

“ASOCIACIÓN ENTRE LOS TIPOS DE PATOLOGÍAS PODOALES Y LOS INDICADORES DE PRODUCCIÓN LÁCTEA DE VACAS EN LACTACIÓN CRIADAS EN ESTABLOS DE CAMAS DE COMPOST-BEDDED PACK BARNS EN EL DEPARTAMENTO DE CAAGUAZÚ-AÑO 2020”.

LAURA DE JESÚS PORTILLO ARANDA

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Asunción, como requisito para la obtención del título de Doctor en Ciencias Veterinarias. Departamento de Ciencias Morfológicas.

Orientación Producción Animal
Eje de Investigación: Ciencias Básicas Veterinarias

SAN LORENZO – Paraguay
Julio-2020

“ASOCIACIÓN ENTRE LOS TIPOS DE PATOLOGÍAS PODOALES Y LOS INDICADORES DE PRODUCCIÓN LÁCTEA DE VACAS EN LACTACIÓN CRIADAS EN ESTABLOS DE CAMAS DE COMPOST-BEDDED PACK BARNS EN EL DEPARTAMENTO DE CAAGUAZÚ-AÑO 2020”.

LAURA DE JESÚS PORTILLO ARANDA

Tutora: **Prof. Dra. MARÍA INÉS RODRÍGUEZ ACOSTA**

Co-tutores: **Prof. Dr. NERI ALONSO**

Dr. ANDRÉS MESA

Dra. JEANETTE FILIPPI

Colaborador: **Dr. ANTONIO SARUBBI**

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Asunción, como requisito para la obtención del título de Doctor en Ciencias Veterinarias. Departamento de Ciencias Morfológicas.

Orientación Producción Animal
Eje de Investigación: Ciencias Básicas Veterinarias.

SAN LORENZO – Paraguay
Julio-2020

Portillo Aranda, Laura de Jesús.

Asociación entre los tipos de patologías podales y los indicadores de producción láctea de vacas en lactación criadas en establos de camas de compost-bedded pack barns en el departamento de Caaguazú-año 2020 / Laura de Jesús Portillo Aranda. -- San Lorenzo, 2020.

Xvii, 105 h. : il.

Tesis (Doctor en Ciencias Veterinarias) -- Facultad de Ciencias Veterinarias, UNA, 2020.

1. Ganado lechero - Enfermedades. 2. Pies - Enfermedades. 3. Podiatría. I. Título.

SCDD. 636.21420897585

“ASOCIACIÓN ENTRE LOS TIPOS DE PATOLOGÍAS PODOALES Y LOS INDICADORES DE PRODUCCIÓN LÁCTEA DE VACAS EN LACTACIÓN CRIADAS EN ESTABLOS DE CAMAS DE COMPOST-BEDDED PACK BARNS EN EL DEPARTAMENTO DE CAAGUAZÚ-AÑO 2020”.

LAURA DE JESÚS PORTILLO ARANDA.

Aprobado en fecha.....de.....de 2020

Tribunal Examinador

Prof. Dr.Presidente

Prof. Dr.Miembro

Prof. Dr.Miembro

.....
Prof. Dra. María Inés Rodríguez Acosta
Tutora

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a Dios, a mis dos mejores amigos, que me acompañaron de las manos a lo largo de este camino; Jesús, presente en el Santísimo Sacramento y Santa Teresa de Calcuta. A mis abuelos Pablo y Tani, a mi mamá Laura y a mi papá del corazón, el Padre Matías. Son las personas que me sostuvieron y animaron en todo momento, les amo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Santísima Trinidad; a Dios Padre, porque es bueno y eterna su misericordia; porque a pesar de todas las adversidades de la vida, no se olvida de socorrer a ninguno de sus hijos. Gratitud y gloria a Dios Hijo, que me fortaleció y me sigue fortaleciendo a través su presencia real en los Sacramentos; gracias también a Dios Espíritu Santo, que me iluminó en todas las decisiones, desde principio a fin, especialmente en los estudios y exámenes.

Gracias a mi mamá, Laura Aranda y mis abuelitos, Pablo y Tani, que me acompañaron durante estos años, con amor, paciencia y alegría. También a tía Norma y Fito, a mi papá Hugo, a tía Zulma, a tío German, y demás familiares que siempre se hicieron sentir.

Gratifico al Padre Matías, por ayudarme con la dirección espiritual durante todo este tiempo, por sus consejos y su apoyo; al igual que al Padre Tadeo, ambos fueron conmigo como papás, que me encaminaron y guiaron en todo momento.

Por sus oraciones agradezco al Equipo de Adoradores, al grupo de catequistas, al grupo de confirmandos y a sus padres. A los seminaristas de la Congregación San Miguel Arcángel y a la rama femenina de la misma. A mi amiga Micaela, y a mis amigos y compañeros José Fernando, Monserrat, Oscar, Jorge Z., Araceli, Fátima, Diana, Alicia. También agradezco a mis excelentes amigos Guillermo, Nicole, Mariela, Beatriz, Alejandro, Marquitos, Rocío Ortiz por su apoyo incondicional y por sus oraciones constantes. Gracias a Hugo Acuña por animarme, motivarme, apoyarme y confiar en mí, por tanta paciencia y cariño. A mis amigas del colegio, Loida, Sara, Karen, Araceli y Gabriela, por su apoyo incondicional. A la Dra. Noelia Álvarez y Javier Gimenez, por abrirme las puertas de la Clínica Inu Chan y allí enseñarme con tanta paciencia y cariño.

Reconozco la labor, ayuda y orientación de mi tutora Prof. Dra. María Inés Rodríguez Acosta, así también los aportes de mis cotutores y la colaboración del Dr. Antonio Sarubbi, Esp. en Podología, por contribuir con el desarrollo del trabajo de campo para la finalización de la tesis de grado.

Al Programa Universitario de Becas para la Investigación «Andrés Borgognon Montero», por el apoyo económico para desarrollar y concluir mi tesis de grado en la carrera de Ciencias Veterinarias.

ASOCIACIÓN ENTRE LOS TIPOS DE PATOLOGÍAS PODOALES Y LOS INDICADORES DE PRODUCCIÓN LÁCTEA DE VACAS EN LACTACIÓN CRIADAS EN ESTABLOS DE CAMAS DE COMPOST-BEDDED PACK BARN EN EL DEPARTAMENTO DE CAAGUAZÚ-AÑO 2020

Autor: LAURA DE JESÚS PORTILLO ARANDA

Tutora: Prof. Dra. MARÍA INÉS RODRÍGUEZ, MSc¹

Co-tutores: Prof. Dr. NERI ALONSO¹

Dra. JEANETTE FILIPPI¹

Dr. ANDRÉS MESA¹

RESUMEN

El trabajo de investigación se desarrolló en el departamento de Caaguazú, en tres tambos del distrito de Juan Eulogio Estigarribia y uno, en la jurisdicción de Tres Palmas. El objetivo fue evaluar la asociación entre los tipos de patologías podales y los indicadores de producción láctea de vacas en lactación, criadas en establos de cama de compost (Compost-bedded pack barns). Se analizaron cincuenta vacas con patologías podales diagnosticadas durante la fase descendente de lactancia. Los datos referentes al tipo de patología podal, localización, evolución, producción láctea, tenor graso, tenor proteico y recuento de células somáticas (RCS), fueron colectados de setiembre de 2019 a febrero de 2020. Todas las zonas anatómicas de las pezuñas del miembro posterior fueron afectadas, y solo la interdigital del miembro anterior. La suela, seguida por la zona interdigital fueron más aquejadas y las de menor casuística la línea blanca, tapa y talón. Se utilizó el test de Friedman para determinar diferencias estadísticas entre los grupos de observación conformados según los días de lactancia en categoría uno, 92-137; categoría dos, 138-182; categoría tres, 183-227, bloqueándolos según el número de lactancia (3^a y 4^a). La ocurrencia de patologías podales en el miembro pelviano fue estadísticamente diferente en la categoría tres con la menor frecuencia ($p < \alpha$). El análisis de correspondencia múltiple detectó asociación entre vacas de la categoría tres y hemorragia de suela de evolución leve, sin afectación del tenor graso y proteico. Aquellas de la categoría dos se vincularon a la presentación de flemón interdigital, de evolución severa y niveles bajo y medio de proteína y grasa, respectivamente. La patología con menor impacto sobre la producción por el menor RCS y mayor cantidad de leche producida fue la enfermedad de la línea blanca; contrariamente, la úlcera de suela de evolución grave se asoció al mayor RCS y menor cantidad de leche producida.

