

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE VETERINARIA**

**OZONOTERAPIA COMO TRATAMIENTO COMPLEMENTARIO EN OSTEÍTIS
SÉPTICA DE LOS HUESOS SESAMOIDEOS PROXIMALES EN UN EQUINO**

por

Natalia ARAMBURU GARCIA
Germán IBARBURU CARBALLO

TESIS DE GRADO presentada como uno de
los requisitos para obtener el título de Doctor
en Ciencias Veterinarias
Orientación Producción Animal – Medicina
Veterinaria

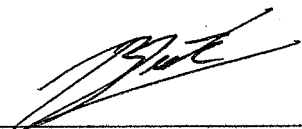
MODALIDAD: Estudio de Caso

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2025**

PÁGINA DE APROBACIÓN

Tesis de grado aprobada por:

Presidente de mesa:



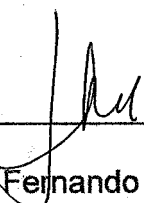
Dr. Bruno Inocente

Segundo miembro (Tutor):



Dr. Gonzalo Marichal

Tercer miembro:

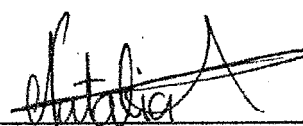


Dr. Fernando Fumagalli

Fecha:

17/10/2025

Autores:



Br. Natalia Aramburu



Br. Germán Ibarburu

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro profundo agradecimiento al Dr. Gonzalo Marichal por haber aceptado ser nuestro tutor en esta tesis. Su constante predisposición, dedicación y apoyo incondicional fueron fundamentales en todo el proceso.

A Sur, quien inspiró este trabajo siendo el verdadero protagonista.

Agradecemos también a los propietarios de Sur, por su permanente colaboración, confianza en nuestra labor, y por facilitarnos valiosa información e imágenes para el desarrollo de este caso.

A la Dra. Stefani Delgado, por su generosa ayuda brindándonos material, imágenes y datos clave sobre el uso de ozonoterapia, que enriquecieron significativamente nuestro enfoque.

A nuestras familias, por ser un pilar esencial desde el inicio de nuestra formación, brindándonos siempre su apoyo incondicional, confianza y amor en cada etapa de este camino.

A nuestros amigos de toda la vida, quienes estuvieron presentes en cada paso, acompañándonos también en los momentos más difíciles.

A todos nuestros compañeros de carrera, y especialmente a aquellos que se han transformado en grandes amigos, con quienes compartimos este camino académico y humano.

A los amigos de facultad que, más allá de la amistad, también nos brindaron su tiempo y apoyo concreto durante la elaboración de esta tesis, aportando ideas, sugerencias y una colaboración valiosa.

A las funcionarias de la biblioteca, quienes no solo nos asistieron con la búsqueda de material, sino que también nos enseñaron y acompañaron en cada consulta con una amabilidad invaluable, durante el transcurso de la carrera y especialmente durante esta última etapa.

Y finalmente, a todas las personas que forman parte de esta querida casa de estudios, la Facultad de Veterinaria, por habernos brindado la posibilidad de formarnos en esta hermosa carrera, acompañarnos en cada etapa, y regalarnos algunos de los momentos más importantes y significativos de nuestras vidas.

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN	2
AGRADECIMIENTOS	3
1. RESUMEN	7
2. SUMMARY	8
3. INTRODUCCIÓN	9
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	11
4.1 Piel	11
4.2 Fotosensibilización	12
4.2.1 Clasificación	12
4.2.2 Patogenia	13
4.2.3 Síntomas	14
4.2.4 Diagnóstico	14
4.2.5 Tratamiento	14
4.2.6 Pronóstico	15
4.3 Heridas	15
4.3.1 Cicatrización	15
4.3.2 Factores que afectan la cicatrización	16
4.3.3 Cicatrización de heridas abiertas por segunda intención	18
4.3.4 Manejo de las heridas abiertas	18
4.3.5 Complicaciones	21
4.3.6 Heridas que involucran tejido óseo	23
4.4 Osteítis y Osteomielitis	24
4.4.1 Etiología	24
4.4.2 Patogenia	25
4.4.3 Síntomas	25
4.4.4 Diagnóstico	26
4.4.5 Tratamiento	27
4.4.6 Osteítis séptica en sesamoideos proximales	28
4.4.6.1 Pronóstico	28
4.4.7 Osteomielitis del borde axial de los sesamoideos proximales	29
4.4.7.1 Signos Clínicos	29
4.4.7.2 Diagnóstico	29
4.4.7.3 Tratamiento	29
4.4.7.4 Pronóstico	30
4.5 Terapias alternativas y complementarias	30
4.6 Ozonoterapia	31
4.6.1 Ozono	32
4.6.2 Aplicación y efectos terapéuticos en veterinaria	32
4.6.3 Efectos secundarios y contraindicaciones	35
4.6.4 Aportes científicos relevantes sobre la implementación clínica del ozono	36
5. OBJETIVOS	39
5.1 Objetivo General	39
5.2 Objetivos Específicos	39
6. MATERIALES Y MÉTODOS	40
6.1 Presentación del Caso Clínico	40
6.2 Motivo de consulta	40
6.3 Anamnesis	40

6.4 Examen Objetivo General	41
6.5 Examen Objetivo Particular	41
6.6 Exámenes colaterales	43
6.6.1 <i>Microbiología:</i>	43
6.6.2 <i>Imagenología:</i>	43
6.7 Diagnóstico	44
7. RESULTADOS	49
8. DISCUSIÓN.....	55
9. CONCLUSIONES.....	58
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1. Aplicación clínica del ozono: resumen de estudios relevantes.....	37
Tabla N° 2. Resultados del cultivo microbiológico y antibiograma.	43

LISTA DE FIGURAS

Imagen N°1. Lesiones en miembros posteriores y miembro anterior derecho con presencia de miasis	41
Imagen N°2. Heridas en miembros posteriores y anterior derecho el 15/04/23	42
Imagen N°3. Heridas en miembros posteriores y anterior derecho el 16/04/23	42
Imagen N°4. Radiografías de la articulación metatarso falangiana del miembro posterior izquierdo	44
Imagen N°5. Hueso sesamoideo proximal medial expulsado	45
Imagen N°6. Aplicación de antibioticoterapia regional intravenosa en miembro posterior izquierdo	46
Imagen N°7. Generador digital DYV Ultraliviano TANGO	47
Imagen N° 8. Sesión de ozonoterapia local a través del método bagging en miembro posterior izquierdo	47
Imagen N°9. Sesiones de ozonoterapia local a través del método bagging en los miembros posteriores	48
Imagen N°10. Heridas una y dos semanas posteriores al ingreso	49
Imagen N°11. Heridas en los primeros días de mayo 2023	50
Imagen N°12. Heridas en junio 2023.	51
Imagen N°13. Heridas en julio 2023.....	52
Imagen N°14. Heridas en agosto 2023	53
Imagen N°15. Miembros en junio 2025	54

1. RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue documentar la presentación clínica y evolución de un equino con osteítis séptica de los huesos sesamoideos proximales del miembro posterior izquierdo, secundaria a lesiones por fotosensibilización. El caso fue abordado mediante tratamiento convencional, complementado con ozonoterapia. El 14 de abril de 2023 ingresó al Hospital Veterinario de la Facultad de Veterinaria (Udelar, Montevideo) un equino macho entero de un año, raza Árabe, con múltiples lesiones cutáneas en los cuatro miembros, siendo los posteriores los más comprometidos, algunas de ellas ya en proceso de cicatrización. El miembro posterior izquierdo era el más afectado, presentando una solución de continuidad que se extendía desde el tercio medio del metatarso hasta la región distal de la cuartilla por la cara plantar y medial. En el miembro posterior derecho, las lesiones se localizaban en las caras lateral, plantar y medial del tercio medio del metatarso hasta la cuartilla. A partir de la evaluación clínica, los estudios radiográficos y el cultivo bacteriológico, se diagnosticó osteítis séptica de los sesamoideos proximales, que evolucionó con la posterior expulsión del sesamoideo proximal medial del miembro posterior izquierdo. El tratamiento incluyó terapia médica convencional y ozonoterapia como complemento, con el fin de controlar la infección, favorecer la reparación tisular y brindar analgesia. Se realizaron veinte sesiones de ozonoterapia local, dos veces por semana, mediante la técnica de bagging (colocación de una bolsa plástica alrededor del miembro afectado e introducción de una mezcla gaseosa de ozono y oxígeno), con una duración de veinte minutos por sesión. Las primeras diez sesiones se aplicaron a una concentración de 1,2 mg/mL, las siguientes seis a 0,9 mg/mL y las últimas cuatro a 0,5 mg/mL. Además, se utilizó ozonoterapia sistémica por vía intrarrectal, administrando la mezcla gaseosa a una concentración de 0,2 mg/mL durante tres minutos por sesión, con una frecuencia de una vez por semana, completando un total de diez sesiones. El paciente mostró una evolución favorable, con disminución del dolor y la claudicación. Fue dado de alta el 22 de agosto de 2023 tras lograr una recuperación funcional adecuada. El abordaje multimodal permitió preservar la vida del equino y asegurar su bienestar. Este caso demuestra la viabilidad de integrar terapias convencionales y complementarias, como la ozonoterapia, en contextos clínicos complejos.

2. SUMMARY

The objective of the present work was to document the clinical presentation and progression of a horse with septic osteitis of the proximal sesamoid bones of the left hindlimb, secondary to lesions caused by photosensitization. The case was approached through conventional treatment, complemented with ozone therapy. On April 14, 2023, a one-year-old intact male Arabian horse was admitted to the Veterinary Hospital of the Faculty of Veterinary Medicine (Udelar, Montevideo), presenting with multiple skin lesions on all four limbs, with the hindlimbs being the most compromised, some of them already in the process of healing. The left hindlimb was the most affected, presenting a discontinuity of the skin extending from the middle third of the metatarsus to the distal region of the pastern on the plantar and medial surfaces. On the right hindlimb, the lesions were located on the lateral, plantar, and medial surfaces from the middle third of the metatarsus to the pastern. Based on clinical evaluation, radiographic studies, and bacterial culture, septic osteitis of the proximal sesamoid bones was diagnosed, which progressed with the subsequent expulsion of the medial proximal sesamoid bone of the left hindlimb. Treatment included conventional medical therapy and ozone therapy as a complement, with the aim of controlling infection, promoting tissue repair, and providing analgesia. Twenty sessions of local ozone therapy were carried out, twice a week, using the bagging technique (placing a plastic bag around the affected limb and introducing a gaseous mixture of ozone and oxygen), each session lasting twenty minutes. The first ten sessions were applied at a concentration of 1.2 mg/mL, the following six at 0.9 mg/mL, and the last four at 0.5 mg/mL. In addition, systemic ozone therapy was used via the rectal route, administering the gas mixture at a concentration of 0.2 mg/mL for three minutes per session, once a week, for a total of ten sessions. The patient showed favorable progress, with a decrease in pain and lameness. He was discharged on August 22, 2023, after achieving adequate functional recovery. The multimodal approach made it possible to preserve the horse's life and ensure its welfare. This case demonstrates the feasibility of integrating conventional and complementary therapies, such as ozone therapy, in complex clinical contexts.

3. INTRODUCCIÓN

Las heridas en la piel, tejido subcutáneo y los músculos son de las lesiones más comunes que se ven en la práctica diaria de la medicina veterinaria. Estas lesiones necesitan ser tratadas rápidamente para evitar infecciones y asegurar que sanen correctamente (Kosachenco et al., 2018). Cuando la piel pierde su integridad, se altera su equilibrio natural, lo que puede desencadenar distintas complicaciones patológicas, incluyendo infecciones (Cerrato et al., 2014). La presencia de hipoxia y procesos isquémicos, resultado de la evolución crónica que sigue a la infección y contaminación de las heridas, retrasa de forma considerable el proceso de epitelización (Cosmin et al., 2019).

En ciertos casos, como en los cuadros de fotosensibilización, una condición poco común y de diagnóstico complejo debido a la variedad de posibles agentes etiológicos, las lesiones cutáneas pueden progresar a complicaciones más severas (Dziugys Maberino, 2016).

Las heridas óseas infectadas son un reto clínico y suelen necesitar terapias combinadas y prolongadas para lograr una recuperación adecuada (Orsini, 2017). Asimismo, algunas lesiones más específicas, como las que afectan a los huesos sesamoideos proximales, representan un desafío clínico. Estas alteraciones, que se manifiestan radiográficamente como zonas focales de lisis ósea, no son frecuentes y han sido clasificadas con distintos diagnósticos, entre ellos necrosis aséptica, osteítis y osteomielitis (Barr et al., 2005).

En este contexto, ha crecido notablemente el interés por la aplicación de terapias alternativas, entre las cuales se destaca la ozonoterapia. Este enfoque está ganando cada vez más atención entre los veterinarios debido a que ofrece una opción económica y sin efectos adversos, pudiendo ser aplicado de manera independiente o en combinación con terapias convencionales (Cosmin et al., 2019). La mezcla terapéutica de oxígeno y ozono se obtiene al someter oxígeno puro a una descarga eléctrica de alta frecuencia y voltaje, y suele utilizarse como opción cuando los tratamientos convencionales no han dado resultados satisfactorios (Guevara López, 2007).

Su uso se ha extendido en distintas partes del mundo, consolidándose de manera progresiva como parte de enfoques médicos complementarios. La terapia de ozono-oxígeno representa una alternativa prometedora dentro del campo de la medicina (Sifontes et al., 2015).

La ozonoterapia se destaca, además, por su alta efectividad, buena tolerancia en los pacientes y la casi total ausencia de efectos secundarios. Es fundamental destacar que las concentraciones utilizadas en la práctica clínica están por debajo de los niveles tóxicos, lo que permite aprovechar sus múltiples propiedades sin comprometer la seguridad del paciente. Entre sus efectos más relevantes se encuentran las acciones inmunomoduladoras, antiinflamatorias, bactericidas, antivirales, antifúngicas, analgésicas, entre otras (Schwartz & Martínez Sánchez, 2012).

A partir de lo desarrollado, y considerando tanto el creciente interés por las terapias alternativas como la necesidad de opciones efectivas frente a heridas complejas, se llevó a cabo el presente relato de caso. En este, se aplicó ozonoterapia como tratamiento complementario al abordaje convencional de una afección particularmente desafiante: la osteítis séptica de los huesos sesamoideos proximales, originada como complicación secundaria a lesiones por fotosensibilización. Este enfoque permitió destacar la importancia de una intervención oportuna y la integración estratégica entre terapias tradicionales y complementarias para optimizar la recuperación del paciente.

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1 Piel

La piel es el órgano del sentido del tacto, gracias a sus diferentes receptores el animal puede experimentar sensaciones de tacto, presión, dolor, calor y frío (Dyce et al., 2007).

La piel cubre todo el cuerpo, siendo el órgano más grande, constituyendo una barrera anatómica y fisiológica entre el animal y el medio ambiente, brindándole protección contra lesiones y desempeñando un papel fundamental en la regulación de la temperatura. Además, se une a las membranas mucosas en las distintas aberturas naturales. Está compuesta por dos capas: dermis (interna) y epidermis (externa) (Dyce et al., 2007; Scott & Miller, 2004).

La epidermis deriva del ectodermo embrionario y es un epitelio escamoso estratificado queratinizado que sirve como protección. Mientras que la dermis deriva del mesodermo embrionario y está compuesta por fibras colágenas, elásticas y reticulares (Baxter, 1998).

Por debajo de la dermis se halla el tejido subcutáneo, compuesto por tejido conectivo laxo entremezclado con grasa (Dyce et al., 2007). El mismo tiene origen en el mesodermo embrionario (Baxter, 1998).

Los vasos sanguíneos, linfáticos, terminaciones nerviosas y los anexos de la piel (pelo, folículo piloso, glándulas sudoríparas, sebáceas, apocrinas y ecrinas) se encuentran incorporados a la dermis, la que nutre a la epidermis (Baxter, 1998; Buen de Argüero et al., 2008).

Las funciones generales de la piel incluyen: proveer una barrera protectora, otorgar percepción sensitiva, inmunorregulación, termorregulación, acción antimicrobiana, secreción, excreción y producción de vitamina D entre otras (Buen de Argüero et al., 2008).

En los equinos, la piel desempeña un papel fundamental al proteger las estructuras internas, especialmente en la parte distal de las extremidades, previniendo daños en tendones, ligamentos y articulaciones (Baxter, 1998).

La piel, además de funcionar como un órgano con respuestas propias, también refleja las condiciones del entorno al que está expuesta. Por esta razón, puede presentar diversas lesiones, como inflamatorias, inmunológicas, endocrinas, nutricionales, neoplásicas, traumáticas, entre otras (Buen de Argüero et al., 2008). Algunas de estas alteraciones comprometen su integridad estructural, lo que favorece la invasión de agentes patógenos y puede derivar en infecciones profundas de consideración (Faccin et al., 2023).

Una piel íntegra y saludable es esencial para el bienestar de los equinos, por lo que el cuidado de las heridas en la piel representa una prioridad importante en la medicina veterinaria equina (Harman et al., 2023).

4.2 Fotosensibilización

La fotosensibilización puede entenderse como una inflamación de la piel que carece de pigmento, la cual se desencadena cuando se expone a la radiación ultravioleta. Esta exposición provoca la activación de los agentes fotodinámicos que se encuentran en la piel. Los agentes fotodinámicos son compuestos que se activan al ser expuestos a la luz (Radostits et al., 2002).

Todos los tipos de fotosensibilización tienen tres características comunes: la presencia de un agente fotodinámico en la piel, la exposición simultánea a una cantidad suficiente de radiación ultravioleta de ciertas longitudes de onda y la absorción de esta radiación por la piel. Este último proceso se ve favorecido por la falta de pigmento y un pelaje escaso o inexistente (Scott & Miller, 2004).

