



# Universidad Católica de Santa María

**Escuela de Postgrado**  
**Maestría en Producción y Salud Animal**

**Efectividad del ácido salicílico tópico como tratamiento no antibiótico en la enfermedad  
podal de la línea blanca del bovino lechero frente al uso sistémico del antibiótico  
ceftiofur**

Tesis presentada por:

**Cavero Huertas, Ricardo**

**ORCID: 0009-0006-0999-5528**

Para optar por el Grado Académico de Maestro en Producción y Salud Animal

Asesora:

**Mg M.V. Medina Escalante Cyntia Karin**

**ORCID: 0000-0001-7135-5106**

Arequipa - Perú

2026

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
**ESCUELA DE POSTGRADO**  
**DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR DE TESIS**

Arequipa, 23 de Marzo del 2026

**Dictamen: 013017-C--2026**

Visto el borrador del expediente 013017, presentado por:

**2023004561 - CAVERO HUERTAS RICARDO**

Titulado:

**EFFECTIVIDAD DEL ÁCIDO SALICÍLICO TÓPICO COMO TRATAMIENTO NO ANTIBIÓTICO EN LA  
ENFERMEDAD PODAL DE LA LÍNEA BLANCA DEL BOVINO LECHERO FRENTE AL USO  
SISTÉMICO DEL ANTIBIÓTICO CEFTIOFUR**

Nuestro dictamen es:

**APROBADO**

**29285302 - GUTIERREZ ARANIBAR ROXANA JACQUELINE CANDELARIA  
DICTAMINADOR**



**16423061 - FERNANDEZ FERNANDEZ FERNANDO ALBERTO  
DICTAMINADOR**



**29671872 - VASQUEZ PEREZ CARLOS SANTIAGO  
DICTAMINADOR**



# Efectividad del ácido salicílico tópico como tratamiento no antibiótico en la enfermedad podal de la línea blanca del bovino lechero frente al uso sistémico del antibiótico ceftiofur

## INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

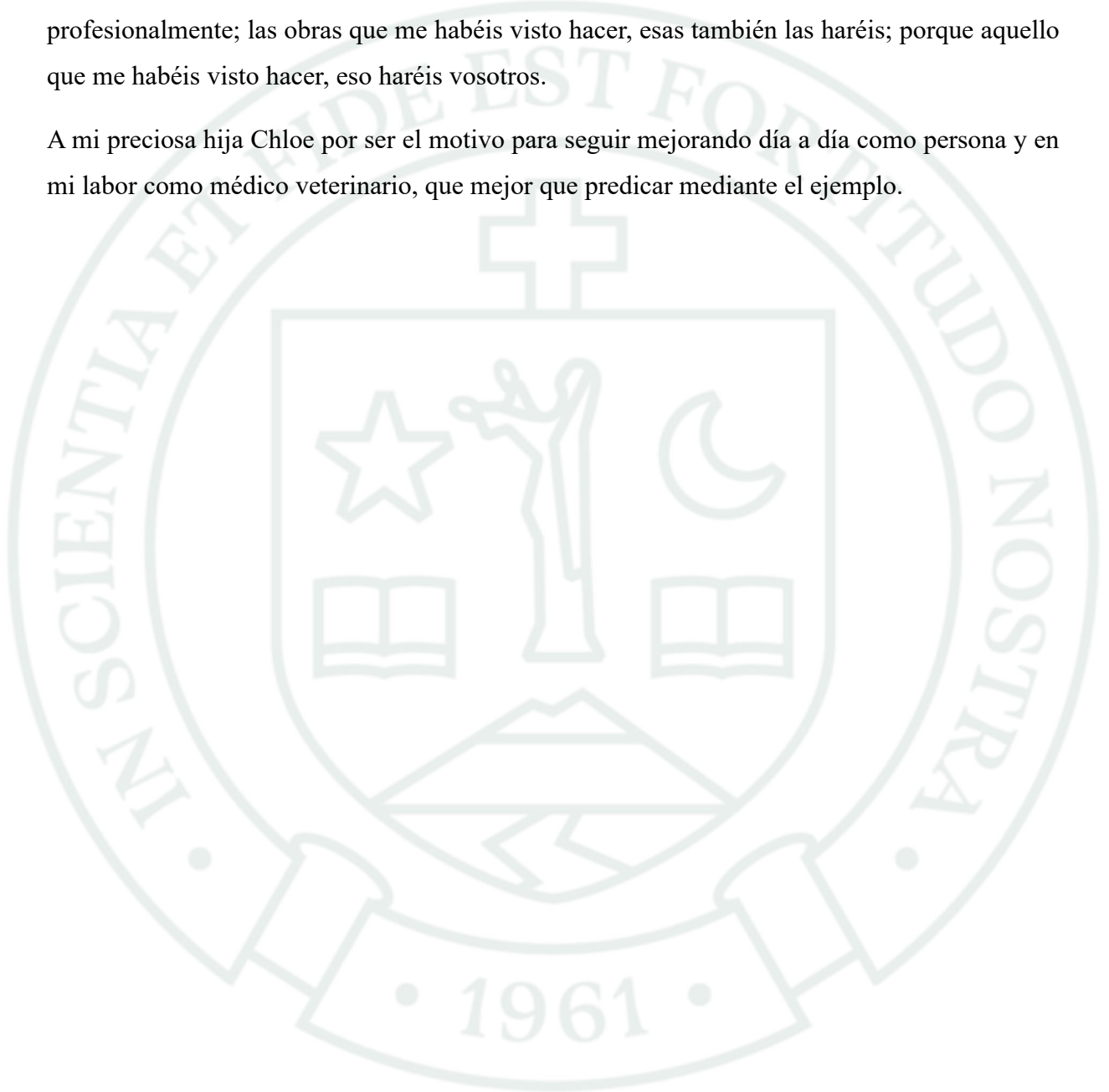
|    |                                                                                                        |      |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1  | <a href="https://docplayer.es">docplayer.es</a><br>Fuente de Internet                                  | 1 %  |
| 2  | <a href="http://www.engormix.com">www.engormix.com</a><br>Fuente de Internet                           | 1 %  |
| 3  | <a href="https://fr.slideshare.net">fr.slideshare.net</a><br>Fuente de Internet                        | 1 %  |
| 4  | <a href="http://revistas.censa.edu.cu">revistas.censa.edu.cu</a><br>Fuente de Internet                 | 1 %  |
| 5  | <a href="http://www.dspace.uce.edu.ec">www.dspace.uce.edu.ec</a><br>Fuente de Internet                 | 1 %  |
| 6  | <a href="http://www.cantabrialabs.es">www.cantabrialabs.es</a><br>Fuente de Internet                   | 1 %  |
| 7  | <a href="http://repositorio.ucsm.edu.pe">repositorio.ucsm.edu.pe</a><br>Fuente de Internet             | <1 % |
| 8  | <a href="http://repositorio.cientifica.edu.pe">repositorio.cientifica.edu.pe</a><br>Fuente de Internet | <1 % |
| 9  | <a href="http://dspace.esPOCH.edu.ec">dspace.esPOCH.edu.ec</a><br>Fuente de Internet                   | <1 % |
| 10 | <a href="http://repositorio.unjfsc.edu.pe">repositorio.unjfsc.edu.pe</a><br>Fuente de Internet         | <1 % |
| 11 | <a href="https://www.scribd.com">www.scribd.com</a><br>Fuente de Internet                              | <1 % |

### *Dedicatoria*

A Dios por darme sabiduría, valor, fuerza y salud, para seguir adelante y cumplir con la meta de culminar este programa de maestría.

A mis padres Ricardo y Mercedes, por apoyarme y darme la oportunidad de seguir creciendo profesionalmente; las obras que me habéis visto hacer, esas también las haréis; porque aquello que me habéis visto hacer, eso haréis vosotros.

A mi preciosa hija Chloe por ser el motivo para seguir mejorando día a día como persona y en mi labor como médico veterinario, que mejor que predicar mediante el ejemplo.



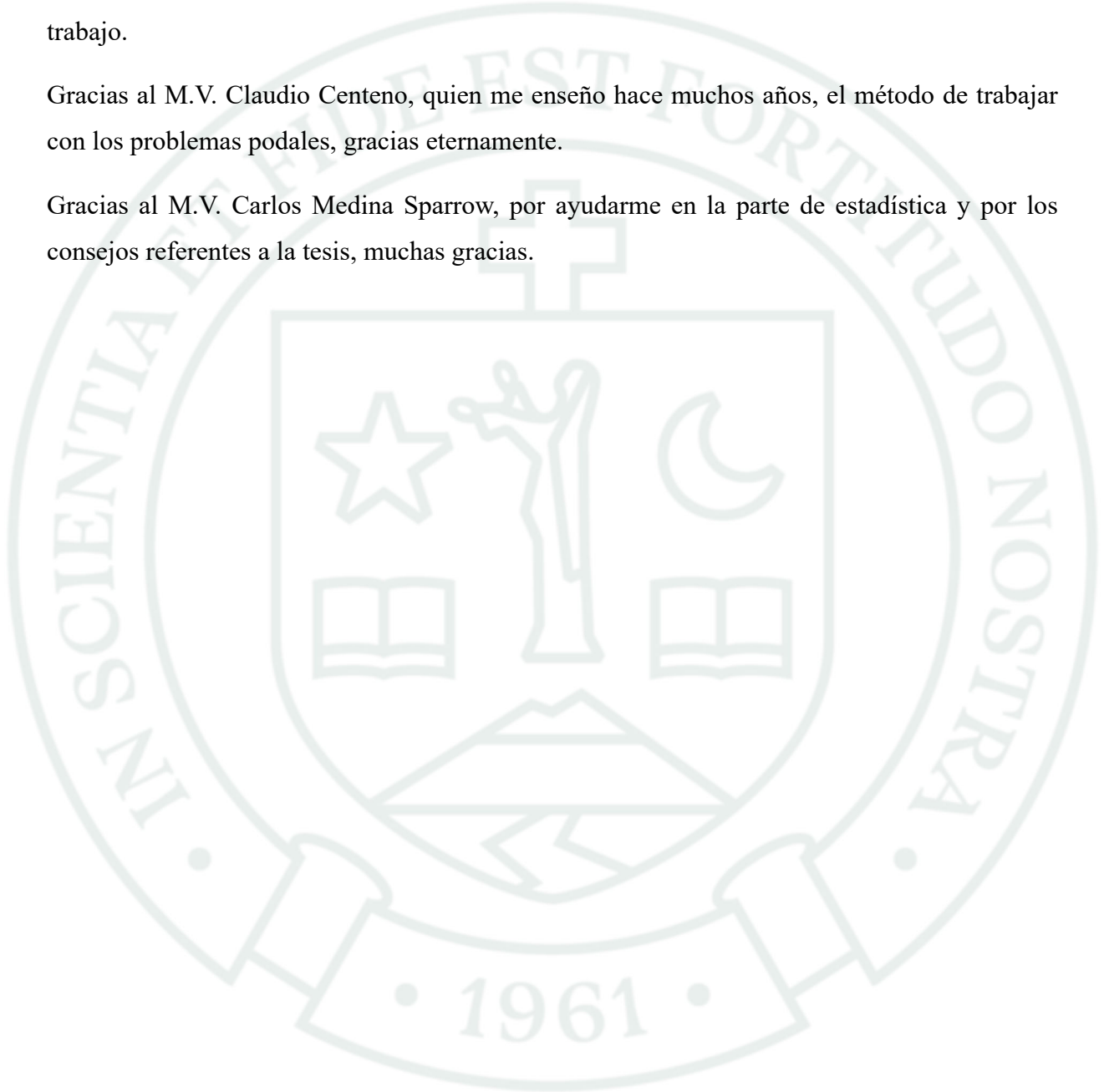
### *Agradecimientos*

Gracias a Dios por darme la oportunidad de vivir esta experiencia y por darme a los padres que tengo.

Gracias a los dueños del Establo Prado, por el apoyo y brindarme la facilidades de realizar este trabajo.

Gracias al M.V. Claudio Centeno, quien me enseñó hace muchos años, el método de trabajar con los problemas podales, gracias eternamente.

Gracias al M.V. Carlos Medina Sparrow, por ayudarme en la parte de estadística y por los consejos referentes a la tesis, muchas gracias.



## RESUMEN

La enfermedad de la línea blanca es la cojera de mayor presentación en los establos lecheros de crianza intensiva, el tratamiento deviene en el uso de antibióticos sistémicos, siendo de preferencia el ceftiofur. El ácido salicílico es un ácido orgánico con propiedades antibacterianas, antiinflamatorias, siendo una alternativa más económica de tratamiento. Se comparó la efectividad del ácido salicílico tópico y el uso del antibiótico ceftiofur inyectable en el tratamiento de la enfermedad de la línea blanca. Se contó con una población de 80 vacas en producción, se realizó el score de locomoción de Sprecher, se incluyó a las vacas con score  $\geq 3$ , se armaron dos grupo de tratamiento con 15 animales en cada uno, el grupo 1 recibió el ácido salicílico de forma topica en la lesion, el grupo 2 recibió via intramuscular el ceftiofur por 5 días, se realizó limpieza, curetaje y vendaje de la lesión para ambos grupos, se evaluó la herida podal semanalmente, se midió la produccion lechera y se evaluó el score de locomoción por dos semanas. Los resultados intragrupales para el grupo 1 (acido salicílico) evidenciaron un aumento del 13.6% en produccion de leche y un 100% de vacas obtuvieron el score de locomoción de 1, al cabo de 2 semanas, por lo cual se encontró diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), demostrando efectividad por parte del ácido salicílico tópico en la disminución del score de locomoción y el aumento progresivo de la producción lechera, mientras que para el grupo 2 (ceftiofur) los resultados intragrupales para score de locomoción y producción de leche evidenciaron un 100% de vacas con score de 1 y un incremento de 14.3%, respectivamente, luego de 2 semanas, encontrándose diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ), indicando efectividad del ceftiofur en reducir el score de locomoción y el aumento progresivo de la producción lechera. Por otro lado, los resultados intergrupales (grupo 1 vs grupo 2) demostraron que no existe significancia estadística ( $p > 0,05$ ) en el tratamiento de la enfermedad de la línea blanca utilizando ácido salicílico tópico o ceftiofur intramuscular y su efecto sobre la produccion lechera y reducción del score de locomoción. Se concluye que ambas terapias (ácido salicílico y ceftiofur) presentan efectividad al usarse como parte del tratamiento de la enfermedad de la línea blanca del bovino lechero por lo tanto son una opción para tener en consideración en el abordaje de esta patología podal.

**Palabras claves:** cojera, enfermedad línea blanca, ácido salicílico

## ABSTRACT

White line disease is one of the most common lameness in intensive dairy farms. Treatment for this lameness involves the use of systemic antibiotics, the preferred one being ceftiofur. Salicylic acid is an organic acid with antibacterial, anti-inflammatory properties and is an economical treatment alternative. The effectiveness of topical salicylic acid and the use of ceftiofur injectable antibiotic in the treatment of white line disease was compared. A population of 80 cows in production was counted and the Sprecher locomotion score was performed, the cows with score  $\geq 3$  were included, two treatment groups with 15 animals each were set up, group 1 received salicylic acid topically on the lesion, Group 2 received intramuscular ceftiofur for 5 days, cleaning, curettage, and dressing were performed on both groups for the lesion, weekly evaluations were made of the hoof wound, milk production was measured, and locomotion score was evaluated for two weeks. Intragroup results for group 1 (salicylic acid) showed an increase of 13.6% in milk production and 100% of cows obtained the locomotion score of 1, after 2 weeks, therefore significant differences were found ( $p < 0.05$ ), demonstrating the effectiveness of topical salicylic acid in reducing locomotion score and increasing milk production. Whereas for group 2 (ceftiofur) the intra-group results for locomotion score and milk production showed 100% of cows with a score of 1 and an increase of 14.3%, respectively, after 2 weeks, with statistically significant differences ( $p < 0.05$ ), indicating effectiveness of ceftiofur in reducing locomotion score and progressive increase in milk production. On the other hand, intergroup results (group 1 vs group 2) showed that there is no statistical significance ( $p > 0.05$ ) in the treatment of white line disease using topical salicylic acid or intramuscular ceftiofur and its effect on milk production and reduction of locomotion score. It is concluded that both therapies (salicylic acid and ceftiofur) are effective when used as part of the treatment of white-line disease in dairy cattle, therefore they are an option to be considered in the approach of this hoof pathology.

**Key words:** lameness, white line disease, salicylic acid

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| INTRODUCCIÓN .....                                                | 1  |
| HIPÓTESIS .....                                                   | 3  |
| OBJETIVO GENERAL .....                                            | 4  |
| Objetivos específicos.....                                        | 4  |
| CAPITULO I.....                                                   | 5  |
| 1. MARCO TEÓRICO .....                                            | 6  |
| 1.1. Impacto de la cojera sobre la producción y reproducción..... | 6  |
| 1.2. Anatomía del pie bovino .....                                | 8  |
| 1.3. Estructura anatómica .....                                   | 8  |
| 1.4. Formación y calidad del tejido corneo .....                  | 9  |
| 1.5. Aparato suspensorio y estructuras de soporte .....           | 10 |
| 1.6. Biomecánica y sistema de puntuación de la locomoción.....    | 11 |
| 1.6.1. Marcha normal.....                                         | 12 |
| 1.6.2. Sistema de puntuación de la locomoción .....               | 12 |
| 1.7. Síndrome Laminitis .....                                     | 15 |
| 1.7.1. Laminitis aguda .....                                      | 16 |
| 1.7.2. Laminitis subaguda.....                                    | 17 |
| 1.7.3. Laminitis subclínica .....                                 | 17 |
| 1.7.4. Laminitis crónica.....                                     | 19 |
| 1.8. Enfermedad de la línea blanca.....                           | 19 |
| 1.8.1. Causas.....                                                | 22 |
| 1.8.2. Tratamiento.....                                           | 23 |
| 1.9. Ácido salicílico.....                                        | 24 |
| 1.10. Ceftiofur .....                                             | 26 |
| CAPITULO II .....                                                 | 28 |
| 2. METODOLOGÍA.....                                               | 29 |
| 2.1. Técnicas, instrumentos y materiales de verificación.....     | 29 |
| 2.2. Campo de verificación.....                                   | 31 |

