesión, menor dolor e inflamación y leve presencia de tejido de granulación siendo esto más significativo en la tercer y cuarta sesión (*figura 8*).

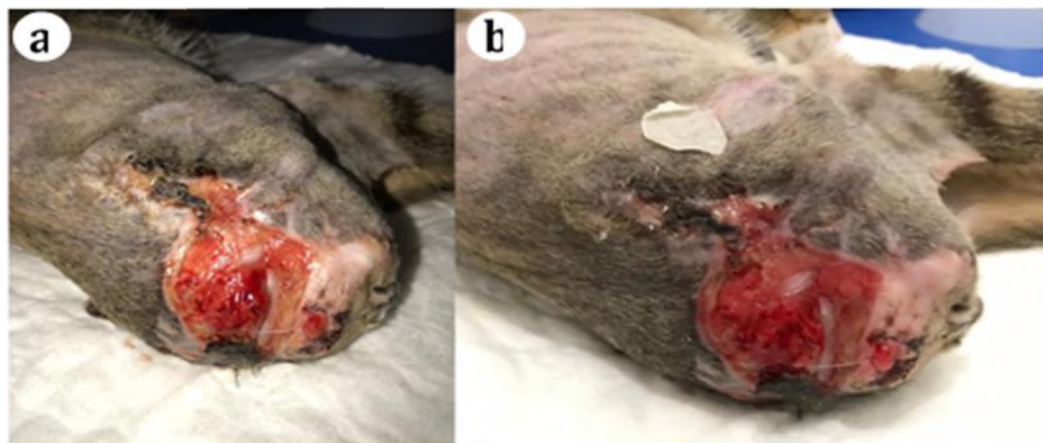


Figura 8. Herida día 3 (a) y día 5 (b). Imagen cedida por M.V. Ramírez, Rocío L.

En la quinta y sexta sesión quedo en manifiesto que la evolución de la herida en el transcurso del tratamiento fue favorable, evidenciándose que la piel se tomó de un color rosado, sin presencia de secreciones ni costras, hacia el día 7 fue adquiriendo un tejido cicatrizal de buen aspecto donde ya se produjo la notable disminución de tamaño de la herida con respecto al día 1 además de estar acompañada de ausencia de dolor (*Figura 9 a y b*).



Figura 9. a) Evolución de la herida día 7. b) Evolución de la herida día 10 Imagen cedida por M.V. Ramírez, Rocío L.

Para el día 13 (séptima sesión) pudo apreciarse una pequeña área de tejido de granulación (*Figura 10*), al control al mes de realizada la fototerapia la cicatrización fue completa (*Figura 11*).



Figura 10. Evolución de la herida día 13. Imagen cedida por M.V. Ramírez, Rocío L.



Figura 11. Control al mes de realizada la fototerapia. Imagen cedida por M.V. Ramírez, Rocío L.

DISCUSION

La evolución de la cicatrización de la herida fue satisfactoria al día 13 luego de 7 sesiones pero sin llegar a cerrarse por completo, por su parte Sampaio *et al*, (2016) observó el cierre de la lesión en un canino a los 44 días, luego de utilizar un total de 13 sesiones aplicadas con un intervalo de 48 horas. A su vez, también en un canino, Mancuso *et al*, (2021) realizó un total de 10 sesiones de 30 y 40 minutos distribuidas en 2 semanas y tuvo como resultado la cicatrización al día 46. Por otro lado Vieta *et al*, (2023) reportó un cierre eficiente de la herida a los 35 días en un ciervo axis después de aplicadas 5 sesiones una vez por semana.

Respecto a la frecuencia, en este caso se comenzó con 900 Hz, aumentando hasta llegar a los 2500 Hz en la última sesión, sin embargo Vieta *et al*, (2023) inició con 800 Hz para luego finalizar con 1000 Hz, donde los resultados fueron similares en un lapso superior al mes. Otra diferencia que se presenta con este trabajo es en el tiempo, donde las terapias fueron aplicadas en diferentes intervalos los cuales se iniciaron con 30 minutos al igual que en los trabajos de Mancuso *et al*, (2021) y Vieta *et al*, (2023) para luego terminar en 45 minutos.

Se debería considerar que esta terapia es relativamente nueva y experimental cada terapeuta adecúa el protocolo según la predisposición y compromiso del propietario, al equipo con el que cuenta y a la especie (Mancuso *et al*, 2021; Vieta *et al*, 2023).

En este caso se comenzó utilizando modulación a diferencia de lo que fue publicado por Vieta *et al*, (2023).