4.2.1 Clasificación

Scott y Miller (2004) establecen que la fotosensibilización se puede clasificar según la fuente del agente fotodinámico en primaria, hepatógena, secundaria a síntesis de pigmento aberrante de porfirinas e idiopática.

En la fotosensibilización primaria el agente fotodinámico se ingiere ya formado o se genera como resultado de un proceso metabólico (Baxter, 1998). Este tipo de fotosensibilización ocurre debido a la ingestión de plantas, drogas u otros agentes fotodinámicos (Radostits et al., 2002).

Entre las causas de fotosensibilización primaria en el equino se encuentran diversas especies vegetales y compuestos químicos. Las plantas más comúnmente implicadas incluyen *Hypericum perforatum* (hierba de San Juan), *Fagopyrum sagittatum*, *Polygonum fagopyrum*, *Lolium perenne* y *Medicago denticulata*. También se mencionan fármacos y sustancias fotosensibilizantes como fenotiacina, tiacidas, acariflavinas, rosa de Bengala, azul de metileno, sulfamidas y tetraciclinas (Scott & Miller, 2004).

Por otra parte, *Ammi majus* (falsa biznaga) contiene agentes fotosensibilizantes que pueden provocar reacciones tanto por ingestión como por contacto directo con la planta (Villar & Ortiz Díaz, 2006).

Couto (1989) destaca que la alfalfa (*Medicago sativa*) es una causa frecuente de fotosensibilización en equinos, así como también en bovinos, ovinos y porcinos.

En la fotosensibilización hepatógena, el hígado no puede conjuguar la filioeritrina. Como consecuencia, un derivado de la porfirina se forma mediante la descomposición microbiana de la clorofila en el intestino, lo que lleva a su acumulación en la sangre y los tejidos. En las capas externas de la piel, la filioeritrina absorbe la radiación ultravioleta del sol, lo que activa la molécula y transfiere energía a las células vecinas, causando necrosis e inflamación crónica. Este tipo de fotosensibilización es el más comúnmente observado en grandes animales. Las plantas tóxicas, micotoxinas, infecciones, tumores y sustancias químicas hepatotóxicas pueden ser responsables del daño hepático, lo que provoca la

fotosensibilización en equinos. Particularmente relevantes son las plantas que contienen alcaloides pirrolizidínicos, como las especies de *Senecio spp*, *Amsinckia spp* y *Crotalaria spp*. Además, aunque menos frecuentes, las reacciones fotoalérgicas y el fotocontacto también pueden causar fotosensibilidad (Baxter, 1998).

Las causas de fotosensibilización hepatógena en el equino incluyen diversas especies vegetales como *Kochia scoparia*, *Myoporum laetum*, *Brassica sp.*, *Heliotropium europaeum*, *Microcystis sp.* y *Phomopsis leptostromiformis*. También pueden producirla condiciones hepáticas como abscesos, linfosarcoma o carcinoma hepático, así como la exposición a sustancias tóxicas como cobre, fósforo, tetracloruro de carbono, suero y antisuero (Scott & Miller, 2004).

Couto (1989) explica que ciertas especies de trébol, como *Trifolium repens*, *T. hybridum* y *T. pratense* (trébol blanco, híbrido y rojo, respectivamente), son responsables del proceso conocido como trifoliosis. Esta condición, caracterizada por fotosensibilización de origen hepático, en los equinos, da lugar a lo que se conoce como "enfermedad del hígado grande", una afección generalmente causada por el consumo excesivo de *T. pratense*.

Las micotoxinas del hongo *Pithomyces chartarum*, que infesta principalmente el pasto durante las épocas de lluvia y en zonas cálidas, también son causantes de fotosensibilización hepática. Además, las fumonisinas A y B, producidas por *Phomopsis leptostromiformis*, un hongo que afecta las plantas del género *Lupinus*, pueden inducir la misma condición. Aunque rara vez afecta a los equinos (Couto, 1989).

Según Radostits et al. (2002), la fotosensibilización causada por la producción anómala de pigmentos es relativamente rara, siendo el único caso conocido en animales domésticos la porfiria congénita hereditaria, en la cual el cuerpo genera una cantidad excesiva de porfirinas fotodinámicas.

En la fotosensibilización de etiología incierta no es posible asegurar si es primaria o hepatógena (Radostits et al., 2002).

Las fotosensibilizaciones causadas por plantas pueden ser de dos de los tipos mencionados: primarias, debido a la presencia de sustancias fotodinámicas, y secundarias, originadas por sustancias hepatotóxicas (Couto, 1989).

4.2.2 Patogenia

La penetración de los rayos de luz hasta los tejidos sensibilizados produce muerte celular local y edema tisular. La irritación es intensa debido al edema de la capa inferior de piel y la pérdida de piel por necrosis o gangrena y su desprendimiento son frecuentes en las fases terminales. Pueden aparecer manifestaciones nerviosas, que se deben a la acción del agente fotodinámico, como en la intoxicación por alforfón o a la disfunción hepática (Radostits et al., 2002, p. 694).

4.2.3 Síntomas

Los síntomas incluyen la aparición de edema, eritema, costras, fisuras, pérdida de pelo y de las capas superficiales de la piel. En los casos más graves, pueden formarse vesículas, la piel se vuelve edematosa, dolorosa y se observa una exudación considerable. Además, es posible que se necrosen áreas de la piel, las cuales se desprenden como parches. Es común que se presenten infecciones secundarias. Se muestran niveles variables de dolor y prurito (Baxter, 1998; Scott & Miller, 2004).

Si hay insuficiencia hepática, pueden aparecer síntomas como pérdida de peso, ictericia y signos de alteración del sistema nervioso central (Baxter, 1998).

Las áreas de piel no pigmentada o aquellas con un pelaje menos denso son las que suelen sufrir más de los efectos de la fotosensibilización, pero en los casos graves las lesiones cutáneas pueden extenderse a áreas circundantes de piel oscura (Baxter, 1998; Scott & Miller, 2004).

Las zonas más comúnmente afectadas incluyen el hocico, los párpados, los labios, la cara, las orejas, el lomo, el perineo y las extremidades distales. En algunos casos, los pacientes pueden desarrollar conjuntivitis, queratitis y edema corneal. Los equinos suelen tratar de resguardarse de la exposición solar (Scott & Miller, 2004).

4.2.4 Diagnóstico

Para realizar un diagnóstico correcto, es fundamental evaluar los antecedentes del paciente, la anamnesis, realizar un examen físico completo, pruebas de función hepática (aunque no presente signos clínicos de hepatopatía) y una investigación detallada sobre la dieta y el uso de medicamentos. Es especialmente importante observar la distribución de las lesiones, los signos clínicos y cuántos animales están afectados (Baxter, 1998; Radostits et al., 2002; Scott & Miller, 2004).

El diagnóstico diferencial debe considerar dermatitis por contacto, quemaduras solares, vasculitis activada y otras causas de vasculitis. Es importante tener clara la limitación de las lesiones a regiones despigmentadas y alopécicas (Baxter, 1998; Radostits et al., 2002).

4.2.5 Tratamiento

El tratamiento de la fotosensibilización implica identificar y eliminar la sustancia causante del problema, mantener a los equinos bajo resguardo durante el día y aplicar un tratamiento sintomático para aliviar tanto los síntomas de la enfermedad hepática como los trastornos extra cutáneos. Se recomienda la administración de glucocorticoides sistémicos en dosis antiinflamatorias, así como el uso de agentes antiinflamatorios no esteroideos. En algunos casos, puede ser necesario realizar una limpieza o incluso el desbridamiento de la piel necrosada. Si se presenta una infección bacteriana secundaria, será necesaria la antibioticoterapia sistémica. Sin embargo, el tratamiento para la insuficiencia hepática generalmente muestra poca efectividad (Baxter, 1998; Scott & Miller, 2004).

4.2.6 Pronóstico

El pronóstico de la fotosensibilización primaria generalmente es favorable, mientras que, en los casos de fotosensibilización secundaria debido a daño hepático, el pronóstico suele ser más negativo (Baxter, 1998; Scott & Miller, 2004). La toxicidad hepática ocasionará disfunción del hígado y colestasis, lo que conlleva a la retención de sustancias fotodinámicas que normalmente serían eliminadas por la bilis y la orina (Couto, 1989).

Es importante destacar que el pronóstico depende también del estado y la evolución de las lesiones cutáneas. Las heridas provocadas por la fotosensibilización, si bien pueden parecer superficiales inicialmente, pueden complicarse con infecciones que comprometen la integridad de la piel, prolongan la recuperación e incrementan el riesgo de secuelas. Por ello, el manejo adecuado de estas lesiones es clave para una evolución clínica favorable (G. Marichal, comunicación personal, 5 de junio de 2025).

4.3 Heridas

Una herida es una solución de continuidad de la piel o mucosas, causada por un agente traumático que supera la resistencia de los tejidos, y que repara en tiempos normales (Baxter, 1998).

Las mismas se pueden clasificar usando varios métodos: según su grado de contaminación, profundidad y localización. La capacidad de las heridas para cicatrizar y el tratamiento a utilizar están determinados por estos factores. En cuanto al grado de contaminación, se distinguen las heridas quirúrgicas, que pueden ser limpias o limpias contaminadas y las lesiones traumáticas, que se clasifican como contaminadas o directamente sucias e infectadas. A medida que aumenta el grado de contaminación, también lo hace el riesgo de infección. Según su profundidad, las heridas pueden ser abiertas, cuando atraviesan la barrera cutánea, o cerradas, cuando no la atraviesan ni comprometen todos los estratos de la piel, aunque pueden dañar los tejidos blandos subyacentes o implicar la pérdida de la epidermis superficial. En relación con su localización, las heridas pueden encontrarse en la cara y el cuello, que son zonas con mejor capacidad de cicatrización; en el tronco, donde la cicatrización es más lenta que en la cara y el cuello, pero más rápida que en las extremidades; o en las extremidades, donde este proceso suele ser más prolongado. La localización influye de manera significativa en la cicatrización, siendo más compleja en áreas con mayor movilidad (Baxter, 1998).

4.3.1 Cicatrización

El objetivo del tratamiento de cualquier herida es completar el proceso de cicatrización. Este proceso incluye una serie de etapas en las que participan las células inflamatorias, las cuales migran, se acumulan e interactúan para sintetizar una nueva matriz extracelular (Baxter, 1998).

Durante la curación de una herida, las áreas dañadas son sustituidas por tejido fibroso que, a su vez, es recubierto por una nueva capa de epitelio, restaurando así la integridad de la piel. Este proceso sigue una secuencia ordenada que incluye la

limpieza natural del tejido afectado (desbridamiento fisiológico), la formación de un lecho resistente y bien irrigado conocido como tejido de granulación, la reducción progresiva del área lesionada mediante contracción, y finalmente, la cobertura duradera del sitio mediante el avance de células epiteliales (Bertone, 1989).

El proceso de cicatrización de las heridas se divide en cuatro fases principales, que son la inflamatoria, el desbridamiento, la reparación y la maduración (Bertone, 1989; Lozina et al., 2007). Aunque estas etapas suelen desarrollarse en orden, el cuerpo también ejecuta simultáneamente otros mecanismos fisiológicos cruciales, como la contracción de la herida y la migración de células epiteliales (Bertone, 1989).

En la fase inflamatoria, que dura entre 4 y 6 horas, el cuerpo activa mecanismos para controlar el sangrado y permitir que las células inmunológicas intervengan, lo que provoca la sensación de dolor. A las 6-12 horas, la fase de limpieza (desbridamiento) comienza, con un aumento de leucocitos que eliminan contaminantes y evitan infecciones. En la fase de reparación, que se extiende por unos 15 días, los fibroblastos producen colágeno y el tejido de granulación, permitiendo la regeneración de la piel. Finalmente, en la fase de maduración, el colágeno se organiza para formar la cicatriz, que es menos resistente y flexible que el tejido original. En los equinos, esta fase es particularmente importante, ya que un balance adecuado en la producción de colágeno previene la formación de cicatrices excesivas o deformes (Lozina et al., 2007).

Además, este proceso puede clasificarse según el tiempo transcurrido desde la lesión: una fase inmediata que ocurre en la primera hora, una etapa temprana entre 1 y 24 horas, una fase intermedia de 1 a 7 días, y una etapa tardía que se extiende más allá de la primera semana. En conjunto, todas estas fases y eventos complementarios colaboran para restaurar la integridad del tejido dañado (Bertone, 1989).

En cambio, Harman et al. (2023), establecen que las 4 fases son hemostasia, inflamación, proliferación y remodelación, donde las diferentes etapas se desarrollan de forma simultánea, sin límites definidos entre una y otra.

El proceso de cicatrización de las heridas comienza en las capas más profundas de la lesión y avanza gradualmente hacia la superficie (Bertone, 1989).

La cicatrización de una herida culmina con la formación de una cicatriz organizada, cubierta por epitelio. Esta cicatriz tiene una resistencia de aproximadamente un 20% inferior al del tejido sano circundante y no logrará recuperar la apariencia del tejido no lesionado. En consecuencia, la cicatrización es un proceso de reparación, no de regeneración (Baxter, 1998).

4.3.2 Factores que afectan la cicatrización

La forma en que una herida cicatriza puede variar significativamente, ya que está influida por múltiples factores, tanto sistémicos como locales. Entre ellos se encuentran el lugar del cuerpo donde se produce la lesión, qué tan bien se alinean los bordes del tejido, el estado general de salud del paciente, la magnitud del daño y la contaminación presentes en el momento del trauma. Cada uno de estos

elementos puede acelerar o dificultar el proceso de curación (Baxter, 1989; Bertone, 1989).

Cualquier factor que debilite el sistema inmunológico o impida la producción de colágeno en el animal afecta considerablemente la cicatrización. Entre los factores que la deterioran se encuentran: la desnutrición, enfermedades sistémicas, hipoproteinemia, anemia, carencias vitamínicas (especialmente de las vitaminas C, K y A), falta de zinc, neoplasias, infecciones, presencia de cuerpos extraños (como drenajes o suturas), hematomas o seromas, traumatismos en los tejidos cercanos, secuestros, uso de corticosteroides, medicamentos citotóxicos y radioterapia. Frecuentemente, cualquier condición que favorezca la infección de una herida tendrá un impacto negativo, ya que esta suele intensificar la respuesta inflamatoria y ralentizar todas las fases de la cicatrización (Baxter, 1998).

Los pacientes de edad avanzada y aquellos en estado caquéctico presentan una disminución en la fibroplasia, lo que aumenta su vulnerabilidad a las infecciones. Para favorecer una cicatrización adecuada, es fundamental corregir o manejar problemas como la desnutrición, los desequilibrios hormonales y las disfunciones orgánicas (Bertone, 1989).

Una circulación deficiente en la microvasculatura de la herida reduce el intercambio de oxígeno y genera hipoxia en los bordes, lo que puede dificultar la curación. Aunque la falta de oxígeno estimula la formación de nuevos vasos (angiogénesis), se requiere un adecuado flujo sanguíneo sistémico para sostener el proceso de reparación. Factores como insuficiencia cardíaca, shock, hipovolemia, frío ambiental o sangre más viscosa pueden limitar la oxigenación (Bertone, 1989).

El proceso de cicatrización puede optimizarse mediante diversos factores, entre ellos, el buen estado general del paciente, una oxigenación adecuada en la zona afectada, el control del edema local, un lavado y desbridamiento eficaces, y el uso de coberturas biológicas (Baxter, 1998). Además, mantener una temperatura ambiental cercana a la corporal, en torno a los 30 °C, ha demostrado acelerar la curación al estimular la actividad metabólica de las células involucradas en la reparación. Sin embargo, este aumento también eleva las demandas energéticas y puede favorecer el crecimiento bacteriano, por lo que resulta fundamental garantizar un buen aporte sanguíneo y controlar las infecciones para lograr una recuperación efectiva (Bertone, 1989).

En los equinos, se considera que la inmovilización favorece la cicatrización al evitar el desplazamiento de los bordes de la herida y protegerla de posibles traumatismos adicionales. El movimiento de los bordes de la piel interrumpe la formación de nuevos vasos sanguíneos y puede llevar a la creación de una cicatriz excesiva, especialmente en las heridas ubicadas en las partes distales de los miembros (Baxter, 1998).

La reparación epitelial alcanza su punto máximo cuando la herida se mantiene en un ambiente húmedo, con un adecuado flujo sanguíneo, al menos en los bordes de la lesión (Bertone, 1989).

La infección es una de las causas más comunes de retraso en la cicatrización de heridas. Su aparición depende de varios factores, como la carga microbiana, la virulencia de los patógenos involucrados y la capacidad de respuesta del sistema inmunológico del paciente. Cuando se instala, la infección interfiere en el proceso de curación al separar los bordes de la herida, prolongar la fase de desbridamiento y provocar un daño tisular adicional, lo que dificulta la regeneración del tejido (Bertone, 1989).

Las heridas en las extremidades distales de los equinos cicatrizan de forma distinta a las del tronco, debido a una circulación sanguínea limitada, menor oxigenación, temperaturas más bajas en los tejidos y una cantidad reducida de tejido blando (Harman et al., 2023).

4.3.3 Cicatrización de heridas abiertas por segunda intención

El objetivo es lograr que se cubra completamente la herida con tejido de granulación sano para prevenir la infección. El tejido de granulación favorece su contracción gracias a los miofibroblastos y ofrece un sostén para que las células epiteliales cubran la lesión en la piel. Las heridas localizadas en la parte distal de los miembros de los equinos sufren constante movimiento y tienen menos piel en exceso, además tienen menor contracción y epitelización respecto a las que se ubican en el tronco. Por lo tanto, tienden a cicatrizar más lentamente por segunda intención, con una contracción de la herida que se detiene antes y una reepitelización más lenta. Estos factores desencadenan en la formación de exuberante tejido de granulación y una demora en la cicatrización. La formación de tejido de granulación excesivo es especialmente común en las heridas situadas en la cara lateral del metatarso y en los equinos de mayor tamaño, y se vuelve problemático cuando su crecimiento excede el nivel de la piel, lo que impide la epitelización al dificultar que el epitelio migre sobre el tejido adicional (Baxter, 1998).