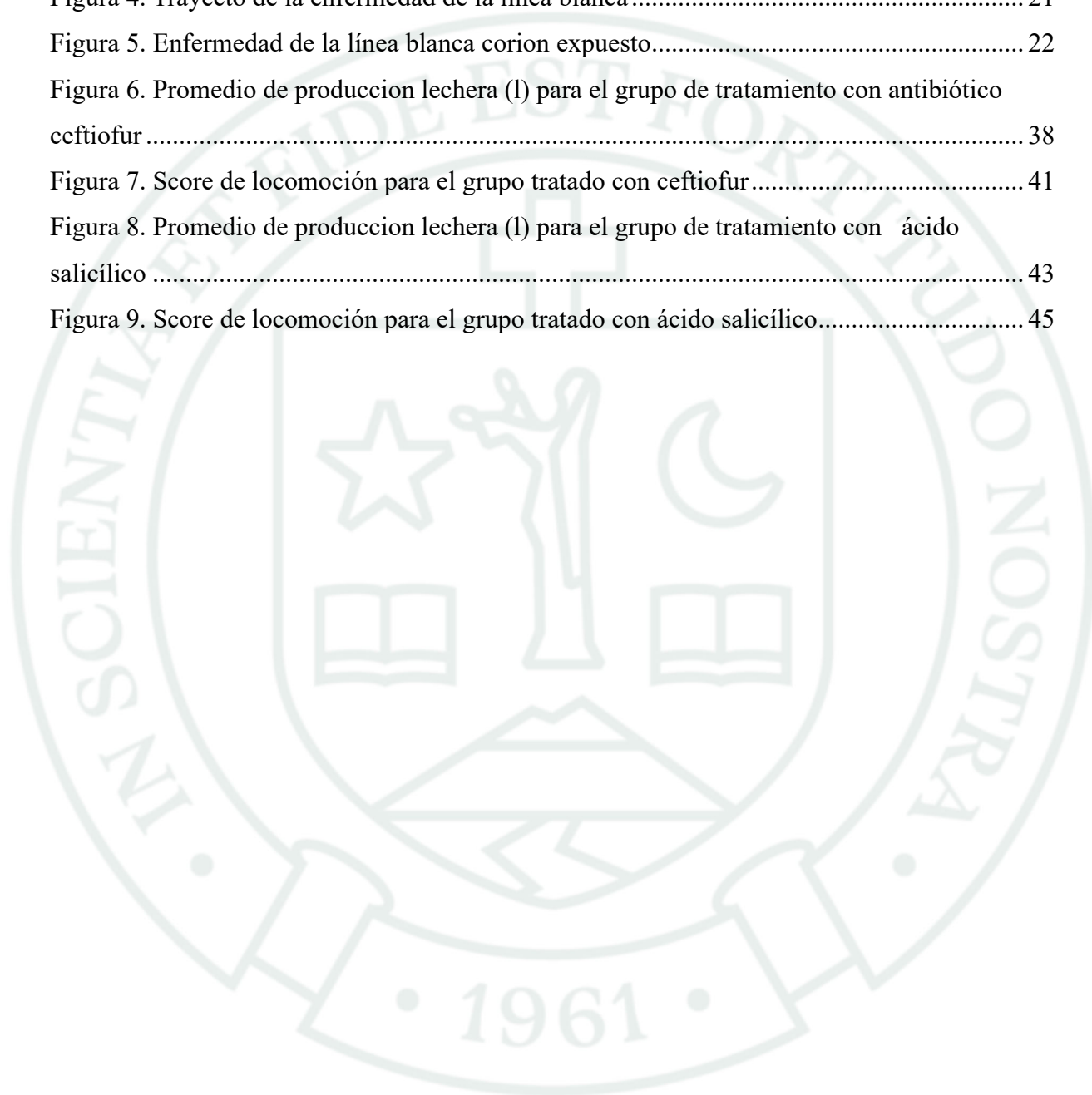
|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.1. Ubicación espacial.....                                                  | 31 |
| 2.2.2. Ubicación temporal .....                                                 | 32 |
| 2.2.3. Unidades de estudio.....                                                 | 32 |
| 2.3. Estrategia de recolección de datos.....                                    | 32 |
| 2.4. Método estadístico.....                                                    | 32 |
| 2.4.1. Prueba de normalidad.....                                                | 33 |
| CAPITULO III .....                                                              | 35 |
| 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....                                                  | 36 |
| 3.1. Análisis estadístico descriptivo .....                                     | 36 |
| 3.2. Análisis intragrupal para el grupo tratado con antibiótico ceftiofur ..... | 38 |
| 3.3. Análisis intragrupal para el grupo tratado con ácido salicílico .....      | 43 |
| 3.4. Análisis comparativo intergrupar para producción leche .....               | 48 |
| 3.5. Análisis comparativo intergrupar para score de locomoción .....            | 50 |
| CONCLUSIONES .....                                                              | 52 |
| RECOMENDACIONES .....                                                           | 54 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                                                 | 56 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Prueba de normalidad de producción de leche .....                                                           | 33 |
| Tabla 2. Prueba de normalidad score de locomoción.....                                                               | 34 |
| Tabla 3. Frecuencia de casos y porcentajes según los niveles de cojeras .....                                        | 36 |
| Tabla 4. Análisis de promedios de producción de leche para muestras emparejadas con el uso de ceftiofur.....         | 40 |
| Tabla 5. Análisis del score de locomoción para muestras emparejadas usando Ceftiofur como tratamiento.....           | 42 |
| Tabla 6. Análisis de promedios de producción de leche para muestras emparejadas con el uso de ácido salicílico ..... | 44 |
| Tabla 7. Análisis del score de locomoción para muestras emparejadas usando ácido salicílico como tratamiento.....    | 46 |
| Tabla 8. Prueba T para producción de leche en muestras no relacionadas.....                                          | 48 |
| Tabla 9. Análisis de U de Mann-Whitney para score de locomoción entre muestras no relacionadas .....                 | 50 |

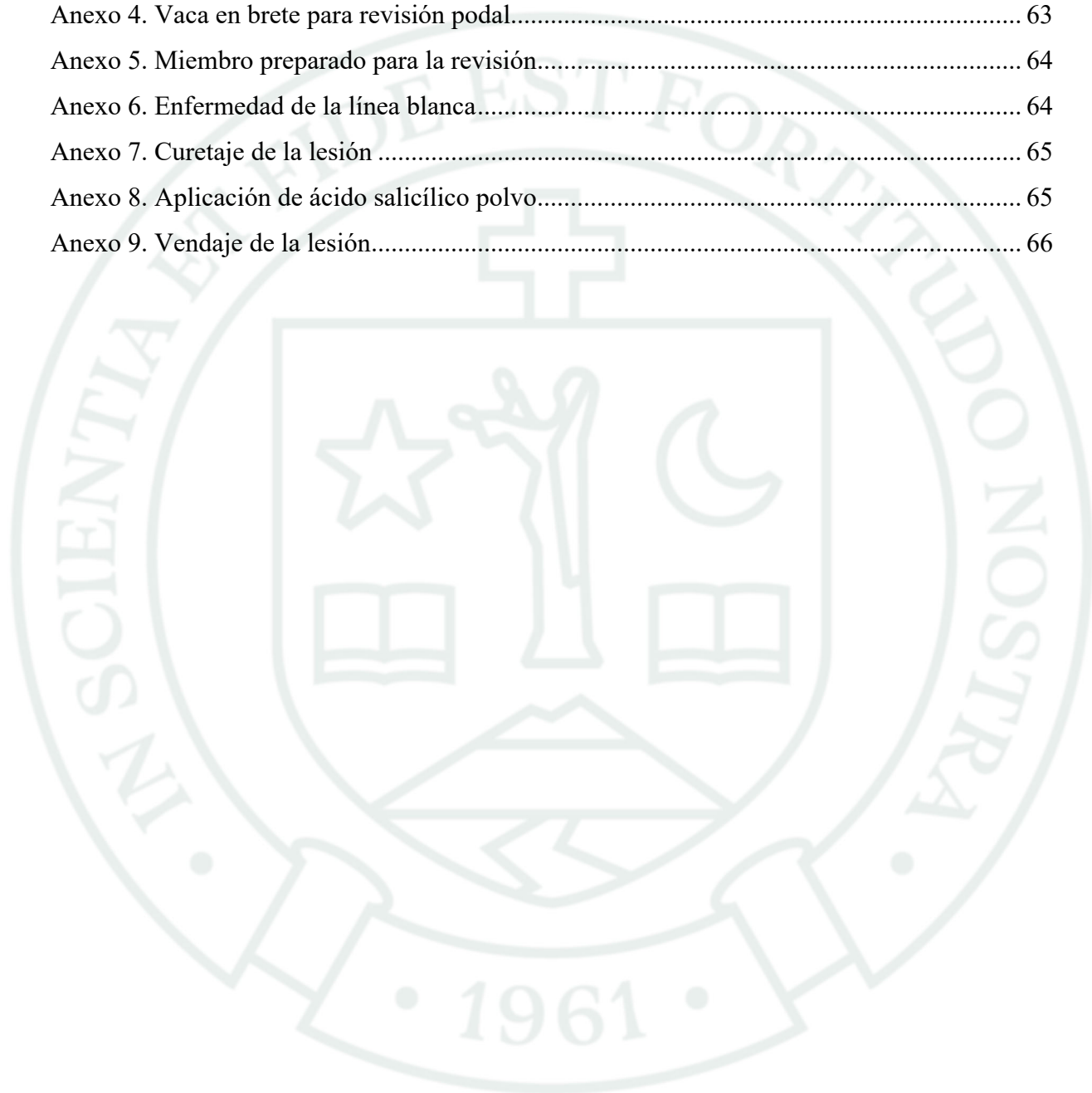
## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Cascada de eventos resultantes de la cojera.....                                                   | 6  |
| Figura 2. Puntaje de locomoción.....                                                                         | 15 |
| Figura 3. Lesión típica enfermedad de la línea blanca.....                                                   | 21 |
| Figura 4. Trayecto de la enfermedad de la línea blanca.....                                                  | 21 |
| Figura 5. Enfermedad de la línea blanca corion expuesto.....                                                 | 22 |
| Figura 6. Promedio de produccion lechera (l) para el grupo de tratamiento con antibiótico<br>ceftiofur ..... | 38 |
| Figura 7. Score de locomoción para el grupo tratado con ceftiofur.....                                       | 41 |
| Figura 8. Promedio de produccion lechera (l) para el grupo de tratamiento con ácido<br>salicílico .....      | 43 |
| Figura 9. Score de locomoción para el grupo tratado con ácido salicílico.....                                | 45 |



## ÍNDICE DE ANEXOS

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| Anexo 1. Mapa del establo Prado .....                  | 62 |
| Anexo 2. Ficha para registro grupo ceftiofur .....     | 62 |
| Anexo 3. Ficha de registro grupo ácido salicílico..... | 63 |
| Anexo 4. Vaca en brete para revisión podal.....        | 63 |
| Anexo 5. Miembro preparado para la revisión.....       | 64 |
| Anexo 6. Enfermedad de la línea blanca.....            | 64 |
| Anexo 7. Curetaje de la lesión .....                   | 65 |
| Anexo 8. Aplicación de ácido salicílico polvo.....     | 65 |
| Anexo 9. Vendaje de la lesión.....                     | 66 |



## INTRODUCCIÓN

La cojera es una de las condiciones más prevalentes y costosas, entre las enfermedades clínicas que aquejan al ganado lechero, entre un 20% y 30% puede manifestar en algún momento claudicación, lo cual dependerá del diseño, mantenimiento de las instalaciones, así como del confort que el bovino tenga en su entorno; en el ganado de engorda intensivo también abundan los casos de cojeras debido al sistema de alimentación, así como las condiciones de estabulación<sup>1</sup>.

La claudicación está siendo considerada como uno de los puntos más importantes en la salud bovina, después de la mastitis y alteraciones reproductivas. Probablemente esta evaluación está basada, en parte, en la prevalencia de este signo clínico y en la importancia económica de las enfermedades podales. En este sentido la claudicación puede tener aún más importancia. Actualmente se han implementado protocolos de control bien establecidos tanto para la mastitis como para las alteraciones reproductivas, sin embargo, esto no es así en el caso de las cojeras, ya que aún no se tiene el entendimiento de la magnitud de su repercusión tanto a nivel productivo como reproductivo<sup>2</sup>.

En general, las lesiones podales son consecuencias de la interacción de diversos factores de riesgo y se les atribuye un origen nutricional, infeccioso, traumático o hereditario.

Existen abundantes estudios en Europa y EE. UU. respecto a la prevalencia de problemas podales en vacas lecheras. Sudamérica tiene una participación mínima, superado ampliamente por Asia, África y Australia. La incidencia de cojeras varía entre 5 y 30 % a nivel mundial, en dependencia de los diferentes factores involucrados. Sin embargo, en condiciones sudamericanas de producción lechera se reportan rangos de incidencias del 2,1 al 60 %. En Uruguay, más del 50 % de las lecherías reportan lesiones podales, mientras que, en Chile, a pesar de que la literatura al respecto es escasa y ocasional, hay una prevalencia entre 9 y 32 %. Argentina informa que el 13% de los animales de descarte de los rebaños lecheros es consecuencia de cojeras. Para Brasil se describe una prevalencia alrededor de 30 %<sup>3</sup>.

La cojera en la vaca lechera forma parte de la casuística en el rubro de la producción láctea, siendo de vital importancia debido a que condiciona a que el bovino pueda desarrollar otras patologías de igual importancia, a saber, de índole reproductivo y problemas de la glándula mamaria, mastitis. La enfermedad de la línea blanca es la que más presencia tiene en el modelo de crianza intensiva, influenciada por la humedad en los corrales, dietas acidogénicas, falta de recorte preventivo entre otras, el tratamiento básico o clásico que se le da es el uso principalmente de antibióticos sistémicos con el propósito de resolver el problema o con el afán

de calmar en cierta forma la cojera, siendo el ceftiofur el antibiótico de preferencia, debido a que su periodo de retiro en leche es cero, aunque de igual forma la leche producida por animales tratados con este antibiótico se desecha por una cuestión de seguridad, ocasionando pérdidas económicas por la leche descartada. La disminución de la producción lechera que es ocasionada por la enfermedad podal de la línea blanca en el bovino lechero, tiene un impacto directo en el ingreso por venta de leche, sabiendo que las enfermedades podales no matan al animal, pero lo invalidan, causan pérdidas en su fertilidad y en su producción, incrementando los descartes y los tratamientos individuales además de poblacionales, el descarte de leche, la pérdida de la condición corporal y la pérdida de tiempo del personal para atención de los animales afectados. La gran mayoría de casos no se resuelve o disminuye en algún grado la cojera para luego volver a mostrar este signo clínico, lo que conlleva a que la vaca continúe con el problema y se haga crónico. Como indica Gonzalez<sup>4</sup> el éxito de la recuperación de las vacas con episodios de cojera, está en el seguimiento del caso, si es de curso grave, ya que muchos la consideran como curada una vez tratada, por lo cual la gran mayoría tiende a reincidir, pasando a una condición de vacas con cojeras crónicas, lo cual dificultará aún más el tratamiento o probablemente pasen a ser descartadas tempranamente.

El ácido salicílico es un ácido orgánico que se encuentra en la corteza de sauce y es más utilizado como el precursor del ácido acetilsalicílico, también conocido como aspirina. Es una alternativa útil por sus propiedades queratolíticas, antiinflamatorias, fungicidas y bacteriostáticas, siendo una opción más económica de tratamiento en comparación con medicamentos inyectables.

Debido a lo antes expuesto, es que nace la idea de usar un producto de uso tópico como el ácido salicílico que pueda mostrar efectividad para tratar y resolver esta enfermedad podal de la línea blanca, evitando en lo posible el uso de antibiótico como el ceftiofur.

## HIPÓTESIS

Dado las propiedades queratolíticas, antiinflamatorias, bacteriostáticas del ácido salicílico es probable que tenga efectividad como tratamiento no antibiótico en la enfermedad de la línea blanca del bovino lechero en comparación al uso sistémico del antibiótico ceftiofur.



## **OBJETIVO GENERAL**

Determinar que el tratamiento tópico con ácido salicílico presenta efectividad frente a la enfermedad podal de la línea blanca en el bovino lechero en comparación con el antibiótico ceftiofur de uso sistémico.

### **Objetivos específicos**

- Objetivo 1. Demostrar que el ácido salicílico presenta efectividad como tratamiento tópico frente a la enfermedad de la línea blanca del bovino lechero.
- Objetivo 2. Comprobar la efectividad del antibiótico ceftiofur usado via sistémica como tratamiento de la enfermedad de la línea blanca.
- Objetivo 3. Evaluar la efectividad del ácido salicílico en relacion a la disminución del score de locomoción.
- Objetivo 4. Corroborar la efectividad del antibiótico ceftiofur en la reducción del score de locomoción.

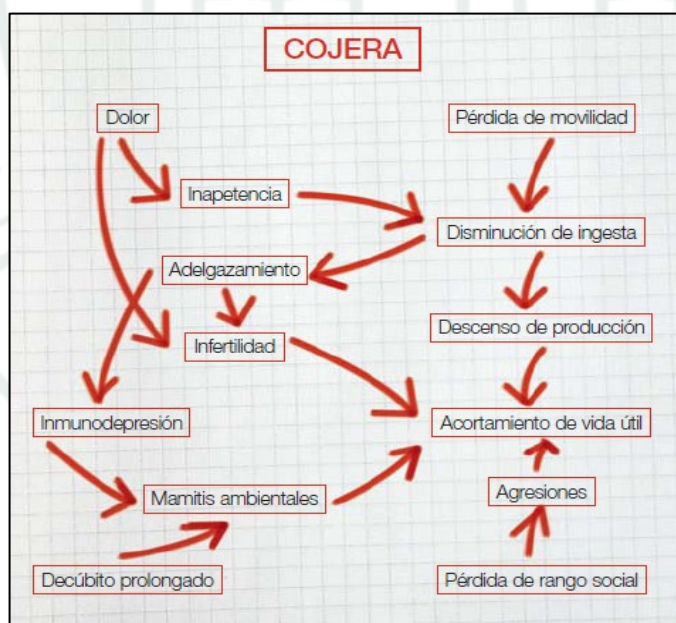


## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1. Impacto de la cojera sobre la producción y reproducción

Las pérdidas económicas debidas a la cojera, son principalmente el resultado del tiempo que transcurre, desde que se identificó de forma clínica hasta el tratamiento, lo cual pone en evidencia que mientras más oportuno es el tratamiento menor será el tiempo de recuperación sin afectar la producción lechera<sup>5</sup>.

Cuando la vaca presenta una cojera lo primero que se observa es una baja en la producción láctea, esto debido a que la vaca come menos, por el dolor al caminar, lo cual conlleva a que adelgace, la pérdida de condición corporal sumado al dolor ocasiona infertilidad. La vaca estará echada la mayor parte del día lo que predispone a mastitis ambientales, llegando a tomar la decisión de sacrificar al animal debido a un episodio de cojera a la que no se le dio la importancia debida o a un tratamiento sin efecto<sup>6</sup>. La cojera limita severamente la producción lechera y el desempeño a nivel reproductivo, se calcula que si no se atiende a una vaca con un problema locomotor esta puede evidenciar una pérdida del 20% de producción lechera durante toda la lactancia además de aumentar los días del intervalo entre partos en 33, incidiendo de manera directa en el intervalo parto-primer servicio y parto-concepción<sup>5</sup>.



**Figura 1.** Cascada de eventos resultantes de la cojera

\*Tomado de Gonzales<sup>6</sup>

Según Chiozza et al.<sup>7</sup> en un estudio llevado a cabo en Argentina, encontraron que las vacas cojas produjeron 161 kg y 183 kg menos de leche a los 150 días en lactancia

(DEL) y a los 305 DEL, además de afectar el aspecto reproductivo donde se evidencio que las vacas con problema de claudicación después del primer servicio tuvieron un intervalo parto-concepción 87 días más largo además que las vacas con cojera antes del primer servicio mostraban un intervalo parto-concepción de 38 días más extenso en comparación con las vacas sanas que tuvieron un intervalo de 101 días.

Robcis et al.<sup>8</sup> determino que el costo anual por caso de cojera independiente del tipo de patología, está estimado en €307.50, haciendo una comparación otros estudios previos donde €229 para vacas con primer episodio de cojera y €230 por vaca coja anual, además el estudio demostró que una semana adicional sin tratamiento de la cojera aumentaba en €12.10 por caso.

Las consecuencias de cualquier evento estresante, sobre la reproducción bovina se caracterizan por periodos de anestro, ovulación retardada o ausente, quistes en el ovario, manifestación de celo muy corta o ausente, intervalo parto-concepción alargado además de mortalidad embrionaria, si la causa del estrés no se resuelve y este se hace aún mayor, desde el punto de vista metabólico, hay un aumento de la actividad corticoadrenal, hipertono vagal, baja producción o síntesis de los esteroides sexuales, para finalmente cuando se haya agotado todo mecanismo de protección biológica (glóbulos blancos o inmunoglobulinas) el animal quede susceptible a contraer alguna u otra enfermedad secundaria<sup>9</sup>.

El cortisol liberado como consecuencia de alguna patología favorece la neoglucogénesis, la cual moviliza grandes cantidades de sustratos y convertirlos en glucosa para que el sistema nervioso central trate de mantener de alguna forma la homeostasis al menos desde el punto de vista metabólico, pero las repercusiones son caras puesto que la neoglucogénesis utiliza lípidos y aminoácidos los cuales en situaciones de estrés continuo se agotan, afectando por sobremanera a la función reproductiva, disminuyendo la secreción basal de hormona luteinizante (LH), retraso del pico preovulatorio de LH, disminución de hormona foliculoestimulante (FSH) y un incremento de prostaglandina  $F_{2\alpha}$ <sup>9</sup>.

Según Praxitelous et al.<sup>10</sup> la movilización de ácidos grasos no esterificados (AGNES), se presenta aumentada en vacas con cojera versus vacas sanas ( $0.32 \pm 0.02$  vs.  $0.26 \pm 0.02$  mEq/L), esto debido a la pocas veces que estos animales se alimentan por el dolor de la patología podal, pero a pesar de estas diferencias no hubo interacción de estos resultados con los obtenidos de las mismas vacas siendo

evaluadas sobre la respuesta a protocolos de sincronización, para lo cual se obtuvo que la actividad ovárica estuvo suprimida en un 36.5% para el grupo de vacas cojas y un 11% para el de vacas sanas, lo cual se atribuye a la incidencia de quistes ováricos así como folículos atrésicos.

## **1.2. Anatomía del pie bovino**

Es esencial tener un conocimiento básico de la anatomía de la pezuña de la vaca para así comprender los diversos procesos patológicos causantes de cojera y tener la capacidad de atacar el problema de forma eficiente, conociendo que estructuras son las afectadas.