Con respecto a los aplicadores LED, se colocaron directamente sobre el área lesionada a diferencia de Vieta *et al* (2023), que utilizó papel film para cubrirlos, una de las ventajas de cubrirlos sería la protección de los aplicadores además de facilitar la limpieza y desinfección del equipo contribuiría a una mayor higiene del aparato y disminuiría el riesgo de posibles infecciones.

La aplicación de los pads fue similar a lo publicado por Meyer *et al* (2010) abarcando toda la zona donde se encuentra la lesión.

En la primera sesión no se notaron cambios evidentes al igual que en estudios realizados en ratas, donde a nivel histológico se describieron inflamación aguda, edema moderado, presencia de costra y epitelización en los márgenes de la herida (Mayer *et al*, 2010; Vieta *et al*, 2023).

En la segunda sesión similares resultados fueron obtenidos por Mancuso *et al* (2021), notándose cambios significativos en la herida.

A nivel microscópico en estudios realizados en ratas se observó abundante tejido de granulación, vasos sanguíneos de calibre mediano como así también fibras colágenas y fibroblastos (Meyer *et al.*, 2010; Vieta *et al.*, 2023), haría falta realizar en un futuro estudios histológicos para observar el efecto de la fototerapia en el felino.

A los días 7 y 10 de sesión los resultados fueron similares a los obtenidos por Meyer *et al* (2010), con la utilización de LED rojo donde manifiesta elevada epitelización con este tipo de luz y una mejor calidad de cicatrización en los márgenes de la herida, ya que no solo disminuyo la inflamación y el edema en la zona haciendo especial énfasis en la reducción en gran parte de los márgenes de la lesión esto podría deberse a la deposición de colágeno y fibras elásticas.

El día 13 los resultados fueron similares a lo alcanzado por Salazar (2019), en heridas cutáneas en ratas, pero utilizando fototerapia con luz verde (532 nm).

En comparación con los trabajos reportados en otras especies por otros autores a quienes les llevo un tiempo superior al mes para obtener una cicatrización completa a diferencia de este caso la terapia fue realizada en un tiempo menor por lo tanto no se pudo establecer una cicatrización con cierre completo de la lesión en ese periodo (Sampaio *etal.*, 2016; Mancuso *etal.*, 2021; Vieta *etal.*, 2023).

CONCLUSION

El conocimiento de los procesos fisiológicos de la cicatrización permite mejorar las técnicas para favorecer un cierre rápido, obtener una cicatriz estéticamente satisfactoria y funcional. Comprender los procesos biológicos que se encuentran implicados en la reparación de heridas y en la regeneración tisular ha de favorecer el cuidado de las mismas. El uso de la kinesiólogía en su totalidad resulta una experiencia positiva ya que cada vez más profesionales se interesan en los estudios de este campo aun poco conocido y estudiado, por lo que hallar información fehaciente y variada sobre este tipo de alternativas dentro de la medicina veterinaria no es sencillo a la hora de querer profundizar los conocimientos por los pocos estudios publicados y la mayoría basado en experiencias personales de los profesionales considerando el factor biológico ya que no todos los pacientes van a responder de la misma manera a la terapia y los protocolos utilizados son variados.

El empleo de la fototerapia a la paciente le produjo buenos resultados cualitativos en la cicatrización por segunda intención en cuanto al tamaño de la herida, ya que hubo una mejor respuesta desde el día 4 al 7 de la terapia mientras que hacia el día 13 la herida presento un cierre casi completo el cual se observó al control del mes post tratamiento.

La terapia de luz demostró que es posible generar buenos efectos cicatrizantes, aumento de la circulación sanguínea, rápida regeneración de tejido y que posee propiedad bactericida manteniendo la herida limpia durante el proceso.

Otra ventaja que presenta la fototerapia es que puede utilizarse sola o es fácil complementarla con otras terapias físicas que se encuentran en auge, con el fin de mejorar el bienestar del paciente.

Es un método de rehabilitación considerablemente accesible por el costo del aparato, el tiempo en el que genera los resultados, la practicidad de uso, no es invasivo para el paciente, no genera molestias y está siendo cada vez más utilizada en la cicatrización de heridas en la clínica de perros y gatos con gran aceptación frente a los métodos tradicionales ya que no produce efectos secundarios y generan una mejora evidente en la salud de las mascotas.