4.3.4 Manejo de las heridas abiertas

Existen diversas estrategias para el manejo de una herida. El cierre primario consiste en suturarla a las pocas horas de que ocurre la lesión. El cierre demorado puede hacerse antes de que aparezca el tejido de granulación, lo que se conoce como cierre primario demorado, o después de que este se haya formado, entre cinco y seis días más tarde, lo que se llama cierre por segunda intención. La curación por segunda intención ocurre cuando la herida cicatriza por sí sola, mediante contracción y epitelización (Peyton & Pattio, 1992).

Es fundamental comprender los compromisos que implica cada intervención, ya que esto nos permite evaluar sus posibles consecuencias y optar por la estrategia que ofrezca mayores beneficios con el menor impacto negativo. En muchos casos, los tratamientos alternativos pueden compensar los efectos adversos. Además, el enfoque terapéutico debe ser flexible y ajustarse conforme avance la recuperación, de modo que acompañe eficazmente las distintas fases del proceso de curación hasta su resolución completa (Bertone, 1989).

Los objetivos en el manejo de una herida traumática en equinos incluyen preservar la vida del animal, evitar infecciones, prevenir una mayor contaminación, reparar las

lesiones y restaurar la funcionalidad. El tratamiento de las laceraciones se ve influido por diversos factores, como el tipo y la ubicación de la herida, el temperamento y el uso del equino, las posibilidades económicas, el equipo disponible y las preferencias del veterinario. Más allá del tamaño o la localización de la herida, el objetivo principal es asegurar la vida del paciente, ya que la herida en sí misma representa una prioridad secundaria en los primeros momentos (Baxter, 1998).

Según Cruz Amaya (2008), el manejo adecuado de las heridas se basa en algunos principios fundamentales, entre los que se incluyen realizar un desbridamiento temprano, llevar a cabo un lavado abundante, optar por un tratamiento abierto en la mayoría de los casos y utilizar antibióticos de forma adecuada.

Es fundamental realizar una evaluación minuciosa de cada herida para identificar con precisión su localización, profundidad, trayectoria y el grado de afectación de los tejidos y estructuras anatómicas (Páez, 2019).

En la mayoría de los casos, las heridas en equinos pueden tratarse con el animal en estación, gracias al uso de combinaciones neuroleptoanalgésicas junto con anestesia local. No obstante, en situaciones excepcionales, como laceraciones de gran gravedad, lesiones en zonas de difícil acceso o en animales con temperamento complicado, es necesario recurrir a la anestesia general (Baxter, 1998). En todos los casos, la correcta sujeción del paciente resulta esencial para garantizar un tratamiento eficaz. El empleo de tranquilizantes o sedantes facilita un manejo más seguro y cómodo, tanto para el profesional como para el animal, y permite una adecuada intervención sobre la lesión (Páez, 2019).

Es fundamental realizar una tricotomía cuidadosa, protegiendo la herida con una gasa estéril humedecida en solución salina cuando sea necesario, para evitar que los pelos cortados se acumulen en su interior (Baxter, 1998; Orsini, 2017; Páez, 2019). Estos pueden comportarse como cuerpos extraños, dificultando su extracción, retrasando la cicatrización y disminuyendo la resistencia del tejido frente a posibles infecciones (Páez, 2019).

El lavado debe realizarse de forma rutinaria ante cualquier herida, ya que el uso de agua a presión reduce la contaminación y favorece la formación de tejido de granulación. La eficacia del lavado depende del tipo y cantidad de fluido utilizado; un exceso puede ser perjudicial por la sobrehidratación de los tejidos. Se recomiendan soluciones antibacterianas como clorhexidina (0,05%), povidona yodada (0,1 - 1%), soluciones electrolíticas balanceadas, neomicina (0,25 - 5%) e hipoclorito de sodio (0,125 - 0,25%). Se sugiere el uso de clorhexidina para la limpieza de heridas debido a su amplio espectro antibacteriano, su acción residual prolongada y el hecho de que no se ve afectada por sustancias orgánicas. Las heridas contaminadas con *Staphylococcus aureus* que se limpian con una solución de clorhexidina presentan menos infecciones que aquellas tratadas con una solución de povidona yodada. No obstante, este compuesto puede ser dañino para el cartílago articular, por lo que no debe emplearse para la limpieza de articulaciones o heridas que penetran en la cavidad articular. La hidroterapia está indicada en heridas contaminadas, abiertas o que cicatrizan por segunda intención (Baxter, 1998).

El desbridamiento tiene como objetivo eliminar el tejido muerto o desvitalizado, así como los contaminantes presentes en la herida, lo que favorece la circulación en la zona lesionada y en sus bordes, y reduce la carga bacteriana, ayudando a prevenir infecciones y/o celulitis (Baxter, 1998; Páez, 2019). El mismo puede llevarse a cabo de tres formas, que incluyen el uso de instrumental cortante, la realización de lavados y la aplicación de agentes químicos. Estas técnicas pueden combinarse y utilizarse de manera simultánea en un mismo paciente (Peyton & Pattio, 1992).

Es importante evitar la formación de espacios muertos en la herida. En caso de que estos sean inevitables, se deben colocar drenajes, los cuales facilitan la salida de líquidos acumulados, favoreciendo así la cicatrización normal tanto de la piel como de los tejidos profundos. Una vez cumplida su función, los drenajes deben ser retirados, permitiendo el cierre de la herida (Páez, 2019). En los equinos, los drenajes rara vez son necesarios en heridas ubicadas en la parte distal de los miembros (Baxter, 1998).

La administración preventiva de antibióticos en heridas traumáticas contaminadas de equinos es eficaz cuando se combina con un manejo adecuado. *Streptococcus spp.* es comúnmente aislado, y la penicilina es el antibiótico de elección. Debe administrarse antes de desbridar, lavar y suturar la herida para lograr altas concentraciones en la zona afectada. Si la herida compromete una estructura sinovial o cavidad corporal, o se sospechan bacterias gramnegativas, se deben usar antibióticos de amplio espectro, como penicilina con gentamicina o trimetoprima-sulfa. La antibioticoterapia es esencial en el manejo de heridas que requieren un cierre secundario demorado o por segunda intención, ya que estas suelen estar muy contaminadas, con edema e inflamación en los tejidos cercanos. La irrigación de la zona puede verse comprometida, lo que afecta la cantidad de antibióticos que alcanzan la herida, y no todos los antibióticos se distribuyen de igual manera en estos tejidos. Por lo tanto, el lavado y el desbridamiento pueden ser más importantes que la antibioticoterapia para prevenir infecciones en estas heridas. Una vez que el tejido de granulación ha cubierto el defecto, ya no se necesitan antibióticos sistémicos. Sin embargo, la combinación de desbridamiento y antibióticos podría ser más efectiva que cualquiera de los dos tratamientos por separado. La aplicación tópica de antibióticos es útil en heridas contaminadas que no se suturan. La combinación de desbridamiento y antibióticos tópicos tiene un efecto sinérgico, ya que el desbridamiento facilita la difusión de los antibióticos hacia la herida, permitiendo que lleguen a las bacterias. También se puede administrar un antiinflamatorio no esteroideo como fenilbutazona o el megluminato de flunixin, ya que sus efectos antiinflamatorios a las dosis recomendadas no afectan la cicatrización (Baxter, 1998).

Todos los equinos con heridas o laceraciones traumáticas deben recibir tratamiento profiláctico contra el tétanos. Aquellos que no estén vacunados deben recibir toxoide y antitoxina (Baxter, 1998). Como profesionales, es fundamental destacar ante el propietario la importancia de la vacunación antitetánica, ya que constituye una medida preventiva clave para evitar complicaciones secundarias graves asociadas a las heridas (Páez, 2019).

En equinos, la mayoría de las heridas traumáticas, especialmente las que se suturan o cicatrizan por segunda intención, se inmovilizan con vendajes o yeso. Esta práctica

protege la herida, la mantiene limpia, elimina espacios muertos, limita el movimiento, reduce la tensión sobre las suturas y controla la formación excesiva de tejido de granulación, además de crear un ambiente húmedo que favorece la epitelización (Baxter, 1998; Páez, 2019). En heridas abiertas, el vendaje también disminuye la tensión de oxígeno y el pH, condiciones que estimulan la cicatrización a través de la angiogénesis y la síntesis de colágeno. Durante el desbridamiento inicial, se recomienda cambiar los vendajes diariamente; luego, cuando el tejido de granulación ya está presente, los cambios deben espaciarse entre 2 y 5 días para evitar retrasos en la cicatrización (Baxter, 1998). Su aplicación resulta especialmente importante en heridas ubicadas en las extremidades del equino, en particular aquellas que afectan estructuras desde el carpo o el tarso hacia distal. Los vendajes suelen colocarse en tres capas: la primera, o capa de contacto, tiene un rol activo en el tratamiento, ya que permite la aplicación de medicamentos, absorbe exudados y facilita la eliminación de detritos; generalmente se emplea una gasa estéril impregnada con antibióticos o antisépticos. La segunda capa, conocida como capa intermedia o absorbente, está formada por algodón en rollo, que actúa como un acolchado y tiene la capacidad de absorber líquidos. Por otro lado, la tercera capa es la de sujeción, cuya función principal es mantener todo el conjunto en su lugar, ejerciendo una presión suave, adaptando la zona afectada y protegiéndola de posibles contaminaciones externas. Para esta capa, se suele utilizar material sintético elástico no adherente, como el Vetrap o productos similares (Páez, 2019).

Una correcta aplicación del vendaje es fundamental para no comprometer la circulación. El tipo de material empleado influye en cada fase del proceso: los vendajes adherentes ayudan en el desbridamiento, mientras que los absorbentes y permeables mantienen la herida limpia y húmeda, lo que favorece la epitelización. También contribuyen a controlar hemorragias, edema y proteger la zona lesionada (Bertone, 1989).

La fase proliferativa de las heridas que cicatrizan por segunda intención es considerablemente más larga que la de las que sanan por primera intención o mediante suturas demoradas. El fin principal de la cicatrización por segunda intención es la creación de tejido de granulación (Baxter, 1998).

4.3.5 Complicaciones

La curación de una herida puede verse negativamente influida por distintos factores, tanto locales como sistémicos. Entre las complicaciones locales, la infección representa la más frecuente y relevante (Peyton & Pattio, 1992).

Las infecciones graves en heridas suelen estar asociadas, en la mayoría de los casos, con uno o más factores combinados. Entre ellos, se destaca una contaminación extensa o una carga bacteriana tan elevada que supera la capacidad de respuesta del organismo. También puede contribuir la presencia de refugios que permiten a las bacterias evadir tanto el sistema inmunológico como la acción de los antibióticos. A esto se suman condiciones como la inmunosupresión, una perfusión deficiente en el tejido afectado, y la resistencia de los patógenos a los tratamientos antimicrobianos disponibles, lo que dificulta aún más el control de la infección (Orsini, 2017).

También pueden desarrollarse diversas complicaciones, entre las que se incluyen el habronema cutáneo, la ficomicosis, el sarcoide equino de tipo fibroblástico y el carcinoma de células escamosas (Peyton & Pattio, 1992).

La formación de tejido de granulación excesivo es una complicación común en las heridas ubicadas en la parte distal de las extremidades de los equinos. Este tejido, de aspecto húmedo e irregular, sobresale del borde de la herida y está compuesto por fibrina, fibroblastos desorganizados y vasos sanguíneos anómalos, lo que dificulta la cobertura epitelial (Baxter, 1998; Harman et al., 2023). Se cree que factores como la falta de elasticidad de la piel, el movimiento constante, una irrigación deficiente y un tiempo de cicatrización prolongado pueden contribuir a su aparición (Baxter, 1998). Existen varios métodos, tanto debatidos como efectivos, para tratar la granulación exuberante en equinos, los cuales incluyen escisión quirúrgica, cauterización química, inmovilización del miembro con yeso o vendaje, desbridamiento químico tópico, corticoesteroides, criocirugía e irradiación. Estos tratamientos pueden aplicarse de forma individual o combinada, dependiendo de factores como la ubicación, el tamaño y la forma de la herida, así como la cantidad de tejido de granulación exuberante presente y del compromiso de las estructuras subyacentes (Baxter, 1998; Peyton & Pattio, 1992).

En los equinos, un manejo inadecuado de las heridas puede generar complicaciones. Su carácter inquieto dificulta el tratamiento, lo que hace fundamental un abordaje cuidadoso y correcto del paciente (Lozina et al., 2007).

Otra de las complicaciones que pueden presentarse en el curso de una herida es la miasis (Lozina et al., 2007), una infestación de los tejidos humanos o animales por larvas de moscas que, según el caso, pueden provocar lesiones de distinta gravedad en el hospedador. En situaciones severas, la invasión profunda del tejido puede comprometer seriamente la vida del individuo afectado (Forero Becerra, 2011). La principal causa de miasis está asociada con las larvas de *Cochliomyia hominivorax*, especie identificada como una de las más relevantes en la región (Baxter, 1998). Esta mosca se encuentra distribuida en América del Norte, Central y del Sur. Los ejemplares adultos, que miden entre 10 y 15 mm, depositan racimos de huevos en los bordes de heridas abiertas o en las proximidades de los orificios naturales del cuerpo. Las larvas eclosionan en menos de 24 horas y comienzan a alimentarse de tejido vivo, completando su desarrollo en un período de 5 a 7 días, tras el cual caen al suelo para convertirse en pupas. Una vez maduras, alcanzan aproximadamente 15 mm de longitud. Factores como heridas accidentales o quirúrgicas, enfermedades dermatológicas y climas húmedos favorecen la instalación de esta infestación. Las larvas invaden los tejidos profundos, provocando destrucción por licuefacción y ampliando considerablemente el daño local. La miasis afecta a diversas especies de animales grandes y presenta una mayor incidencia durante la primavera, el inicio del verano y el otoño, sin que exista una predisposición relacionada con la edad, el sexo o la raza. Las zonas más comúnmente comprometidas incluyen heridas, cortes, el ombligo de los recién nacidos y lesiones provocadas por mordeduras de garrapatas. En los casos más avanzados, puede producirse toxemia, septicemia e incluso la muerte. El diagnóstico se basa en los antecedentes clínicos, el examen físico y la identificación de las larvas, mientras que el tratamiento consiste en la limpieza y desbridamiento de la herida, la aplicación de insecticidas tópicos y el abordaje sintomático según las necesidades de cada caso (Scott & Miller, 2004).

4.3.6 Heridas que involucran tejido óseo.

En los equinos, las heridas que comprometen el tejido óseo pueden presentar distintos niveles de gravedad y complejidad, así como efectos a largo plazo. Estas van desde lesiones que desarrollan secuestros óseos hasta casos más severos, como la osteomielitis séptica localizada en sitios de fijación interna (Orsini, 2017).

Un tratamiento eficaz se basa en varios principios clave. En primer lugar, es esencial eliminar inmediata y minuciosamente tanto el hueso como el tejido blando que estén desvitalizados o dañados de forma irreversible (Hogan & Honnas, 2010; Orsini, 2017). Al mismo tiempo, se debe conservar y proteger el aporte vascular hacia esas estructuras para favorecer la recuperación. También es fundamental mantener o restablecer la integridad estructural del área afectada. El control de la infección debe abordarse mediante una combinación adecuada de antibióticos locales, regionales y sistémicos. Además, la herida debe resguardarse frente a nuevas contaminaciones, así como evitar su desecación, maceración o exposición a traumatismos (Orsini, 2017).

En cualquier tipo de herida infectada, el lavado, el desbridamiento y el drenaje constituyen pilares fundamentales del tratamiento. Cuando la infección compromete al tejido óseo, se vuelve especialmente crucial eliminar quirúrgicamente las zonas del hueso que estén desvitalizadas o irreparablemente dañadas. Se debe raspar cuidadosamente cualquier área ósea que esté reblandecida o decolorada, hasta alcanzar tejido sano y viable. Tanto el hueso lesionado como los tejidos blandos circundantes pueden actuar como focos de inflamación crónica y servir de refugio para las bacterias, protegiéndolas del sistema inmunológico y de los antibióticos, lo que obstaculiza el proceso de cicatrización (Orsini, 2017). Por otra parte, algunas bacterias son capaces de generar una sustancia viscosa que recubre sus colonias y favorece su adhesión al hueso necrótico. Esta biopelícula, en combinación con proteínas de la matriz del hospedador y restos celulares, actúa como una barrera protectora frente a las defensas inmunológicas y puede modificar la sensibilidad de las bacterias a ciertos antibióticos (Hogan & Honnas, 2010).

El uso de la perfusión regional con antibióticos en las extremidades se ha consolidado como una estrategia común y eficaz para el tratamiento de infecciones graves localizadas en el carpo, el tarso o en regiones más distales de los equinos (Orsini, 2017). Esta técnica permite administrar una dosis sistémica del antibiótico directamente en una zona específica de tejido infectado, lo que favorece la exposición del área afectada a concentraciones del fármaco superiores a la concentración mínima inhibitoria (CIM) del agente infeccioso (Hogan & Honnas, 2010).

En las infecciones musculoesqueléticas en equinos, las bacterias aerobias que se aíslan con mayor frecuencia pertenecen a los géneros de enterobacterias, estreptococos y estafilococos (Hogan & Honnas, 2010).

Las heridas infectadas que comprometen el hueso representan un desafío clínico, ya que generalmente requieren múltiples estrategias terapéuticas y un tratamiento extendido para alcanzar una recuperación efectiva (Orsini, 2017).

4.4 Osteítis y Osteomielitis

La osteítis afecta exclusivamente al hueso cortical y suele presentarse en infecciones localizadas que ocurren con frecuencia tras traumatismos en las extremidades, especialmente en el metacarpo y metatarso (Rose & Hodgson, 1995).