Palabras claves: pezuñas, patologías podales, producción láctea, recuento de células somáticas.

1. Departamento de Ciencias Morfológicas

ASSOCIATION BETWEEN THE TYPES OF PEDAL PATHOLOGIES AND THE DAIRY PRODUCTION INDICATORS OF LACTATING COWS RAISED IN COMPOST-BEDDED PACK BARNS BED STABLES IN THE DEPARTMENT OF CAAGUAZÚ-YEAR 2020

Author: LAURA DE JESÚS PORTILLO ARANDA
Tutor: Prof. Dra. MARÍA INÉS RODRÍGUEZ, MSc1
Co-tutors: Prof. Dr. NERI ALONSO1
Dr. JEANETTE FILIPPI1
Dr. ANDRÉS MESA1

SUMMARY

The research work was found in the department of Caaguazú, in three farms in the Juan Eulogio Estigarribia district and one in the Tres Palmas jurisdiction. The objective was to evaluate the association between the types of foot pathologies and the indicators of milk production of lactating cows, raised in compost litter stables. Fifty cows with foot pathologies diagnosed during the descending lactation phase were analyzed. The data referring to the type of foot pathology, location, evolution, milk production, fat content, protein content and somatic cell count (RCS), were collected from September 2019 to February 2020. All anatomical areas of the hoofs of the member posterior were affected, and only the interdigital of the anterior limb. The sole, then through the interdigital area, the white line, cap and heel were more wedged and the less casuistic. The Friedman test was determined to determine the statistical differences between the observation groups formed according to the days of lactation in category one, 92-137; category two, 138-182; category three, 183-227, blocking them according to the lactation number (3rd and 4th). The occurrence of foot pathologies in the pelvic limb was statistically different in category three with the least frequency ($p < \alpha$). The multiple correspondence analysis detects the association between category three cows and sole bleeding of slight evolution, without affectation of the fat and protein content. Those in category two were linked to the presentation of interdigital phlegmon, with severe evolution and low and medium levels of protein and fat, respectively. The pathology with the least impact on production due to the lowest RCS and the highest amount of milk produced was white line disease; on the contrary, the sole ulcer of serious evolution is associated with the mayor RCS and less amount of milk produced.

Key words: hooves, foot pathologies, milk production, somatic cell count.

1. Department of Morphological Sciences

INDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	18
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Tegumento Común	4
2.2 Dedo.....	6
2.3 Pezuña o úngula.....	8
2.3.1. Perioplo.....	10
2.3.2. Corona	11
2.3.3. Pared.....	12
2.3.4. Suela	13
2.3.5. Almohadilla Ungular o Bulbo.....	15
2.4 Irrigación y Drenaje Linfático.....	16
2.5 Inervación	17
2.6 Aplomos.....	18
2.7 Fisiología del apoyo de la pezuña bovina	18
2.8 Biomecánica del pie.....	19
2.8.1 Parámetros anatómicos de las pezuñas.....	21
2.8.2 Cambios biomecánicos relacionado con diferentes enfermedades.	21
2.9 Patologías Podales	24
2.9.1 Patologías según su Localización Anatómica.....	24
2.10 Producción de Leche.....	35
2.10.1 Raza Holstein.	35
2.10.2. La Leche.	37
2.10.3. Sistema de Producción Compost Barn	41
3.MATERIALES Y MÉTODOS.....	46
2.11. Las patologías podales y su relación con los indicadores de producción láctea.	44
3.1 Tipo de estudio.....	46
3.2 Marco temporal.	46
3.3 Marco geográfico de referencia.....	46

3.4 Procedimientos.....	47
3.4.1 Población y muestras.....	47
3.4.2 Método.....	48
3.4.3 Sistema de registro.....	50
3.5 Materiales.....	50
3.5.1 Biológicos.....	50
3.5.2 No biológicos.....	50
3.6 Plan de tabulación y análisis.....	51
3.6.1 Hipótesis estadística.....	51
3.6.2 Variables.....	51
3.6.3. Medición de resultados.....	52
3.6.4 Presentación de resultados.....	53
3.6.5 Interpretación de resultados.....	53
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	55
5. CONCLUSIÓN.....	75
ANEXOS.....	77
BIBLIOGRAFÍA.....	102

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Causas Primarias y Secundarias de las Patologías Podales.....	24

LISTA DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico 1. Frecuencia de las patologías podales de acuerdo a la localización anatómica.....	56
Gráfico 2. Frecuencia de diferentes patologías podales, de acuerdo a su localización anatómica.....	58
Gráfico 3. Variabilidad del porcentaje de grasa y proteína de las patologías podales.....	64
Gráfico 4. Variabilidad de la Producción Láctea y el Recuento de Células Somáticas en las diferentes patologías podales.....	65
Gráfico 5. Gráfico 5. Biplot para el análisis de correspondencia entre modalidades de variables productivas y de patologías podales.....	73

LISTA DE PLANILLAS

	Página
Planilla 1. Registro de datos, patologías podales.....	79
Planilla 2. Registro de datos, producción láctea.....	80

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Análisis de frecuencia de miembros y dedos afectados.....	53
Tabla 2. Análisis de frecuencia de patologías podales.....	57
Tabla 3. Análisis de frecuencia de patologías podales localizadas en el miembro anterior.....	59
Tabla 4. Análisis de frecuencia de patologías podales localizadas en el miembro posterior.....	60
Tabla 5. Medidas de resumen de las variables productivas durante la tercera y cuarta lactancias agrupadas en tres periodos de la fase de persistencia.....	62
Tabla 6. Valores del recuento de células somáticas expresados con y sin transformación logarítmica.....	63
Tabla 7. Casuística de patologías podales en las pezuñas del miembro anterior.....	66
Tabla 8. Casuística de patologías podales en las pezuñas del miembro posterior.....	67
Tabla 9. Resultados de la prueba de Friedman sobre la frecuencia de patologías podales, en animales de tercera y cuarta lactancias, durante tres periodos de la fase de persistencia.....	68
Tabla 10. Frecuencias relativas de las variables productivas agrupadas por categorías, registradas en tres periodos durante la curva de persistencia láctea en la tercera y cuarta lactancias.....	98
Tabla 11. Resultados de la prueba de Friedman sobre las variables productivas, en animales de tercera y cuarta lactancias, durante tres periodos de la fase de persistencia.....	69
Tabla 12. Contribución de las diferentes categorías de variables productivas, en la constitución de cada uno de los ejes del análisis de correspondencia múltiple....	71
Tabla 13. Contribución de las diferentes categorías de patologías podales y su evolución, en la constitución de cada uno de los ejes del análisis de correspondencia múltiple.....	72

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	Página
Fotografía 1. Introducción de la vaca en la caja de operaciones (Chute).....	100
Fotografía 2. Pezuñas con dermatitis digital, grado 2.....	100
Fotografía 3. Erosión de talón en el dedo medial, grado 2.....	101
Fotografía. Extracción de leche para su análisis en el laboratorio.....	101

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS Y SIMBOLOS

%: porcentaje
—
 \bar{x} : promedio
<: menor que
>: mayor que
±: más o menos
°: grado
 α : alfa
&: y
II: segundo
III: tercero
IV: cuarto
V: quinto
ACM: análisis de correspondencia múltiple
ADN: ácido nucleico
CBPS: compost bedded pack barns
CCS: conteo de células somáticas
Cél: células
cm: centímetros
CV: coeficiente de variación
C1: categoría 1
C2: categoría 2
C3: categoría 3
DD: dermatitis digital
DE: desvío estándar
Der.: Derecha
DL: Días en lactación
Dpto: departamento
Dra: Doctora
Dr.: Doctor
EE.UU.: Estados Unidos de América
et al.: y colaboradores
FA: frecuencia absoluta
FAA: frecuencia absoluta acumulada
FR: frecuencia relativa
FR: frecuencia relativa acumulada
G: grasa
GRAS: grasa
H_a: Hipótesis alternativa

H₀: Hipótesis nula
Izq.: Izquierda
kg: kilogramos
ml: mililitro
mm: milímetro
MS: materia seca
MSc: Magíster
N^o: número
n: número
p: nivel de significancia
P: proteína
ppm: parte por millón
PROT: proteína
RCS: recuento de células somáticas
RCS_Log₂: recuento de células somáticas en logaritmo en base dos
spp: especies
T²: estadístico de Friedman
Vs: versus; contra

1. INTRODUCCIÓN

La pezuña, es una estructura anatómica conocida como cápsula ungular, cuya función principal radica en el soporte de los tejidos subyacentes y en la disipación de la fuerza y la presión que se producen cuando el dedo impacta contra el suelo. En este sentido, la cápsula ungular como parte del tegumento común, es un medio que relaciona al animal con su entorno. La podología es la rama de las ciencias veterinarias que se encarga de estudiar a las pezuñas, su anatomía, las estructuras que contiene y sus posibles patologías, ya sean por traumas, infecciones o debido a causas metabólicas. Las consecuencias de estas afecciones, se pueden ver reflejadas en diferentes parámetros productivos y reproductivos en vacas lecheras (Nan Monte & Galotta, 2006).