1. Cabello alborno, M., Gallut Meroño, J. (2012). Procedimientos generales de fisioterapia. Practica basada en la evidencia. Elsevier. España, (pp.185-204).
2. Cameron, M. H. (2019). Agentes físicos en rehabilitación. Practica basada en la evidencia. 5ta Edición. Elsevier. Barcelona. España. (pp305-326).
3. Fossum, T. W. (2009). Cirugía en pequeños animales.3ra Edición Elsevier. Barcelona. España, (pp.159-175).
4. Lightowler C.H. Mercado M.C. (1987).Temas de patología quirúrgica.contusiones y heridas. Ira edición. Hemisferio sur.buenos aires argentina, (pp.88-91).
5. Martínez Morrillo, M. Pastor, Vega J.M. Sandra, Portero F. (1998). Manual de medicina física. Harcourt Brace. Madrid.España. (pp232-243).
6. Miller, W.H., Griffin, C.E., Campbell K.L. (2014). Dermatología en pequeños animales.7ma Edición. Intermedica. Buenos Aires. Argentina, (pp.1-2)
7. Noli, C. Colombo, S., (2020). Feline dermatology. Springer. Suiza, (pp. 3-21)

Artículos de revistas:

8. Dalí Agnol, M. A., Nicolau, R. A., de Lima, C. J., & Munin, E. (2009). Comparative analysis of coherent light action (láser) versus non-coherent light (light-emitting diode) for tissue repair in diabetic rats. *Lasers in Medical Science*, 24(6), 909-916. <https://doi.org/10.1007/s10103-009-Q648-5>
9. DeLand, M. M., Weiss, R. A., McDaniel, D. H., & Geronemus, R. G. (2007). Treatment of radiation-induced dermatitis with light-emitting diode (LED) photomodulation. *Lasers in Surgery and Medicine*, 39(2): 164-168. <https://doi.org/10.1002/lsm.2Q455>
10. DeRossi, R., Coelho, ACADO., Mello, G.S.D., Frazílio, F.O., Leal, C.R.B., Facco, G.G., Brum, K.B. (2009). Effects of platelet-rich plasma gel on skin healing in surgical wound in horses. *Acta cirúrgica brasileira*, 24(4), 276-281.
11. García García, E.M. (2021). Análisis (García García, 2021) del efecto de la terapia de luz led de baja densidad de energía en el proceso de la cicatrización de un modelo murino alopecico. [Tesis de Licenciatura, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla], <https://hdl.handle.net/20.500.12371/14639>

12. Guarin-Corredor, C., Quiroga-Santamaria, P., Landinez-Parra, N. S. (2013) Wound healing process of skin, endogenous fields related and chronic wounds. *Revista de la Facultad de Medicina*, 61(4): 441-448.
13. Juárez Salazar, G. (2019). Tratamiento de heridas con terapia fotodinámica empleando rosa de bengala. [Tesis de Licenciatura, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla], <https://hdl.handle.net/20.500.12371/15500>
14. Klos, T., Coldebella, F., & Covatti Jandrey, F. (2020). Fisioterapia e reabilitação animal na medicina veterinária. *Pubvet*, 14(10): 1-17. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v14n10a669.1-17>
15. Lima de Mattos, L. E. (2012). Efeito da fototerapia com diodos superluminosos (890nm) na reparação tendínea: modelo experimental em ovinos. [Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista, faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu]
16. Mancuso, A.S.; Sosa, R.A.y Sosa RE. (2021). Tratamiento de heridas con fototerapia. *VETEC Revista Académica de Investigación, Docencia y Extensión de las Ciencias Veterinarias*, 2(2):2-19.
17. Mandelbaum S, Di Santis E, Mandelbaum M. (2003). Cicatrizado: conceitos atuais e recursos auxiliares - parte I. *anais bras dermatol*.78(4):393-408. <https://doi.org/10.1590/S0365-0596200300040000Q2>
18. Meyer, P. F., De Araujo, H. G, Carvalho M.G.F., Tatum, B.I.S, Fernandez, I.C.A.G, Ronzio, O.A., Pinto, M.V.M. (2010). Avaliação dos efeitos do LED na cicatrização de feridas cutâneas em ratos Wistar. *Fisioterapia Brasil*. 11(6) 428-432 <https://doi.org/10.33233/fb.v11i6.1592>
19. Sampaio, A.A.B., López, A.L., (2016). Associação entre fototerapia e terapia fotodinâmica no tratamento de ferida cutânea em cão. *Medvet- Revista Científica de Medicina Veterinária-Pequenos Animais de Estimação*. 14(44) 74-80
20. Vieta, C., Rivulgo, M., Sánchez B. S., D'Angelo. C., Lester, M., Rosatti, J., Brusco, M., García, J., (2023). Uso de fototerapia LED para el tratamiento de heridas: amputación en Ciervo Axis hembra. *Selecciones Veterinarias. InterMedica*. 31(19) 21-30
21. William, A., Peter, A., & Aditya K., G. (2005). Light- Emitting Diode- Based Therapy. *SKINmed: Dermatology for the Clinician*, 1(1), 38-41 <https://doi.org/10.1111/i.1540-9740.2005.03959.x>