Por su parte, la osteomielitis es un proceso inflamatorio e infeccioso que afecta tanto el tejido óseo como la médula dentro del hueso. En los grandes animales, la mayoría de estas infecciones son bacterianas, siendo las micóticas poco frecuentes. Esta enfermedad puede manifestarse en formas agudas o crónicas, afectando las regiones epifisaria, metafisaria o diafisaria del hueso, y puede desarrollarse por vía hematógena, extensión desde un foco cercano o inoculación directa de bacterias, como en traumatismos o cirugías ortopédicas. La osteomielitis hematógena suele observarse en potros jóvenes debido a la abundante vascularización de sus huesos, especialmente en la región de la fisis o placa de crecimiento. En los cultivos microbiológicos se puede identificar una gran variedad de bacterias responsables de la infección (Hogan & Honnas, 2010; Rose & Hodgson, 1995).

En resumen, la principal diferencia entre ambas condiciones radica en que la osteomielitis afecta tanto al hueso cortical como a la cavidad medular, mientras que la osteítis involucra únicamente el hueso cortical (Sayegh et al., 2001).

4.4.1 Etiología

Según Adams (1982), la osteomielitis generalmente ocurre debido a fracturas compuestas, donde los extremos de los huesos fracturados perforan la piel, permitiendo que la infección entre por la herida. Aunque siempre es una condición grave, el pronóstico es más favorable en equinos jóvenes. Además, la osteomielitis puede desarrollarse después de una fractura conminuta, donde ciertos fragmentos óseos quedan separados de su irrigación sanguínea, perdiendo así su vitalidad y permitiendo que la infección se instale por vía hematógena.

Por otro lado, Hogan y Honnas (2010) establecen que la causa principal de la osteomielitis aguda en animales adultos suele estar asociada a la inoculación directa de bacterias, ya sea como resultado de un traumatismo o durante la reducción abierta de una fractura.

La osteomielitis suele tener un origen hematógeno, siendo más frecuente en potros. La infección se ve favorecida por traumatismos, infecciones neonatales (como la onfaloflebitis, gastroenteritis o neumonía) o por otras infecciones que causan bacteriemia (Sayegh et al., 2001). Sin embargo, la osteomielitis por propagación hematógena en los potros puede desarrollarse incluso en ausencia de signos de enfermedad sistémica (Neil et al., 2007).

En cuanto a las bacterias involucradas, un estudio retrospectivo que analizó 233 equinos adultos, de los cuales 192 tenían artritis séptica o tendosinovitis y 41

osteomielitis tras reparación de fracturas, se identificaron 424 bacterias. La mayoría correspondieron a bacterias aerobias, con predominancia de *Enterobacteriaceae*, estreptococos, estafilococos y otras especies tanto grampositivas como gramnegativas. *Staphylococcus aureus* representó el 11% de los aislamientos, *Enterobacteriaceae* el 23% y *Streptococcus* el 18%. Las bacterias menos frecuentes fueron *Salmonella*, *Corynebacterium*, *Pseudomonas* (7%) y bacterias anaerobias (5%). En la osteomielitis hematógena, generalmente se encuentra un solo organismo, que es identificado como la causa de la infección. En cambio, en la osteomielitis postraumática, es común aislar varios organismos. En los potros afectados por osteomielitis, las bacterias más frecuentemente aisladas son enterobacterias gramnegativas, aunque también se ha reportado la presencia de *Rhodococcus equi*, una bacteria grampositiva que afecta tanto las vías respiratorias como el tracto intestinal (Sayegh et al., 2001).

4.4.2 Patogenia

La formación de osteomielitis en equinos puede ser predispuesta por factores como mediadores inflamatorios, materiales biológicos o implantes utilizados en la reparación de fracturas. Estas lesiones interrumpen la circulación sanguínea y el drenaje linfático, lo que afecta la capacidad del sistema inmune local para defenderse de contaminantes. Como resultado, se produce una acumulación de proteínas séricas y restos celulares en el hueso, que favorece la necrosis ósea, la creación de un sequestro óseo y la posterior infección. El proceso infeccioso se ve potenciado por la creación de una biopelícula adherente formada por exopolisacáridos fibrosos (limo) y glicoproteínas (glicocálix), que protegen a las bacterias de las defensas del cuerpo y facilitan la retención de nutrientes. Las bacterias grampositivas, al llegar al hueso, se adhieren principalmente a la fibronectina que se encuentra en su superficie. Por otro lado, las bacterias gramnegativas presentan una capacidad menor para unirse a esta fibronectina. Sin embargo, cuentan con estructuras como pili y fimbrias, que facilitan la unión de los glicolípidos en su membrana celular a las proteínas presentes en la matriz ósea. Ambos tipos de bacterias, grampositivas y gramnegativas, son capaces de unirse a las sialoproteínas y a los cristales de hidroxapatita presentes en el hueso lesionado. Las bacterias que se adhieren crean un ambiente favorable para su persistencia al producir limo y experimentar cambios fenotípicos, los cuales actúan como una barrera que protege a las bacterias de las defensas naturales del organismo y dificulta la penetración de los antibióticos en el área afectada (Sayegh et al., 2001).

4.4.3 Síntomas

En los casos de osteomielitis aguda, los animales suelen presentar inflamación localizada y aumento de volumen en los tejidos blandos, acompañados de sensibilidad al tacto en la zona afectada y una claudicación evidente. Además, pueden manifestarse signos sistémicos como fiebre, anorexia, decaimiento y malestar general. Por otro lado, en la osteomielitis crónica, los signos clínicos más comunes incluyen una hinchazón firme en la región comprometida, rechazo a apoyar la extremidad, claudicación de grado leve a moderado y la presencia de una fístula supurante. El exudado suele ser purulento y puede drenar de forma continua o intermitente (Hogan & Honnas, 2010).

Cuando ocurre osteomielitis con fractura de una porción de la corteza ósea, la herida tiende a cicatrizar, pero luego se abre y cierra repetidamente. La secreción persistirá hasta que se elimine el secuestro óseo (Adams, 1982).

La manifestación clínica varía en función del tiempo de evolución y la severidad de la infección, así como del tipo de microorganismo involucrado (Hogan & Honnas, 2010).

4.4.4 Diagnóstico

El diagnóstico de esta condición se realiza tomando en cuenta los síntomas observados, las alteraciones en las radiografías y los resultados de las pruebas de laboratorio, como los niveles de proteínas y células inflamatorias, particularmente los neutrófilos, sin olvidarnos de los cultivos bacterianos (Sayegh et al., 2001).

La radiología es clave para confirmar el diagnóstico, pero los cambios radiológicos en la osteomielitis suelen aparecer de manera retardada, después de los primeros signos clínicos. En etapas agudas, las radiografías convencionales solo pueden mostrar inflamación en los tejidos blandos, sin evidenciar las primeras lesiones óseas. Luego, los hallazgos típicos incluyen áreas localizadas de lisis óseas acompañadas de esclerosis adyacente (aumento de densidad ósea), inflamación del tejido blando y pérdida de detalle de la trabeculación. La lisis ósea puede no ser detectable en radiografías hasta que se haya perdido entre un 30% y un 50% del contenido mineral del hueso. Usualmente transcurren al menos 10 días desde el comienzo de la lisis hasta que se pueden identificar radiográficamente pero aproximadamente 21 días después de la infección es cuando las radiografías alcanzan una precisión diagnóstica del 80% al 90%. Suele haber un secuestro óseo visible como una zona de mayor densidad dentro de la lisis. En los casos donde la infección ósea es causada por traumatismo externo, normalmente se observa un notable crecimiento perióstico en la zona afectada, generalmente localizada dentro de la corteza (Barr et al., 2005; Merchán et al., 2021; Rose & Hodgson, 1995; Sayegh et al., 2001).

Las radiografías repetidas permiten evaluar la magnitud y el estadio de la lesión, así como también valorar la efectividad del tratamiento para la osteomielitis (Sayegh et al., 2001).

La tomografía computarizada (TC) es una herramienta útil para la detección temprana de la osteomielitis en equinos. A diferencia de las radiografías, la TC tiene una mayor sensibilidad para identificar la destrucción ósea. En las imágenes obtenidas con TC, las lesiones de osteomielitis se presentan como áreas focales hipodensas, con zonas hiperdensas en las regiones subcondrales profundas. Además, las lesiones en TC aparecen de mayor tamaño en comparación con las radiografías, y la cavitación ósea detectada por TC no se observa en las radiografías (Sayegh et al., 2001).

La resonancia magnética (RM) es una técnica precisa que permite visualizar los tejidos blandos y los componentes líquidos en los huesos, detectando cambios en la hidratación ósea a través de un aumento en la señal. Ofrece una mejor visualización de los cambios en las primeras etapas de la osteomielitis en comparación con las

radiografías, se ha usado en algunas zonas como diagnóstico habitual en equinos con problemas esqueléticos y claudicación (Sayegh et al., 2001).

Para confirmar el diagnóstico definitivo de osteomielitis, es necesario realizar un cultivo del sitio infeccioso. Las muestras apropiadas para este fin incluyen aspirados profundos con aguja, fragmentos óseos desvitalizados y tejido necrótico obtenido durante el desbridamiento quirúrgico (Hogan & Honnas, 2010). Tras la identificación del agente patógeno, es esencial realizar una prueba de susceptibilidad antimicrobiana para elegir el tratamiento adecuado con el antimicrobiano más efectivo (Sayegh et al., 2001).

Si hay infección en la placa de crecimiento, a veces se puede obtener una muestra para cultivo y prueba de sensibilidad bacteriana utilizando una aguja calibre 12 de manera aséptica. Es crucial recordar que, si hay una fístula, no se debe realizar un cultivo del exudado, ya que las bacterias aisladas serán invasoras secundarias. Los resultados de estos cultivos pueden invalidar la elección del antibiótico adecuado (Rose & Hodgson, 1995).

Para llegar al diagnóstico etiológico se necesita el resultado positivo del cultivo, es decir identificar el agente (Sayegh et al., 2001).

Los diagnósticos diferenciales incluyen la presencia de cuerpo extraño, celulitis localizada e infección local de una herida (Rose & Hodgson, 1995).

4.4.5 Tratamiento

Si hay secuestro óseo tiene que ser removido quirúrgicamente, siguiendo el trayecto de la fístula y realizando un curetaje en el área de hueso infectado. Es recomendable tomar muestras de hueso del área infectada para microbiología (Rose & Hodgson, 1995).

Áreas extensas de hueso necrótico pueden ser eliminadas, probablemente mediante resorción y extrusión a través de la herida. Sin embargo, en la mayoría de los casos, el hueso afectado persiste, lo que representa una fuente constante de infección. Por lo tanto, se sugiere realizar un desbridamiento quirúrgico para eliminar rápidamente la sepsis y evitar que la infección se propague (Cauvin & Munroe, 1998). El objetivo del tratamiento quirúrgico es favorecer la llegada de antibióticos al foco infeccioso a través de la eliminación del tejido necrótico y la mejora del acceso vascular en las áreas afectadas (Hogan & Honnas, 2010).

La cirugía no es aconsejable si la placa de crecimiento está involucrada, ya que esto podría provocar un colapso total del miembro (Rose & Hodgson, 1995).

Cuando la osteomielitis tiene un origen hematógeno, es fundamental identificar la bacteria específica y la sensibilidad que presenta a los diferentes antibióticos. Se requiere un tratamiento antibiótico extendido, que puede durar entre 3 y 4 semanas. Si el tratamiento se inicia en las fases tempranas de la infección, existe la posibilidad de resolver el problema (Rose & Hodgson, 1995).

Se recomienda el uso de antimicrobianos de amplio espectro hasta obtener los resultados de los cultivos y antibiogramas (Hogan & Honnas, 2010; Neil et al., 2010). Usualmente, se combina un aminoglucósido con penicilina o una cefalosporina de tercera generación. Mientras se esperan los resultados, se sugiere el uso de ceftiofur sódico o amikacina, basándose en los patrones generales de sensibilidad. Aunque las tetraciclinas han demostrado ser menos eficaces contra Enterobacteriaceae y Staphylococcus spp., algunos estudios indican que su empleo podría ser más beneficioso de lo que se pensaba, especialmente la oxitetraciclina, que parece ser efectiva para tratar osteomielitis causada por organismos gramnegativos, particularmente Enterobacteriaceae (Neil et al., 2010).

La administración parenteral de antibióticos es el pilar principal del tratamiento antimicrobiano en la osteomielitis. Sin embargo, la terapia antibiótica localizada resulta un complemento muy valioso para potenciar el efecto del tratamiento sistémico (Hogan & Honnas, 2010).

4.4.6 Osteítis séptica en sesamoideos proximales

La osteítis séptica en los huesos sesamoideos proximales es poco común en los equinos y generalmente se debe a infecciones que se extienden desde la articulación o de infecciones en la vaina digital y los tendones flexores (Pérez, 2023).

La osteítis en el borde axial de los huesos sesamoideos proximales es una afección particular en equinos. Esta condición suele estar vinculada con la inflamación del ligamento metacarpointeresamideo o metatarsointeresamideo (Dabareiner et al., 2001).

Pérez describe un caso, donde la osteítis séptica va acompañada de una disrupción completa del aparato de sostén de la articulación metatarso falangiana, donde la anquilosis de la articulación se convierte en un factor clave para pensar en un pronóstico favorable en cuanto a la vida del equino. El resultado en este caso fue positivo gracias a un tratamiento intensivo que comenzó tras el diagnóstico de osteítis séptica. La respuesta al tratamiento fue buena: disminuyó el dolor, la herida sanó y en las radiografías de seguimiento se observó que la infección ósea estaba controlada y en proceso de remodelación ósea, con anquilosis de la articulación. Esto resultó ser beneficioso, considerando la gravedad de la disrupción en el aparato de sostén del nudo. Finalmente, la yegua fue dada de alta en excelentes condiciones (2023).

4.4.6.1 Pronóstico

Respecto al pronóstico, tanto el vital como el funcional son de reservado a grave. Dependen de cuán rápido se detecte el problema y se comience el tratamiento. Sin embargo, incluso con un diagnóstico temprano y un tratamiento inmediato, muchos casos pueden generar complicaciones adicionales, como claudicación crónica con dolor o laminitis en el miembro contrario, lo que puede llevar a considerar la eutanasia por el bienestar del animal (Pérez, 2023).

4.4.7 Osteomielitis del borde axial de los sesamoideos proximales

Una causa poco común de claudicación en los equinos es la osteomielitis en el borde axial de los sesamoideos proximales. Se sospecha que una lesión en la inserción del ligamento interseesamoideo, junto con la posible contaminación bacteriana originada por inyecciones intraarticulares, podrían ser factores asociados a este problema (Baxter, 2011).

4.4.7.1 Signos Clínicos

De acuerdo con Baxter, los equinos presentan como signo clínico una claudicación significativa al paso, y en un informe, el grado de claudicación varió entre 2/5 y 5/5, con un promedio de 4/5 (2011).

4.4.7.2 Diagnóstico

El diagnóstico se realiza a través de radiografías, que habitualmente muestran lisis ósea en las inserciones del ligamento interseesamoideo, particularmente en el sector medio del cuerpo y la región apical. Pueden verse afectados uno o ambos sesamoideos. Algunas de las lesiones se asemejan a quistes, mientras que otras tienen una apariencia de erosiones con una distribución más difusa en el borde axial (Baxter, 2011).

La localización de las áreas líticas puede determinarse mediante tomografía computarizada del nudo, lo que a su vez facilita la toma de decisiones para un posible tratamiento quirúrgico (Baxter, 2011).

Es importante considerar la osteomielitis fúngica de los huesos sesamoideos y la artritis erosiva como posibles diagnósticos diferenciales en equinos que han recibido corticosteroides por vía intraarticular. Varios enfoques de diagnóstico por imagen y cultivos fúngicos son efectivos para identificar la osteomielitis fúngica en los bordes axiales de los huesos sesamoideos proximales en equinos (Sherman et al., 2006).

4.4.7.3 Tratamiento

Cuando las lesiones son pequeñas o solo afectan al ligamento interseesamoideo, un enfoque conservador podría ser la mejor opción. En casos donde se requiere intervención quirúrgica, se puede utilizar un artroscopio para acceder a las lesiones óseas en la superficie articular o en la vaina tendinosa, desde la cara palmar o plantar del nudo. Durante la cirugía, se procede a eliminar el tejido óseo y ligamentoso dañado, y las muestras obtenidas se envían para análisis de cultivo y antibiograma (Baxter, 2011).

El tratamiento analgésico se basa en la administración de medicamentos antiinflamatorios no esteroideos por vía sistémica, durante un período que puede variar entre 1 y 5 semanas. Entre los fármacos recomendados se encuentran el meloxicam, a una dosis de 0,6 mg/kg de peso corporal, el flunixin de meglumine, con una dosis de 1,0 mg/kg, y la fenilbutazona, cuya dosis varía entre 2,2 y 4,4 mg/kg (Brommer et al., 2014).

Además, la perfusión regional con un antimicrobiano en el miembro afectado permite tratar diversas zonas, incluidas la articulación del nudo, la vaina tendinosa y los huesos sesamoideos. Se recomienda también un tratamiento prolongado con antimicrobianos de amplio espectro, que debe durar entre 6 y 12 semanas (Baxter, 2011).

En ausencia de resultados de cultivos y pruebas de sensibilidad que guíen la elección de antibióticos, la doxiciclina se considera una opción adecuada para tratar esta afección. Esto se debe a su fácil administración, su amplio espectro de acción y su capacidad para penetrar en los tejidos, especialmente en los huesos. Se ha comprobado que, administrada a una dosis de 10 mg/kg por vía oral cada 12 horas, la doxiciclina logra concentraciones séricas en potros suficientes para combatir organismos grampositivos y más del 50% de *E. coli* y *Klebsiella spp.* (Lawrence & Fraser, 2013).