Las patologías podales, son afecciones importantes a las que no se les presta mucha atención en producción bovina, ya sea de leche o carne (siendo mayor la incidencia en los rodeos lecheros); sin embargo, son consideradas como la tercera afección más importante y costosa en cuanto a salud y bienestar animal con importante influencia sobre la producción láctea; de hecho, dependiendo de la etapa de lactación se ha observado notable varianza sobre la producción láctea y la calidad de leche producida (Farinango & Santamaría, 2012).

Al analizar la conformación de las pezuñas y la incidencia de patologías podales, se ha evidenciado una amplia interacción entre varios factores como el sistema de producción, medio ambiente, nutrición, edad, sexo, genética, aplomos, así como el peso corporal del bovino (Rodríguez *et al.*, 2019).

Cabe destacar que, varios autores (González & Ramos, 2002; Nan Monte & Galotta, 2006) han reportado mayor frecuencia de patologías podales sobre las pezuñas laterales del miembro posterior y las mediales del miembro anterior. Esta

predisposición fue vinculada a una menor capacidad de amortiguación debido a la rígida unión ilio-sacral, en las pezuñas laterales del miembro pelviano, y en las pezuñas mediales del miembro torácico, a la posición que adoptan los animales al momento de consumir el alimento, ejerciendo así mayor presión sobre las mismas.

Las afecciones causadas por lesiones físicas, enfermedades de la pezuña o de la extremidad, o bien por carencias de la dieta, se traducen por lo general en cojeras con aumento de los gastos en concepto de productos veterinarios, costos de mano de obra para su tratamiento, cuidados adicionales para los animales afectados, bajo rendimiento reproductivo, aumento de los sacrificios, descarte de leche por el tratamiento, disminución de la producción láctea y, consecuentemente una menor rentabilidad (Zinpro, 2015). En relación al punto, Hernández & Bedoya (2008) han destacado la importancia de la calidad de la leche producida en torno a los factores contaminantes (recuento de células somáticas) y la ventaja de obtener leche de calidad con menores riesgos para el consumidor, mejores precios para el productor y la sustentabilidad de la empresa ganadera.

Son innegables los efectos que las patologías podales causan sobre la locomoción provocando una disminución en el consumo de materia seca (CMS), y consiguiente merma en la producción de leche, ya que dependen en mayor medida de una buena movilidad para cosechar su propio alimento, siendo su gasto de energía también superior. Al disminuir la cantidad de alimento ingerido, la producción láctea se ve gravemente afectada, ya que la vaca no tiene la forma de producir en cantidad y calidad adecuadas, por el déficit alimenticio (Zinpro, 2015).

También se han notificado cojeras clínicas en bovinos de leche con una frecuencia de 20% a 55% para el ganado de América del Norte, tendiendo a ser más baja en el ganado criado en el suroeste de Estados Unidos, debido a menores índices de humedad y estrés ambiental (Zinpro, 2015). Por otro lado, Cardona & Cano (2003), han destacado el efecto de la falta de cuidado de las pezuñas sobre la productividad, originando pérdidas en la producción láctea de 20% a 25 % por animal, estimándose en 10 % para los destinados a la producción cárnica.

Según lo manifestado por Stokka y Blowey, citado por Toledo (2006), tanto en Norteamérica como en el Reino Unido se han estimado costos elevados a causa de

las cojeras subclínicas, debidas mayormente a la disminución de la producción, alteración de la calidad láctea y la presencia de células somáticas.

En Paraguay existe una falta de interés hacia las patologías podales y aun no se han dimensionado sus repercusiones sobre la producción, debido a que no son consideradas o bien son obviadas al momento de la evaluación productiva; sin embargo, sus efectos tienen importancia, al influir sobre la producción láctea y generar grandes pérdidas. En ese sentido, es menester destacar que, pudiendo realizar cuidados preventivos, los productores optan por el descarte una vez instalada la afección podal, sin sopesar la importancia del diagnóstico precoz o bien la instauración de tratamientos correctivos y curativos.

En este contexto, la evaluación de las asociaciones entre las patologías podales y los indicadores productivos, cobran relevancia al contribuir con información válida acerca del impacto sobre la producción bovina de leche.

La hipótesis planteada en este estudio versó sobre la siguiente premisa: los tipos de patologías podales están asociados a los indicadores de producción láctea de vacas en lactación criadas en establos de cama de compost (Compost-bedded pack barns).

Mientras que, el objetivo general fue; evaluar la asociación entre los tipos de patologías podales y los indicadores de producción láctea de vacas en lactación, criadas en establos de cama de compost (Compost-bedded pack barns). Siendo los objetivos específicos; identificar vacas con patologías podales; determinar la frecuencia de los tipos de patologías pódales diagnosticadas durante la curva descendente de la fase de lactación criadas en establos de cama de compost (Compost-bedded pack barns); determinar la producción láctea, el porcentaje de grasa y proteína, y células somáticas en la leche de vacas con patologías pódales; comparar la frecuencia de los tipos de patologías pódales y los parámetros productivos.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Tegumento Común

El tegumento común, es común y equivocadamente conocido como “piel”, constituye el límite externo y la zona de contacto del organismo con el medio externo (ambiente). Es el órgano más extenso en los mamíferos y considerado como el “espejo de la salud”. La pérdida de más del 25% del tegumento común podría ocasionar incluso la muerte del animal.

Varias estructuras se han diferenciado durante el desarrollo filogenético, de acuerdo a las complejas funciones que realizan y a las que deben adaptarse. Dichas estructuras son el tejido subcutáneo o subcutis y la piel o cutis. Las estructuras que adquieren modificaciones a partir de la piel son las glándulas cutáneas, las almohadillas, los órganos digitales terminales y el cuerno.

El tejido subcutáneo forma una capa laxa desplazable entre la piel y la fascia superficial, el mismo es surcado por tenos retináculos de piel que los fijan a tejidos subyacentes y su movilidad activa se debe a los músculos cutáneos que se localizan entre las hojas de la fascia superficial. Está formado por tejido conjuntivo laxo e incluye preferentemente tejido adiposo blanco o univacuolar. Propiamente sirve para la termogénesis, como depósito de energético y también como elemento estructural y amortiguante en las almohadillas plantares.

Desde el punto de vista estructural, en la piel se diferencian dos capas, siendo estas la dermis o corion, situada profundamente con respecto a la epidermis; y la epidermis, que es epitelio escamoso estratificado de la superficie de la piel.

La dermis es la base conjuntiva y parte más importante de la piel, está formada por fascículos de fibras colágenas que confieren a la dermis una alta resistencia a la tracción y posee características elásticas debido a la presencia de una

malla adicional de fibras elásticas. Dentro de la dermis es posible diferenciar dos tipos de capas, la capa reticular y la papilar.

La epidermis es un epitelio escamoso estratificado en proceso de queratinización, se delimita a través de la presencia de elementos del complejo de órganos epidérmicos, como pelos y glándulas sebáceas y sudoríparas. Está formada por los queratinocitos y los no queratinocitos que incluyen los melanocitos, las células Langerhans y las células de Merkel. Las modificaciones cutáneas como las almohadillas o las pezuñas, se vuelven más gruesas por las características de cornificación. La epidermis consta de cinco capas, la capa basal, la espinosa, granulosa, lúcida y la córnea.

El drenaje sanguíneo se produce a través de tres plexos venosos (subpapilar, superficial y profundo), que confieren a la piel las características de un depósito de sangre. La influencia sobre el volumen de la irrigación sanguínea y la pérdida de calor, es un mecanismo de la termorregulación del cuerpo.

Los vasos linfáticos de la piel se originan debajo de la epidermis con pequeñas sinuosidades, los senos linfáticos iniciales. Estos senos desembocan en capilares linfáticos modificados y en mayor profundidad forman una red que desemboca en una red linfocapilar subcutánea y el drenaje se da mediante los linfonódulos tributarios.