## **1.3. Estructura anatómica**

El pie incluye toda la región que se encuentra por debajo de la articulación metacarpofalángica o metatarsofalángica y está compuesto por dos dedos, cada uno de los cuales está recubierto por una pezuña cornificada. La cara frontal o anterior del pie se conoce como lado dorsal, mientras que la cara posterior se denomina superficie palmar y en las extremidades posteriores se denomina superficie plantar. Cada dedo consta de cuatro huesos a saber: la primera falange, la segunda falange, la tercera falange y el hueso navicular<sup>5</sup>.

El propósito del estuche corneo es la de proteger a los tejidos sensibles además de ayudar a disipar las fuerzas de choque que ocurren cuando los dedos impactan en el suelo. El estuche corneo tiene una pared que se puede dividir en abaxial (externa) y axial (interna)<sup>2,5</sup>.

La pared consta de 2 tipos de tejido corneo el perioplo y el coronario. El tejido corneo del perioplo es más blando y se encuentra debajo de la banda coronaria.

En la parte posterior del pie el perioplo se ensancha hasta transformarse en el talón y el tejido corneo coronario es el más duro y constituye la mayor parte de tejido de la pared. En la vaca Holstein adulta la longitud de la pared dorsal debe tener como mínimo de 7.6 cm de longitud desde la parte intermedia a la parte intermedia superior de la porción desprovista de pelo<sup>2</sup>.

La altura ideal del talón medida en el surco abaxial es de 3.8 cm. La suela se une al talón de manera imperceptible, pero se diferencian en la dureza, siendo la suela la segunda zona en dureza luego de la pared. El espesor promedio de la suela de una vaca adulta normal es de aproximadamente, 5-7 mm en la parte anterior y de 15 mm en la parte central de la misma<sup>2,5</sup>.

La suela se conecta con la pared mediante la línea blanca, la cual actúa como bisagra entre estas masas de tejido corneo. La línea blanca está compuesta por tejido muy blando y es susceptible a dos tipos de lesiones, el primero de estos se observa cuando un trauma directo causa una lesión interna y la segunda ocurre cuando la línea blanca ha sido previamente debilitada por un episodio de laminitis<sup>2,5</sup>.

#### **1.4. Formación y calidad del tejido corneo**

La pezuña está compuesta por un estrato vasculo-nervioso blando y sensible llamado corion el cual está rodeado de tejidos duros a saber, los huesos de las falanges y por fuera, el estuche córneo, que tiene la función principal de ser una zona de apoyo de todo el peso de la vaca siendo un sistema mecánico muy importante. El corion es la dermis cuya misión es producir el tejido corneo, consta de varias zonas según el tipo de tejido que produce. La misión del estuche córneo es la de brindar protección al corion<sup>6</sup>.

El corion consta de cuatro regiones diferentes, cada una de las cuales produce un tipo de tejido corneo estructuralmente diferente:

- a. Corion perioplico, da origen a la banda coronaria y talón, se encuentra inmediatamente debajo de la unión entre la piel y tejido corneo para prolongarse hacia la parte posterior de la pezuña.
- b. Corion coronario produce tejido corneo de la pared, situado entre corion perioplico y laminar<sup>11</sup>.
- c. Corion de la suela produce el tejido corneo de la suela, el mismo que se ubica entre el tejido corneo de la línea blanca y el talón<sup>2,11</sup>.
- d. Alrededor del 80% de la producción de la línea blanca proviene del epitelio germinal del corion laminar que produce tejido corneo blando no tubular, epitelio germinal de las papilas dérmicas que sobresalen del corion laminar, este tejido corneo representa la zona media de la línea blanca y las papilas terminales que también aportan a la producción de la línea blanca

El corion consta de una red vascular que termina en unas papilas dérmicas (que posee una arteriola que se conecta a una vénula) estas son comunes en el corion coronario y son escasas o hay presencia de papilas secundarias a nivel del corion laminar. Cualquier daño en esta red vascular puede causar el cese del flujo sanguíneo trayendo como consecuencia tejido corneo de mala calidad, tal es el caso en algún episodio de laminitis<sup>11</sup>.

La formación de la queratina es un proceso constante, que se ve afectado no solo por la laminitis sino por cualquier enfermedad de curso agudo o grave, lo cual retrasa o detiene la queratogenesis, además este proceso está regulado por factores como el factor de crecimiento epidermal (EGF, por sus siglas en ingles), se ha demostrado la presencia de receptores en el dedo de los bovinos, la relaxina una hormona que se produce a instancias del parto, inhibe el efecto del EGF además que la prolactina e hidrocortisona disminuyen la síntesis proteica del tejido corneo<sup>2,11</sup>.

La calidad del tejido corneo depende de diversos factores internos y externos, los primeros incluyen el aporte sanguíneo y de nutrientes, mientras que los factores externos se correlacionan con el ambiente<sup>5</sup>.

Micronutrientes como el azufre que se encuentran en aminoácidos como la cisteína y metionina, son importantes para la formación de queratina. Oligoelementos como el zinc y el cobre ayudarían a la queratinización de las células corneas, la vitamina biotina cumple un rol muy importante en la protección del cemento intercelular, el cual tiene la función de integridad entre las células corneas<sup>2,11</sup>.

Un factor determinante para conferir dureza al tejido corneo es la presencia de los túbulos o células corneas en forma tubular producido por la capa epidérmica que recubre las papilas. Los túbulos difieren en tamaño, número, forma y son redondos cerca del interior de la pared y ovalados cerca de la superficie, existen aproximadamente 80 túbulos/mm<sup>2</sup> en el tejido corneo de la pared, en la suela y el talón alrededor de 20 túbulos/mm<sup>2</sup>, debido a esto, la dureza del tejido corneo de la pared es la mayor de entre todas las estructuras de la pezuña, seguida de la suela y el talón<sup>11</sup>.

### **1.5. Aparato suspensorio y estructuras de soporte**

El bovino está suspendido en sus pies, o sea que están más colgados de sus pies que parados sobre ellos. En otras palabras, la tercera falange está suspendida dentro de la capsula cornea por el corion laminar y por una serie de fibrillas de colágeno que se estiran a partir de su zona de inserción en la tercera falange<sup>5</sup>.

El aparato suspensorio del bovino tiene una diferencia muy marcada con la del equino, el corion laminar del bovino es menos extenso que en el equino además que en el bovino no se aprecian laminas secundarias en el corion laminar, debido a esto el bovino necesita alternar las cargas de peso entre la pared y la suela<sup>11</sup>.

Entre las estructuras de soporte de la pezuña está el corion de la suela y su tejido conjuntivo asociado además del cojinete digital.

La mayor parte del cojinete digital se encuentra por detrás de la articulación interfalángica distal y está formada por tres cuerpos cilíndricos paralelos entre sí, cada uno de los cuales tiene una capsula de tejido conectivo relleno de tejido adiposo blando. El cojinete digital funciona absorbiendo los choques dentro de la pezuña, protegiendo al corion<sup>2</sup>.

El contenido de grasa del cojinete digital es más alto en vacas (38%) que en las vaquillas (27%), hay un cambio marcado en la composición del cojinete conforme el animal envejece. Se ha estimado que el desarrollo de esta no está completo hasta los tres años, además que alteraciones metabólicas como la cetosis cambian la composición y el tamaño del cojinete digital<sup>2</sup>.

Griffiths et al.<sup>12</sup> Encontraron que una almohadilla digital más gruesa poco después del parto se asoció con menores probabilidades de que las vacas desarrollaran lesiones en suela durante la lactancia temprana, además que la reducción en el espesor de la almohadilla digital no afectó ni causó predisposición para la aparición de lesiones en la línea blanca, no siendo el caso de la presentación de lesiones en la suela (ulceras de suela o hemorragias solares). El aumento de la temperatura de la suela después del parto se asoció con mayores probabilidades de desarrollar lesiones en la suela y para el caso de las lesiones en línea blanca, el aumento de la temperatura antes de parto tuvo mayor implicancia.

#### **1.6. Biomecánica y sistema de puntuación de la locomoción**

A lo largo de la vida de la vaca hay una interacción muy fuerte entre la pezuña y el suelo en el que esta camina, lo cual determinará la forma de la pezuña, así como la aparición de alguna enfermedad podal, determinando los cuidados que se le deben dar.

La biomecánica se relaciona con la dinámica de carga de peso entre extremidades, siendo que en las extremidades posteriores el dedo lateral tiene una mayor carga de peso que el medial (80:20), esto se debe en parte al movimiento de cadera de aproximadamente 2.5 cm cada vez que el bovino camina ya que la articulación es bastante inflexible entre el fémur y la cadera. Hay una distribución más uniforme del peso entre los dedos de los miembros anteriores porque la unión al pecho se realiza mediante diferentes grupos de músculos, lo que proporciona mayor flexibilidad,

aunque el mayor peso y presión lo soporta el dedo medial a diferencia de los miembros posteriores<sup>11</sup>.

#### **1.6.1. Marcha normal**

La deambulación del bovino consta de tres fases:

- Fase de apoyo: en esta fase la superficie del talón que es la que está en contacto con el suelo en primer orden, seguida a su vez por el extremo abaxial de la pared y por la punta de la pezuña, por último, la superficie de apoyo se inclinará hacia adelante, esto dependerá del tipo de suelo<sup>2</sup>.
- Fase de retracción: empieza con el animal de pie, el peso de este pasa a la suela para luego brindar tracción, el cuerpo se mueve hacia adelante a la vez el peso del animal recae sobre las pezuñas y el pie del bovino se eleva<sup>5</sup>.
- Fase de protracción: Esta fase comienza una vez que el pie deja el piso y se impulsa hacia adelante. Los talones tocan primero el piso, seguido de la pared abaxial y finalmente la punta de la pezuña, el animal vuelve a la posición normal<sup>2,5</sup>.

En tal sentido los miembros posteriores impulsan a la vaca hacia adelante mientras que los miembros anteriores fungen como estacas o soporte del peso corporal. La particularidad del paso se ve influenciado por las condiciones que presente la superficie sobre la cual el animal camine, por ejemplo, en pisos de cemento húmedos y llenos de estiércol, la vaca tiende a dar pasos más cortos y lentos, con lo cual buscan modificar el ángulo de apoyo, con el fin de incrementar la seguridad y estabilidad sobre pisos menos seguros<sup>5</sup>. Una vaca con algún problema de claudicación mostrara la cabeza baja además de mantener el miembro afectado en menos fase de apoyo, el paso se verá acortado, la grupa o el hombro de dicha extremidad se notará más elevado lo que podría indicar dolor en ese miembro. El animal moverá la cabeza hacia arriba si la cojera se ubica en el miembro anterior, esto cada vez que apoya sobre el dedo afectado, en miembro posterior la vaca puede hacer un movimiento de arco externo para así evitar enviar el peso sobre el dedo afectado que suele ser el lateral en estas extremidades<sup>2</sup>.

#### **1.6.2. Sistema de puntuación de la locomoción**

Es importante para el productor el poder identificar la cojera antes que esta se evolucione a una presentación clínica para así poder darle un tratamiento

pertinente sin detrimento de la producción, a pesar de conocer que la cojera en la vaca ocasiona un impacto negativo tanto para el animal como al productor lechero, sigue siendo menospreciada y tomada en menos por los ganaderos lecheros<sup>13</sup>.

Según Becker<sup>13</sup>: “Debido al nivel de subjetividad y dificultad para identificar vacas cojas, muchos casos pueden pasar desapercibidos para los productores. Las vacas son animales de presa, lo que las hace muy buenas para ocultar las lesiones o el dolor asociado con la cojera”.

La relevancia que tiene el poder explorar y diagnosticar un caso de claudicación es máxima ya que el 90% tienen su origen en la pezuña del bovino y el 90% se localizan en las extremidades pélvicas siendo la pezuña lateral la afectada, esto debido a las condiciones de suciedad y humedad en la que esa zona esta expuesta<sup>1</sup>. Pueden utilizarse varios métodos para detectar la cojera en el ganado. Se han desarrollado con distintos niveles de éxito sistemas de detección automatizados basados en análisis de la marcha y visión por computadora, distribución del peso, acelerometría e imágenes térmicas. El desarrollo de métodos automatizados de detección de cojeras es un área de investigación en curso<sup>14</sup>.

Según Džermeikaitė et al.<sup>15</sup> el futuro de los animales de granja estará regido por las normas de precisión, inteligencia y sustentabilidad, en comparación con los métodos tradicionales los cuales suelen ser laboriosos, demandantes de tiempo y de la necesidad de contar con profesionales que tengan habilidades específicas en un área determinada además de contar con materiales e instrumentos especializados.

Se han detectado huellas metabólicas en el suero de vacas antes de mostrar signos de cojera, elevación de aminoácidos tales como valina, glicina, serina, leucina, fenilalanina además de D-manosa e inositol y ácido fosfórico, a las 6 a 10 semanas antes del episodio de cojera y a la semana de la presentación clínica, con lo cual se demuestra que las vacas con estas alteraciones metabólicas las cuales podrían ser usadas para rastrear a los animales que son susceptibles de padecer esta enfermedad. Los metabolitos hallados en sangre ayudarían a desempeñar varias funciones para satisfacer las necesidades energéticas de las vacas y generar una respuesta inmune a posibles agentes inflamatorios no identificados, estos resultados respaldan la idea de que el

enfoque metabolómico puede brindar información sobre la etiopatogenia de la cojera y podría servir para comprender mejor el proceso de la enfermedad además de desarrollar posibles tratamientos<sup>16</sup>.

Sin embargo, en la actualidad, los métodos de detección basados en observación son los más utilizados en la industria. Estos métodos utilizan criterios de evaluación para interpretar la observación visual de la marcha de acuerdo con una serie de criterios de puntuación o descripciones relacionadas con la gravedad de las anomalías de la marcha; el sistema de puntuación de la locomoción de Sprecher, el cual se implementó en el año 1997, es una escala de 5 puntos (1 a 5) e incluye el requisito de evaluar la postura de la espalda mientras está de pie y caminando sobre una superficie firme a la salida de la sala de ordeño<sup>14</sup>.

Sprecher desarrollo este sistema para evaluación de la locomoción en las vacas lecheras cuyas calificaciones varían del 1 al 5, siendo esta ultima la cojera más severa, este sistema mide las dificultades en el desplazamiento en relación a la incurvación del lomo, tanto en movimiento como en estación<sup>5</sup>.

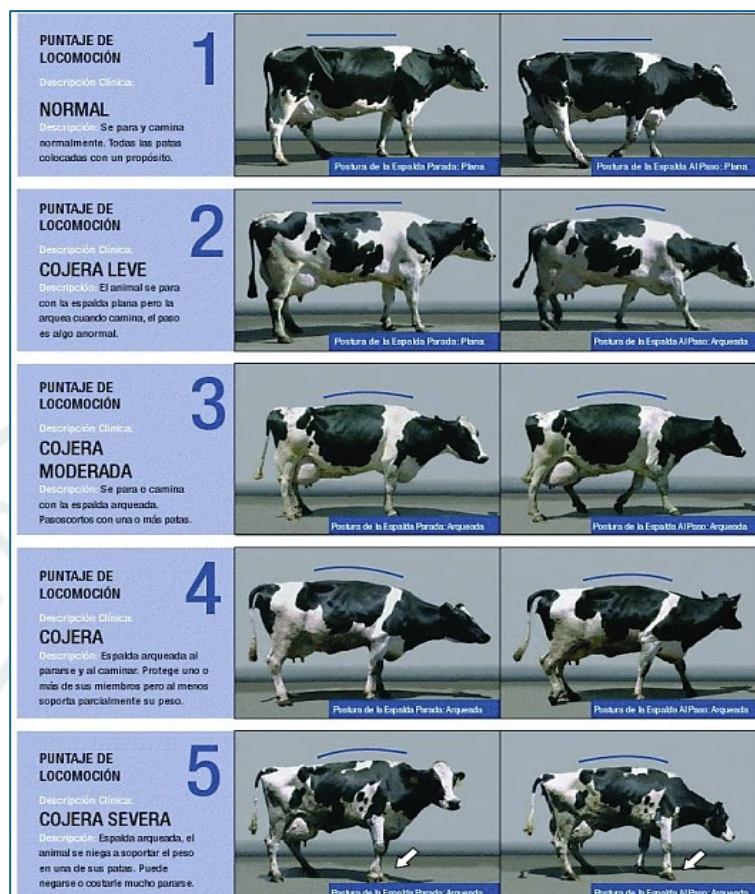
Grado 1: La vaca parada y andando tiene el lomo recto, pasos largos.

Grado 2: Parada lomo recto, andando lomo incurvado, pasos cortos y anda con precaución.

Grado 3: Tanto parada como andando tiene el lomo incurvado, pasos cortos.

Grado 4: Lomo incurvado siempre, cojera manifiesta.

Grado 5: Muy coja, en cuanto puede se echa <sup>5</sup>



**Figura 2.** Puntaje de locomoción

\*Tomado de Sancor<sup>17</sup>

El objetivo de todo hato es tener el 75 % de vacas en el grado 1, el 15% en el grado 2, el 9% en el grado 3, el 0.5% en el grado 4 y el 0.5% en el grado 5<sup>6</sup>.

Vacas con calificación de locomoción de 3, se estima que tienen una pérdida de leche de 5.1%, de 16.8 % y 36% para la calificación de 4 y 5 respectivamente<sup>6</sup>.

### 1.7. Síndrome Laminitis

En años recientes, los científicos han demostrado que la palabra “laminitis” es un término descriptivo inapropiado para la alteración, esta se basa en que el corion laminar no es siempre el afectado ni tampoco el primero.

Pododermatitis aséptica difusa, es la denominación más exacta para diferenciarla de la laminitis en equinos, pues si desglosamos el termino, pododermatitis hace referencia a la inflamación de la dermis la cual tiene como protagonista al corion, aséptica pues no hay infección y difusa porque no se focaliza en una zona en especial, sino que puede extenderse afectando todo o partes del corion<sup>2,5</sup>.

La laminitis en los bovinos es una enfermedad sistémica, con manifestación local en las pezuñas y se presenta en varias formas clínicas identificables. La forma aguda o subaguda y la crónica son similares a la enfermedad observada en el caballo. En los bovinos se ha descrito una forma subclínica<sup>2</sup>.

La etiología es compleja y la patogénesis incierta. La enfermedad es debida a alteraciones en la microcirculación del corion con la consiguiente degeneración y posibles cambios inflamatorios en la conjunción dermis-epidermis. Las secuelas incluyen producción anormal de casco con reblandecimiento difuso, hemorragias en suela, talones y pared, separación de línea blanca y en casos crónicos, deformación de la pezuña<sup>2,6</sup>.

Según Gonzales<sup>6</sup>: “La causa más frecuente de su iniciación es la acidosis ruminal que genera una disbiosis y la consiguiente liberación de toxinas vasoactivas que a nivel del corion, producen isquemia, roturas vasculares, liberación de líquido extracelular, separación de las láminas que unen la tercera falange con la pared, con lo que la tercera falange se hunde proyectándose sobre el corion”.

#### **1.7.1. Laminitis aguda**

La forma aguda de este cuadro no se evidencia de forma frecuente, aunque su incidencia es mayor entre los primeros 60 a 90 días en lactación<sup>5</sup>. La laminitis aguda es un desorden que está asociado con el consumo accidental de cereales y es uno de los resultados clínicos del exceso de consumo de concentrados altos en carbohidratos no estructurales, los signos clínicos que presentan los animales son un rápido cuadro de distrés, aumenta la frecuencia respiratoria y cardíaca, las heces son líquidas y de un color más claro que el normal, la palpación del rumen mostrara movimientos lentos o una parálisis<sup>6</sup>. Se puede observar también gáteo sobre las rodillas (los carpos), cruzamiento de las piernas e hinchazón de las venas superficiales. La forma de estación típica es el posicionamiento de los miembros hacia adelante con el dorso arqueado<sup>2,5</sup>.

Casi todos los animales que sufren de esta condición permanecen echados, la molestia y el dolor se exageran cuando se les obliga a levantarse<sup>5</sup>.

Al ser una enfermedad de curso agudo, la evolución de los signos clínicos será dramático, por lo cual el tratamiento dentro de las 24 horas tendrá un pronóstico exitoso mientras si se extiende la atención más allá de las 48 horas, es probable que la vaca no llegue a responder al tratamiento. Se recomienda el uso de

antihistamínicos en etapas iniciales, la aplicación de AINEs, el uso de antiácido via oral además de un laxante para promover la eliminación del contenido ruminal, probióticos via oral y si es posible la transferencia del líquido ruminal de alguna vaca de camal<sup>2</sup>.