4.4.7.4 Pronóstico

El pronóstico para la reincorporación a la actividad es malo, sobre todo si el ligamento intersemoideo está extensamente dañado. Un tratamiento adecuado puede facilitar que el equino alcance un nivel de normalidad suficiente para moverse libremente por el campo (Baxter, 2011).

La medicina equina, al igual que otras áreas de la medicina, busca reducir el uso de antimicrobianos debido al creciente riesgo que representan las bacterias resistentes a los antibióticos. En este contexto, se están explorando terapias alternativas que contribuyan al control de infecciones bacterianas y disminuyan la dependencia de estos fármacos (Harman et al., 2023).

4.5 Terapias alternativas y complementarias

En las últimas décadas, las terapias complementarias y alternativas han cobrado relevancia y se han vuelto cada vez más populares. Las terapias complementarias se emplean junto con la medicina tradicional, mientras que las terapias alternativas, en general, no son aceptadas como recursos clave por la comunidad médica. Esto se debe a que carecen de respaldo en cuanto a niveles de recomendación y evidencia científica, por lo que suelen considerarse intervenciones sin valor terapéutico reconocido (Martínez Sánchez et al., 2014).

En medicina equina, acelerar la curación de heridas cutáneas sin recurrir a tratamientos convencionales como los que incluyen antibióticos se ha convertido en una meta central. Por eso, las terapias biológicas como las células madre y el plasma rico en plaquetas están cobrando protagonismo por su capacidad para estimular la cicatrización de manera no quirúrgica. A medida que se reconoce el valor de una piel sana para el bienestar general del equino, se vuelve indispensable perfeccionar tanto la producción como la aplicación de estos tratamientos innovadores. Sin embargo, aún se requieren ensayos clínicos a gran escala para validar su eficacia y garantizar que estas terapias estén realmente optimizadas (Harman et al., 2023).

Entre las terapias alternativas, la aplicación de láser ha demostrado beneficios en la cicatrización de heridas. Cuando se combina con otras estrategias terapéuticas, puede potenciar los resultados y acortar el tiempo de recuperación del animal (Urtiga, 2021).

La acupuntura, por su parte, se presenta como un recurso terapéutico prometedor que, al complementar el tratamiento convencional, reduce la necesidad de medicación y minimiza los efectos secundarios, beneficiando así la calidad de vida de los animales. Esta técnica, originada en la Medicina Tradicional China, actúa sobre puntos específicos del cuerpo para aliviar el dolor, relajar la musculatura y mejorar la circulación en los tejidos afectados, contribuyendo a una recuperación más efectiva y estable (Cangussu Santos, 2024).

Otra terapia considerada dentro de este enfoque es la ozonoterapia, cuyo uso ha sido señalado como complemento en distintos tratamientos (Crisol Deza & Medeiros Bascope, 2021).

4.6 Ozonoterapia

La ozonoterapia es un conjunto de técnicas que emplean una mezcla de gases oxígeno (O₂) y ozono (O₃), la cual, ya sea de manera directa o a través de diferentes medios como agua, cloruro de sodio (NaCl), sangre, aceites, geles, entre otros, posee propiedades terapéuticas. Estas incluyen efectos antimicrobianos, estimulación de la actividad celular y regeneración de tejidos dañados. El O₃ se descompone rápidamente en agua y libera una forma reactiva de O₂ que puede oxidar células. Esta descomposición mejora la disponibilidad de oxígeno y ATP para la actividad celular. Sus beneficios están asociados a una mayor disponibilidad y transferencia de oxígeno, glucosa y ATP en situaciones de isquemia tisular, así como a la activación de las células madre en la zona afectada. Este proceso favorece la formación de nuevos vasos sanguíneos, promoviendo la regeneración y reparación de los tejidos (Cosmin et al., 2019; Sciorsci et al., 2020).

El ozono también activa ciertas células del sistema inmunológico e inhibe patógenos como bacterias, hongos, levaduras, protozoos y virus. Debido a estos efectos, se emplea para tratar varias enfermedades en medicina humana y veterinaria (Sciorsci et al., 2020).

La ozonoterapia es un tratamiento sumamente seguro que no requiere un período de espera en la leche, la carne ni en otros tejidos. Se utiliza de manera extendida para tratar una amplia variedad de trastornos y enfermedades, como mastitis, metritis, endometritis, retención de membranas fetales, vaginitis, urovagina, enteritis y laminitis, además de ser eficaz en el tratamiento local de diversas lesiones y afecciones neuromusculares (Kozat & Okman, 2019).

En tratamientos terapéuticos, se ha demostrado que el O₃ presenta efectos secundarios mínimos, lo que favorece su uso amplio. El daño tisular tóxico ocurre cuando los productos de ozonización saturan el sistema antioxidante. Para evitar esto, es esencial alcanzar una concentración terapéutica adecuada de dichos productos (Sciorsci et al., 2020).

4.6.1 Ozono

El ozono (O₃) es un gas formado por tres átomos de oxígeno. Tiene un olor distintivo. A temperatura ambiente, es incoloro y posee un color azul cuando se encuentra en estado líquido. Es más denso que el aire y juega un papel crucial en el equilibrio biológico de la tierra, ya que reacciona con el aire contaminado para absorber los rayos ultravioletas del sol (Kozat & Okman, 2019).

El ozono médico se produce en generadores especiales que utilizan una descarga eléctrica de alto voltaje sobre oxígeno 100% puro. Este proceso da como resultado una mezcla que consiste principalmente en oxígeno, con una pequeña cantidad de ozono. Dependiendo de su uso, la concentración de ozono puede oscilar entre 1 y 100 µg/mL. Aunque solo un 5% de la mezcla generada es ozono, el resto es oxígeno. En términos más específicos, esta mezcla puede contener desde 0,05% de O₃ y 99,95% de O₂, hasta un 5% de O₃ y 95% de O₂. Un detalle no menor es que el ozono médico se genera siempre en el momento de su uso y se aplica de inmediato. Esto se debe a que, transcurrida una hora, solo permanece la mitad del ozono original, ya que el resto se descompone en oxígeno (Kozat & Okman, 2019).

Debido a su inestabilidad, alcanzar concentraciones elevadas de O₃ es complicado. El O₃ se descompone en oxígeno atómico y molecular, a temperaturas de 20 °C, su vida media es de 40 minutos, mientras que a 0 °C puede durar alrededor de 140 minutos (Sciorsci et al., 2020).

4.6.2 Aplicación y efectos terapéuticos en veterinaria

En la clínica de pequeños animales, la ozonoterapia se emplea principalmente para tratar enfermedades de la piel de origen bacteriano, fúngico y ectoparasitario. También se ha investigado su efectividad en el manejo del dolor en patologías musculoesqueléticas crónicas (Herrera Parra & Fuentes Reyes, 2019).

La ozonoterapia ha sido incorporada en la medicina equina, mostrando resultados favorables en el tratamiento de distintas enfermedades (Peteoacă et al., 2020).

Existen dos formas principales de administrar el O₃: sistémica y local. En la vía sistémica, se realiza una autohemoterapia con ozono, en la cual se mezcla una cantidad precisa de O₂-O₃ con sangre extraída del paciente. Esta sangre oxigenada y ozonizada se devuelve luego al organismo. Hay tres métodos principales para la administración local de O₃: agua ozonizada, aceite ozonizado y la mezcla de gases O₂-O₃. Las vías locales incluyen intramuscular, intradiscal y paravertebral, mientras que otras opciones recomendadas son las cavidades rectal, tubárica, oral, vaginal, vesical, pleural y peritoneal (Sciorsci et al., 2020).

La única vía poco recomendada para la aplicación médica de O₃ es la inhalación, debido a su toxicidad pulmonar (Sciorsci et al., 2020).

La autohemoterapia mayor es un tratamiento en el que se utiliza ozono gaseoso para tratar la sangre extracorpórea, que luego se reinfunde intravenosamente en el paciente. Para ello, se extrae sangre de una vena periférica, se expone a una

concentración específica de ozono y posteriormente se vuelve a administrar al paciente. Es fundamental que todo el material empleado sea estéril, apto para el contacto con ozono y cumpla con los requisitos necesarios para su uso intravenoso. Con el tiempo, esta técnica ha evolucionado, desarrollándose diversas formas para la extracción y reinfusión de sangre. Actualmente, los generadores de ozono modernos cuentan con sistemas de vacío que permiten la extracción automatizada de sangre mediante líneas de extensión hacia un recipiente con anticoagulante. Allí se lleva a cabo el proceso de ozonización antes de su reintroducción en el paciente, formando un circuito cerrado, controlado por la máquina y con mínima manipulación directa de la sangre. Se reconoce que esta técnica produce un efecto sistémico debido a su capacidad inmunomoduladora, así como a sus propiedades antiinflamatorias y analgésicas. Contribuye a mejorar tanto el suministro como la utilización del oxígeno en órganos y tejidos, también aumenta la capacidad antioxidante del organismo (Herrera Parra & Fuentes Reyes, 2019; Kozat & Okman, 2019; Peteoacă et al., 2020).

La autohemoterapia menor es un tratamiento en el que se trata la sangre extracorpórea con ozono gaseoso, para luego administrarla al paciente mediante inyección intramuscular. Su mecanismo de acción implica una estimulación general y una activación no específica del sistema inmunitario (Kozat & Okman, 2019).

La insuflación rectal, uno de los métodos más antiguos de aplicación sistémica en la ozonoterapia, ya se considera una alternativa a la autohemoterapia mayor. El gas se disuelve rápidamente en el contenido intestinal, donde las mucoproteínas y otros productos secretados con propiedades antioxidantes reaccionan fácilmente con el ozono, generando especies reactivas de oxígeno (ROS) y productos de peroxidación lipídica. Estos compuestos atraviesan la mucosa e ingresan en la circulación de los capilares venosos y linfáticos. Este enfoque está indicado tanto para tratamientos locales en el recto como para efectos sistémicos (Kozat & Okman, 2019; Schwartz et al., 2020).

La vía intraperitoneal, aunque es el método más reciente y menos utilizado para la administración de ozono, permite un acceso directo a órganos como el hígado y el bazo. Esto genera una reducción del estrés oxidativo en los tejidos hepático y esplénico. Además, puede emplearse como coadyuvante en tratamientos de peritonitis y está siendo investigada en estudios para tratar neoplasias (Herrera Parra & Fuentes Reyes, 2019).

La técnica de gasificación con ozono en una bolsa plástica, también llamada *bagging*, es un método localizado de aplicación de ozono, se administra ozono directamente sobre una zona concreta de la piel. Consiste en introducir la mezcla de ozono y oxígeno en una bolsa plástica resistente al ozono, creando un entorno controlado alrededor de la lesión. Esto permite que los tejidos permanezcan en contacto directo con el gas. Las concentraciones utilizadas varían entre 20 y 80 µg/NmL, y el tiempo de exposición depende del estado de la herida, oscilando entre 5 y 20 minutos. Las concentraciones más altas (60-80 µg/NmL) se reservan para casos de infecciones sépticas purulentas, aplicándose solo por periodos muy breves, de máximo 5 minutos. Una vez controlada la infección y con la aparición de tejido de granulación saludable, es recomendable disminuir tanto la frecuencia como la concentración del tratamiento para favorecer y acelerar la cicatrización. A medida

que se reduce la concentración, el ozono pasa de tener un efecto oxidativo sobre los tejidos necróticos a desempeñar una acción microbicida y desactivadora de virus. Antes de aplicar el gas, es importante humedecer la zona afectada y eliminar completamente el aire de la bolsa mediante vacío. Al concluir el procedimiento, se debe extraer el ozono residual antes de retirar la bolsa (Kozat & Okman, 2019; Schwartz et al., 2020).

Los aceites ozonizados se obtienen al combinar aceites vegetales con ozono. Esta mezcla da lugar a una serie de compuestos que tienen efectos muy beneficiosos para la salud: ayudan a eliminar gérmenes, estimulan las defensas del cuerpo y favorecen la reparación de los tejidos. El ozono por sí solo no dura mucho tiempo; a temperatura ambiente, se convierte en oxígeno en menos de un minuto, lo que complica su uso directo. Sin embargo, cuando se lo mezcla con aceite vegetal, cambia su estructura y se vuelve mucho más estable, permitiendo conservar sus propiedades activas durante años, siempre que se mantenga en refrigeración. Gracias a esta reacción entre el ozono y el aceite, se generan sustancias como ozónidos, peróxidos y aldehídos, que han demostrado tener un fuerte efecto antimicrobiano (Sifontes et al., 2015).

La infiltración con ozono consiste en introducir ozono en forma gaseosa de manera localizada sobre diversos tejidos del cuerpo, con el objetivo de aprovechar sus efectos terapéuticos, especialmente su acción antiinflamatoria y analgésica. Dependiendo del caso clínico, el gas puede ser aplicado en zonas subcutáneas, dentro del tejido muscular, en el interior o alrededor de articulaciones, o directamente en lesiones o formaciones tumorales, así como en sus alrededores (Peteoacă et al., 2020).

Las formas de aplicar ozonoterapia se pueden utilizar de manera individual o combinadas entre sí para potenciar sus beneficios (Sumida & Hayashi, 2022).

Aunque el O₃ es conocido por su acción como molécula oxidante, actualmente se reconoce su efecto paradójico: a pesar de esto, mejora las propiedades antioxidantes de las estructuras dañadas por las patologías (Sciorsci et al., 2020).

La actividad oxidante del O₃ es efectiva para eliminar las paredes bacterianas y las membranas citoplasmáticas de hongos, y también actúa contra levaduras, protozoos y virus (al difundirse a través de la capa proteica que rodea el núcleo del ácido nucleico, destruye los virus, provocando daño en el ácido nucleico viral). En las bacterias, el O₃ reacciona con compuestos como aminos bacterianos, aminoácidos, residuos de azufre reducidos y compuestos aromáticos activados. Además, afecta los enlaces insaturados en fosfolípidos, proteínas, peptidoglicanos y liposacáridos de la membrana celular. Esta oxidación daña la membrana, lo que incrementa su permeabilidad y permite que el O₃ ingrese a las células. El O₃ complementa la terapia antibiótica al reducir la carga bacteriana en las heridas y acelerar su cicatrización, mostrando una acción sinérgica con los antibióticos. El O₃ podría ser una alternativa prometedora para prevenir la resistencia a los antibióticos (Kozat & Okman, 2019; Sciorsci et al., 2020). En cuanto a su efecto bactericida, el ozono es capaz de eliminar tanto bacterias grampositivas como gramnegativas, incluidas aquellas cepas especialmente resistentes a los antibióticos, como *Pseudomonas aeruginosa* y *Escherichia coli* (Schwartz & Martínez Sánchez, 2012).

Los efectos generales del ozono comprenden acciones desinfectantes y tróficas directas cuando se aplica de forma local, así como efectos antibacterianos y antivirales a nivel sistémico, atribuibles a la moderada formación de peróxidos. Además, el ozono incrementa la flexibilidad de los glóbulos rojos, lo que favorece la circulación sanguínea y mejora la oxigenación tisular. También optimiza el metabolismo eritrocitario, haciendo más eficiente la utilización de la glucosa, y favorece el metabolismo de los ácidos grasos, lo que estimula la actividad de las enzimas antioxidantes responsables de neutralizar peróxidos y radicales libres (Schwartz & Martínez Sánchez, 2012).

Numerosas investigaciones científicas respaldan que el ozono posee un doble efecto terapéutico, actuando tanto como calmante del dolor y modulador de la inflamación. Este doble impacto se explica por su intervención sobre distintos procesos fisiológicos: inhibe la generación de sustancias proinflamatorias, neutraliza compuestos relacionados con la percepción del dolor mediante mecanismos oxidativos, y favorece la irrigación en la zona tratada, optimizando la oxigenación de los tejidos. Esta mejoría en el entorno celular promueve la recuperación de las estructuras dañadas, facilita la depuración de productos tóxicos acumulados y contribuye a restablecer el equilibrio funcional alterado que originó el dolor (Schwartz & Martínez Sánchez, 2012).

La efectividad terapéutica de la ozonoterapia podría estar relacionada con el estrés oxidativo controlado y moderado que genera la interacción del ozono con diferentes componentes biológicos. La diferencia entre su efectividad y toxicidad podría depender de la intensidad del estrés oxidativo. De manera similar a lo que ocurre con el ejercicio, se sabe que una práctica moderada de ejercicio es beneficiosa para la salud, mientras que el ejercicio excesivo puede ser perjudicial (Sagai & Bocci, 2011).

El ozono tiene la capacidad de activar linfocitos y monocitos, lo que provoca la liberación de varias citocinas. Este proceso contribuye a mejorar la regeneración de los tejidos, además de estimular la granulación y la epitelización (Kozat & Okman, 2019).

4.6.3 Efectos secundarios y contraindicaciones

Cuando se utiliza correctamente, el ozono no presenta efectos secundarios, su administración es segura. Sin embargo, si se administra de manera incorrecta, pueden surgir problemas. La mayoría de los efectos secundarios reportados podrían estar vinculados a errores en la práctica, como una técnica incorrecta de administración, la vía utilizada para administrar el ozono, o la concentración de ozono aplicada, entre otros factores. Es esencial no usar ozono puro; siempre debe combinarse con oxígeno al menos al 95%, y se debe evitar la entrada de aire atmosférico, que podría generar dióxido de nitrógeno (N_2O_2), un gas tóxico. La controversia sobre el uso del ozono se debe principalmente a los efectos agresivos de sus metabolitos, las especies reactivas del oxígeno (ROS). Estos productos derivados del oxígeno son altamente reactivos debido a su inestabilidad química, lo que les permite dañar el ácido desoxirribonucleico (ADN) al actuar sobre las bases nitrogenadas y provocar modificaciones estructurales en ellas. Dosis bajas pueden

ser ineficaces, mientras que dosis altas pueden ser tóxicas (Herrera Parra & Fuentes Reyes, 2019; Kozat & Okman, 2019; Schwartz et al., 2020).