En cuanto a los nervios, la dermis es rica en nervios autónomos y sensitivos mientras que la piel no posee inervación parasimpática. Los nervios sensitivos forman el plexo subcutáneo, dérmico y subepidérmico en el tejido subcutáneo y la dermis. Desde el punto de vista funcional, se diferencian tres tipos de terminaciones nerviosas que sirven para la percepción de la presión, de la temperatura y del dolor. Los receptores de sensaciones de presión y contacto, actúan los manguitos nerviosos que rodean los bulbos pilosos. La sensación de temperatura se canaliza por los receptores de frío en la capa papilar y los receptores de calor en la capa reticular y en el tejido subcutáneo. La sensación de dolor pasa por terminaciones nerviosas sinuosas libres y amielínicas (König & Liebich, 2005).

2.2 Dedo

El dedo está formado por el extremo distal del miembro recubierto por una piel externa fuertemente cornificada incluyendo las estructuras de los aparatos de sustentación y locomoción. La úngula es una forma específica básica desde el punto de vista filogenético, cuya función es la protección ante la carga mecánica que soportan.

La región del dedo del bovino empieza a nivel de las articulaciones metacarpo-falangiana y metatarso-falangiana, constituyéndose por dos dedos principales donde recae todo el peso la vaca y así también de dos dedos accesorios con estructura irregular y atrófica. Los dos dedos principales están recubiertos en proximal de revestimiento cutáneo que se transforma en distal en un epitelio modificado que es conocida como úngula.

El punto de unión distal del revestimiento cutáneo de los dos dedos se conoce como espacio interdigital, el mismo está recubierto de una piel modificada sin pelo.

Cada dedo tiene tres falanges. La tercera falange corresponde al apoyo y tiene una forma característica en la que se destaca el engrosamiento de la tuberosidad flexora en la parte posteromedial y la punta aguda en forma de pico en la anteromedial. Detrás de la tercera falange se encuentra el hueso sesamoideo distal y sobre él, el espacio retroarticular (González, 2003).

La pezuña está constituida por cuerno, la pezuña propiamente y los órganos incluidos en ella. Los dedos poseen las regiones del nudo, cuartilla y casco; están cubiertos por piel hasta la corona y se encuentran en número de 4, dos principales y dos accesorios, siendo los principales el III (medial) y IV (lateral), y los accesorios II y V (Nan Monte & Galotta, 2006).

En sentido estricto, el órgano terminal del dedo comprende la envoltura del tegumento común, que se divide en cinco segmentos, siendo estos segmentos del limbo, de la corona, de la pared, de la suela y de la almohadilla ungular.

El limbo es una banda estrecha de piel modificada, intermedia entre piel normal y epidermis de la pezuña, formando la parte proximal de estas estructuras. Debido a la extensión y prolongación del extremo del miembro en la pezuña y en el

casco (equino), este pliegue se amplía hasta el surco límbico, el cual se caracteriza por ser poco llamativo. Este surco límbico es el límite entre el segmento del limbo y el segmento de la corona. En todas las especies, distal a la corona se encuentra el segmento de la pared. A la altura del borde solar de la falange distal se transforma en el segmento de la suela. En proximal al segmento de la suela se continúa el segmento de la almohadilla ungular.

El órgano digital terminal forma una capsula cornea firme que rodea el extremo del dedo, que en los ungulados se denomina cápsula de la úngula, que es la epidermis cornificada de la pezuña y en ella se distingue una pared córnea o lámina y una cara solar. La pared de la córnea o lamina está formada por los segmentos del limbo, corona y de la pared; y está compuesta por un estrato externo, estrato medio y estrato interno. La cara solar está formada por el borde distal de la pared de la córnea o borde solar del casco, el segmento de la suela y el segmento de la almohadilla ungular (König & Liebich, 2005).

Los términos estrato externo, medio e interno identifican diferentes capas de los cuernos que constituyen el espesor de la pared. Los mismos no deben ser confundidos con los segmentos (Greenough, 2009).

El tejido subcutáneo está ausente en los segmentos de la pared y de la suela. Está formado por un fieltro de redes fibrosas colágenas y elásticas, en donde se insertan islas adiposas o cartilaginosas. Estas almohadillas funcionan como amortiguadores, en la cara solar especialmente.

La dermis, corión o membrana queratógena de la úngula también se conoce como pododerma. Está formada por una capa reticular profunda y una capa papilar superficial. Donde falta el tejido subcutáneo, la capa reticular se transforma en el periostio de la falange distal. En cuanto a la capa papilar, la membrana queratógena de todos los segmentos, excepto de la pared, se transforman en papilas dérmicas. El segmento de la pared presenta una capa de laminillas dérmicas con orientación recta (König & Liebich, 2005).

2.3 Pezuña o úngula

La pezuña, es el órgano terminal de los dedos de los Artiodáctilos y se define en sentido estricto, como la cobertura de piel modificada sobre el extremo del miembro. En un sentido más amplio y corriente, se designa como pezuña a la cobertura de piel modificada junto con las estructuras que encierra.

En cada miembro de los bóvidos existen dos pezuñas principales y dos accesorias, que se encuentran separadas por el espacio interdigital, y compuestas por queratina.

Las pezuñas de los miembros torácicos son más romas, macizas y cortas que las del miembro pelviano, mientras que el espacio interdigital es más amplio. El ángulo que existe entre la cara dorsal de la capsula cornea y la suela, es de 50-55° en las pezuñas anteriores, siendo en las posteriores de 45-50°; es decir, las pezuñas anteriores son más verticales que las posteriores.

Su función es proteger contra lesiones ambientales, mecánicas, químicas o biológicas, especialmente a animales que se encuentran estabulados de forma intensiva, con suelo inadecuado y presencia de sustancias agresivas. También cuenta con funciones de amortiguación durante el apoyo, para disipar fuerzas concusivas cuando el miembro impacta contra el suelo y evita sobrecargas locales durante la locomoción, a esto se suma el mecanismo de separar las pezuñas una de otra. Al recibir una carga las pezuñas se separan, pero son frenadas por el ligamento interdigital distal, lo que evita una separación excesiva. Así mismo, sirven también para cavar y rasgar.

Si la pezuña tiene fallas o su calidad no es la adecuada; no protege adecuadamente, y el corion indefenso resultará dañado y producirá a su vez un estrato córneo de peor calidad. La pezuña delantera medial es algo mayor que la lateral y tiene mayor tendencia a incurvarse en forma de tirabuzón. Las pezuñas posteriores laterales son las que mayor peso soportan.

La superficie que primariamente toma contacto con el suelo durante la locomoción corresponde a la región posterior de la pared abaxial del dedo junto a 2 o 3 cm de la suela adyacente. En conjunto a éstas, en ambos dedos, la zona de la suela,

la zona prebulbar y el bulbo de los talones, corresponden a áreas de distribución del peso en el dedo durante el movimiento (Greenough, 2009).

La falange distal ocupa los dos tercios dorsales de la uña mientras que en la parte caudal está ocupada por el tendón del flexor profundo. Entre él y la pezuña a nivel del bulbo se encuentra el pulpejo digital es una almohadilla elástica del tejido fibroadiposo, la misma llega hasta la mitad de la cara solar de la III falange.

La cobertura de piel modificada incluye estructuras como la porción distal de la falange media o corona, la articulación interfalángica distal con su aparato de sostén, la falange distal del hueso ungular, hueso sesamoideo distal, extremos distales de los tendones flexor y extensor con sus inserciones en el tubérculo flexor y en la apófisis extensora de la falange distal y la bolsa podotrocLEAR entre el sesamoideo distal y el tendón flexor profundo (Nan Monte & Galotta, 2006; König & Liebich, 2005).

La capsula ungueal tiene características especiales, como la capa vásculo–nerviosa, “el corion”, el cual queda encerrado entre las capas duras: en el exterior se encuentra la capsula ungueal y por dentro la tercera falange. También tienen particular interés los ligamentos interdigitales para intentar conservar al máximo su integridad cuando se precisa amputar una pezuña.

La cobertura de piel modificada incluye estructuras como la porción distal de la falange media o corona, la articulación interfalángica distal con su aparato de sostén, la falange distal del hueso ungular, hueso sesamoideo distal, extremos distales de los tendones flexor y extensor con sus inserciones en el tubérculo flexor y en la apófisis extensora de la falange distal y la bolsa podotrocLEAR entre el sesamoideo distal y el tendón flexor profundo.

La integridad de la pezuña, así también de todos sus componentes son de gran interés ya que en conjunto cumplen funciones importantes para el bienestar del animal, considerando que todo el peso de la vaca recae sobre las pezuñas, no obstante, las características de conformación, junto con el ambiente y el manejo, constituyen factores predisponentes muy importantes para la incidencia de problemas podales (Riera *et al.*, 2011).