### **1.7.2. Laminitis subaguda**

Esta es una alteración vaga y efímera, observada incidentalmente entre vacas en las que se ha demostrado la forma subclínica de la enfermedad. En otras palabras, es posible en algunos casos, que la forma subaguda pueda preceder a la forma subclínica. Las características que definen este desorden son su corta duración y capacidad de causar, como mínimo una leve molestia al caminar<sup>2</sup>.

Una forma de laminitis subaguda es la denominada “pie hinchado”, como su nombre lo indica la piel por encima de la banda coronaria y alrededor de los dedos accesorios esta edematizada y de color rosa, lo cual nos indica que se está manejando mal el aumento de comida luego del parto. Por lo general este cuadro desaparece de manera espontánea<sup>1,2</sup>.

### **1.7.3. Laminitis subclínica**

La forma subclínica es la más frecuente y, en consecuencia, es una de las formas más significativas de la enfermedad. No se presentan los signos clínicos típico de la laminitis. La forma subclínica es un síndrome asociado con diversas lesiones, además de que suele reducirse la fuerza y la dureza del tejido córneo de la pezuña<sup>2,5</sup>.

La laminitis subclínica es particularmente prevalente en los animales lecheros de alto rendimiento y bajo manejos intensivos, durante la etapa inicial de la lactación. También ocurre en los bovinos manejados por el sistema de feedlot<sup>2</sup>. Hay muchas evidencias que sugieren que las hemorragias en la suela confirman la existencia de una laminitis subclínica en la mayoría de los bovinos en cualquier grupo particular. La laminitis subclínica fomenta que el tejido córneo de la pezuña sea más blando durante varias semanas. Por lo tanto, las lesiones no aparecen hasta cierto tiempo después de iniciada la alteración. Finalmente se presentará una suela aplanada, desgastada y blanda, que será susceptible a daño cuando el animal camine por superficies duras y además si está expuesto a la materia fecal líquida la pezuña se ablandará aún más<sup>2</sup>.

Las lesiones más características de los animales con laminitis son hemorragias en la suela que pueden aparecer como moretones o con un color rosado en el tejido córneo de la suela, se puede asociar un color amarillento o con apariencia de cera que se corta fácilmente con navaja y el incremento en las cojeras cuyas principales lesiones con úlceras primarias y enfermedad de la línea blanca<sup>5,11</sup>.

La acidosis ruminal subaguda está asociada al menos en parte a los problemas de laminitis subclínica, se ha demostrado que el ácido láctico producido en episodios de acidosis tendría efecto sobre el endotelio vascular de la dermis del pie bovino, ocasionando mayor permeabilidad y filtración de los capilares en esta zona de la pezuña, sin embargo es probable que esta acidosis tenga un efecto colateral, debido a la liberación de endotoxinas liberadas por la muerte de las bacterias Gram (-) durante ataques de acidosis o también por la estimulación de mensajeros bioactivos desde la pared de dicho órgano<sup>2</sup>.

Ding et al.<sup>18</sup> buscaron caracterizar la respuesta inflamatoria de la laminitis utilizando oligofructosa, ya que esta imita de forma más fiel a lo visto de forma clínica, ocasionada por sobrecarga de alimento rico en carbohidratos no estructurales. En su estudio pudieron encontrar no solo que la lisis de las bacterias ruminales, sino que los lipopolisacáridos bacterianos pueden pasar a la circulación general, esto debido a que la muerte de las bacterias daña las paredes intestinales que tienen la función de barrera, ocasionando toda una cascada de inflamación, las expresiones de ARNm laminar de varias citoquinas inflamatorias, quimiocinas, moléculas de adhesión endotelial y moléculas inflamatorias aumentaron en la etapa temprana de la laminitis bovina inducida por oligofructosa. La expresión genética de las citoquinas inflamatorias IL-1 $\beta$ , IL-6 e IL-8 aumentó en las laminillas del grupo de tratamiento. Esto demuestra el aumento de la expresión de múltiples mediadores de la inflamación, lo que indica que la lesión inflamatoria podría desempeñar un papel importante en la patogénesis de la laminitis.

Las causas de la laminitis subclínica aún es poco clara, en particular los nexos que existen entre los problemas metabólicos o sistémicos y los procesos a nivel de la pezuña<sup>2</sup>.

#### **1.7.4. Laminitis crónica**

En el caso de la laminitis crónica, las pezuñas se ensanchan como se aplanan y desarrollan rebordes horizontales característicos denominados “línea de freno del crecimiento”. Las lesiones del corion son similares a las ya descritas para la forma aguda de la laminitis, pero se presentan más gradualmente y producen signos menos obvios de molestia. Los signos clínicos asociados con la forma crónica son leves y pasan inadvertidos, con la excepción de notables cambios en la pared de la pezuña la cual va creciendo y deformándose con el tiempo<sup>5</sup>. No se ha podido demostrar que esta condición sea el resultado de episodios de laminitis, aunque se han podido analizar muestra de camal y los cambios anatomopatológicos se atribuyen a laminitis, aunque es posible que el factor de crecimiento epidermal tenga algún efecto en el sobrecrecimiento acelerado y la mala formación del tejido corneo en las vacas que padecen de este desorden<sup>2</sup>.

#### **1.8. Enfermedad de la línea blanca**

Las lesiones de la línea blanca incluyen no solo a la separación de esta sino también a los abscesos formados en la línea blanca además de la hemorragia en la línea blanca. La línea blanca esta forma por tejido laminar, el cual es producido por el estrato basal de la epidermis el cual recubre al corion laminar, además el tejido corneo laminar no contiene túbulos, lo cual lo hace una zona blanda y flexible, al tener estas características ayuda a que estructuras como la pared y la suela no generen fricción al entrar en contacto, ya que la línea blanca se ubica en medio de estas dos zonas de la pezuña<sup>11</sup>.

Fürmann et al.<sup>19</sup> en un estudio realizado con 35 000 observaciones de 25 000 vacas en 702 hatos suizos, encontraron que las lesiones con mayor prevalencia para el periodo de 2022 a nivel de hato fueron las úlceras (incluida úlcera de suela, en punta y úlcera de talón) con 50.3%, enfermedad de la línea blanca con 38.1% y dermatitis digital fase M2 con 36.3%, mientras que a nivel vaca la dermatitis digital fase M2 fue la más prevalente 5.4%, úlceras con 3.7% y las patologías de línea blanca con 2.3%.

Esta es una zona vulnerable donde se pueden introducir estiércol, piedras, etc., permitiendo que este material séptico penetre y avance hasta llegar al corion pudiendo formar abscesos<sup>1</sup>.

La separación de la línea blanca sin complicaciones es un hallazgo frecuente durante el recorte. El animal solo claudicará cuando se produce un absceso en el ángulo formado entre la pared y la suela<sup>2</sup>.

Para identificar esta lesión es necesario rebajar la suela de la pezuña e ir limpiando todas las manchas negras que se observen a lo largo de la línea blanca, retirando el tejido corneo para identificar en cuál de ellos existe continuidad y sea la causa probable de la cojera en el bovino, muchas veces estas manchas negras en la línea blanca se aprecian como una pequeña grieta minúscula la cual si se limpia cuidadosamente puede arrojar pus a presión, así como gas<sup>1</sup>.

Cuando no se observa claudicación o no se realiza tratamiento, se pueden presentar varios cuadros clínicos diferentes:

- a. Puede salir pus del punto de unión de la piel y el tejido corneo en el lado abaxial de la banda coronaria, en este caso es muy posible que haya un trayecto fistuloso corriendo por debajo de la pared, desde la línea blanca hacia la banda coronaria<sup>2</sup>.
- b. La piel que se encuentra por encima de la banda coronaria puede estar sensible, deformada e inflamada y esto es una fuerte indicación de la existencia de infección de la articulación interfalángica<sup>5</sup>.
- c. Si se observan sensibilidad, tumefacción y eritema marcados en la región localizada por encima de la banda coronaria, a nivel de los talones se debe sospechar de compromiso de la zona posterior a la articulación interfalángica, puede haber aumento de cojera con marcada gravedad<sup>5</sup>.



**Figura 3.** Lesión típica enfermedad de la línea blanca

\*Tomado de NADIS<sup>20</sup>



**Figura 4.** Trayecto de la enfermedad de la línea blanca

\*Nota. Elaboración propia



**Figura 5.** Enfermedad de la línea blanca corion expuesto

\*Nota. Elaboración propia

Conneely et al.<sup>21</sup> menciona que el costo de la enfermedad de la línea blanca, es de 226.67 € para un caso, mientras que para una baja prevalencia (5%) de la enfermedad para un hato de 100 vacas es de 1,133.35 € para una prevalencia moderada (10%) el costo aumenta en 2,266.70 € y 4,533.40 € para una prevalencia alta (20%).

Mientras en otro estudio el costo por caso fue de  $\$152 \pm 26$ , con una variación desde un mínimo de  $\$106 \pm 32$  en vacas de primer parto en lactancia tardía hasta un máximo de  $\$249 \pm 51$  en una vaca múltipara en lactancia temprana. Mientras que el aumento de días abiertos fue de  $3.7 \pm 1.7$  días, además que el costo por descarte temprano fue desde los  $\$18 \pm 13.18$  para vacas primíparas entre los 120 a 240 días de lactación hasta  $\$108 \pm 42.31$  para vacas múltiparas entre los 0 a 60 días posparto<sup>22</sup>.

### **1.8.1. Causas**

El primer impacto de cada paso es mayor a nivel de la unión entre los talones y la suela, la almohadilla digital se expande hacia los lados cuando es comprimida bajo el apoyo del peso. Esta expansión causa presión sobre la pared que se encuentra por encima de la unión suela - talón en el surco abaxial<sup>2</sup>. El extremo abaxial de la línea blanca en la zona del surco abaxial de la suela, es la parte más ancha (puede tener hasta 5 mm). Además, el tejido corneo más blando de la línea blanca se encuentra allí. La mayor velocidad de producción de tejido se presenta en el lado abaxial de la pared, también se cree que esta

zona tiene particular susceptibilidad a las alteraciones del sistema vascular y la consecuente interrupción del aporte de nutrientes<sup>2,5</sup>.

Además, también puede estar ocasionada por episodios de laminitis, que afectan al corion laminar, provocando la separación de los pliegues dérmicos del corion laminar de las valvas corneas de la pared donde se interdigitan, esto provocará hemorragia, desprendimiento de células epidérmicas muertas e interrupción de la producción de tejido corneo laminar, así como deterioro de su calidad. Los primeros cambios dentro de la línea blanca incluyen hemorragias, esto suele ir seguido de una ruptura de la línea blanca o también se puede formar un absceso subsolar estéril, si la enfermedad sigue en curso y no hay tratamiento, la infección puede penetrar hasta el interior del talón, afectando así otras estructuras anatómicas, que se encuentran en la cara medial inmediata, incluido el tendón flexor profundo, el hueso navicular, la bolsa navicular<sup>11</sup>.

Aunque la patogénesis de la enfermedad de la línea blanca, no se ha podido demostrar de forma concluyente, se pueden postular dos posibles causas para esta patología. La hipótesis cerrada sugiere que el inicio de la lesión podría surgir de forma interna, debido a ello el sistema de soporte de la pezuña no tendría participación en el inicio de la enfermedad, pero no así las láminas de soporte de la tercera falange la que podría estar afectada por las enzimas denominadas metaloproteinasas de matriz, las cuales se liberan en episodios de laminitis, como resultado de la inflamación, debido a esto la presión lateral de la cara abaxial de la pared afectaría la línea blanca de manera interna. La hipótesis abierta explica que la gran parte de cojera para esta patología, en efecto son de carácter abierto ya que eso explicaría en parte, el porqué de la presencia de material extraño y detritus que son encontrados en la gran mayoría de lesiones<sup>2</sup>.

#### **1.8.2. Tratamiento**

El curetaje empieza desbastando el tejido corneo necrosado y drenando el absceso en caso se haya formado, en el caso de abscesos que se desarrollan como resultado de penetración a través de la línea blanca o la suela, el establecimiento de un drenaje a través del sitio original del ingreso del contaminante es el enfoque deseado, siempre que sea posible. Este sitio de

ingreso por lo general se ve como una mancha oscura rellena de material extraño y suciedad en la superficie de la suela<sup>2,5</sup>.

Una vez ubicado el sitio de penetración se requiere limpiar el tracto que conduce al absceso, recortando sus bordes con cuidado, teniendo precaución de minimizar el daño colateral de los tejidos normales y sanos<sup>5</sup>.

La hinchazón por encima de la banda coronaria o en el talón puede indicar que la infección ha penetrado en estructuras más profundas y suele estar asociada con una cojera grave. Estos casos requerirán intervención quirúrgica<sup>11</sup>.

Muchos animales muestran mejoría inmediata siempre y cuando la lesión sea incipiente, pues en caso contrario requerirá del uso de antibióticos de forma sistema aunado a terapia analgésica, en caso de no mejorar habrá que hacer una segunda revisión y tratamiento lo cual ocasiona pérdidas económicas por el tiempo que ha transcurrido el animal con la cojera.

Es importante establecer un esquema de recorte de pezuñas por lo menos dos veces al año, con el propósito de corregir algún sobrecrecimiento ya sea a nivel de suela o de la pared, lo cual no solo brindara una mejor superficie de apoyo y distribución del peso sino que al hacer estas revisiones se podrán identificar algún inicio de probables lesiones podales, tal cual es el caso de la enfermedad de la línea blanca, lo cual supondrá una prevención y/o posible tratamiento temprano de la lesión en cuestión, ahorrando tiempo y costo de recuperación si la cojera fuera ya de curso clínico<sup>5</sup>.

### **1.9. Ácido salicílico**

El ácido salicílico es un sólido incoloro que se obtiene de la corteza del sauce, donde fue aislado por primera vez y de donde se obtienen grandes concentraciones de este ingrediente. En la época del antiguo Egipto, la antigua Grecia, Sumeria y la antigua China ya se usaba la corteza del sauce para aliviar dolores y tratar fiebres. Pero no fue hasta el siglo XVIII cuando el ácido pudo ser aislado para aprovecharlo de forma más especializada. A partir de aquí se pudieron desarrollar compuestos más eficaces para aliviar la fiebre, molestias y dolores y actualmente forma parte de la gran mayoría de productos para la piel en especial como tratamiento de acné y otras dermatopatías en personas<sup>23</sup>.

A día de hoy se obtiene de forma sintética, aunque también tiene procedencia del sauce, pero se sintetiza a partir del dióxido de carbono y fenoxido de sodio<sup>13</sup>.

El ácido salicílico (un compuesto fenólico) es un producto que participa en la transformación del ácido acetilsalicílico, que no sólo proviene de la industria farmacéutica para la producción de analgésicos como la aspirina, sino que también es usado como materia prima en la molienda de papel, la industria cosmética y producción de alimentos<sup>24</sup>.

El ácido salicílico actúa de primera mano como queratolítico, además, anula el crecimiento bacteriano al afectar los componentes de la pared y la superficie celular, al regular de forma negativa los factores de fibrinógeno, fibronectina y  $\alpha$ -hemolisina involucrados en la replicación bacteriana<sup>25</sup>.

El mecanismo exacto de acción antibacteriana de los fenoles aún no está claro y requiere más investigación. Los compuestos fenólicos pueden tener una amplia gama de estructuras químicas, lo que significa que existen muchos mecanismos posibles de actividad antimicrobiana. Además, la mayoría de los estudios se han centrado en investigar no solo compuestos individuales sino extractos, que son mezclas de polifenoles que pertenecen a diferentes grupos, lo que sugiere que los compuestos fenólicos tienen actividades multidimensionales. Además, las interacciones entre polifenoles en mezclas también pueden influir en sus mecanismos de acción. Algunos estudios han demostrado que los compuestos fenólicos interactúan con las paredes celulares bacterianas, lo que provoca la alteración de la pared celular y la liberación de contenidos celulares. El daño de la pared celular disminuye la resistencia celular a condiciones desfavorables como presión osmótica alta o baja y diferentes factores externos. Los polifenoles también influyen en la formación de biopelículas, pero el efecto es ambiguo. Pueden estimular o inhibir la formación de biopelículas dependiendo de la concentración de compuestos polifenólicos. Algunos estudios demostraron que en concentraciones más bajas los polifenoles tienen un efecto estimulante, mientras que en concentraciones más altas muestran un efecto inhibidor<sup>26</sup>.

Una de las enzimas de importancia para la integridad de la pared celular de las bacterias es la fosfatasa alcalina, la que se encuentra entre la pared y membrana celular, normalmente no se puede encontrar extracelularmente a no ser que exista algún daño o alteración de la pared bacteriana, por lo cual se ha podido demostrar mediante estudios que la exposición de cepas bacterianas de *S. aureus* y *E. coli*, a microcápsulas conteniendo ácido salicílico, aumento la presencia de fosfatasa alcalina bacteriana<sup>27</sup>.

Se ha detectado en el plasma de vacas lecheras, ácido salicílico, esto debido a que hay presencia de salicilatos en los forrajes, además se establece la presencia de ácido salicilúrico el cual es un metabolito del ácido salicílico, que se elimina a través de la orina<sup>28</sup>. Actualmente no hay un periodo de retiro en leche para el ácido salicílico, esto debido a que el límite de cuantificación no está definido, porque el ácido salicílico se metaboliza en menos de 24 horas, por lo cual no existe problema en su uso, además se han detectado salicilato en personas con dietas vegetarianas, por todo esto no existe problema en su uso como tratamiento en la dermatitis digital bovina<sup>29</sup>.

Según Alsaaod et al.<sup>25</sup> utilizó una pasta de ácido salicílico en combinación con un vendaje por 7 días para el tratamiento de la dermatitis digital en fase ulcerativa M-2, en 26 vacas diagnosticadas con esta patología podal, reportando una curación clínica del total de los animales tratados, lo cual constituye un tratamiento efectivo para la dermatitis digital bovina.

Se ha utilizado tabletas de espuma que contienen ácido salicílico para el tratamiento del flemón interdigital con un vendaje por 5 días, obteniendo una reducción en la cojera, disminución de la temperatura corporal además de una mejora en la condición corporal al día de iniciado el tratamiento<sup>30</sup>.

Según Persson et al.<sup>30</sup> menciona que el uso de ácido salicílico, es relativamente barato además que ayuda a cumplir con los objetivos de reducir el uso de antibióticos y el riesgo de resistencia, lo cual es uno de los propósitos de la ganadería hacia el futuro.

#### **1.10. Ceftiofur**

El ceftiofur es una cefalosporina que no está bien definida en el grupo de 3era generación, debido a esto se clasifica como cefalosporina de nueva generación y clasificada por algunos, de 4ta generación<sup>31</sup>.

Ha sido aprobado para uso veterinario durante muchos años. Es único porque no se utiliza en medicina humana. Está disponible en tres formas: ceftiofur sódico, suspensión de clorhidrato de ceftiofur y ceftiofur ácido libre cristalino. Después de su aplicación se convierte en su metabolito activo, el desfuroilceftiofur<sup>32</sup>.

Sheedy et al.<sup>33</sup> menciona que el ceftiofur es una opción de tratamiento para complejos de enfermedades que incluyen enfermedad respiratoria bovina (78%), cojera (59%), diarrea/trastornos digestivos (57%), metritis (46%) y mastitis (34%).

Además de su rango terapéutico de amplio espectro, el ceftiofur es una opción atractiva para los productores, ya que las formulaciones que se utilizan vía parenteral conllevan a no descartar la leche de los animales tratado además períodos cortos de retiro (2 días) antes del sacrificio<sup>34</sup>.

Según Sumano et al.<sup>31</sup> “Es una cefalosporina con actividad frente bacterias Gram +, incluyendo buena actividad contra estreptococos y *Staphylococcus sp.*, resistentes, tiene buena actividad vs. Bacterias Gram -, incluyendo *Salmonella sp.* y *E. coli*, aunque pobre contra *Pseudomonas*. Actúa contra bacterias anaerobias, como *Fusobacterium necrophorum* y *Bacteroides melaninogenicus*”

En los rumiantes solo se utiliza por vía intramuscular teniendo una vida media relativamente prolongada de 3 horas y media a 4 horas, teniendo como dosis el rango de 2.2 mg/kg a 4.4 mg/kg, logrando con ello que las concentraciones sean de aproximadamente 8.8-17 µg/ml a las 2 horas de su aplicación<sup>31</sup>.