Se recomienda utilizar materiales como acero inoxidable, vidrio neutro y teflón para su aplicación (Kozat & Okman, 2019).

Los ojos y los pulmones son muy sensibles al ozono, y una exposición prolongada puede causar efectos secundarios. La vía inhalada está contraindicada, incluso en microdosis, ya que puede causar lesiones en el epitelio de las vías respiratorias altas y bajas. El ozono nunca debe ser inhalado. Además, se debe evitar que el área de trabajo se llene con gas. En pacientes con simbléfaron, la terapia de ozono también está contraindicada debido a la estimulación de fibroblastos que produce, lo que podría empeorar la condición ocular (Herrera Parra & Fuentes Reyes, 2019; Kozat & Okman, 2019; Schwartz et al., 2020).

El ozono a bajas dosis puede ser ineficaz, pero a dosis superiores a las indicadas puede ser tóxico, acá radica la importancia de una dosis correcta (Sagai & Bocci, 2011).

4.6.4 Aportes científicos relevantes sobre la implementación clínica del ozono

En los últimos años, el interés por la ozonoterapia ha aumentado de forma notable, lo que se refleja en la creciente cantidad de publicaciones científicas dedicadas a esta técnica (Peteoacă et al., 2020).

En el contexto actual, caracterizado por el aumento de los costos médicos y la preocupante resistencia a los antibióticos, la ozonoterapia se presenta como una alternativa terapéutica eficaz, accesible y con una relación costo-beneficio favorable. Esta terapia no solo ofrece ventajas económicas para los propietarios, sino que también brinda a los veterinarios una herramienta adicional para enriquecer su enfoque clínico y ampliar sus opciones terapéuticas (Herrera Parra & Fuentes Reyes, 2019; Kozat & Okman, 2019).

Se presenta a continuación una tabla que sintetiza diversos estudios científicos sobre la ozonoterapia en los ámbitos veterinario y humano (Tabla N° 1).

Tabla N° 1. Aplicación clínica del ozono: resumen de los estudios más relevantes.

Autor/es Año	Especie	Patología Aplicación	Modalidad de ozonoterapia	Resultados/Conclusión
Peteoacă et al., 2020	Bovino	Mastitis, metritis, retención de membranas fetales.	Intramamario, intrauterino.	Mejora la eficiencia reproductiva en vacas. Alternativa a los antibióticos.
Camps et al., 2009	Perro	Piodermitis causada por <i>Staphylococcus intermedius</i> .	Tópico: aceite ozonizado	Recuperación más rápida en comparación con los pacientes tratados solo con gentamicina.
Zamora et al., 2007	Rata	Sepsis peritoneal inducida.	Ozono/oxígeno combinado con levofloxacina.	La combinación de ozonoterapia con antibióticos resultó más efectiva en el tratamiento de la sepsis que el uso exclusivo de antibióticos.
Hernández Avilés, 2013	Perro	Osteoartritis y dolor.	Ozono y plasma rico en plaquetas ozonizado.	La ozonoterapia mejoró la movilidad y redujo significativamente el dolor, mostrando eficacia en trastornos musculoesqueléticos y dolorosos.
Guevara López, 2007	Equino	Aplicación en animales sanos para evaluar sus efectos sobre parámetros hemáticos y constantes fisiológicas.	Autohemoterapia mayor.	Aumento de glóbulos rojos y blancos; mejoría fisiológica transitoria.
Vidal Di Maio et al., 2009	Perro y gato	Diversas patologías óseas y dermatológicas	Insuflación rectal, autohemoterapia menor y aplicaciones paravertebrales.	Todos los pacientes mejoraron con terapias individualizadas, respaldando la ozonoterapia como una alternativa efectiva en veterinaria.
Kosachenco et al., 2018	Perro	Heridas por politraumatismo	Insuflación rectal, autohemoterapia menor Local: inyecciones intra y peri-lesionales Tópico: bolsas plásticas y aceite ozonizado	Cicatrización completa en 60 días; recuperación hematológica en 15 días.

Clavo et al., 2004	Humano	Perfusión cerebral	Autohemoterapia mayor.	Aumento significativo del flujo sanguíneo en la carótida y la arteria cerebral media. Buen efecto como tratamiento complementario en síndromes isquémicos y de baja perfusión cerebral.
Cattel et al., 2021	Humano	Infección por SARS-CoV-2	Intravenosa directa, autohemoterapia mayor y oxigenación sanguínea mediante ozonización extravascular.	Efecto antiinflamatorio, inmunomodulador y antiviral. Estrategia complementaria con antivirales en COVID-19. La combinación de ozonoterapia y antivirales resultó en menor inflamación y daño pulmonar.

Cada día se incrementa la producción científica en torno a la ozonoterapia, reflejada en el creciente número de estudios clínicos, textos especializados y trabajos que exploran tanto su base teórica como su aplicación clínica (Schwartz & Martínez Sánchez, 2012). Aunque aún se considera un campo emergente en la medicina veterinaria, la ozonoterapia muestra un gran potencial terapéutico. A pesar de que la evidencia científica disponible se encuentra dispersa y no completamente consolidada, tanto los datos clínicos como experimentales respaldan su uso en el tratamiento de diversas patologías. Dado que su rango terapéutico aún no se encuentra claramente definido, resulta esencial continuar con la investigación para ampliar su comprensión y aplicación en diferentes contextos clínicos (Peteoacă et al., 2020).

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo General

Reportar un caso de osteítis séptica con desprendimiento del hueso sesamoideo proximal medial secundario a una herida por fotosensibilización.

5.2 Objetivos Específicos

Describir la presentación clínica de un caso de fotosensibilización en un equino, a partir de las manifestaciones clínicas y la anamnesis.

Registrar la expulsión del sesamoideo proximal medial, el tratamiento multimodal y la evolución de un potrillo que ingresó al Centro Hospital Veterinario de la Facultad de Veterinaria.

Proporcionarle mejor calidad de vida al paciente utilizando todos los tratamientos que estaban al alcance considerando rigurosamente que cumpliera con las condiciones de bienestar animal.

Documentar la recuperación de un equino tratado mediante la aplicación conjunta de terapias convencionales y complementarias, como la ozonoterapia, con el fin de favorecer su evolución clínica.

Contribuir a la actualización del conocimiento sobre el manejo de heridas y la aplicación de terapias complementarias en equinos, fomentando un abordaje integral en la práctica clínica veterinaria.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Presentación del Caso Clínico

El 14 de abril de 2023 dio ingreso a Facultad de Veterinaria, UDELAR en Montevideo, Uruguay con el número de registro 0861/23, un equino de 1 año de edad, raza árabe, alazán, macho entero, con un peso de 198kg, llamado "Sur".

6.2 Motivo de consulta

"Heridas en miembros".

6.3 Anamnesis

Sanitaria:

El equino no contaba con antecedentes de vacunación. En cuanto a la profilaxis antiparasitaria, el 7 de abril se administraron 4 mL de Doramectina.

Ambiental:

El animal se encontraba en libertad, en campo natural de aproximadamente 3 hectáreas, conviviendo con otros equinos y bovinos. Su dieta se basaba en pastura natural, complementada con ¼ de balde de avena, fardos de alfalfa y mezcla. Se reportó que otros animales de diferentes especies, alojados en el mismo entorno y que consumían los mismos fardos, también presentaban signos clínicos similares.

Remota fisiológica:

Se informó que el equino había sido destetado aproximadamente cuatro meses atrás.

Próxima fisiológica:

En cuanto a su estado fisiológico actual, el animal orinaba, defecaba, ingería alimento y agua con normalidad.

Próxima patológica:

Las lesiones en los cuatro miembros se manifestaron simultáneamente hace unos 15 días, desarrollando posteriormente miasis en todas ellas (Imagen N° 1). El tratamiento inicial consistió en curaciones locales con curabichera, violeta de genciana y crema triple cicatrizante, cuya composición por 120 g incluye: Sulfadiazina argéntica (1 g), Triamcinolona acetónido (50 mg), y excipientes c.s.p. (100 g). Además, se administró Trifect Forte como antibiótico sistémico y fenilbutazona como analgésico. Evolucionó con el desarrollo de tejido de granulación.



Imagen N°1. Lesiones en miembros posteriores y miembro anterior derecho con presencia de miasis. (Imagen cedida por el Dr. Gonzalo Marichal).

6.4 Examen Objetivo General

Presentó una temperatura rectal de 37.8 °C, frecuencia cardíaca de 76 lpm, frecuencia respiratoria de 16 rpm. Su condición corporal era grado 4 (según escala numérica de Henneke del 1 al 9), sensorio alerta, mucosas rosadas, un tiempo de llenado capilar de 3 segundos, facies y linfonódulos sin particularidades. Se realizó un examen objetivo particular de piel y subcutáneo.

6.5 Examen Objetivo Particular

En el examen objetivo particular de piel y subcutáneo se encontró que el miembro más afectado era el posterior izquierdo (MPI) con una solución de continuidad que se extendía desde el tercio medio del metatarso hasta la parte más distal de la cuartilla por la cara plantar y medial. El miembro posterior derecho (MPD) presentaba una solución de continuidad que abarcaba tanto la cara lateral, plantar y medial del tercio medio del metatarso extendiéndose hasta la cuartilla. El miembro anterior derecho (MAD) también se encontraba afectado con una solución de continuidad a nivel del rodete coronario por la cara lateral (Imágenes N° 2 y 3).



Imagen N°2. 15/04/23. Heridas en miembros posteriores (A y B) y anterior derecho (C), con compromiso de metatarso, cuartilla y rodete coronario. (Imágenes cedidas por la Dra. Paula Meerhoff).



Imagen N°3. 16/4/23. Lesiones localizadas en miembros posteriores y anterior derecho, coincidentes con áreas de piel despigmentada. (Imagen cedida por la Dra. Paula Meerhoff).

Durante el período de internación, se realizaron dos evaluaciones diarias del examen objetivo general, registrando parámetros fisiológicos como la frecuencia cardíaca y respiratoria, temperatura corporal, motilidad intestinal, coloración y humedad de las mucosas, tiempo de llenado capilar y la prueba del pliegue cutáneo. Además, se llevó un registro diario detallado de todos los tratamientos realizados, incluyendo las indicaciones emitidas por el médico veterinario a cargo, el personal responsable de la administración de la medicación, la vía de aplicación utilizada y la dosis correspondiente en cada caso.

6.6 Exámenes colaterales

6.6.1 Microbiología:

El 21/04 se tomaron muestras del exudado de las zonas profundas de la herida utilizando un hisopo estéril, con el objetivo de realizar cultivo bacteriano y antibiograma.

El análisis microbiológico reveló la presencia de *Staphylococcus spp.*, el cual resultó ser sensible a Cefovecin, Ciprofloxacina, Sulfametazol, Gentamicina y Cefoxitina (Tabla N° 2).

Tabla N° 2. Resultados del cultivo microbiológico y antibiograma.

Resultado del Análisis Microbiológico			
Aislamiento		Staphylococcus spp.	
Resultado del Antibiograma			
Tetraciclina	Resistente	Lincomicina	Resistente
Oxacilina	Resistente	Doxiciclina	Resistente
Cefovecin	Sensible	Sulfametazol	Sensible
Eritromicina	Resistente	Cefalexina	Resistente
Clindamicina	Resistente	Gentamicina	Sensible
Ciprofloxacina	Sensible	Cefoxitina	Sensible

6.6.2 Imagenología:

El 02/05 se complementó el examen clínico con estudios radiográficos en proyecciones dorso-plantar y latero-medial a nivel de la articulación metacarpo-falángica del MPI.

El resultado del estudio radiológico evidenció la ausencia del hueso sesamoideo proximal medial, junto con la presencia de un fragmento óseo desplazado hacia proximal, resultado de un proceso lítico (Imagen N° 4). Además, se observaron signos de osteopenia, reacción periostal y áreas radiolúcidas compatibles con desmineralización y lisis ósea, así como pérdida de la arquitectura ósea y bordes articulares irregulares. En el sesamoideo proximal lateral se evidenció una disminución de la densidad ósea, atribuida a un proceso de remodelación. También se identificó un aumento de la radiopacidad de los tejidos blandos circundantes, con un trayecto radiolúcido que se extendía desde la superficie cutánea hasta la región de los sesamoideos.



Imagen N°4. 2/5/23. Radiografías de la articulación metatarso falangiana del miembro posterior izquierdo. **A** - Incidencia dorso-plantar: Se observa la ausencia del hueso sesamoideo proximal medial, así como áreas radiolúcidas en el hueso sesamoideo proximal lateral. **B** - Incidencia latero-medial: Se evidencian zonas de radiodensidad atípica en los sesamoideos, se observan bordes irregulares. Asimismo, se aprecia un aumento en el tamaño y la opacidad de los tejidos blandos, hallazgo compatible con la presencia de tejido de granulación exuberante. (Imágenes cedidas por el Dr. Gonzalo Marichal).

6.7 Diagnóstico

Con base en la evaluación clínica, los estudios de imagen y los resultados de laboratorio, se determina que las heridas evolucionaron hacia una osteítis séptica de los huesos sesamoideos proximales, estableciendo así el diagnóstico definitivo.

6.8 Tratamiento

El 19 de abril se le administró vacuna y suero antitetánico.

El tratamiento inicial consistió en la limpieza de las heridas mediante lavado con jabón de clorhexidina, seguida de aplicaciones tópicas de yodo y miel, y la colocación de vendajes con gasa y vendas de descanso, los cuales se renovaban cada 24 horas. Como complemento, se realizaron sesiones de crioterapia (hielo) en miembros anteriores durante 15 minutos, cada 12 horas.

El 30 de abril, durante la rutina de limpieza y recambio de vendajes, se evidenció el desprendimiento de uno de los huesos sesamoideos proximales del miembro posterior izquierdo (MPI), el cual fue hallado adherido a la gasa utilizada en el procedimiento (Imagen N° 5).

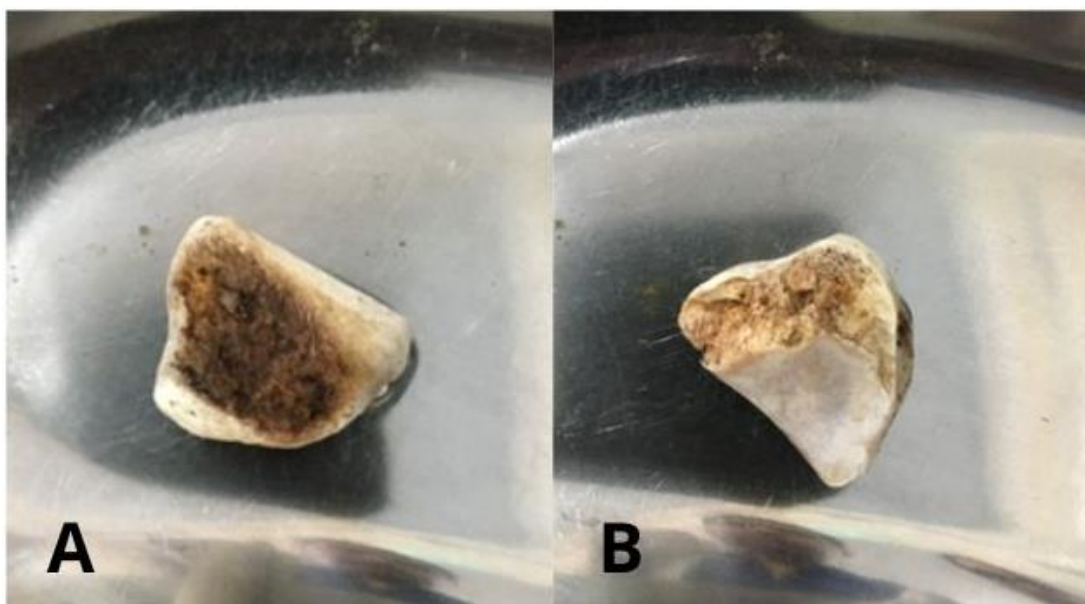


Imagen N°5. 30/4/23. Hueso sesamoideo proximal medial expulsado, presenta gran área de desmineralización y pérdida de la estructura ósea (**A** y **B**). (Imágenes cedidas por la Dra. Paula Meerhoff).

En cuanto al manejo del dolor, se comenzó con Flunixin meglumine a una dosis de 1,1 mg/kg, administrado durante los episodios de mayor dolor. A partir del 27 de abril, se instauró tratamiento con Meloxicam al 2 % (dosis: 0,6 mg/kg), administrado por vía intravenosa a razón de 6 mL cada 12 horas, acompañado de Omeprazol 2 g por vía oral cada 24 horas para la prevención de úlceras gástricas. Posteriormente, desde el 8 de mayo, se incorporó Ketamina, 1 mL por vía intramuscular cada 12 horas.

La antibioticoterapia se inició el 24 de abril con la administración de Trifect Forte, cuya composición por frasco de 35 mL incluye: Penicilina G Sódica (4.000.000 UI), Penicilina G Procaínica (3.000.000 UI), Penicilina G Benzatínica (3.000.000 UI), Sulfato de Kanamicina (5 g), Dipirone Sódica (5 g), Citrato de Sodio Anhidro (0,08 g), Alfaquimotripsina (0,20 g), Tripsina (0,03 g), Dimetilsulfóxido – DMSO (0,40 g), Hialuronidasa (0,03 g), Dexametasona 21 fosfato (0,01 g), Clorhidrato de Lidocaína (0,10 g), y excipientes c.s.p. La dosis administrada fue de 10.000 UI/kg (equivalente a 20 mL), aplicada cada 24 horas durante 7 días. Sin embargo, la respuesta clínica fue limitada. Ante la disponibilidad de los resultados del antibiograma, se decidió cambiar el tratamiento a Gentamicina, administrada por vía intravenosa a una dosis de 3,28 mg/kg (13 mL) cada 24 horas.