Para situar las estructuras anatómicas de la pezuña, debemos considerar su situación:

De arriba abajo: Proximal, hacia el tronco; distal, hacia el suelo de adelante a atrás; dorsal, adelante; y palmar (miembro anterior) o plantar (miembro posterior): atrás.

De afuera adentro: Axial, pertenece a la parte de adentro con una concavidad característica. Mientras que la abaxial, corresponde a la parte de afuera, siendo esta convexa.

Cada dedo presenta dos caras, una que da hacia el eje del miembro, o hacia fuera, de esta manera si las nombramos de afuera hacia adentro tenemos: abaxial - lateral, axial - medial, axial - lateral y abaxial – medial (Nan Monte & Galotta, 2006).

Según el tipo y las modificaciones de las tres capas del tegumento común, se pueden reconocer cinco segmentos de la pezuña. Cada pezuña tiene un perioplo, corona, pared, suela y bulbo.

2.3.1. Perioplo

El perioplo es el equivalente la cutícula de las personas, es una delgada tira de cuernos tubulares blandos, que forma la región localizada entre la piel y la cuartilla. En algunos bovinos es inusualmente áspera, arrugada y de color más oscuro que lo normal (Greenough, 2009).

El cuerno perióplico es el área de cuerno blando justo debajo de la unión de la piel provista de pelos con el cuerno en su cara abaxial. Es una banda de 1 cm de largo que se ensancha hacia el bulbo continuándose con la opuesta, para unirse con la almohadilla ungular. En el sector axial se continúa por el segmento del limbo de la otra pezuña principal.

La tela subcutánea del limbo forma una banda engrosada, ubicada dorsal y abaxialmente, conocida como rodete del limbo, el mismo se ensancha hacia la cara palmar y plantar para unirse con la almohadilla digital.

La dermis está separada de la piel con pelos con un surco plano. En el límite con la corona, hacia distal, la dermis forma un rodete que en su sector abaxial es

grueso. El rodete es una particularidad característica del bovino. También resulta importante resaltar que la dermis presenta papilas finas de orientación distal y con longitud de 1 – 2 mm.

La epidermis del limbo o perioplo presenta estructura tubular. El cuerno perióplico, blando y friable, es desplazado distalmente sobre el segmento coronario. Solo cubre el cuarto proximal de la pared o lamina córnea, ya que se desintegra con rapidez. Su función radica en la regulación de la Humedad en los segmentos proximales de la pezuña (Nan Monte & Galotta, 2006; König & Liebich, 2005).

2.3.2. Corona

La corona es la continuación distal del perioplo. Se extiende desde el surco que lo limita dorsalmente, y con un grosor de 2,5 cm aproximadamente y llega hasta la mitad del dorso del dedo, mientras su pared exterior va disminuyendo de grosor en dirección palmar/plantar, hasta los 1 a 1,5 cm sobre el plano axial o a solo 0,5 cm en el abaxial. Finalmente pasa a unirse con la almohadilla ungular.

La tela subcutánea de la pezuña forma el rodete de la corona, el cual hace que la dermis aparezca como un relieve coronario acolchado y ligeramente convexo.

La dermis presenta finas papilas dérmicas de vértice cónico, ellas nacen verticalmente en la superficie de la dermis y luego se inclinan distalmente en dirección a la proliferación de la epidermis.

La epidermis de la corona forma túbulos córneos que varían de tamaño. Los más gruesos se encuentran en la zona central del cuerno coronario, en el extremo son muy finos y en el interno son difíciles de visualizar o inclusive están ausentes.

El cuerno coronario, duro y resistente forma el estrato medio, que ocupa la mayor parte de la pared cornea de la úngula.

El cuerno coronario de la zona de los talones está cubierto por un rodete formado por la epidermis cornea de la almohadilla y presenta surcos hacia el espacio interdigital. En la porción dorsal y abaxial los surcos son más o menos nítidos.

El cuerno coronario es el tejido más duro de la pezuña, siendo ésta dos veces más dura que el cuerno coronario del casco del caballo. Su tasa de crecimiento es de 4

a 8 mm por mes, aunque varía según la raza, edad y nivel nutricional (König & Liebich, 2005).

2.3.3. Pared

Se halla situado debajo de la capa gruesa del cuerno coronario. En proximal limita con el segmento de la corona y distalmente llega hasta el límite entre la dermis de la pared y la suela. En el vértice de la pezuña la pared esta doblada en sentido lateromedial y presenta bordes afilados.

Está constituida por una lámina cornea convexa lateralmente y ligeramente cóncava medialmente. El espesor de la pared es de 7mm lateralmente y de 3-5 mm medialmente. Conforme se acerca al bulbo la pared se muestra más joven y elástica y su espesor es todavía menor.

La pared tiene tres capas, exteriormente una protectora, en medio está el tejido corneo tubular y un estrato interno formado por finas laminas dispuestas en sentido próximo distal que llegan hasta media altura (González, 2003).

La dermis coronaria forma el cuerno que se desliza hacia distal sobre la porción de la dermis laminar que la mantiene adherido. El cuerno crece alrededor de 5 cm por mes. El desgaste mantiene a la uña en un ángulo con el suelo de 50 grados. Si el crecimiento es mayor que el desgaste, habría que recortar las pezuñas, pues de lo contrario el crecimiento hacia delante disminuye el ángulo, provocando la hiperextensión gradual de la articulación de la corona tensando el tendón, y aumentando la presión sobre la parte caudal provocando dolor y cojera. De manera opuesta, el exceso de desgaste del ángulo de la pezuña llega a que las presiones se desplacen hacia adelante llevando a la mortificación de los tejidos entre la suela y el extremo apical de la falange distal.

La epidermis de la pared se caracteriza por una tasa de proliferación muy alta. Está formada por laminillas epidérmicas que se interdigitan con las laminillas dérmicas y que solo están cornificadas en su centro. Las interdigitaciones alternantes establecen unión entre la pared cornea y la dermis. A diferencia del caballo, en el bovino esta

estructura se ve sometida a menores esfuerzos y no se desarrollan las laminillas secundarias.

Flexionada sobre si misma tiene una cara axial y abaxial. Ambas se unen en una cresta dorsal que terminan en la punta de la uña. El surco interdigital es un área débil, donde se radican lesiones que pueden propagarse a la articulación de la corona que esta adyacente.

La zona alba, es la zona de unión entre la pared cornea y la suela de la pezuña, es un producto del segmento de la pared. Está integrada por las laminillas epidérmicas, el cuerno del casquete y el cuerno terminal los cuales se forman por cornificación de los sectores correspondientes de la epidermis de la pared.

Existen tres partes de la zona alba que se pueden diferenciar de acuerdo a sus componentes estructurales. La capa externa es una línea fina y blanca. La capa media está compuesta por sectores centrales de laminillas epidérmicas corneas y el casquete corneo que rellena los espacios entre las laminillas. La capa interna está formada por el cuerno terminal que ocupa los espacios existentes entre los sectores apicales de las laminillas que miran hacia la suela, y las laminillas propiamente (König & Liebich, 2005).

Debido a que está constituida por tejido corneo muy blando y susceptible a lesiones, las mismas se pueden clasificar en dos tipos. El primero se observa cuando un trauma directo causa una lesión interna. La segunda ocurre cuando línea blanca ha sido previamente debilitada por un episodio similar a una laminitis.

En sistemas intensivos en vacas lecheras, muy pocos animales tendrán una zona alba completamente sana, siendo el estado de carga sobre la pezuña es un factor muy importante, ya que si esta estructura presenta sobrecarga de la pezuña. Si presenta sobrecarga debido al desvasado, un defecto simple en la línea alba se volverá mucho más significativo y arrojará un pronóstico mucho peor (Greenough, 2009).

2.3.4. Suela

La suela es una superficie plana y participa en toda su extensión en la superficie de apoyo de la pezuña. Está delimitada por el contorno interno de la zona

alba en la superficie de la suela. El cuerpo de la suela tiene forma de medialuna y de él parten hacia palmar o plantar dos estrechos y largos pilares de la suela, el axial y el abaxial.

La dermis de la suela presenta crestas bajas que estas ocupadas por largas y fuertes papilas dérmicas que se hallan dispuestas en filas y se inclinan en un ángulo de 40° hacia el vértice de la pezuña.

La epidermis de la suela consta de túbulos córneos de un diámetro muy grande que permite distinguirlos a simple vista en las pezuñas bien cuidadas (König & Liebich, 2005).