Según Fosse et al.<sup>34</sup> el uso de ceftiofur en granjas canadienses, tiene como objetivo el tratamiento de la cojera en el ganado, aunque algunas de ellos no son de origen infeccioso como por ejemplo la fisura horizontal o vertical, teniendo un 60% de presentación en hatos del suroeste de Canadá, este tratamiento no garantiza la resolución de tal patología.

Yiğitarşlan et al.<sup>35</sup> en un estudio llevado a cabo con 41 vacas lecheras, las cuales presentaban necrobacilosis digital, enfermedad podal de origen bacteriano, de inicio muy agudo y causante de temperatura de entre todas las causas de cojeras en el ganado, demostró que el uso de una pomada tópica a base de rifampicina además del uso de ceftiofur sistémico lograron la curación completa de todos los animales.



## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. Técnicas, instrumentos y materiales de verificación

- Se anotó en una ficha de registro el nombre o número de todas las vacas en producción y litros obtenidos de leche, tanto para el ordeño de la mañana (6 am) y el ordeño de la tarde (6 pm), usando medidor proporcional de leche Euromilk.
- El primer criterio de inclusión, fue que toda vaca con menos de tres semanas posparto no se incluyó debido a que la ubre aun inflamada, podría ocasionar problemas de locomoción al examen.
- Luego de culminado cada grupo de ordeño se visualizó a la salida del mismo a cada vaca y se calificó según el score de locomoción de Sprecher, a saber:  
Grado 1: La vaca parada y andando tiene el lomo recto, pasos largos (vaca sana)  
Grado 2: Parada lomo recto, andando lomo incurvado, pasos cortos y anda con precaución (cojera leve)  
Grado 3: Tanto parada como andando tiene el lomo incurvado, pasos cortos (cojera moderada)  
Grado 4: Lomo incurvado siempre, cojera manifiesta (cojera grave)  
Grado 5: Muy coja, renuencia a levantarse y en cuanto puede se echa (cojera muy grave)  
Se anotó el grado de locomoción obtenido en la misma ficha indicada al inicio.
- El segundo criterio de inclusión, englobo a vacas con score de locomoción de  $\geq 3$  al estudio, se armó dos grupos de tratamientos, en el grupo 1 (G1) se utilizó el ácido salicílico tópico en la lesión y el grupo 2 (G2) solo ceftiofur inyectable por via intramuscular por 5 días a una dosis de 2.2 mg/kg.
- El examen clínico y diagnóstico del tipo de lesión se realizó mediante la inspección individual de cada dedo (lateral y medial) de los miembros anteriores y posteriores, con la vaca de pie en un brete de madera, propio del establo. Se visitó el establo 3 veces por semana y se revisó 4 vacas por día.
- La lesion de línea blanca se registró en una ficha, donde se incluyen nombre del animal, score de locomoción, miembros y dedos afectados.
- Se dio prioridad a las vacas con score de 4 para iniciar el tratamiento con ácido salicílico o ceftiofur.

- Para ambos grupos, se realizó el curetaje, previa limpieza con escobilla y agua, se secó con papel toalla el dedo afectado y se eliminó parte de la pared abaxial próxima a la lesión y exponer la herida.
- Las vacas en el grupo de tratamiento (G1) con ácido salicílico, se les realizó el curetaje y aplicó ácido salicílico en polvo en una cantidad aproximada de 5 a 10 gramos, siendo el objetivo cubrir la lesión, para ello se hizo uso de un envase vacío de talco para pies de 240 g de capacidad, que fungió como dispensador, luego se colocó una gasa estéril 10cm x 10 cm y se envolvió el dedo afectado con una venda autoadherente y sobre ella se realizó otro vendaje con una venda de tela (poliéster) de 1.5 metros de largo x 10 cm de ancho, de elaboración propia, se cosió la venda con aguja y pabilo para dar seguridad y así el producto permanezca en el dedo de la vaca por 7 días como máximo.
- Para las vacas en el grupo de ceftiofur (G2), se realizó el mismo procedimiento de limpieza y vendaje, estas vacas recibieron la aplicación intramuscular del antibiótico una vez al día a una dosis de 2.2 mg/kg por 5 días en el músculo glúteo medio (anca) y en la parte cervical del músculo trapecio (tabla del cuello), se alternó los días de tratamiento en cada músculo.
- El peso estimado se calculó utilizando una cinta bovinométrica antes de la aplicación del antibiótico.
- La primera revisión se realizó con un espacio de 7 días. En ella se evaluó, la producción de leche diariamente y se obtuvo un promedio además el puntaje de locomoción de las vacas tratadas se calificó el mismo día de la revisión. Se examinaron las lesiones y para determinar si la vaca necesitaba una semana adicional de terapia se utilizó la presión digital y el movimiento del dedo afectado se tomó como un resultado dicotómico (dolor presente o dolor ausente)<sup>36</sup>. Las vacas que presentaron presencia de sensibilidad a la presión digital se les hizo un nuevo vendaje, previa limpieza y se les aplicó el tratamiento según el grupo en el cual estuvieron, las vacas que no presentaron sensibilidad a la presión digital se les dio como culminado el tratamiento. El mismo procedimiento se utilizó para la 2da semana de tratamiento, el cual fue la última, durante esta se midió la producción lechera obteniendo un promedio semanal y se calificó el puntaje de locomoción. Se realizó la presión digital para visualizar el movimiento o no de los dedos afectados.

### **Materiales de campo**

- 2 leguas para recorte de pezuña (derecha e izquierda)
- 1 tenaza corta pezuña
- Caja de vendas autoadherente vendiflex (4 cajas por 12 unidades - 5 cm ancho)
- Caja de gasas cortada - 10cm x 10cm (3 cajas de 20 sobres) Alkhofar
- 1 caja de jeringas de 3 ml y de 20 ml 21G X 1 ½ x 100 unidades - Alkhofar
- 2 caja de Agujas - 18G x 1<sup>1/2</sup> x 100 unidades - Nipro
- Brete de madera para revisión de pezuñas
- 3 sogas material driza – 10 m largo
- Guantes multiflex látex – 2 pares
- Vendas de tela 1.5 m x 10 cm ancho
- Aguja S itálica 8 cm largo
- Pabilo de algodón 1.2mm x 130 mt (genérico)
- Cámara fotográfica del celular
- Lapicero azul Faber Castell x 1 unidad
- Papel toalla NOVA x 10 unidades
- Escobilla de madera para ropa x 1 unidad (genérico)
- Balde 4 litros (genérico)
- Tablero de madera oficio x 1 unidad (genérico)
- Talco para pies unidad x 240 g – tapa con orificios
- Caja de herramientas 13"con compartimentos Rimax
- 1 esmeril de banco 6" (genérico)
- 1 disco de goma para afilado de leguas marca MATZ

### **Material farmacológico**

- Clorhidrato ceftiofur Ceftiomic – Microsules Ceftiofur clorhidrato 5,35 g\*  
Excipientes c.s.p. 100 ml \* (equivalente a 5 g de Ceftiofur base) frasco 100 ml
- Ácido salicílico en polvo (FastLab) - 1kg

## **2.2. Campo de verificación**

### **2.2.1. Ubicación espacial**

El estudio se realizó en el establo Prado, ubicado en la av. San Juan de Vilca Mza A lote 18, distrito de Puente Piedra, provincia de Lima, departamento de

Lima, Perú, con una superficie de 71.18 km<sup>2</sup> ubicado a 184 msnm. Tiene coordenadas de latitud S11°52'33" y longitud W77°03'42". Índice de humedad de 75% en el día y 85% en la noche, la temperatura varia de 19°C en el día y de 14° C en la noche.

#### **2.2.2. Ubicación temporal**

El estudio se llevó a cabo durante los meses de enero a marzo del año 2025.

#### **2.2.3. Unidades de estudio**

El establo cuenta con 88 vacas de las cuales 80 están en producción, estas se tomaron para realizar la calificación de locomoción y formar los grupos de tratamiento. La alimentación se basa en panca fresca de choclo (30 kg aproximadamente por animal), concentrado en polvo (según la producción 10 kg vacas de alta, 8 kg vacas de media y 5 kg vacas en baja o próximas a la etapa de seca). La producción diaria es de 1520 litros, promedio de 20 litros por vaca. La raza predominante es la Holstein, también cuentan con cruce Holstein x Fleckvieh.

#### **2.3. Estrategia de recolección de datos**

Se utilizó el muestreo por conveniencia. La muestra se elige de acuerdo con la conveniencia de investigador, lo que permite elegir cuántos participantes puede haber en el estudio<sup>37</sup>, por lo que este tipo de muestreo permite incluir a los casos que cumplan con los criterios que establece el investigador<sup>38</sup>.

Se formaron dos grupos de tratamientos independientes, el primer grupo (G1) los animales recibieron aplicación de antibiótico ceftiofur más vendaje y el segundo grupo (G2) los animales se les aplicó el ácido salicílico tópico más vendaje. Se tuvieron dos variables de respuesta:

- Producción lechera (cuantitativa)
- Score de locomoción (cualitativa)

#### **2.4. Método estadístico**

El análisis estadístico comprenderá el estudio intragrupal, donde se determinarán los valores de promedios y resultados según los datos a evaluar (producción lechera y score locomoción) y el análisis intergrupar que por la naturaleza del estudio estará dividido en diferentes momentos (inicio. 7 días y 14 días), considerando que se van a comparar dos tratamientos distintos (Ceftiofur vs Ácido salicílico).

### 2.4.1. Prueba de normalidad

La prueba de normalidad se realiza para evidenciar si los datos siguen una distribución normal o no, por lo cual es importante, ya que en base a los resultados se usarán pruebas de tipo paramétricas si hay distribución normal o no paramétricas si la distribución no sigue un patrón normal.

Cuando los datos son  $< 50$  se recomienda utilizar la prueba de normalidad de Shapiro Wilk; a diferencia de la prueba de Kolmogorov-Smirnov que se usa cuando los datos son  $\geq 50$ . Para este análisis se partirá de la hipótesis nula que indica:

$H_0$ : Los datos siguen una distribución normal.

$H_a$ : los datos no siguen una distribución normal.

Si  $p \geq 0,05$  se acepta la  $H_0$ ; es decir que los datos siguen una distribución normal; en caso contrario si  $p < 0,05$  se rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_a$ , lo cual indica que los datos no siguen una distribución normal.

**Tabla 1.** Prueba de normalidad de producción de leche

| Pruebas de normalidad |             |    |       |
|-----------------------|-------------|----|-------|
| Shapiro-Wilk          |             |    |       |
|                       | Estadístico | gl | Sig.  |
| Litros de<br>leche    | 0.956       | 30 | 0.249 |

\*Nota. Elaboración propia

La tabla 1 muestra que el valor  $p = 0,249$  el mismo que es mayor a 0,05 lo cual resulta en una aceptación de la hipótesis nula; es decir que los datos de producción de litros de leche siguen una distribución normal.

Cuando existe normalidad en la distribución de los datos se deben emplear análisis estadísticos paramétricos que en este casos se realizarán para comparar los cambios en los promedios de producción láctea por cada grupo y entre los dos grupos.

De otro lado, considerando que la variable score de locomoción es de tipo cualitativa ordinal, no requiere de prueba de normalidad y las pruebas

estadísticas a utilizar en su determinación serán de tipo no paramétricas, así mismo, se muestra la tabla 2, por lo cual este análisis partirá de la hipótesis nula que indica:

$H_0$ : Los datos siguen una distribución normal.

$H_a$ : los datos no siguen una distribución normal

Si  $p \geq 0,05$  se acepta la  $H_0$ ; es decir que los datos siguen una distribución normal; en caso contrario si  $p < 0,05$  se rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_a$ , lo cual indica que los datos no siguen una distribución normal.

**Tabla 2.** Prueba de normalidad score de locomoción

| <b>Pruebas de normalidad</b> |                  |              |    |       |
|------------------------------|------------------|--------------|----|-------|
| Score locomoción             | Tratamiento      | Shapiro-Wilk |    |       |
|                              |                  | Estadístico  | gl | Sig.  |
|                              | Ceftiofur        | 0,643        | 15 | 0,000 |
|                              | Ácido salicílico | 0,643        | 15 | 0,000 |

\*Nota. Elaboración propia

La tabla 2 muestra que el valor  $p = 0,00$  para la prueba de Shapiro-Wilk es menor a 0,05 lo cual resulta en el rechazo de la hipótesis nula; es decir que los datos de score de locomoción no siguen una distribución normal, Cuando no existe normalidad en la distribución de los datos se deben emplear análisis estadísticos de tipo no paramétricos que en este casos se realizarán para comparar los cambios en el score de locomoción por cada grupo y entre los dos grupos de tratamiento.



### **CAPITULO III**

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Análisis estadístico descriptivo

**Tabla 3.** Frecuencia de casos y porcentajes según los niveles de cojeras

| Score | f <sub>i</sub> | %  |
|-------|----------------|----|
| 1     | 33             | 41 |
| 2     | 17             | 21 |
| 3     | 15             | 19 |
| 4     | 15             | 19 |

\*Nota. Elaboración propia

Se realizó el score de locomoción de Sprecher a 80 vacas en producción lechera, teniendo como premisa hacerlo en animales con más de 3 semanas de haber parido, de las 80 vacas evaluadas se tuvo como resultado que 33 de ellas obtuvieron la calificación de grado 1 (41%), 17 la calificación de grado 2 (21%), 15 en grado 3 (19%), 15 vacas en grado 4 (19%), ninguna vaca evaluada obtuvo el grado 5, el de cojera muy grave. De los 80 animales evaluados, se tuvieron 32 animales con cojera subclínica las que incluyen a los grados o score 2 y 3, cojera subclínica leve y cojera moderada respectivamente, además 15 vacas presentaron cojera manifiesta o clínica, pero siendo uno de los criterios de inclusión el optar por trabajar con animales con grado de locomoción  $\geq 3$  (cojera subclínica moderada), se tomó en cuenta solo las 15 vacas con el score de 3 y 15 con score de 4, estas últimas fueron la prioridad para realizar el trabajo por la condición de cojera clínica.

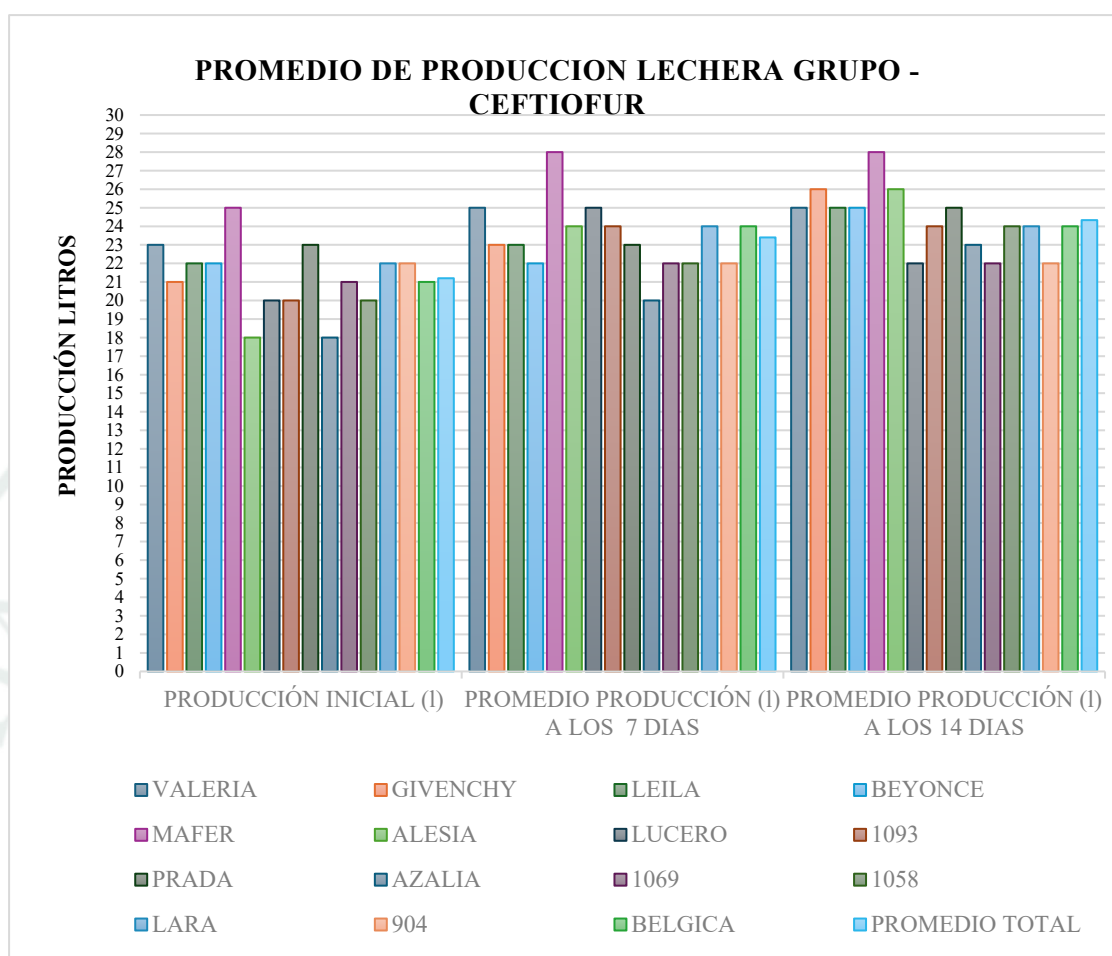
Según el score de locomoción de Sprecher<sup>5</sup>, existen porcentajes ideales que se deben obtener para evitar la presentación de la cojera en su estado clínico y prevenirla en su estado subclínico. Gardenier et al.<sup>39</sup> señala que la calificación de locomoción convencional es un sistema de puntaje subjetivo y discreto, donde solo un observador coloca la puntuación según el grado de dificultad al desplazarse en correlación a la incurvación del lomo, cuando se utilizó a dos observadores la discrepancia entre ambos resultó en una pobre calificación de las vacas, teniendo diferentes puntajes a nivel interobservador e intraobservador.

Hut et al.<sup>40</sup> en un estudio llevado a cabo, donde se calificó el puntaje de locomoción para 784 vacas multíparas, obtuvo como resultado que los porcentajes puntuaciones

combinados para los scores de locomoción 3, 4 y 5, aumentaron del 36% en el período seco temprano al 41% en el período seco tardío, 51% a las 4 semanas postparto y 54% a las 8 semanas postparto, además se obtuvo una disminución de la condición corporal de alrededor de 0.75 puntos a las 4 semanas posparto la cual estuvo asociada a la cojera, las vacas con cojera moderada (score 3) redujeron su tiempo de alimentación en 20 minutos mientras que las vacas con score de 4 y 5 (cojera grave y muy grave) fue de 40 minutos, en el mismo estudio se pudo evidenciar que el tiempo de rumia no se alteró en las vacas con cojera cuando fueron comparadas con sus compañeras de corral.

Se debe tener especial atención a los animales que obtienen el grado de calificación 3, ya que estos animales tienen 4 veces mayor probabilidad de pasar a una cojera clínica en tan solo un mes en comparación con las que obtuvieron la calificación de 2, como meta el 75% de animales debiera obtener el score de 1 mientras que no deben encontrarse más del 5% de animales con score 4 o 5<sup>41</sup>. Según los resultados de calificación de locomoción, la cantidad de animales y sus respectivos porcentajes distan y por mucho de lo que se menciona como óptimo para cada score, si bien no hay animales con grado 5 (cojera severa), los animales con cojera moderada igualan a los de cojera clínica y tomando en cuenta que estos animales con score 3 tienen más probabilidad de presentar la cojera de forma clínica.

### 3.2. Análisis intragrupal para el grupo tratado con antibiótico ceftiofur



**Figura 6.** Promedio de producción lechera (l) para el grupo de tratamiento con antibiótico ceftiofur

\*Nota. Elaboración propia

La figura 6, nos muestra que hubo un aumento en el promedio de producción de leche con respecto al promedio total al inicio del tratamiento con ceftiofur, tras una semana de haber recibido el respectivo curetaje y antibiótico sistémico, el promedio total luego de la misma fue de 23 litros de leche para todo el grupo de vacas, lo cual refleja un aumento del 9,5 %, ya para la segunda semana de medición del litraje de leche, el promedio total obtenido fue de 24 litros comparándolo con los 23 litros obtenidos como promedio a la semana del tratamiento el aumento entre estos dos intervalos de medición fue de un 4%. Entonces haciendo una última comparación, al inicio y al final del tratamiento el aumento fue de 14,3%, lo cual refleja un efecto positivo y sostenido en el aumento de la producción lechera de las vacas que recibieron de forma sistémica el antibiótico cefalosporínico ceftiofur.