Además, en el miembro posterior izquierdo se implementó antibioticoterapia regional intravenosa (ARI) con Amikacina a una dosis de 500 mg, con un intervalo de 24 horas durante 3 días consecutivos, a partir del 2 de mayo (Imagen N° 6).



Imagen N°6. 2/5/23. Aplicación de antibioticoterapia regional intravenosa en miembro posterior izquierdo. (Imagen cedida por la Dra. Paula Meerhoff).

Se implementó un enfoque terapéutico integral que combinó ozonoterapia local y sistémica, con el objetivo de optimizar la cicatrización de las heridas y mejorar el bienestar general del equino.

Para la obtención del ozono se empleó un generador digital DYV Ultraliviano TANGO (Imagen N° 7). La administración sistémica se realizó mediante insuflación rectal de una mezcla de oxígeno/ozono a una concentración de 0,2 mg/mL, durante 3 minutos, con una frecuencia de una vez por semana, completando un total de 10 sesiones. Paralelamente, se aplicó ozonoterapia local en los miembros posteriores mediante la técnica de *bagging*, que consiste en colocar una bolsa plástica alrededor de la zona a tratar e introducir en su interior la mezcla gaseosa (Imágenes N° 8 y 9). Este procedimiento se llevó a cabo dos veces por semana, alcanzando un total de 20 sesiones, con una duración de 20 minutos cada una. Las primeras 10 sesiones se realizaron a una concentración de 1,2 mg/mL, las siguientes 6 a 0,9 mg/mL y las últimas 4 a 0,5 mg/mL.



Imagen N°7. Generador digital DYV Ultraliviano TANGO. (Imagen cedida por la Dra. Paula Meerhoff).



Imagen N° 8. Sesión de ozonoterapia local a través del método bagging en miembro posterior izquierdo (MPI). (Imagen cedida por la Dra. Stefani Delgado).



Imagen Nº9. Sesiones de ozonoterapia local a través del método bagging en los miembros posteriores. **A** y **B** miembro posterior derecho (MPD). **C** miembro posterior izquierdo (MPI). (Imágenes cedidas por la Dra. Stefani Delgado).

7. RESULTADOS

En lo que respecta a la evolución de las heridas, se evidenciaron mejorías notorias a lo largo del período de internación, tanto en términos clínicos como visuales, las cuales fueron registradas fotográficamente en distintas etapas del tratamiento (Imágenes N° 10, 11, 12, 13, 14).

Durante las primeras semanas, las lesiones presentaban bordes irregulares, zonas necróticas, exudado y un marcado proceso inflamatorio, principalmente en el miembro posterior izquierdo. Con el transcurso del tratamiento, se evidenció una respuesta favorable, caracterizada por la reducción gradual del edema, disminución del exudado y la aparición de tejido de granulación sano.

A medida que avanzaba la recuperación, se hizo evidente una retracción sostenida de los márgenes de las heridas, progresiva epitelización y recuperación de la integridad cutánea. La mejora en el control del dolor y del proceso infeccioso se tradujo no solo en una mejoría del estado clínico general, sino también en una reducción paulatina del grado de claudicación, lo que reflejó una recuperación funcional progresiva del miembro comprometido.



Imagen N°10. A – Aproximadamente una semana posterior al ingreso. En el miembro posterior izquierdo se observa una reducción del exudado purulento en comparación con el día de ingreso, así como la resolución de las áreas de tejido necrótico. Además, se identifica la aparición de tejido de granulación en el lecho de las lesiones. **B** – Aproximadamente dos

semanas después del ingreso. Se evidencia una evolución significativa: el lecho de la herida está ocupado predominantemente por tejido de granulación, con una coloración más intensa atribuible al aumento de la vascularización y un aspecto húmedo característico de una fase proliferativa activa. Se confirma la ausencia tanto de exudado purulento como de tejido necrótico. (Imágenes cedidas por la Dra. Paula Meerhoff).



Imagen N°11. Primeros días de mayo 2023 (un mes de evolución aproximadamente). Miembro posterior izquierdo. Se observa una leve reducción en el tamaño de la herida y del volumen de tejido de granulación exuberante. Si bien persiste una mínima cantidad de exudado, no se evidencian signos de necrosis y se mantiene el control del proceso infeccioso. **A** – Vista plantar. **B** – Vista lateral. (Imágenes cedidas por la Dra. Paula Meerhoff).

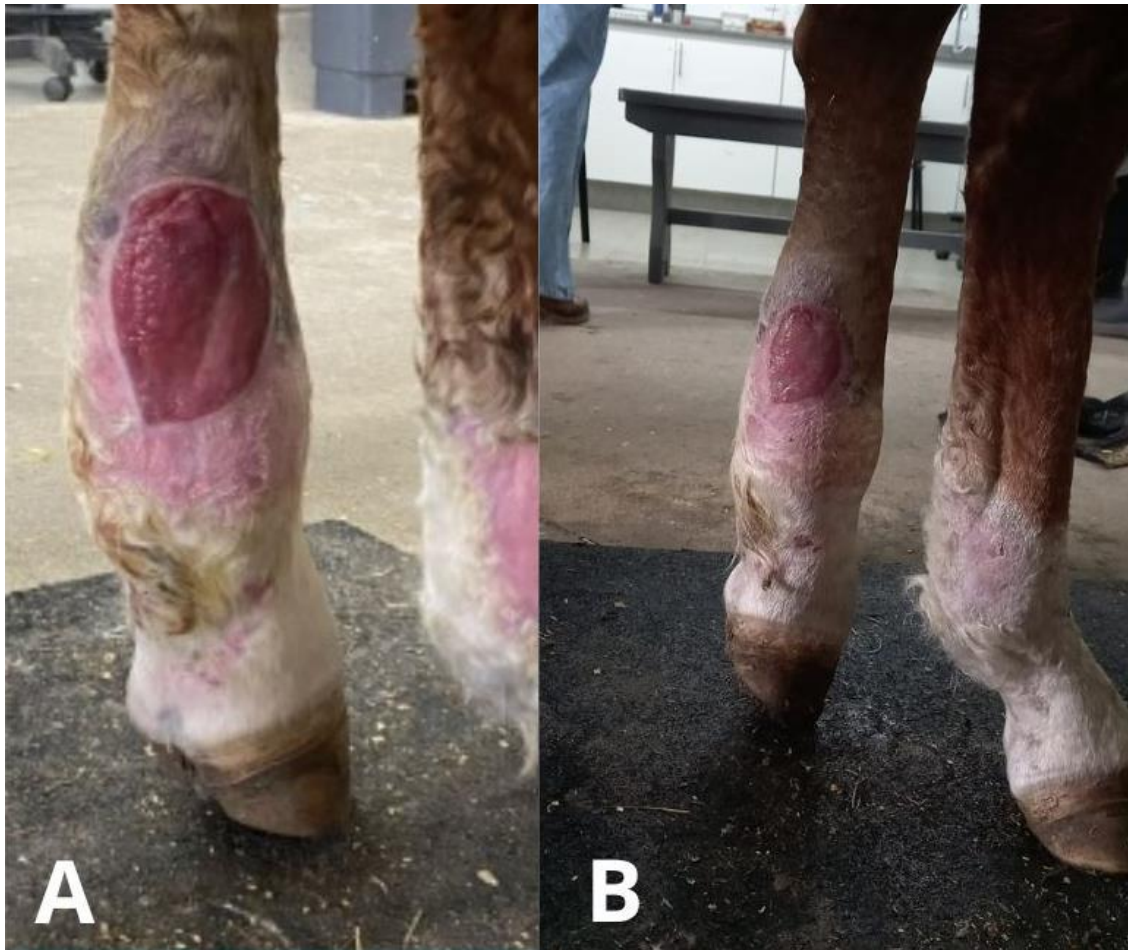


Imagen N°12. Junio 2023. Miembros posteriores. En el miembro posterior izquierdo se evidencia una notable reducción en la extensión de la herida y en la cantidad de tejido de granulación. Se observa la ausencia de exudado purulento y de tejido necrótico, junto con un avance significativo en el proceso de epitelización. **A** – Comienzos de junio. **B** – Finales de junio. En el miembro posterior derecho ya se aprecia crecimiento de pelo en las zonas previamente afectadas. (Imágenes cedidas por la Dra. Paula Meerhoff).

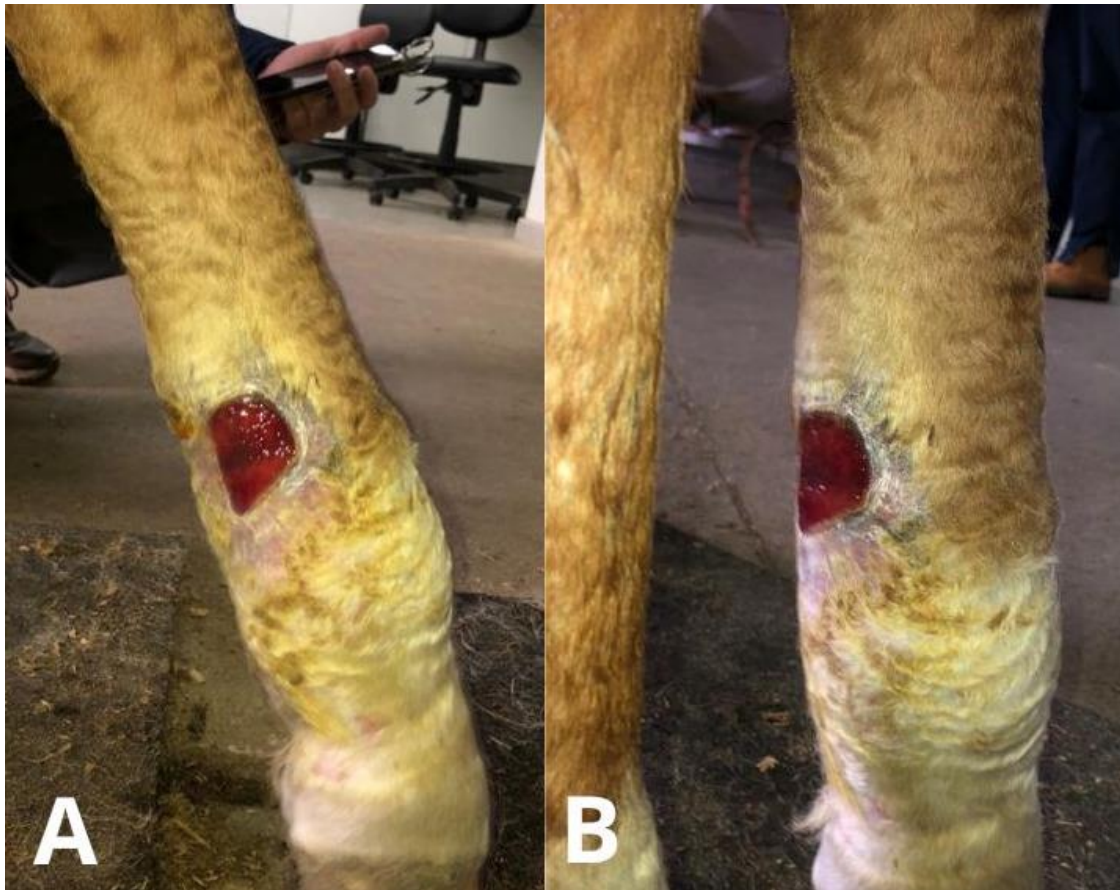


Imagen N°13. Julio 2023 (3 meses de evolución aproximadamente). Miembro posterior izquierdo. Se evidencia un avance significativo en el proceso de cicatrización de la herida, con una marcada reducción en su extensión y una disminución notable del tejido de granulación. El proceso de epitelización muestra un progreso sostenido, acompañado por el crecimiento de pelo en la zona afectada. **A** – Vista lateral. **B** – Vista frontal. (Imágenes cedidas por la Dra. Paula Meerhoff).



Imagen N°14. Agosto 2023 (4 meses de evolución aproximadamente). Miembro posterior izquierdo (**A y B**). Se observa una cicatrización casi completa de la herida, con cierre casi total de la lesión y una desaparición casi completa del tejido de granulación. La epitelización está prácticamente finalizada, y el crecimiento del pelo es uniforme y evidente en toda la zona afectada. No se observan signos inflamatorios ni complicaciones. (Imágenes cedidas por el Dr. Gonzalo Marichal).

La duración total de la internación fue de 131 días, durante los cuales se evidenció una evolución clínica sostenida y favorable. A lo largo de este período, el paciente presentó una mejora gradual en su estado general y en los signos locales asociados a las lesiones, con una disminución progresiva del dolor, resolución del proceso inflamatorio y avance constante en la cicatrización tisular. La respuesta al tratamiento implementado, tanto convencional como complementario, fue positiva, permitiendo alcanzar una recuperación funcional satisfactoria. Estos resultados hicieron posible el alta hospitalaria.

A dos años del alta, el equino está en buen estado general, en el campo y con las heridas totalmente cicatrizadas (Imagen N° 15).



Imagen N°15. 2/6/2025. En el miembro posterior derecho, la cicatriz ha sido completamente cubierta por pelo, sin alteraciones visibles. En el miembro posterior izquierdo se observa una cicatriz pigmentada y alopécica, sin alteraciones funcionales, lo que indica una resolución cicatrizal estable a largo plazo. **A** – Miembro posterior izquierdo. **B** – Vista de ambos miembros posteriores. (Imágenes cedidas por el Dr. Gonzalo Marichal).

8. DISCUSIÓN

El diagnóstico de fotosensibilización se estableció como una sospecha clínica, sustentada en la anamnesis y los signos observados, dado que no se realizaron estudios de laboratorio que lo confirmaran de manera definitiva. Se presume que el agente fotodinámico estaba presente en los fardos consumidos por el equino, ya que otros animales también se vieron afectados y el consumo de dicho forraje fue el factor común identificado. Las lesiones se localizaron principalmente en áreas de pelaje blanco, un patrón característico de esta afección. Si bien no se llevaron a cabo estudios complementarios, estos habrían sido útiles para confirmar el diagnóstico; por ejemplo, un funcional hepático podría haber aportado información relevante, considerando que algunas formas de fotosensibilización tienen origen hepático. Un caso similar fue reportado por Dziugys Maberino (2016), quien diagnosticó fotosensibilización hepatógena de etiología incierta a partir de la anamnesis, los signos clínicos y alteraciones en pruebas hepáticas.

No se encontraron en la literatura científica reportes que describan específicamente un caso de desprendimiento de alguno de los sesamoideos proximales como el presentado en este trabajo. Sin embargo, Brommer et al. (2014) describen procesos de reabsorción ósea en el margen proximal-axial de estos huesos, así como la presencia de osteoporosis en su estructura compacta y esponjosa. Pérez (2023), por su parte, reporta un caso de osteítis séptica de los sesamoideos tras un traumatismo, con disrupción completa del aparato de sostén de la articulación metatarso-falangiana. Si bien el caso fue dado de alta, a diferencia de dicho informe, en este trabajo se empleó también ozonoterapia como tratamiento complementario, lo que representa una alternativa terapéutica prometedora. La falta de reportes similares podría explicarse por la elevada tasa de eutanasia en estos casos, debido a la complejidad de las lesiones, el alto costo del tratamiento y el pronóstico reservado en cuanto a la recuperación funcional.

La ozonoterapia se considera una herramienta complementaria útil por su acción germicida y la baja probabilidad de generar resistencia bacteriana, lo que le otorga ventajas frente a tratamientos convencionales (Herrera Parra & Fuentes Reyes, 2019). Aunque su uso en medicina veterinaria es reciente, ha mostrado resultados positivos en diversas patologías, si bien aún se dispone de pocos estudios que respalden su eficacia y seguridad en equinos (Herrera Parra & Fuentes Reyes, 2019; Mosquera Jaramillo, 2017). Su integración con la medicina alopática, y no como sustituto de esta (Schwartz et al., 2020), permite aprovechar sus múltiples propiedades terapéuticas (Herrera Parra & Fuentes Reyes, 2019). En el caso clínico abordado, la combinación de ozonoterapia con el tratamiento convencional contribuyó de forma significativa a la recuperación del paciente. Gracias a este enfoque integral, no solo se logró salvar la vida del animal, sino que también fue posible mejorar su estado general y asegurarle una buena calidad de vida. Actualmente, el equino se encuentra estable, activo y cumpliendo con normalidad sus funciones reproductivas, lo cual representa un desenlace muy positivo tanto desde el punto de vista clínico como productivo.

Cosmin et al. (2019) demostraron que la aplicación de ozonoterapia tópica en heridas de miembros equinos produjo una reducción promedio diaria de 3,3

cm² en el tamaño de la herida y una disminución del 93,81% en la carga bacteriana, utilizando la técnica de bolsa de ozono con una concentración de 0,05 mg/mL, durante 30 minutos cada 3 días. En el caso presentado, se utilizó la misma técnica, pero con un protocolo distinto, adaptando tanto la frecuencia como las concentraciones del ozono. Aunque no fue posible atribuir de manera aislada la mejoría clínica al ozono, los resultados obtenidos fueron positivos y coinciden con los del estudio citado, lo que refuerza su valor como terapia complementaria en heridas complejas.

En un estudio realizado con 12 equinos sanos, la ozonoterapia aplicada por vía rectal, con concentraciones crecientes hasta 0,02 mg/mL, completando un total de 10 sesiones, mostró mejoras significativas en parámetros hematológicos como eritrocitos, hemoglobina, hematocrito y concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM), además de una mayor flexibilidad de los glóbulos rojos y mejor flujo sanguíneo. Se concluyó que la administración transrectal de ozono puede potenciar indirectamente la oxigenación y el metabolismo de los tejidos, además de influir en la regulación de las especies reactivas de oxígeno (ERO) (Mosquera Jaramillo, 2017). En el presente caso también se utilizó ozonoterapia sistémica por vía intrarrectal, aunque con una concentración mayor y el mismo número de sesiones. Si bien no se evaluaron parámetros sanguíneos, la evolución clínica fue favorable, lo que respalda su utilidad terapéutica. Especialmente en un animal clínicamente comprometido, como en nuestro caso, optimizar la oxigenación y el metabolismo tisular puede representar un factor clave para acelerar la recuperación y mejorar el pronóstico.