Es más fina hacia la punta siendo más espesa hacia los talones donde el tejido va siendo elástico. Es relativamente lisa y está dentro del ángulo de inflexión de la pared limitada por la línea blanca que es más blanda, de aquí los problemas patológicos que aparecen tanto en una como en otra.

La suela está unida a la pared por un tejido corneo particularmente delicado de color claro que se llama línea blanca.

El espesor promedio de la suela de una vaca adulta es de 5-7 mm aproximadamente en la parte anterior de la suela y de 15 mm en la posterior de la misma. Después del desvasado, el espesor no debe quedar por debajo de estos valores de referencia.

En las vacas que están sobre pasturas, la suela experimenta poco desgaste y bajo condiciones de escaso desgaste los extremos distales de los túbulos pueden bloquearse. En las vacas en confinamiento sobre concreto, donde la suela está expuesta a un rápido desgaste, los túbulos están abiertos hacia la superficie.

La velocidad de crecimiento de la suela es casi siempre variable, bajo condiciones de manejo intensivo. Cuando mayor es el desgaste y más alta la presión de la dermis, el tejido corneo se produce con mayor rapidez. Si la sangre escapa de los

vasos de la dermis, esta se teñirá de tejido corneo y aparecen 6-10 semanas desde el derrame (Greenough, 2009).

2.3.5. Almohadilla Ungular o Bulbo

Es la continuación del segmento de la suela en la cara solar de la pezuña, cuyos pilares lo abrazan parcialmente. Este segmento limita con la piel y con pelos, ya sea en los sectores palmar o plantar. La parte más extensa de la cara solar de la pezuña y de su superficie de apoyo, está formada por la almohadilla unguilar.

Posee una cara caudal con una considerable superficie cóncava de contacto con el suelo. Es una parte muy importante de la sustentación. Está formada por cuerno más blando, pero más grueso. El cuerno esta moldeado por una parte de la dermis que se inserta en la estructura subyacente por intermedio de un tejido subcutáneo modificado.

El tejido subcutáneo de la almohadilla se ha modificado en un rodete digital. En proximal existe un acolchado de hasta 2cm de grosor de tejido conjuntivo y adiposo a lo ancho de toda la almohadilla. El grosor del acolchado disminuye debajo del tendón flexor en dirección al vértice. En distal la almohadilla solo tiene 5 mm de alto y termina en el plano apical, en la transición al segmento de la suela. Este acolchado, actúa como mecanismo amortiguador del impacto de la pezuña sobre el suelo en el momento del apoyo.

La dermis de la almohadilla presenta papilas dérmicas que emergen verticalmente desde las láminas. En proximal las papilas son discontinuas y presentan una imagen ondulada en forma de remolino. En distal, están alineadas, son más altas y adoptan una inclinación hacia el vértice de la pezuña.

La epidermis, en la parte proximal la cornificación es de tipo blando y el cuerno producido tiene características elásticas parecidas a las de goma. En distal debido al crecimiento, presenta una superposición ondulada de masas córneas, que puede observarse en pezuñas descuidadas, visible en la base de apoyo de la pezuña. En el plano axial la almohadilla unguilar se une con la pared interdigital y con la corona córnea, y en abaxial con la epidermis córnea del limbo.

La tasa de crecimiento del tejido corneo en proximal de la almohadilla llega a los 12 mm por mes aproximadamente. Cuando el suelo es blando y se produce poco desgaste, las masas córneas de la parte proximal son empujadas sobre la parte distal, este crecimiento superpuesto puede dar lugar a formas patológicas como las achineladas, en pico o curvadas hacia arriba. Si hay sobrecarga sobre la dermis en los sectores comprometidos es la causa de úlceras podales.

En la parte distal, la cornificación es de tipo duro y la dureza del cuerno formado es mayor. En pezuñas de formación correcta, el cuerno de la parte distal presenta una concavidad en axial y no participa en la superficie de apoyo. Sin embargo, en abaxial es plano y presenta una superposición córnea en estrías paralelas poco definida (König & Liebich, 2005).

2.4 Irrigación y Drenaje Linfático.

La irrigación, como toda irrigación terminal, debe de considerarse en caso de intervenciones más o menos profundas, ya que puede llevar a una importante sangría que dificulta el acto quirúrgico en sí o lo complica en no pocas ocasiones, o que, por otra parte, cobra importancias en procesos alérgico- inflamatorios. Esta la constituye principalmente la arteria Mediana, al llegar al nudo pasa a llamarse Palmar digital común III, que ingresa palmarmente en el espacio interdigital, llamándose arteria interdigital que se une por dorsal a la arteria Metacarpiana dorsal III. La arteria Palmar digital común III, dentro del espacio interdigital, da un par de ramas, (una para cada dedo) llamadas: Digitales palmares propias II y IV. Estas terminan ingresando al foramen axial, de la falange distal, para formar el arco terminal por dentro de la misma quien nutre fuertemente el corion. Antes de ingresar al citado foramen vascular, brinda una rama hacia palmar, rama para la almohadilla digital. Derivada de la arteria Radial, desciende por lateral la arteria digital palmar común II. Esta pasa por lateral junto a los tendones flexores y el suspensor, pasando a llamarse Digital palmar abaxial propia III, también da una rama para la almohadilla digital y termina irrigando la tercera falange sumándose a la anterior, ingresando en otro foramen en el ángulo palmar (Nan Monte & Galotta, 2006).

Desde la red capilar, la sangre fluye hacia las redes venosas de malla ancha de la dermis de la pared y la suela, y luego va hacia otra red periférica de calibre más

fino. Desde estas redes, la sangre pasa a través de las venas pequeñas hacia una vena digital dorsal propia axial y dos venas digitales palmares o plantares propias III o IV axiales y abaxiales.

La importancia funcional de este sistema de redes venosas, consiste en proveer flujos de perfusión regulares y también contribuirán anastomosis arteriovenosas, es decir “shunts” entre los sistemas arterial y venoso.

El drenaje de la sangre desde el borde de la corona tiene lugar por las dos venas coronales superficiales axial y abaxial que desembocan en la rama dorsal de la falange media. En dirección próximo axial esta rama se une a la vena digital propia axial.

La vena digital palmar propia III o IV axial se unen en la vena interdigital, una anastomosis importante entre la vena digital dorsal común III y la vena digital palmar o plantar común III.

En el miembro torácico el drenaje linfático de los dedos se dirige hacia los nódulos linfáticos cervicales superficiales. El nódulo linfático poplíteo profundo colecta la linfa del pie en el miembro pelviano (König & Liebich, 2005).

2.5 Inervación

La inervación del dedo la aportan el nervio Mediano y la rama palmar del nervio Cubital (Ulnar). Son satélites de los vasos. Cada dedo recibe innervación por sus caras dorsal, palmar, abaxial y axial. El nervio Mediano se divide antes del nudo en ramas lateral y medial, de la rama medial surgen el nervio digital común palmar II, (que continua como digital palmar propio III, por la cara lateral del externo), innervando las estructuras del casco; y el nervio Digital palmar III axial. De la misma manera el dedo interno recibe los nervios, Digital palmar IV axial y abaxial. En dorsal la rama superficial del radial, da a nivel del nudo, (lugar donde se pueden anestesiar) los nervios axiales de ambos dedos. El Nervio cubital tiene una rama que llega a la pezuña por lateral entre el interóseo y el metacarpiano (también puede utilizarse como punto de anestesia) que dan innervación a la cara palmar y axial del dedo lateral. El dedo del

pie, en su parte dorsal esta inervada por las ramas superficiales y profundas del nervio Peróneo. La innervación del dedo es similar en la mano y el pie (König & Liebich, 2005).

2.6 Aplomos

Las pezuñas pueden presentar variaciones de forma, volumen, e inclinación de los ángulos, que van a condicionar la forma en que pisa el bovino. Las uñas de las extremidades pelvianas, son más alargadas que las anteriores. Las uñas externas son más grandes. La relación de altura debe ser ente el borde anterior y talones de 2:1 la inclinación entre 45° y 60° Las pezuñas puntiagudas son las de inclinación inferior a 45°, con un eje digital más largo y desplazamiento de las presiones hacia talones (Nan Monte & Galotta, 2006).

2.7 Fisiología del apoyo de la pezuña bovina

Debido a su constitución anatómica las pezuñas son responsables de amortiguar el impacto del peso del cuerpo de animal contra el suelo.