Holzhauser et al.<sup>42</sup> mencionan que el uso de ceftiofur se implanto como terapia para el tratamiento de ciertas patologías podales, tales como la enfermedad de la línea blanca recidivante, necrosis de dedo, dermatitis digital, se reporta que un tratamiento de 5 días se considera suficiente para lograr el éxito en la recuperación de la lesión, aunque este antibiótico se ha prohibido en ciertos países europeos por lo cual en algunos casos se optó por el uso de una inyección subcutánea de tilmicosina.

Urban-Chmiel et al.<sup>43</sup> menciona que, en casos de cojera aguda, el antibiótico de primera línea a usar es la bencilpenicilina por tres días, aunque el periodo de retiro la hace no muy popular como tratamiento entre los ganaderos, debido a ello se optó por el uso de antibióticos de amplio espectro como las cefalosporinas ya que no poseen periodo de retiro en leche, aunque ante la creciente resistencia a los antibióticos, el uso de un tratamiento sistémico no tiene mucha justificación. Si bien el uso de antibióticos suele ser la primera opción para el tratamiento de esta patología podal, en realidad no es tan necesario como se suele pensar, aun cuando la infección pueda parecer grave, lo cual se contrapone a lo que Shearer et al,<sup>5</sup> mencionan, ya que en muchos casos el tratamiento de la enfermedad de la línea blanca no requiere el uso de antibiótico, mientras se evite el daño a los tejidos sensibles como el corion, los animales recuperan en el lapso de un par de días, mientras que para casos donde la infección a penetrado a estructuras internas del dedo bovino, solo en esos caso se justifica el uso de antibióticos.

Gonzales A,<sup>4</sup> menciona que el recorte terapéutico en combinación con el taco ortopédico, suponen la terapia ideal de manejo, sin el uso de antibiótico. Pero de acuerdo al tipo de crianza en el Perú, donde los corrales están en muchos casos, no en las mejores condiciones, por lo cual encontramos, el área del mandil totalmente llena de purines o el área de bebedero con lodo debido a la fuga de agua, esto mismo contribuye a la recidiva de la enfermedad de la línea blanca, por lo cual, se convierte en uno de los motivos del uso de antibióticos como el única arma para tratar de menguar la cojera resultante por la falta de higiene y confort en la vaca lechera, teniendo en cuenta que ambos son los factores de riesgo para cualquier patología podal.

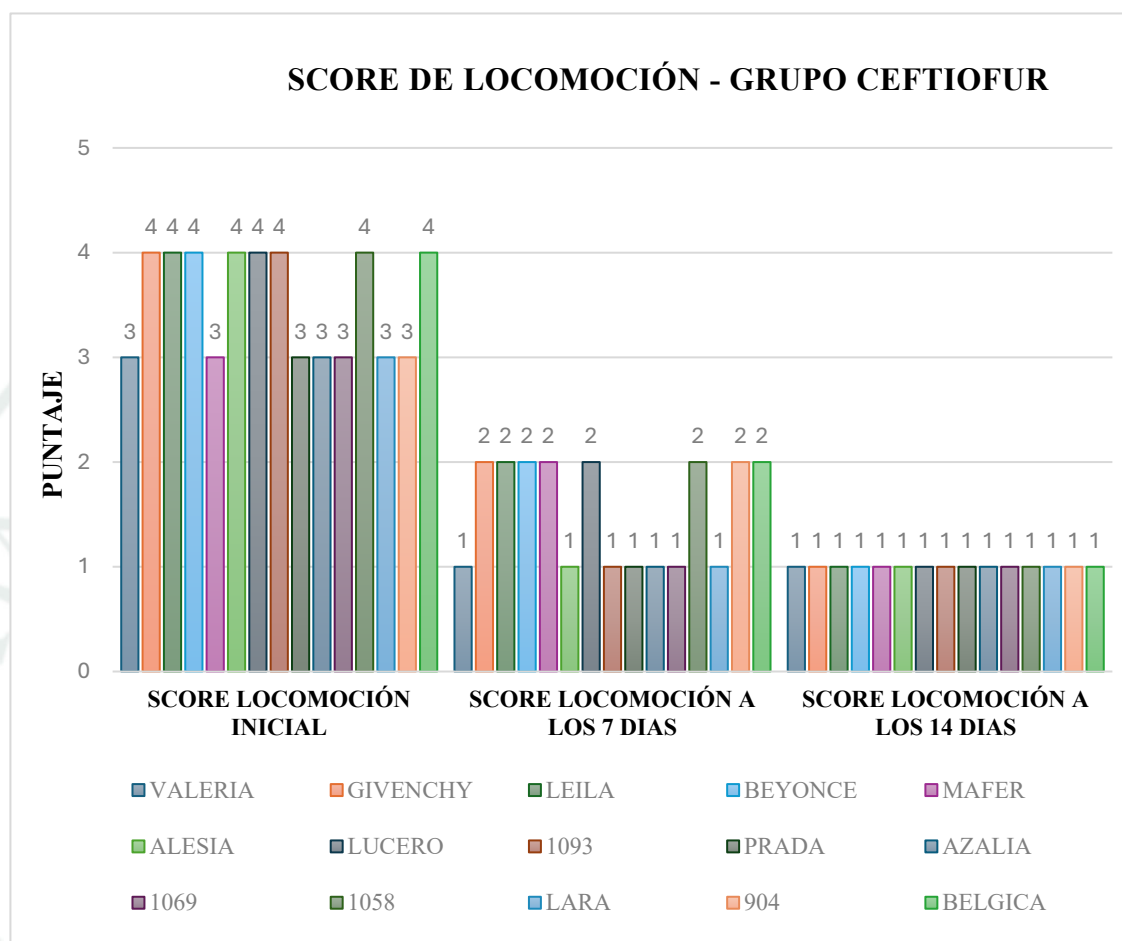
**Tabla 4.** Análisis de promedios de producción de leche para muestras emparejadas con el uso de ceftiofur

| Prueba T para muestras emparejadas - Ceftiofur |                     |                         |                        |                         |                                                      |          |                       |                      |    |                   |
|------------------------------------------------|---------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------|----------|-----------------------|----------------------|----|-------------------|
| Producción                                     |                     | Diferencias emparejadas |                        |                         |                                                      |          |                       |                      |    |                   |
|                                                |                     | Media                   | Desv<br>Desvia<br>ción | Desv.<br>Error<br>Prom. | 95% de intervalo de<br>confianza de la<br>diferencia |          | t<br>valor<br>critico | t<br>estadíst<br>ico | gl | Sig.<br>bilateral |
|                                                |                     |                         |                        |                         | Inferior                                             | Superior |                       |                      |    |                   |
| Par 1                                          | Inicial<br>-7 días  | -2.20                   | 1.78                   | 0.460                   | -3.186                                               | -1.214   | ±2.14                 | -4.78                | 14 | 0.000             |
| Par 2                                          | Inicial<br>-14 días | -3.13                   | 1.92                   | 0.496                   | -4.198                                               | -2.069   | ±2.14                 | -6.31                | 14 | 0.000             |
| Par 3                                          | 7 días-<br>14 días  | -0.93                   | 1.67                   | 0.431                   | -1.857                                               | -0.010   | ±2.14                 | -2.17                | 14 | 0.048             |

\*Nota. Elaboración propia

La tabla 4 nos muestra el análisis de promedios de producción de leche, por lo cual se tiene evidencia estadísticamente a un 95% de confianza y con un  $\alpha=0.05$ , que existe diferencia significativa en las medias de producción lechera en los tres tiempos de medición, al inicio del tratamiento, a los 7 días y a los 14 días de culminado el estudio. El valor de significación  $p < 0,05$  para todos los cruces (Par1, Par2 y Par3) establece que existe diferencia significativa al igual que el valor t estadístico para cada grupo, el cual se encuentra lejos del área de aceptación de la  $H_0$ , debido a ello se rechaza la  $H_0$  y se acepta la  $H_a$ , por lo mismo existe diferencia significativa para los grupos de producción lechera de los animales tratados con ceftiofur de forma sistémica, lo cual

nos indica que el uso del antibiótico tiene efecto terapéutico como tratamiento de la enfermedad de la línea blanca del bovino lechero.



**Figura 7.** Score de locomoción para el grupo tratado con ceftiofur

\*Nota. Elaboración propia

Los puntajes de locomoción de las vacas en el grupo que recibió como tratamiento el antibiótico ceftiofur se reflejan en la figura 7, se puede notar un cambio importante en los puntajes con respecto a los obtenidos inicialmente, siendo que el score de 4 es el que mayor presencia tiene, teniendo en cuenta que este score hace referencia a vacas con cojera clínica sin llegar a ser una cojera severa o muy grave. El puntaje obtenido a la semana de tratamiento muestra una mejoría ya que vacas con score de 4 pasaron a un score de 2, el que refiere a vacas con una cojera subclínica o leve mientras que las vacas con score de 3 pasaron a la condición de sanas o score 1, para la última semana todas las vacas obtuvieron un score de 1, lo cual acorde al score de Sprecher<sup>5</sup>, son vacas sanas sin evidencia de cojera, por lo tanto el tratamiento con ceftiofur tuvo un efecto satisfactorio en la reducción del grado de locomoción en las vacas las mismas que

empezaron con una cojera clínica (score 4) y una cojera moderada (score 3) y al cabo de 2 semanas obtuvieron la clasificación de sanas.

**Tabla 5.** Análisis del score de locomoción para muestras emparejadas usando ceftiofur como tratamiento

| Estadísticos de prueba      |                 |                 |                 |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                             | Score 2-Score 1 | Score 3-Score 1 | Score 3-Score 2 |
| Sig. Asintótica (bilateral) | 0.000           | 0.000           | 0.005           |

\*Nota. Elaboración propia

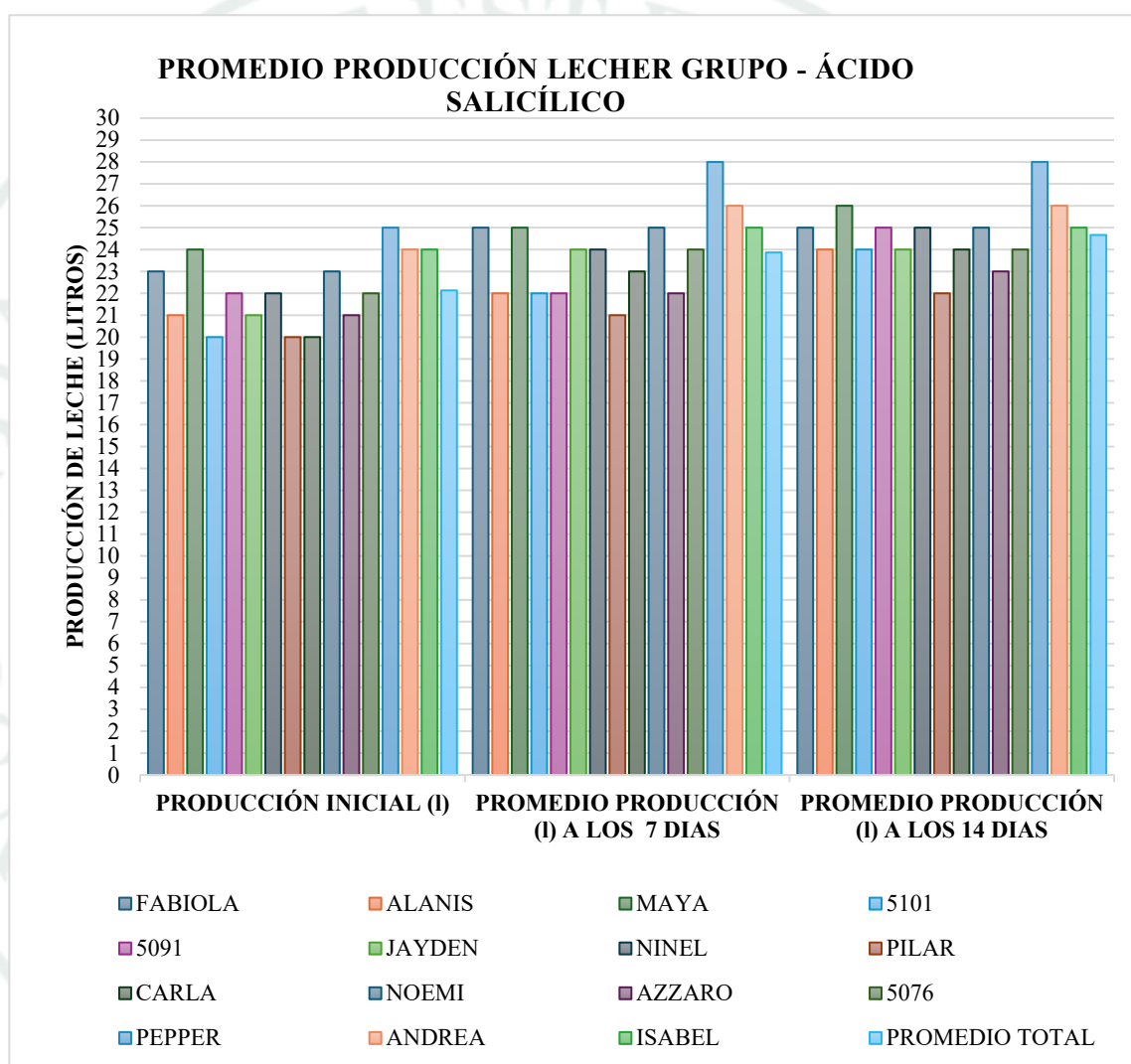
El análisis de Wilcoxon para muestras relacionadas (emparejadas) teniendo en cuenta que son variables cualitativas, el cual nos indica que en cada par de comparaciones se puede notar que la significancia bilateral (p-valor) es  $<0.05$  por lo cual se concluye que con un 95% de confianza y un  $\alpha=0.05$ , existe diferencia significativa para cada grupo, mostrando que el score de locomoción tuvo un cambio a la primera semana de la terapia antibiótica y aun mayor hacia la segunda semana, confirmando que el tratamiento con el antibiótico ceftiofur tuvo un efecto beneficioso en la recuperación de los animales afectados por la enfermedad de la línea blanca que obtuvieron el grado 4 (cojera clínica) y grado 3 (cojera moderada), los cuales a la última semana de clasificación obtuvieron un score de locomoción de 1 el cual solo lo tienen los animales sin problema de claudicación y tal cual nos indica el score de Sprecher<sup>5</sup>, animales que tanto en estación como caminando tienen el lomo recto, considerándose vacas sanas .

Se ha demostrado que vacas con puntaje de locomoción de 3 tienden a tener una disminución en la producción de leche la cual está estimada en 5.1%, mientras que de un 16.8 % y 36% para la calificación de 4 y 5 respectivamente<sup>6</sup>, por otra parte, se menciona que vacas con score  $\geq 3$  tiene 2.8 veces mayor predisposición al aumento de días a primer servicio, 15.6 veces mayor predisposición a aumento de días abiertos y 8.4 veces mayor predisposición de ser descartadas de forma temprana<sup>6</sup>.

Si bien el uso del ceftiofur demostró efectividad como parte de la terapia de la enfermedad de la línea blanca logrando la recuperación de los animales afectados, se entiende que el uso de antibióticos debe ser restrictivo y solo usarse donde se necesite,

aunque las lesiones de línea blanca según la gravedad tienden a ser dolorosas esto debido a la penetración de la infección al corion, por lo cual en casos muy graves puede justificarse su utilidad, teniendo en conocimiento que para la industria lechera, se busca el bienestar del bovino asegurando que la vaca dure varias campañas lo cual resultara en un incremento económico, mismo que es el fin de la industria lechera.

### 3.3. Análisis intragrupal para el grupo tratado con ácido salicílico



**Figura 8.** Promedio de producción lechera (l) para el grupo de tratamiento con ácido salicílico

\*Nota. Elaboración propia

La figura 8, remarca el efecto del ácido salicílico tópico como alternativa terapéutica a la enfermedad de la línea blanca, se puede observar aumento en el promedio total de producción lechera tras una semana de tratamiento a las vacas, teniendo como promedio inicial 22 litros y se alcanzó el promedio de 24 litros transcurrido 7 días, teniendo un aumento de 9 % en la producción de leche, mientras que, entre la primera semana el

promedio de 24 litros sufrió un aumento a 25 litros de promedio para la semana 2, lo cual refleja un 4% de aumento para este lapso de tiempo y por último el promedio al inicio del tratamiento de 22 litros fue en aumento hasta llegar a los 25 litros a las 2 semanas de tratamiento para algunas y de seguimiento para otras, obteniendo así un 13.6% de aumento en la producción de leche de las vacas tratadas con ácido salicílico.

Urban et al.<sup>43</sup> mencionan que el uso de ácido salicílico tendría un mejor beneficio como tratamiento de lesiones podales del bovino, ya que aplicado con un vendaje ayuda a disminuir el dolor y conlleva a la recuperación del animal en aproximadamente 5 días, por lo cual se considera como alternativa para evitar el uso de antibióticos de forma indiscriminada.

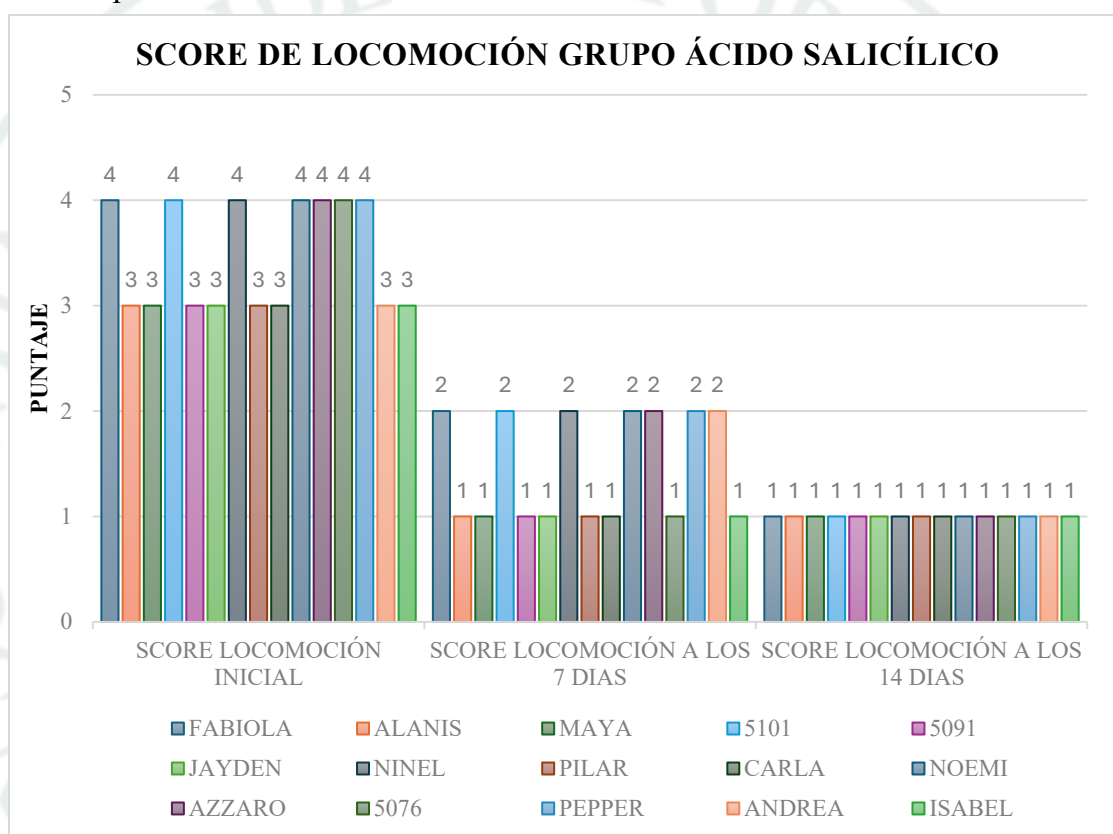
**Tabla 6.** Análisis de promedios de producción de leche para muestras emparejadas con el uso de ácido salicílico

| <b>Prueba T para muestras emparejadas</b> |                   |       |                  |                   |                                                |          |                 |               |    |                |
|-------------------------------------------|-------------------|-------|------------------|-------------------|------------------------------------------------|----------|-----------------|---------------|----|----------------|
| Diferencias emparejadas                   |                   |       |                  |                   |                                                |          |                 |               |    |                |
| Producción                                |                   | Media | Desv. Desviación | Desv. Error Prom. | 95% de intervalo de confianza de la diferencia |          | t valor crítico | t estadístico | gl | Sig. bilateral |
|                                           |                   |       |                  |                   | Inferior                                       | Superior |                 |               |    |                |
| Par 1                                     | Inicial - 7 días  | -1.73 | 0.884            | 0.228             | -2.223                                         | -1.244   | ±2.14           | -7.60         | 14 | 0.000          |
| Par 2                                     | Inicial - 14 días | -2.53 | 0.834            | 0.215             | -2.995                                         | -2.072   | ±2.14           | -11.77        | 14 | 0.000          |
| Par 3                                     | 7 días - 14 días  | -0.80 | 0.941            | 0.243             | -1.321                                         | -0.279   | ±2.14           | -3.29         | 14 | 0.005          |

\*Nota. Elaboración propia

Para todos los casos se observó evidencia estadísticamente con un 95% de confianza y con un  $\alpha=0.05$ , la existencia de diferencia significativa en los promedios de producción de leche de los tres grupos considerando el tratamiento con ácido salicílico al inicio del mismo, a la primera semana y a los 14 días. El valor de significación bilateral  $p < 0,05$  para cada cruce nos indica que existe diferencia significativa en los promedios de producción entre los tres tiempos de medición; asimismo el valor de t estadístico recae en el área que rechaza la  $H_0$ , por lo que se acepta la  $H_a$  la cual indica que existe evidencia

para afirmar que existe diferencia estadísticamente significativa de promedios de la producción lechera para cada uno de los pares. Por lo cual el uso de ácido salicílico tuvo un efecto positivo en el tratamiento de la enfermedad de la línea blanca del bovino, permitiendo la recuperación de los animales los cuales tuvieron una mejora notable de esta lesión lo cual se ve reflejado en el aumento de su producción lechera, siendo esto positivo ya que puede considerarse al ácido salicílico como una alternativa como parte de la terapia a esta patología podal y así disminuir el uso indiscriminado de antibióticos ante un panorama donde la creciente resistencia a estos medicamentos es alarmante.