Aquino y Fernández (2024) evaluaron la efectividad de combinar un injerto cutáneo con ozonoterapia en una herida compleja de un felino de tres meses. Tras aplicar ozonoterapia (45 µg/L) mediante técnica de *bagging*, se logró un lecho de granulación adecuado y una cicatrización completa al día 20, sin necrosis ni infección. El procedimiento mostró beneficios en el bienestar animal, como una recuperación más rápida y mayor confort. Las aplicaciones se realizaron antes y después de la cirugía, con pocas sesiones y sin efectos adversos. Lograron una tasa de éxito del 100 %. Aunque este estudio fue realizado en una especie distinta a la de nuestro trabajo, es relevante destacar que utilizaron una dosis menor y realizaron menos sesiones, logrando aun así un éxito total. Sin embargo, comparte con nuestro estudio la limitación metodológica de no contar con un grupo control, lo cual impide atribuir con certeza el beneficio terapéutico exclusivamente a la ozonoterapia.

En el caso clínico presentado, se integró la ozonoterapia como complemento a un tratamiento convencional para favorecer la recuperación de un único equino. Sin embargo, debido a la ausencia de protocolos estandarizados, parámetros cuantificables y un grupo control, no es posible atribuir de manera concluyente los resultados exclusivamente al uso del ozono. A pesar de estas limitaciones, el tratamiento fue exitoso: el animal se recuperó clínicamente, fue dado de alta y actualmente desarrolla sus funciones normales. El compromiso activo del propietario y la aceptación de estrategias complementarias, como la ozonoterapia, probablemente contribuyeron a esta evolución positiva. Además, existen antecedentes científicos que respaldan el empleo de la ozonoterapia, demostrando su potencial terapéutico en situaciones similares, tanto en esta especie como en

otras. Esta experiencia destaca la importancia de adoptar enfoques terapéuticos integrados y personalizados, especialmente en casos clínicos complejos y con pronósticos reservados.

9. CONCLUSIONES

El presente trabajo permitió documentar por primera vez un caso clínico de osteítis séptica con desprendimiento del sesamoideo proximal medial, secundaria a una lesión por fotosensibilización, en un potrillo atendido en el Centro Hospital Veterinario de la Facultad de Veterinaria (Udelar, Montevideo). Se logró registrar en detalle el curso clínico del paciente, incluyendo la expulsión de uno de los huesos afectados, el tratamiento multimodal aplicado y su evolución favorable.

La descripción detallada del caso de fotosensibilización permitió identificar con claridad las manifestaciones clínicas características de esta condición, así como la importancia de una anamnesis minuciosa para establecer un diagnóstico preciso.

El abordaje terapéutico estuvo orientado a preservar la vida del animal y optimizar su bienestar, cumpliendo rigurosamente con los principios de bienestar animal durante todo el proceso. A pesar de la complejidad del cuadro clínico, se alcanzó una recuperación funcional que permitió al paciente retomar su vida reproductiva, lo que representa un desenlace clínico y productivo altamente satisfactorio.

Este caso permitió demostrar la viabilidad del uso conjunto de terapias convencionales con tratamientos complementarios, como la ozonoterapia, en contextos clínicos complejos.

Esta experiencia subraya la importancia de considerar enfoques terapéuticos integrados y adaptados a cada situación clínica particular.

Se logró aportar evidencia valiosa a una literatura aún escasa sobre este tipo de lesiones en equinos y se contribuyó a la actualización del conocimiento en el manejo de heridas complejas, al demostrar los beneficios de combinar terapias convencionales con tratamientos complementarios, como la ozonoterapia. Dicho abordaje favoreció los procesos de cicatrización y recuperación funcional del paciente, y refuerza la necesidad de promover la formación continua del médico veterinario.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, O.R. (1982). *Enfermedades quirúrgicas de los miembros del caballo*. Hemisferio Sur.
- Aquino, Á., & Fernández, M.V. (2024). *Uso de injerto cutáneo combinado con ozonoterapia para la cicatrización de un defecto en miembro anterior en un felino* [Tesis de grado inédita]. Facultad de Veterinaria, UDELAR.
- Barbet, J.L., Baxter, G.M., & McMullan, W.C. (1998). Enfermedades de la piel. En P.T. Colahan, I.G. Mayhew, A.M. Merritt, & J.N. Moore (Eds.), *Medicina y cirugía equina* (4ª ed., Vol. 2, pp. 1461 - 1577). Intermédica.
- Barr, E.D., Clegg, P.D., Senior, J.M., & Singer, E.R. (2005). Destructive lesions of the proximal sesamoid bones as a complication of dorsal metatarsal artery catheterization in three horses. *Veterinary Surgery*, 34(2), 159-166. <https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2005.00026.x>
- Baxter, G.M. (2011). *Adams y Stashak: Claudicación en el caballo* (6ª ed.). Intermédica.
- Bertone A.L. (1989). Principles of wound healing. *The Veterinary Clinics of North America. Equine Practice*, 5(3), 449–463. [https://doi.org/10.1016/s0749-0739\(17\)30568-0](https://doi.org/10.1016/s0749-0739(17)30568-0)
- Brommer, H., Voermans, M., Veraa, S., Belt, A.J.M., Toorn, A., Ploeg, M., Gröne, A., & Back, W. (2014). Axial osteitis of the proximal sesamoid bones and desmitis of the intersesamoidean ligament in the hindlimb of Friesian horses: Review of 12 cases (2002-2012) and post-mortem analysis of the bone-ligament interface. *BMC Veterinary Research*, 10(1), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12917-014-0272-x>
- Buen de Argüero, N., Guzmán Becerril, M., Ordóñez Galindo, C. A., & Chávez Gris, G. (2008). *Atlas de dermatología diagnóstica en perros y gatos*. Intermédica.
- Camps, A.M., Téllez Pardo, A., & Valero, E. (2009). Efectos terapéuticos del Oleozón en la piodermatitis canina, considerando algunos procedimientos microbiológicos y micológicos. *REDVET*, 10(12), 1-9.
- Cangussu Santos, M.A. (2024). O uso da acupuntura no tratamento de cavalos com laminite: Revisão de literatura. *Ciências Agrícolas*, 29(140). <https://doi.org/10.69849/revistaft/ch10202411261919>
- Cattel, F., Corcione, S., Giordano, S., Bertiond, C., Scaldaferrì, M., Lupia, T., Angelone, L., & De Rosa, F.G. (2021). Ozone therapy in COVID-19: A narrative review. *Virus Research*, 291. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2020.198207>

- Cauvin, E.R.J., & Munroe, G.A. (1998). Septic osteitis of the distal phalanx: Findings and surgical treatment in 18 cases. *Equine Veterinary Journal*, 30(6), 512-519. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1998.tb04527.x>
- Cerrato, S., Ramió-Lluch, L., Brazís, P., Rabanal, R.M., Fondevila, D., & Puigdemont, A. (2014). Development and characterization of an equine skin-equivalent model. *Veterinary Dermatology*, 25(5), 475-e77. <https://doi.org/10.1111/vde.12134>
- Clavo, B., Catalá, L., Pérez, J. L., Rodríguez, V., & Robaina, F. (2004). Ozone therapy on cerebral blood flow: A preliminary report. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 1(3), 315-319. <https://doi.org/10.1093/ecam/neh039>
- Cosmin, C., Luca, V., Chilila, F., Pop, G., & Oana, L.L. (2019). Antibacterial effect of topic ozone in horses with distal limb infected wounds. *Agriculture*, 3-4(111-112), 328-332. <https://doi.org/10.15835/agrisp.v110i3-4.13427>
- Couto, R.J. (1989). *Toxicología Veterinaria* (2ª ed.). Salvat.
- Crisol Deza, D.A., & Medeiros Bascope, M.L. (2021). Uso de la ozonoterapia como tratamiento complementario. *Revista Cubana de Reumatología*, 23(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1817-59962021000300002
- Cruz Amaya, J.M. (2008). Principios básicos del manejo de las heridas. *Revista Veterinaria y Zootecnia*, 2(1), 70–81. <https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/vetzootec/article/view/5748>
- Dabareiner, R.M., Watkins, J.P., Carter, G.K., Honnas, C.M., & Eastman, T. (2001). Osteitis of the axial border of the proximal sesamoid bones in horses: Eight cases (1993–1999). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 219(1), 82-86. <https://doi.org/10.2460/javma.2001.219.82>
- Dyce, K.M., Sack, W.O., & Wensing, C.J.G. (2007). *Anatomía veterinaria* (3ª ed.). El Manual Moderno.
- Dziugys Maberino, N. (2016). *Fotosensibilización hepatógena de etiología incierta en un equino* [Tesis de grado, Facultad de Veterinaria, UDELAR]. Colibrí. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/10358>
- Faccin, M., Wiener, D.J., Rech, R.R., Santoro, D., & Rodrigues Hoffmann, A. (2023). Common superficial and deep cutaneous bacterial infections in domestic animals: A review. *Veterinary Pathology*, 60(6), 796–811. <https://doi.org/10.1177/03009858231176558>
- Forero Becerra, E.G. (2011). Miasis en salud pública y salud pública veterinaria. *Una Salud. Revista Sapuvet de Salud Pública*, 2(2), 95–132. <https://revistas.lasalle.edu.co/index.php/us/article/view/5089>

- Guevara López, L. (2007). *Efecto de la ozonoterapia sobre los parámetros hematológicos y constantes fisiológicas en equinos* [Proyecto especial de Ingeniero Agrónomo, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano]. Biblioteca digital Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/716>
- Harman, R.M., Rajesh, A., & Van de Walle, G.R. (2023). Use of Biologics and Stem Cells for Wound Healing in the Horse. *Clínicas Veterinarias de Norteamérica: Práctica Equina*, 39(3), 525–539. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2023.06.003>
- Hernández Avilés, M. (2013). Utilización del ozono y factores de crecimiento ozonizados en patologías musculoesqueléticas en la especie canina. *Revista Española de Ozonoterapia*, 3(1), 91-94.
- Herrera Parra, O.J., & Fuentes Reyes, E.E. (2019). Uso de la ozonoterapia como tratamiento de patologías en pequeños animales. *Revista de Sistemas de Producción Agroecológica*, 10(1), 67-92. <https://doi.org/10.22579/22484817.725>
- Hogan, P.A., & Honnas, C.M. (2010). Trastornos de los huesos, las articulaciones y el tejido conjuntivo. En B.P. Smith (Ed.), *Medicina interna de grandes animales* (4ª ed., pp. 1213–1216). Elsevier.
- Kosachenco, B., Calliari, C., Appel, B., Mentz, F., & Malschitzky, E. (2018). Efecto terapéutico de la ozonoterapia en la cicatrización de heridas en perros: Reporte de casos. *Revista Española de Ozonoterapia*, 8(1), 197-210. <https://ozonetherapyglobaljournal.es/>
- Kozat, S., & Okman, E.N. (2019). Has ozone therapy a future in veterinary medicine? *Journal of Animal Husbandry and Dairy Science*, 3(3), 25-34.
- Lawrence, C.P., & Fraser, B.S.L. (2013). Septic osteitis of the axial border of the proximal sesamoid bones in two foals. *Equine Veterinary Education*, 25(2), 63-66. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3292.2012.00387.x>
- Lozina, L., Bogado, F., Alonso, J., Dudik, N., Sánchez, S., & Acosta de Pérez, O. (2007). Tratamiento de heridas superficiales en equinos de trabajo. *Revista Veterinaria*, 18(2), 120–123. <https://doi.org/10.30972/vet.1821910>
- Martínez Sánchez, L.M., Martínez Domínguez, G.I., Gallego González, D., Vallejo Agudelo, E.O., Lopera Valle, J.S., Vargas Grisales, N., & Molina Valencia, J. (2014). Uso de terapias alternativas, desafío actual en el manejo del dolor. *Revista de la Sociedad Española del Dolor*, 21(6), 338–344. https://scielo.isciii.es/pdf/dolor/v21n6/07_revision2.pdf
- Merchán, A., Voss, J.K., & Dubois, M.-S. (2021). Fungal osteitis of the axial aspect of the mid body of the medial proximal sesamoid bone in a horse. *The Canadian Veterinary Journal*, 62(8), 867-871.
- Mosquera Jaramillo, F. (2017). *Influencia de la ozonoterapia en el balance oxidativo de équidos* [Tesis de grado, Universidad de los Llanos]. Repositorio digital Universidad de los Llanos. <https://repositorio.unillanos.edu.co/handle/001/415>

- Neil, K.M., Axon, J.E., Begg, A.P., Todhunter, P.G., Adams, P.L., Fine, A.E., Caron, J.P., & Adkins, A.R. (2010). Retrospective study of 108 foals with septic osteomyelitis. *Australian Veterinary Journal*, 88(1-2), 4-12.
<https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.2009.00539.x>
- Neil, K.M., Axon, J.E., Todhunter, P.G., Adams, P.L., Caron, J.P., & Adkins, A.R. (2007). Septic osteitis of the distal phalanx in foals: 22 cases (1995–2002). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 230(11), 1683-1690.
<https://doi.org/10.2460/javma.230.11.1683>
- Orsini, J.A. (2017). Update on the management of severe wound infections in horses: Wounds involving bone. *Journal of Equine Veterinary Science*, 55, 123–138.
<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2017.01.004>
- Páez, M. (2019). *Manejo de heridas en equinos* [Trabajo final de grado en Medicina Veterinaria, Universidad Nacional de Río Negro]. RID-UNRN.
<https://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/3396>
- Pérez, G. (2023). Osteítis séptica de los huesos sesamoideos proximales posterior a una lesión traumática en un caballo: reporte de un caso. *Veterinaria (Montevideo)*, 59(219), 1-15. <https://doi.org/10.29155/VET.59.219.2>
- Peteoacă, A., Istrate, A., Goanță, A.M., Ionașcu, I., & Tănase, A. (2020). The use of ozone therapy in veterinary medicine: A systematic review. *AgroLife Scientific Journal*, 9(2), 226-239.
- Peyton, L.C., & Pattio, N. (1992). Cuidado de la herida y del exceso de tejido de granulación. En N.E. Robinson (Ed.), *Terapéutica actual en medicina equina* (2ª ed., Vol. 2, pp. 692-695). Prensa Veterinaria Argentina.
- Radostits, O.M., Gay C.C., Blood D.C., & Hinchcliff K.W. (2002). *Medicina Veterinaria. Tratado de las enfermedades del ganado bovino, ovino, porcino, caprino y equino* (9ª ed., Vol. 1). Interamericana.
- Rose, R.J., & Hodgson, D.R. (1995). *Manual clínico de equinos*. Interamericana.
- Sagai, M., & Bocci, V. (2011). Mechanisms of action involved in ozone therapy: Is healing induced via a mild oxidative stress? *Medical Gas Research*, 1(1), 29.
<https://doi.org/10.1186/2045-9912-1-29>
- Sayegh, A.I., Sande, R.D., Besser, T.E., Ragle, C.A., Tucker, R.L., & Baker, G.J. (2001). Appendicular osteomyelitis in horses: Etiology, pathogenesis, and diagnosis. *Vet Folio Compendium*, 23(8), 1-15.
- Schwartz, A., & Martínez Sánchez, G. (2012). *Ozone therapy and its scientific foundations*. *Revista Española de Ozonoterapia*, 2(1), 199-232.

- Sciorsci, R L., Lillo, E., Occhiogrosso, L., & Rizzo, A. (2020). Ozone therapy in veterinary medicine: A review. *Research in Veterinary Science*, 130, 240-246. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.03.026>
- Schwartz, A., Martínez Sánchez, G., Quintero, R., Sabbah, F., Hernández Avilés, M., & McCarthy, W. (2020). *Madrid declaration on ozone therapy* (3ª ed.). ISCO3. <https://isco3.org/madrid-declaration-on-ozone-therapy-isco3-3rd-edition-2020-103-pages/>
- Scott, D.W., & Miller, W.H. (2004). *Dermatología Equina*. Intermédica.
- Sherman, K.M., Myhre, G.D., & Heymann, E.I. (2006). Fungal osteomyelitis of the axial border of the proximal sesamoid bones in a horse. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 229(10), 1607-1611.
- Sifontes, Á.B., Ropero, M., Ávila, E.E., & Villalobos-Dun, H.L. (2015). Uso clínico de los aceites ozonizados y su amplio espectro de aplicaciones. *Botica*, (35). <https://botica.xyz/aceites-ozonizados/>
- Sumida, J.M., & Hayashi, A.M. (2022). Ozone therapy in veterinary medicine: Clinical indications and techniques. *Acta Veterinaria Brasilica*, 16(4), 294-304. <https://doi.org/10.21708/avb.2022.16.4.10330>
- Urtiga, B. da C. (2021). *A utilização de laserterapia no tratamento de feridas em equinos* [Trabajo de grado, Centro Universitário de Brasília]. Repositório UniCEUB. <https://repositorio.uniceub.br/jspui/handle/prefix/15590>
- Vidal Di Maio, L., Urruchi, W., & Zamora Rodríguez, Z. (2009). Utilidad potencial de la ozonoterapia en la medicina veterinaria. *REDVET*, 10(10), 1-13. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63617128017>
- Villar, D., & Ortiz Díaz, J.J. (2006). *Plantas tóxicas de interés veterinario. Casos clínicos*. Elsevier Masson.
- Zamora Rodríguez, Z., Menéndez Cerero, S., González Álvarez, R., & Schulz, S. (2007). Efecto de la mezcla ozono/oxígeno combinada con levofloxacin en un modelo de sepsis peritoneal inducida en ratas. *REDVET*, 8(9). file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Efecto_de_lamezcla_ozonooxigeno_combinado_con_lev.pdf