En el momento en que el animal apoya la extremidad, se produce una fuerza de choque con dos variantes que son: la gravitación por el animal y la contra-reacción del suelo. Mediante éste mecanismo se transforma el efecto de presión en tracción y participa en la circulación sanguínea de la región, actuando como una bomba aspirante-impelente ya que cuando se apoya se expulsa sangre de la pezuña y cuando se eleva entra sangre, activando el metabolismo y nutrición del tejido córneo. La deformación de la pezuña trae como consecuencia una mala regulación de las gravitaciones y contra reacciones, por lo que puede predisponer a traumas y a una mala nutrición del corion. Estas anomalías causan debilidad, por lo que la úngula se quiebra tan fácilmente que permite la entrada de agentes patógenos que dañan el pie bovino con gravedad.

Durante el apoyo se producen modificaciones en la forma de la cápsula ungular y su contenido.

El apoyo normal de la pezuña una vez que el peso de la vaca recae sobre las pezuñas esta comienza con una dilatación de la parte posterior de la pezuña o talones. Se produce un movimiento hacia atrás y debajo de la parte anterior de la pared y esto

conlleva a una disminución de la altura de la pezuña y hundimiento de los talones, no obstante, el hundimiento de la suela y posteriormente el ensanchamiento del espacio interdigital (Cardona & Cano, 2003).

2.8 Biomecánica del pie.

Cuando analizamos el desplazamiento del bovino observamos que la zona de las puntas de las pezuñas son áreas críticas de soporte de peso. La mayoría de los problemas ocurren en la pezuña posterior externa la distribución del peso entre las dos pezuñas de una misma extremidad depende entre otros factores de la situación externa o interna de la pezuña. Si una vaca pesa 700 kg, el tren delantero soportara 400 kg mientras que el trasero 300 kg, es decir 150 kg en cada extremidad. Fisiológicamente, la pezuña posterior externa, siempre es un poco mayor que la pezuña posterior interna. Esto también podría ocurrir en vacas con manejos totalmente extensivos en los que las pezuñas no sufren alteración alguna. En una situación ideal el reparto sería 70 kg para la pezuña interna y 80 kg para la pezuña externa, no suponiendo esto peligros para el animal.

Si nos colocamos detrás de una hilera de vacas amarradas en una granja observaremos que las vacas mantienen un ligero balanceo de caderas, la oscilación puede ser de 2,5 cm de desviación a cada lado. Cada cambio que ocurre supone un desplazamiento de la carga hacia una u otra extremidad. Si la interconexión pezuña externa-interna-eje fuera totalmente flexible el reparto de la sobrecarga sería del 50% entre las pezuñas homolaterales. Si la interconexión fuera totalmente rígida el peso recaería sobre las pezuñas del lado sobre el que se inclina la vaca. Por ejemplo, en la fase de inclinación a la derecha, sobrecarga en pata derecha pezuña externa – pata izquierda pezuña interna.

La interconexión entre pezuñas homolaterales, basada en el ligamento interdigital, es semirrígida, semiflexible y el resultado es el soporte del peso sobre las pezuñas posteriores externas varía a cada oscilación de las caderas del animal mientras que el soporte de peso de las pezuñas posteriores internas se mantiene constantes (González & Ramos, 2002).

Las vacas lecheras están expuestas a condiciones de estabulación que influyen en la función fisiológica de las pezuñas. El estrés y las prácticas alimentarias incorrectas predisponen a cambios metabólicos y coriosis. La alta concentración de animales les hace andar sobre sus propias heces y las predispone a la acción química del purín y al crecimiento de bacteria de la putrefacción. La locomoción y el confinamiento en superficies duras de cemento generan una concentración anormal de peso sobre ciertos puntos de la superficie de apoyo de la pezuña. Finalmente, ciertos animales tienen una predisposición genética a padecer anomalías en la conformación de la pezuña. La interrelación entre estos factores conduce a irrigación y a cambios en la forma normal de las pezuñas que conducen a disturbios mecánicos en la fisiología del apoyo y de la locomoción. Por su etiología esta problemática suele presentarse en varios animales del rebaño lo que le da un carácter epidemiológico de rodeo que sumado a su difícil solución produce grandes pérdidas económicas.

El soporte de peso de las pezuñas es diferente según el tipo de suelo donde pise. En terreno blando las partes más prominentes de la pared y talón se hunden en el suelo con lo que el peso queda repartido de forma homogénea por una superficie más amplia con lo que la concentración excesiva de peso en ciertos puntos críticos se minimiza. En superficies duras los cambios de forma y postura repercuten en una distribución anormal de peso que altera la función normal de la pezuña conduciendo a incomodidad, lesiones y cojeras. Enfrentadas a esa situación, las vacas reaccionan al dolor modificando su postura pudiendo afectar el aplomo superior. La interrupción entre el cemento liso y duro de la cuadra y la superficie alterada de las pezuñas puede por sí sola ser una causa importante de estrés perdida de bienestar.

El peso de la vaca es transmitido, siguiendo la línea de la segunda falange al tejuelo y ahí en condiciones normales se reparte uniformemente por toda la superficie de la pezuña. Cualquier cambio en la forma de la pezuña hará que exista una concentración de peso en una zona concreta de la superficie de apoyo, en detrimento del resto de la superficie plantar.

Desde un punto de vista mecánico la anatomía de la pezuña resulta particular. El Corion es un tejido vivo muy vascularizado e innervado está rodeado por dos tejidos duros y sobre él se ejerce una gran presión en la estación y sobre todo en el momento

de apoyar la extremidad. Si la pezuña tiene fallas o su calidad no es la adecuada; no protege adecuadamente, y el corion indefenso resultará dañado y producirá a su vez un estrato córneo de peor calidad (Nan Monte & Galotta, 2006).

2.8.1 Parámetros anatómicos de las pezuñas.

Algunos de los parámetros anatómicos en las pezuñas, a tener en cuenta son:

- El ángulo entre pared anterior y suela debe oscilar entre 45 y 48 grados.
- La relación de la longitud de la pared anterior de la muralla tomada desde el borde coronario hasta el apoyo con respecto a la altura de los talones debe ser de 2:1.
- Las paredes deben ser rectas, tomadas desde el borde coronario hasta el del apoyo.
- La suela debe ser ligeramente cóncava en la parte interna de la pezuña.
- El eje digital o borde interno de la pezuña debe ser recto.
- La humedad de la pezuña debe oscilar entre 15 y 30%.

La humedad excesiva provoca daños estructurales y favorece la penetración de gérmenes patógenos. Con relación al color, se ha informado que las pezuñas no pigmentadas tienen mayor predisposición a sufrir de trastornos que las pigmentadas. Para endurecer profilácticamente las pezuñas, se utilizan soluciones de sulfato de cobre y formol. Estos productos regulan la humedad de la pezuña deshidratándola y además tienen poder antimicrobiano local (Cardona & Cano, 2003).

2.8.2 Cambios biomecánicos relacionado con diferentes enfermedades.

De acuerdo a las lesiones que la cápsula ungular adquiere debido a las posibles causas etiológicas ya mencionadas con anterioridad, estas pueden desarrollar ciertas patologías que afectarían la biomecánica del animal y en casos aún peores su producción.

En el caso la dermatitis digital los cambios biomecánicos no son consistentes y varían en relación a la localización de las lesiones. Si la lesión se localiza en su lugar habitual (alrededor de la comisura interdigital flexora o por encima de los bulbos de los talones), la vaca intentará aliviar el dolor pisando en la punta. La consecuencia es

mayor presión y desgaste de la punta. Si las lesiones se vuelven crónicas con el tiempo, puede haber un crecimiento excesivo de la altura del talón o ambos talones. Si la lesión se localiza en el espacio interdigital o en la comisura interdigital dorsal, la vaca intenta evitar pisar en punta. Desliza su andar sobre el talón y con resultado de un sobrecalentamiento de punta y pared abaxial y un desgaste agudizado del talón.

La hiperplasia interdigital mostrara lo mismos cambios de aplomos. Algunos animales pueden desarrollar una fisura séptica vertical; si la enfermedad cronifica, la vaca puede acabar andando totalmente apoyada en los bulbos de los talones con una relajación total de la función de los tendones flexores.

La dermatitis interdigital crónica es a causa de erosión de talones y de irritación el bulbo del talón posterior externo, cuya consecuencia es una diferencia mayor de altura con el talón interno. La vaca, en consecuencia, adopta una posición característica de corvejones cerrados. La erosión de talones por si sola o en asociación a lesiones laminíticas es una causa mayor de úlceras de suela.