**Figura 9.** Score de locomoción para el grupo tratado con ácido salicílico

\*Nota. Elaboración propia

Los puntajes de locomoción mostrados en la figura 9, evidencian que al inicio del tratamiento con ácido salicílico, el 53% de vacas en este grupo empezó con un score de 3 (cojera moderada) mientras que el 47% obtuvo el score de 4 (cojera clínica), luego de transcurrido una semana de la terapia topica, el 53% de vacas obtuvo la calificación de 1, el cual hace referencia a una vaca sana mientras la diferencia (47%) tuvo el puntaje de 2, según el score de Sprecher, esta categoría recae en vacas con una cojera leve, por lo cual en este lapso de tiempo ya se puede notar una disminución de la cojera en las vacas que obtuvieron el puntaje de 4 (cojera clínica) al inicio de la terapia, ya para la

última semana de estudio se nota que el 100% de vacas obtuvo el puntaje de 1 (vaca sana) por lo cual esto no solo refleja que el bovino recupera la capacidad para tener un mejor desplazamiento sino también un aumento en la producción de leche ya que en esta última semana el grupo obtuvo como promedio en producción lechera, 25 litros.

Holzhauer et al.<sup>42</sup> en un estudio llevado a cabo utilizó una pasta con base en ácido salicílico como parte del tratamiento para la dermatitis digital y la enfermedad de la línea blanca, teniendo como resultado que más del 90% de animales (40 vacas) tratados obtuvieron la curación de las enfermedades que presentaron, lo cual mejoró el score de locomoción, el bienestar de los animales y las vacas retomaron su conducta de alimentación de forma normal lo cual se evidenció en el aumento de consumo de alimento lo cual se traduce como el incremento en la producción lechera.

**Tabla 7.** Análisis del score de locomoción para muestras emparejadas usando ácido salicílico como tratamiento

| Estadísticos de prueba      |                 |                 |                 |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                             | Score 2-Score 1 | Score 3-Score 1 | Score 3-Score 2 |
| Sig. Asintótica (bilateral) | 0.000           | 0.000           | 0.008           |

\*Nota. Elaboración propia

A partir del análisis de Wilcoxon para muestras relacionadas se puede observar que para cada comparación de score de locomoción el valor de significación asintótica bilateral (p-valor) nos muestra que  $p < 0.05$ , para cada par, por lo cual se tiene evidencia para afirmar que existe diferencias estadísticamente significativas en todas las comparaciones con un 95% de confianza. Score 2 vs Score 1 ( $p = 0.000$ ), el grado de locomoción sufrió un cambio significativamente tras el inicio del tratamiento con ácido salicílico. Score 3 vs Score 1 ( $p = 0.000$ ), comparando el score final con el inicial, muestra que hay una recuperación significativa lo cual afirma que el tratamiento tuvo un efecto en la recuperación de los animales afectados por la enfermedad de la línea blanca. En la comparación del score 3 vs score 2 ( $p = 0.008$ ) el valor  $p < 0.05$  muestra diferencia significativa en el score de los animales a la semana y a los 14 días lo cual muestra que el tratamiento de la enfermedad de la línea blanca con ácido salicílico tuvo efecto positivo en la mejora del grado de locomoción hasta llegar a la calificación de 1 la que hace referencia a un animal sano.

La mejora en el score de locomoción, influye directamente en el aumento de la producción lechera, esto se debe principalmente al incremento del consumo de alimento por parte de la vaca, ya que estos animales con una locomoción alterada, expresan conductas ajenas a sus compañeras de corral, por lo cual permanecen echadas más tiempo, evitan competir en el comedero, esperan a que las demás terminen de comer para acercarse y recoger lo que aún queda o en casos de cojera muy grave el animal evita siquiera ponerse de pie, según menciona Hut et al.<sup>40</sup> vacas con cojera severa tienden a aumentar el tiempo que permanecen echadas en aproximadamente 38 minutos, por lo cual sus hábitos de alimentación sufren un cambio según la condición, en este caso la limitante de padecer una cojera; por otra parte la mejora más importante según la experiencia de los cuidadores ha sido la del bienestar de los animales y del tiempo dedicado al cuidado adicional de los animales disminuye, sabiendo que las vacas con cojera, tienden a retrasar el flujo en el ordeño, por lo tanto se hace necesario tener un cuidado extra, de no ser el caso, estas vacas tendrán que ser ordeñadas en el corral o aislarse a algún espacio donde se les deba tratar de forma especial mientras el cuadro locomotor llegue a resolverse, en muchos establos, este tipo de cuidado adicional, no suele darse, por lo mismo es de suma importancia tener tratamientos que resuelvan de forma eficiente esta patología podal y la vaca pase de un score 4 o 5 (cojera clínica) a un score 2 (cojera subclínica) donde se hace evidente la evolución de la cojera hacia la resolución del cuadro clínico y el animal recupera la funcionalidad del miembro afectado.

### 3.4. Análisis comparativo intergrupar para producción leche

**H<sub>0</sub>:** No existen diferencias entre las medias de producción lechera para los grupos ácido salicílico y ceftiofur.

**H<sub>a</sub>:** Existen diferencias entre las medias de producción lechera para los grupos ácido salicílico y ceftiofur.

**Tabla 8.** Prueba T para producción de leche en muestras no relacionadas

| Prueba T para muestras independientes |                                |                                           |       |                                     |       |                  |                      |                        |                                                |
|---------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------|-------|-------------------------------------|-------|------------------|----------------------|------------------------|------------------------------------------------|
| Par                                   |                                | Prueba de Levene de igualdad de varianzas |       | Prueba t para la igualdad de medias |       |                  |                      |                        | 95% de intervalo de confianza de la diferencia |
|                                       |                                | F                                         | Sig.  | t                                   | gl    | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Dif. de error estándar |                                                |
|                                       |                                |                                           |       |                                     |       |                  |                      |                        | Inferior Superior                              |
| Inicio                                | Se asumen varianzas iguales    | 0.021                                     | 0.886 | -1.457                              | 28    | 0.156            | -0.933               | 0.640                  | -2.245 0.379                                   |
|                                       | No se asumen varianzas iguales |                                           |       | -1.457                              | 27.57 | 0.156            | -0.933               | 0.640                  | -2.246 0.379                                   |
| 7 días                                | Se asumen varianzas iguales    | 0.103                                     | 0.750 | -0.685                              | 28    | 0.499            | -0.467               | 0.681                  | -1.861 0.928                                   |
|                                       | No se asumen varianzas iguales |                                           |       | -0.685                              | 27.98 | 0.499            | -0.467               | 0.681                  | -1.861 0.928                                   |
| 14 días                               | Se asumen varianzas iguales    | 0.573                                     | 0.455 | -0.592                              | 28    | 0.559            | -0.333               | 0.563                  | -1.487 0.821                                   |
|                                       | No se asumen varianzas iguales |                                           |       | -0.592                              | 27.12 | 0.559            | -0.333               | 0.563                  | -1.489 0.823                                   |

\*Nota. Elaboración propia

Al realizar la comparación entre ambos tratamiento frente a la enfermedad de la línea blanca, se realizó la prueba de Levene para verificar si las varianzas son iguales entre

ambos tipos de terapia (ácido salicílico y ceftiofur), como se puede apreciar en la tabla el valor de significancia es mayor a 0.05 por lo cual se asumen varianzas iguales, de esta manera, se cumple con la propiedad de homocedasticidad, por otra parte, el valor de significancia bilateral (p-valor) es  $>0.05$  para cada par, por lo tanto se acepta la  $H_0$ , esto nos indica que se tiene evidencia estadística a un 95% de confianza para afirmar que no existe diferencia significativa en las medias de producción lechera para los animales tratados con ceftiofur y los tratados con ácido salicílico en cada uno de los pares (inicio, 7 días y 14 días).

Holzhauer et al.<sup>44</sup> señalan que en casos de enfermedad de la línea blanca donde exista recidiva, se puede considerar el uso de antibióticos, aunque en este estudio se utilizó la tilmicosina, el ceftiofur sigue siendo la mejor opción por lo menos en nuestro país, debido al periodo de retiro el cual no posee; se utilizó antiinflamatorios no esteroideos como parte de la terapia antibiótica (tilmicosina), logrando la recuperación clínica de la cojera y el aumento en la producción lechera. Por otra parte, como se ha mencionado, diversos investigadores han utilizado el ácido salicílico como tratamiento base para cojeras, pero debido al contexto de cada país y de las enfermedades con mayor prevalencia, muchos por no decir todos los estudios que se llevan a cabo, se realizan sobre la dermatitis digital<sup>45</sup>, una enfermedad contagiosa y con tendencia a ser endémica del hato, debido a esto, hay poco reportes o investigaciones actuales, que aborden el uso del ácido salicílico como tratamiento para la enfermedad de la línea blanca al menos no en nuestro país.

En un estudio llevado a cabo por Holzhauer et al.<sup>44</sup> describe que parte del tratamiento tópico para casos de fisuras y abscesos de línea blanca, el uso de quelatos de zinc/cobre, salicilato de metilo y ácido salicílico, suele ser exitoso para lograr la recuperación de los animales afectados, además el uso de algún desinfectante también se puede considerar como parte de la terapia tópica.

A la luz de los resultados estadísticos se tiene la certeza que ambos tratamientos presentan efectividad al usarse como parte de la terapia de la enfermedad de la línea blanca del bovino lechero por lo tanto son una opción para tener en consideración en el abordaje de esta patología podal y así lograr que las vacas que aquejan esta enfermedad lleguen a recuperarse exitosamente.

### 3.5. Análisis comparativo intergrupar para score de locomoción

**H<sub>0</sub>:** No existen diferencias en el score de locomoción para los animales de los grupos ácido salicílico y ceftiofur.

**H<sub>a</sub>:** Existen diferencias en el score de locomoción para los animales tratados de los grupos ácido salicílico y ceftiofur.

**Tabla 9.** Análisis de U de Mann-Whitney para score de locomoción entre muestras no relacionadas

| Estadísticos de prueba                     |                            |                            |                             |
|--------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
|                                            | Score de locomoción inicio | Score de locomoción 7 días | Score de locomoción 14 días |
| U de Mann-Whitney                          | 105.000                    | 105.000                    | 112.500                     |
| W de Wilcoxon                              | 225.000                    | 225.000                    | 232.500                     |
| Z                                          | -0,359                     | -0,359                     | 0,000                       |
| Sig. asintótica(bilateral)                 | 0,720                      | 0,720                      | 1.000                       |
| Significación exacta [2*(sig. unilateral)] | 0,775                      | 0,775                      | 1,000                       |

\*Nota. Elaboración propia

Para el análisis de los dos grupos de tratamiento (ácido salicílico y ceftiofur), se utilizó la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney para cada par de score de locomoción tanto al inicio, a los 7 días y 14 días, por lo cual, en la tabla 9, se puede notar que el valor de significación asintótica bilateral (p-valor) es  $>0,05$  para cada par de comparación, por lo tanto se puede afirmar que el score de locomoción entre tratamientos no presenta diferencias significativas, según el tipo de medicación que se utilizó, a saber, ácido salicílico o ceftiofur, por lo mismo, cualquiera de los dos tratamientos es una opción para realizar la terapia de esta enfermedad y conseguir resultados positivos de recuperación de la lesión en el pie bovino.

Se conoce que la producción de leche empieza a disminuir en vacas con score de locomoción de 3, pero que recién se hace más notorio conforme el animal desarrolla la cojera clínica (score 4), por lo cual para este momento se puede estimar que hay una reducción de al menos 17% para vacas con score de 4 y para vacas con score de 5 la caída de la producción es aún más dramática de un 36%<sup>5</sup>

Prasomsri<sup>46</sup>, en un estudio llevado a cabo con 186 vacas evaluó el efecto del score de locomoción en la producción donde pudo encontrar que las vacas con cojera de clasificación subclínica (score 2 y 3) pierden por día alrededor de  $0,2 \pm 0,6$  kg/vaca/día, mientras que para las de clasificación de cojera clínica (score 4 y 5) la pérdida ronda  $1,2 \pm 0,5$  kg/vaca/día, lo cual hace evidente el diagnóstico temprano de las cojeras subclínicas para evitar mermas en la producción además de los días de tratamiento para las vacas con score de 4 y 5.

De igual forma se sabe que vacas con cojera clínica llegan a disminuir hasta un 20% en producción lechera durante la campaña, teniendo en cuenta que, una vez resuelto el cuadro, ese 20% no llega a recuperarse<sup>5</sup>.

Hut et al<sup>40</sup> menciona que las vacas moderadamente cojas (score 3) pasaban 20 minutos menos al día comiendo, y las vacas severamente cojas (score 4 y 5) pasaban 38 minutos menos en el comedero, además las vacas con score de 3, muestran una tendencia de 0.4 veces episodios menos a comer durante el día y las vacas con puntaje de locomoción de 4 y 5, tienen una tendencia de 0.8 veces menos episodios menos por día durante la lactancia.

En este estudio se evidencia la efectividad de ambos tipos de terapia, tanto la de uso convencional como lo es un antibiótico y una alternativa poco común, al menos para el contexto de la ganadería peruana, al usarse como parte del manejo de la enfermedad de la línea blanca de la vaca lechera, siendo esta una enfermedad con una frecuencia de presentación alta, solo por detrás de la dermatitis digital, tal cual sostiene Britten et al.<sup>47</sup> teniendo a esta enfermedad con un 21.45% y 31.97% para la enfermedad de Mortellaro (dermatitis digital). Aun en el país, el abordaje de la podología bovina es incipiente puesto que desconocemos de la prevalencia para cada enfermedad, el efecto sobre la producción lechera y reproducción. Este trabajo busca aportar conocimiento sobre el manejo de las cojeras en la vaca y se pudo demostrar el efecto de la misma sobre la producción lechera teniendo en cuenta la importancia del score de locomoción como medida preventiva de futuros problemas podales.

## CONCLUSIONES

### General

En conclusion, ambas terapias, ya sea utilizando ácido salicílico tópicamente o el ceftiofur via intramuscular, demostraron efectividad como parte del tratamiento de la enfermedad de la línea blanca de la vaca lechera. Los resultados intergrupales (ácido salicílico frente a ceftiofur) para muestras no relacionadas, demostraron que no hubo diferencia estadísticamente significativa ( $p>0,05$ ) entre uno y otro tipo de terapia sobre la recuperación de la lesión podal, por consiguiente, ambos tratamientos son una opción para el manejo terapéutico de la enfermedad de la línea blanca del bovino lechero. Estos hallazgos subrayan la efectividad de ambas medicaciones en lograr la recuperación del animal y en consecuencia el aumento de la producción lechera, conforme la vaca va disminuyendo en el score o puntaje de locomoción acercándose a la resolución definitiva de la afección podal.

### Específicos

Se concluye que el uso del ácido salicílico como parte del tratamiento de la enfermedad de la línea blanca, este demostró efectividad en la mejoría de la lesión podal, se encontró diferencias significativas ( $p<0,05$ ) para el análisis intragrupal, respecto de los promedios lecheros según los tres tiempos de medición (día 0, día 7 y día 14), las vacas al cabo de dos semanas de tratamiento y evaluación tuvieron un incremento 13,6% (25 litros) respecto del promedio inicial (22 litros), esto aporta una nueva opción de manejo como parte de la terapia de esta patología podal.

Por otro lado, el antibiótico ceftiofur, mostro efectividad al aplicarse via intramuscular por 5 días, logrando la recuperación de la cojera, demostrando significancia estadística ( $p<0,05$ ) según los promedios lecheros que se obtuvieron para los tres tiempos de medición (día 0, día 7 y día 14), luego de dos semanas de terapia, se obtuvo un aumento en la producción lechera, siendo el promedio inicial 21 litros (día 0) en contraste a los 24 litros alcanzados luego dos semanas, lo cual refleja un 14.3% respecto del inicio. Se concluye que el uso del antibiótico ceftiofur via intramuscular es una opción de tratamiento para la resolución de la enfermedad de la línea blanca.

En cuanto al efecto del ácido salicílico sobre la reducción del score de locomoción de las vacas, el análisis estadístico, demostró diferencias significativas ( $p<0,05$ ), en la disminución de los puntajes con respecto a cada semana de calificación, por lo cual se concluye que el uso de este

medicamento tiene efecto positivo en el descenso del puntaje de locomoción que las vacas obtuvieron al inicio (día 0), score 3 y 4 (53% y 47% respectivamente) y el que alcanzaron a una semana de la terapia (día 7), 53% de vacas obtuvieron el score de 1 (vaca sana) y 47% el score de 2 (cojera leve subclínica), al cabo de dos semanas (día 14) todas las vacas llegaron al score de 1, el cual según Sprecher, es el de una vaca sana con pasos firme al caminar.

Finalmente, el antibiótico ceftiofur aplicado intramuscularmente demostró efectividad en la reducción del score de locomoción de las vacas, se evidenció diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) por cada tiempo de calificación de la locomoción, las vacas con score 3 (47%) y score 4 (53%) al inicio de la terapia (día 0), al cabo de una semana pudieron obtener una disminución en el puntaje de locomoción en comparación con el inicio, 47% de vacas lograron llegar al score 1 (vaca sana) y el 57% al score 2 (cojera leve), para alcanzar el score de 1, en el lapso de dos semanas, por lo tanto se concluye, el uso de este antibiótico mostro un efecto beneficioso en la disminución del puntaje de locomoción, siendo una alternativa como parte de la terapéutica del manejo de la enfermedad de la línea blanca de la vaca lechera

## RECOMENDACIONES

Parte de las recomendaciones en temas de enfermedad podal tienen como objetivo primordial el evitar los factores de riesgo, tales como la higiene en los corrales, el confort de los animales y la alimentación, cuando falla alguno de ellos o todos, es donde se presenta la cojera, sea la enfermedad de la línea blanca o cualquier otra, por lo que se recomienda estar al tanto de la limpieza de los mandiles de cada corral y evitar la sobrepoblación en cada una de ellos, sabiendo que como parte del confort de la vaca, cada una debe disponer de al menos 30m<sup>2</sup> de espacio en el corral, para evitar que el piso se humedezca muy rápidamente, por el acumulo acelerado de heces y orina.

Se sugiere mantener el área de los bebederos, secos y sin humedad, controlando la fuga de agua, el mismo que puede crear un lodazal, el cual con el pasar de los días se convertirá en purín, el mismo que tiene la capacidad afectar al tejido corneo de la pezuña, debilitándola por fuera, aunado a la capacidad higroscópica que tiene el tejido corneo, hacen de esto un factor predisponente para la aparición de la enfermedad podal.

Se recomienda hacer un manejo adecuado del uso de muchos alimentos acidogénicos en la alimentación del bovino, en caso de hacerlo, se podría utilizar alguna sustancia buffer en el concentrado para evitar episodios de acidosis ruminal subaguda, se sabe que este cuadro de acidosis repetidas, en el tiempo, logra afectar a la calidad del tejido corneo de la pezuña, haciéndolo más frágil y susceptible a quebrarse y sumado al punto anterior sobre la humedad, se tiene dos factores que predisponen de forma muy agresiva al desarrollo de la cojera.

La implementación del score de locomoción como parte de la rutina en el establo, sería de mucha importancia ya que se podrá identificar cojeras en estados incipientes y fáciles de tratar sin llegar a los casos clínicos, los cuales disminuyen la producción lechera, ocasionan pérdidas ya sea dinero y también conllevan a descarte temprano de la vaca por falta de un tratamiento o prevención oportuna.

El uso del ácido salicílico demostró efectividad frente a la enfermedad de la línea blanca por lo cual se sugiere tenerlo en cuenta como parte del kit de opciones para tratar la enfermedad podal, evitando al máximo el abuso de los antibióticos, por lo mismo, es imprescindible contar con personal capacitado para el manejo de la cojera en el ganado, ya que si no se tiene el conocimiento etiopatológico de la enfermedad podal, se puede dañar el tejido sensible de la pezuña y causar más daño del que ya tiene la vaca o dar un tratamiento inapropiado retrasando la recuperación del bovino.

Como ultima recomendación, entiendo que los resultados de este estudio concluyeron, que no se obtuvieron diferencias entre usar el ácido salicílico o el ceftiofur como parte del tratamiento de este problema podal, sin lugar a dudas se pueda pensar en usar el antibiótico y evitar todo el proceso de revisión de la vaca con el fin de aligerar el trabajo, que de por sí, es muy demandante, pero estoy totalmente convencido que el éxito del tratamiento, deviene en la revisión y hacer seguimiento de la evolución de la cojera, el antibiótico aplicado sin una revisión de la lesión no asegura nada más que la posible recidiva o peor aún la cronicidad del cuadro, por ello sugiero encarecidamente no usar el antibiótico cualquiera sea la elección sin antes hacer la limpieza y curetaje correspondiente, caso contrario no se podrá obtener la recuperación total del animal.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cebrian LM, Pastor J, Ramos JJ, Ferrer LM. La exploración clínica del ganado vacuno. 2ª ed. Zaragoza: Servet; 2008. 457 p.
2. Greenough PR. Laminitis y claudicaciones en bovinos como encarar esta problemática. Buenos Aires: Inter-médica; 2009. 304 p.
3. Labrada A, Miranda I, Rosete A, Gonzalez A. Factores de riesgo asociados a la prevalencia en vacas Siboney de Cuba. Rev Salud Anim [Internet] 2020 [citado 31 de marzo de 2024]; 42 (2). Disponible de: <http://scielo.sld.cu/pdf/rsa/v42n3/2224-4700-rsa-42-03-e07.pdf>
4. González A. Evolución del cuidado de las pezuñas [Internet]. Engormix, 2 de marzo de 2021 [citado 31 de marzo de 2024]. Disponible de: [https://www.engormix.com/lecheria/cojera-problemas-podales-ganadolechero/evolucion-cuidados-pezuñas\\_a46743/?fbclid=IwAR2eoan\\_lpdGfcQONym9upjTnFexuUTrA-2l7sFn14K2oYPBiFkvulkeyl](https://www.engormix.com/lecheria/cojera-problemas-podales-ganadolechero/evolucion-cuidados-pezuñas_a46743/?fbclid=IwAR2eoan_lpdGfcQONym9upjTnFexuUTrA-2l7sFn14K2oYPBiFkvulkeyl)
5. Shearer J, Van Amstel S, Gonzalez A. Manual de cuidado de las pezuñas en bovinos. Wisconsin: Hoard's Dairyman; 2005. 71 p.
6. Gonzalez A. Cuidado de pezuñas en vacuno lechero. España: Merial Laboratorios; 2008. 94 p.
7. Chiozza J, Rearte R, Corva SG, Dominguez GA, De la Sota RL, Madoz VM, et al. Lameness in Early Lactation Is Associated with Lower Productive and Reproductive Performance in a Herd of Supplemented Grazing Dairy Cows. Animals [Internet]. 2021 [citado 1 de abril de 2024]; 11(8): 2294. Disponible de: doi: 10.3390/ani11082294
8. Robcis R, Ferchiou A, Berrada M, Ndiaye Y, Herman N, Lhermie G, et al. Cost of lameness in dairy herds: An integrated bioeconomic modeling approach. J Dairy Sci [Internet]. 2023 [citado 1 de abril de 2024]; 106(4): 2519-2534. Disponible de: doi: 10.3168/jds.2022-22446

9. Elli M, Fatro M. Manual de reproducción en ganado vacuno. Zaragoza: Servet; 2005. 179 p.
10. Praxitelous A, Katsoulos PD, Tsaousioti A, Brozos C, Theodosiadou EK, Boscós CM, et al. Ovarian and Energy Status in Lame Dairy Cows at Puerperium and Their Responsiveness in Protocols for the Synchronization of Ovulation. *Animals* [Internet]. 2023 [citado 3 abril de 2024]; 13(9): 1537. Disponible de: doi: 10.3390/ani13091537
11. Van Amstel S, Shearer J. Manual for Treatment and Control of Lameness in Cattle. Iowa: Blackwell; 2006. 212 p.
12. Griffiths BE, Barden M, Anagnostopoulos A, Bedford C, Higgins H, Psifidi A, et al. A prospective cohort study examining the association of claw anatomy and sole temperature with the development of claw horn disruption lesions in dairy cattle. *J Dairy Sci* [Internet]. 2024 [citado 3 de abril de 2024]; 107(4): 2483-2498. Disponible de: doi: 10.3168/jds.2023-23965
13. Carly B. Impacts of Lameness – Part 2: Strategies for Identifying Lame Cows [Internet]. Pennsylvania; PennState Extension; 30 de agosto de 2023 [citado 7 de abril de 2024]. Disponible de: <https://extension.psu.edu/impacts-of-lameness-part-2-strategies-for-identifying-lame-cows>
14. Logan F, McAloon CG, Ryan EG, Grady LO, Duane M, Deane B, et al. Sensitivity and specificity of mobility scoring for the detection of foot lesions in pasture-based Irish dairy cows. *J Dairy Sci* [Internet]. 2023 [citado 9 de abril de 2024]; 107(5): 3197-3206. Disponible de: doi: 10.3168/jds.2023-23928
15. Džermeikaitė K, Bačeninaitė D, Antanaitis R. Innovations in Cattle Farming: Application of Innovative Technologies and Sensors in the Diagnosis of Diseases. *Animals* [Internet]. 2023 [citado 12 de abril de 2024]; 13(5): 780. Disponible de: doi: 10.3390/ani13050780
16. Dervishi E, Zhang G, Zwierzchowska G, Mandal R, Wishart DS, Ametaj BN. Serum metabolic fingerprinting of pre-lameness dairy cows by GC–MS reveals typical profiles that can identify susceptible cows. *J Proteomics* [Internet]. 2020 [citado 12 de abril de 2024]; 213:103620. Disponible de: doi: 10.1016/j.jprot.2019.103620

17. Sancor [Internet]. Argentina. [citado 12 de abril de 2024]. Disponible de: <http://www.sancor.com/exension/extension-ampliacion-de-contenido/escala-de-locomocion-mirando-nuestras-vacas?es>
18. Ding J, Li S, Jiang L, Li Y, Zhang X, Song Q, et al. Laminar Inflammation Responses in the Oligofructose Overload Induced Model of Bovine Laminitis. *Fron Vet Sci* [Internet]. 2020 [citado 14 de abril de 2024]; 7: 1-10. Disponible de: doi: 10.3389/fvets.2020.00351
19. Fürmann A, Syring C, Becker J, Sarbach A, Weber J, Ruiters MW, et al. Prevalence of Painful Lesions of the Digits and Risk Factors Associated with Digital Dermatitis, Ulcers and White Line Disease on Swiss Cattle Farms. *Animals* [Internet]. 2024 [citado 14 de abril de 2024]; 14(1): 153. Disponible de: doi: 10.3390/ani14010153
20. Bell N. White Line Lesions - Causes, Treatment and Control [Internet]. Reino Unido [citado 15 de abril de 2024]. Disponible de: <https://www.nadis.org.uk/disease-a-z/cattle/lameness-control-in-dairy-herds/part-3-white-line-lesions-causes-treatment-and-control/>
21. Conneely M, Ryan E. The cost of lameness in Irish dairy herds. *Vet Ire J* [Internet]. 2024 [citado 15 de abril de 2024]; 14(4): 217-222. Disponible de: [https://www.researchgate.net/publication/380271047\\_The\\_cost\\_of\\_lameness\\_in\\_Irish\\_dairy\\_herds](https://www.researchgate.net/publication/380271047_The_cost_of_lameness_in_Irish_dairy_herds)
22. Dolecheck KA, Overton MW, Mark TB, Bewley JM. Use of a stochastic simulation model to estimate the cost per case of digital dermatitis, sole ulcer, and white line disease by parity group and incidence timing. *J Dairy Sci* [Internet]. 2019 [citado 15 de abril de 2024]; 102: 715-730. Disponible de: doi: 10.3168/jds.2018-14901
23. Cantabrialabs [Internet]. España. [citado 18 de abril de 2024]. Disponible de: <https://www.cantabrialabs.es/acido-salicilico/#origen-acido-salicilico>
24. Casallas Vega LD, Franco Mendivelso JC. Degradación de ácido salicílico y fenol empleando catalizadores tipo Hidrotalcita  $Mg^{+2}/Al^{+3}$ , modificados con Mn [tesis de licenciatura en internet] Bogotá: Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales; 2019 [citado 21 de abril de 2024]. 58p. Disponible de:

[https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/1961/Tesis\\_de\\_grado\\_degradaci%C3%B3n\\_de\\_%C3%81cido\\_Salic%C3%ADlico\\_y\\_Fenol\\_empleando\\_catalizadores\\_tipo\\_Hidrotalcita\\_.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/1961/Tesis_de_grado_degradaci%C3%B3n_de_%C3%81cido_Salic%C3%ADlico_y_Fenol_empleando_catalizadores_tipo_Hidrotalcita_.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

25. Alsaad M, Jensen TK, Miglinci L, Gurtner C, Brandt S, Pluss J, et al. Proof of an optimized salicylic acid paste-based treatment concept of ulcerative M2-stage digital dermatitis lesions in 21 dairy cows. PLoS ONE [Internet]. 2022 [citado 21 de abril de 2024]; 17(6): e0269521. Disponible de: doi:10.1371/journal.pone.0269521
26. Efenberger-Szmechtyk M, Nowak A, Czyzowska A. Plant extracts rich in polyphenols: antibacterial agents and natural preservatives for meat and meat products. Crit Rev Food Sci Nutr [Internet]. 2020 [citado 24 de abril de 2024]; 61(1): 149-178. Disponible de: doi: 10.1080/10408398.2020.1722060
27. Song X, Li R, Zhang Q, He S, Wang H. Antibacterial effect and possible mechanism of salicylic acid microcapsules against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. Int J Environ Res Public Health [Internet]. 2022 [citado 24 de abril de 2024]; 19(9): 1-17. Disponible de: doi: 10.3390/ijerph191912761
28. Fritz BR, Kleinhez MD, Montgomery SR, Magnin G, Martin MS, Weeder M, et al. Determination of milk concentrations and pharmacokinetics of salicylic acid following acetylsalicylic acid (aspirin) administration in postpartum dairy cows. J Dairy Sci [Internet]. 2021 [citado 28 de abril de 2024]; 105:9869–9881. Disponible de: doi: 10.3168/jds.2021-21507
29. Wirt KM, Young JM, Cramer G, Wagner SA. Topical salicylic acid treatment of digital dermatitis in dairy cows. Bov Pract [Internet]. 2021 [citado 28 de abril de 2024]; 5: 45-51. Disponible de: doi: 10.21423/bovine-vol55no1p45-51
30. Persson Y, Mörk MJ, Pringle M, Bergsten C. A Case-Series Report on The Use of a Salicylic Acid Bandage as a Non-Antibiotic Treatment for Early Detected, Non-Complicated Interdigital Phlegmon in Dairy Cows. Animals [Internet]. 2019 [citado 2 de mayo de 2024]; 9(4): 129. Disponible de: doi: 10.3390/ani9040129
31. Sumano H, Ocampo L, Gutierrez L. Farmacología veterinaria. 4ª ed. México: 2015. 1449p.

32. Riviere JE, Papich MG. Veterinary Pharmacology and Therapeutics. 10<sup>a</sup> ed. New Jersey: Wiley-Blackwell: 2018. 1525p.
33. Sheedy DB, Okello E, Williams D, Precht K, Cella E, Lehenbauer TW, et al. Effect of Antimicrobial Treatment on the Dynamics of Ceftiofur Resistance in Enterobacteriaceae from Adult California Dairy Cows. Microorganisms [Internet]. 2021 [citado 5 de mayo de 2024]; 9(4): 828. Disponible de: doi: 10.3390/microorganisms9040828
34. Fossen JD, Campbell JR, Gow SP, Erickson N, Waldner CL. Antimicrobial Use in Canadian Cow–Calf Herds. Vet Sci [Internet]. 2023 [citado 5 de mayo de 2024]; 10(5): 366. Disponible de: doi: 10.3390/vetsci10050366
35. Yiğitarslan K, Kale M, Öztürk D, Mamak N. Evaluating the Efficiency of Newly Formulated Pomade® and Ceftiofur Hydrochloride for Treating Foot Rot in Dairy Cattle. Indian J Anim Res [Internet]. 2023 [citado 10 de mayo de 2024]; 57(2): 236-240. Disponible de: <https://arccjournals.com/journal/indian-journal-of-animal-research/BF-1410>
36. Sadiq MB, Ramanoon SZ, Shaik Mossadeq WM, Mansor R, Syed-Hussain SS. Treatment protocols for claw horn lesions and their impact on lameness recovery, pain sensitivity, and lesion severity in moderately lame primiparous dairy cows. Front Vet Sci [Internet]. 2022 [citado 16 de junio de 2024]; 9: 1060520. Disponible de: doi: 10.3389/fvets.2022.1060520
37. Hernández Gonzalez O. Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen. Rev Cubana Med Gen Integr [Internet]. 2021 [citado 4 julio de 2025]; 37(3): e1442. Disponible de: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-21252021000300002](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252021000300002)
38. Arrogante O. Técnicas de muestreo y cálculo del tamaño muestral: Cómo y cuántos participantes debo seleccionar para mi investigación. Enferm Intensiva [Internet]. 2022 [citado 4 julio de 2025]; 33: 44-47. Disponible de: doi: 10.1016/j.enfi.2021.03.004
39. Gardenier J, Underwood J, Weary DW, Clark CEF. Pairwise comparison locomotion scoring for dairy cattle. J Dairy Sci [Internet]. 2021 [citado 11 agosto de 2025]; 104(5): 6185-6193. Disponible de: doi: 10.3168/jds.2020-19356

40. Hut PR, Hostens MM, Beijaard MJ, Van Eerdenburg FJC, Hulsen JH, Hooijer GA, et al. Associations between body condition score, locomotion score, and sensor-based time budgets of dairy cattle during the dry period and early Lactation. *J Dairy Sci* [Internet]. 2021 [citado 11 de agosto de 2025]. 104(4): 4746-4763. Disponible de: doi: 10.3168/jds.2020-19200
41. MorningAgClips [Internet]. New York: MorningAgClips; 2023. [Consultado 11 de agosto de 2025]. Disponible en: <https://www.morningagclips.com/what-are-your-cows-feet-telling-you/>
42. Holzhauer M, Boersma SJ, Boon D, De Leeuw H. An Evaluation of a Parenteral Antibiotic Treatment of Cattle with Non-Healing Claw Horn Lesions. *Animals* [Internet]. 2024 [citado 12 de agosto de 2025]; 14(10): 1396. Disponible de: doi: 10.3390/ani14101396
43. Urban-Chmiel R, Mudron P, Abramowicz B, Kurek L, Stachura R. Cattle—Etiopathogenesis, Prevention and Treatment. *Animals* [Internet]. 2024 [citado 12 de agosto de 2025]; 14(12): 1836. Disponible de: doi: 10.3390/ani14121836
44. Holzhauer M, De Leeuw H. Review of White Line Disorders in Zone 3 and Toe Tip Necrosis in Dairy Cows and Recent Insights into Aetiopathogenesis and Treatments. *Microorganisms* [Internet]. 2025 [citado 20 de noviembre de 2025]; 13(9): 2159. Disponible de: doi: 10.3390/microorganisms13092159
45. Grimm K, Fiedler A, Kröger C. Investigation on the effectiveness of a new hoof care product to sustainably reduce and prevent digital dermatitis in dairy cow herd. *J Dairy Sci* [Internet]. 2025 [citado 6 enero de 2026]; 108(2): 1869-1881. Disponible de: doi: 10.3168/jds.2024-25134
46. Prasomsri P. Effect of lameness on daily milk yield in dairy cow. *Thai J Vet Med* [Internet]. 2022 [citado 8 de enero 2026]; 52(4):4. Disponible de: doi: 10.56808/2985-1130.3263
47. Britten N, Blackie N, Reader J, Booth R, Mahendran SA. Analysis of Cattle Foot Lesions Recorded at Trimming in the Southwest of England. *Animals* [Internet]. 2025 [citado 11 de enero de 2026]; 15(6): 829. Disponible de: doi: 10.3390/ani15060829

## ANEXOS

### Anexo 1. Mapa del estable Prado



### Anexo 2. Ficha para registro grupo ceftiofur

| VACA     | PRODUCCIÓN INICIAL (l) | SCORE LOCOMOCIÓN INICIAL | PESO KG | DOSIS 2.2 mg/kg | VOLUMEN ADMINISTRAR (ml) | MIEMBRO AFECTADO | DEDO AFECTADO |
|----------|------------------------|--------------------------|---------|-----------------|--------------------------|------------------|---------------|
| VALERIA  |                        |                          |         |                 |                          |                  |               |
| GIVENCHY |                        |                          |         |                 |                          |                  |               |
| LEILA    |                        |                          |         |                 |                          |                  |               |
| BEYONCE  |                        |                          |         |                 |                          |                  |               |
| MAFER    |                        |                          |         |                 |                          |                  |               |
| ALESIA   |                        |                          |         |                 |                          |                  |               |
| LUCERO   |                        |                          |         |                 |                          |                  |               |
| 1093     |                        |                          |         |                 |                          |                  |               |
| PRADA    |                        |                          |         |                 |                          |                  |               |
| AZALIA   |                        |                          |         |                 |                          |                  |               |
| 1069     |                        |                          |         |                 |                          |                  |               |
| 1058     |                        |                          |         |                 |                          |                  |               |
| LARA     |                        |                          |         |                 |                          |                  |               |
| 904      |                        |                          |         |                 |                          |                  |               |
| BELGICA  |                        |                          |         |                 |                          |                  |               |

\*Nota. Elaboración propia

### Anexo 3. Ficha de registro grupo ácido salicílico

| VACA    | PRODUCCIÓN INICIAL (l) | SCORE LOCOMOCIÓN INICIAL | MIEMBRO AFECTADO | DEDO AFECTADO |
|---------|------------------------|--------------------------|------------------|---------------|
| FABIOLA |                        |                          |                  |               |
| ALANIS  |                        |                          |                  |               |
| MAYA    |                        |                          |                  |               |
| 5101    |                        |                          |                  |               |
| 5091    |                        |                          |                  |               |
| JAYDEN  |                        |                          |                  |               |
| NINEL   |                        |                          |                  |               |
| PILAR   |                        |                          |                  |               |
| CARLA   |                        |                          |                  |               |
| NOEMI   |                        |                          |                  |               |
| AZZARO  |                        |                          |                  |               |
| 5076    |                        |                          |                  |               |
| PEPPER  |                        |                          |                  |               |
| ANDREA  |                        |                          |                  |               |
| ISABEL  |                        |                          |                  |               |

\*Nota. Elaboración propia

### Anexo 4. Vaca en brete para revisión podal



**Anexo 5.** Miembro preparado para la revisión



**Anexo 6.** Enfermedad de la línea blanca



**Anexo 7.** Curetaje de la lesión



**Anexo 8.** Aplicación de ácido salicílico polvo



**Anexo 9. Vendaje de la lesión**