Los casos de laminitis agudas afectan normalmente a las ocho pezuñas con especial concentración de dolor en la punta debido a una posible rotación hacia delante de la tercera falange y mayor inflamación en la zona más laminar del corion. Las vacas suelen adelantar sus patas intentando evitar pisar en las puntas y en los casos extremos se mantienen arrodilladas sobre las extremidades anteriores. Las formas de laminitis agudas que cronifican presentan los animales con pododermatitis séptica en la punta con excesivo crecimiento del casco en punta y andar adaptado a los bulbos de los talones.

Los cambios biomecánicos de la laminitis crónica parecen ser consecuencia del hundimiento de la tercera falange. La suela se deforma y el peso se traslada con dificultad desde los talones a la punta que esta incurvada hacia arriba. Esto viene unido a un importante aumento de tamaño de la pezuña posterior externa y consecuentemente una postura defensiva de corvejones remetidos.

En cojeras complicadas que desarrollan sepsis digital profunda esta va acompañada de necrosis de la inserción del tendón flexor en la tuberosidad flexora de

la tercera falange. Al perder la función del tendón flexor, la pezuña entera se rompe y todo el peso se transfiere al bulbo del talón, y la superficie de apoyo original deja de soportar peso alguno (González, 2003).

El 86% de las alteraciones podales se producen en los miembros posteriores y el 74% corresponden a la pezuña lateral. Para identificar las alteraciones es conveniente observar al animal durante la marcha y también en estación.

En la observación del animal durante la marcha evaluamos el tipo y grado de claudicación. Las lesiones podales provocan claudicación de apoyo que si es muy intensa se puede tratar de lesiones profundas más graves.

En la observación desde atrás se puede ver desplazamientos hacia afuera de la línea media, uni o bilaterales de los miembros posteriores. De este modo el animal desplaza el peso a las pezuñas mediales indicando dolor en las laterales.

En la observación lateral de las pezuñas, es posible evaluar la altura de talones que si son muy altos indican falta de apoyo por dolor en la parte posterior o si son muy bajos hay desplazamiento del peso hacia atrás debido a crecimientos exagerados de la pezuña hacia adelante con probable presencia de úlcera de suela.

También se considera importante evaluar la probable atrofia muscular en la zona de los glúteos lo que indica la antigüedad del proceso (Perusia, 2001).

Según Perusia, (2001); algunas cifras de las alteraciones podales del bovino revela que la morbilidad en Gran Bretaña es de 4-5%, Suiza y Alemania 10%, Chile 4% y Argentina 2-12%. La distribución de las lesiones en 11.000 bovinos con dificultades ambulatorias en Gran Bretaña arrojó datos sobre lesiones musculares, articulares, nerviosas y de médula espinal en un 10%, Lesiones interdigitales 21%, las lesiones en bulbos y talones 13%, mientras que las lesiones en la pared y suela 56%. Otros datos también importantes señalan que en los miembros anteriores se dan en un 14%, siendo para la pezuña lateral 6,4% y para la pezuña medial 7,8%; mientras que en los miembros posteriores se dan en un 86%, con 74% en pezuña lateral y 12 % en pezuña medial.

2.9 Patologías Podales

Cuadro 1. Causas primarias y secundarias de las patologías podales.

Primarias			Secundarias
Ambientales	Metabólicas	Congénitas	
1. Laminitis aséptica. 2. Laminitis crónica.	1. Laminitis séptica. 2. Dermatitis interdigital. 3. Dermatitis Proliferativa. 4. Flemón interdigital. 5. Erosión de Talones	1. Deformidad de la pezuña	1. Fracturas. 2. Contusiones. 3. Hemorragias. 4. Úlcera de suela. 5. Separación de la línea blanca. 6. Separación de la suela-talón. 7. Hiperplasia digital. 8. Pododermatitis séptica.

Fuente: Elaboración Propia.

2.9.1 Patologías según su Localización Anatómica.

2.9.1.1 Patologías de la Tapa

➤ Fisura Axial.

Se trata de una fisura profunda en el interior de la pared córnea, que se dirige verticalmente desde la suela hacia el rodete coronario. Se lo conoce también como fisura de la pared axial o grieta de la pared axial.

Los factores de riesgo que predisponen a la fisura axial son el crecimiento excesivo de las puntas, así como también las superficies para caminar demasiado blandas y el recorte de pezuñas inadecuado.

Es causada por estrés nutricional o metabólico, o por una laminitis crónica. El panadizo también puede conducir a una formación anómala del estrato corneo de la pared, provocando la aparición de fisuras axiales. Su ubicación es típica, en el extremo plantar de la pared axial.

Puede darse de forma clínica y subclínica. En el caso de la fisura clínica, se puede presentar una fistula desde la suela hasta el rodete coronario en el espacio interdigital. Sin embargo, cuando la fisura axial es subclínica, la posibilidad de infección o de cojera aumentan con la estación húmeda; el animal no presenta cojera cuando el recorte terapéutico se realiza correctamente.

2.9.1.2 Patologías de la Zona Interdigital.

➤ Necrobacilosis interdital bovina.

Es una enfermedad infecciosa bacteriana profunda de la piel interdital que también es conocida como flemón interdital, pie descompuesto y panadizo. Además de la piel interdital, también afectan los tejidos profundos y se caracteriza por el aumento de grosor de la piel interdital y por el aumento de tamaño del área comprendida entre el rodete coronario y el menudillo, mientras que en su forma menos complicada solo afecta a la piel, dermis y tejido subcutáneo. Es una enfermedad de evolución extremadamente rápida, seguida de cojera, fiebre, disorexia y rápida caída de la producción.

Es de aparición repentina se caracteriza por hinchazón dolorosa y simétrica, apoyo de la punta del dedo, así como cojera de gravedad variable y además de la caída de la producción también hay reducción de la ingesta de alimento. El espacio interdital se rompe 72 horas después de la aparición de los primeros signos. Las consecuencias y complicaciones a largo plazo se observan callos (hiperplasia interdital), formación anómala del estrato corneo del talón y fisuras axiales y del tejido corneo interdital. De acuerdo a la progresión de la enfermedad se procede al sacrificio del animal o a una curación y cojera prolongadas.

La aparición de la infección depende de las condiciones higiénicas y especialmente de la proximidad de otros animales afectados (lesiones necróticas abiertas).

Entre los factores que lo predisponen se encuentran la estabulación sucia con acumulación de purines, cama de arena nueva y perfectamente granulada, cama de paja traumática o materiales peligrosos, tales como suelos ruinosos, presencia de agujeros

o piedras, instalaciones viejas o sucias, entorno excesivamente húmedo y fangoso o seco en condiciones de clima cálido, pasillos con ángulos de giro estrechos e hiperplasia interdigital.

La maceración de la piel debida a la permanencia prolongada en el purín, excrementos y orina pueden conducir a la aparición de la enfermedad. Es difícil de determinar si una solución de continuidad es lo que permite la penetración del germen. Algunos creen que las vacas con dermatitis digital o dermatitis interdigital pueden terminar más fácilmente afectadas (González, 2003).

Los microtraumatismos interdigitales de la epidermis producen una sinergia microbiana debido a que *el Dichelobacter necrophorum* invade la piel interdigital, facilitando así la invasión por parte de *Fusobacterium necrophorum* y *Trueperella pyogenes* y causando infecciones purulentas y complicaciones del panadizo, otras bacterias que han sido identificadas son: *Prevotella spp*, *Porphyromonas spp*, *Streptococcus spp* y *Treponema spp*, entre otras especies.

La necrobacilosis interdigital, se presenta en tres estadios de acuerdo a su gravedad. En el estadio 1, hay aparición repentina de una hinchazón dura y simétrica en la parte inferior de la extremidad, que también suele afectar al pie y los dedos rudimentarios; el ganado comienza a caminar apoyando la punta del pie y cojea mucho, pero se muestra mayoritariamente despierto, alerta y reactivo. En el estadio 2, la comisura digital se abre unas 72 horas y se percibe una secreción maloliente y pútrida; la hinchazón dura y la cojera intensa continúan estando presentes y las bacterias invaden el pie inflamado, hay presencia de una secreción necropurulenta. En el estadio 3, la proliferación del tejido comienza a cerrar la comisura interdigital, en las fases crónicas se produce una proliferación del tejido fibroso en los márgenes de la herida interdigital, en ocasiones se extraen tejidos necróticos de la comisura interdigital; si se complica, puede producirse una infección en las estructuras profundas del pie.

Si existe tejido necrosado se debe limpiar y eliminar. En este caso puede haber compromiso general. El tratamiento se basa en antibioterapia por vía parenteral. La cefalexina funciona perfectamente y no se elimina por leche lo que hace apropiado su uso. También está indicada la aplicación de antiinflamatorios no esteroideos. Localmente se puede aplicar cloranfenicol o sulfas, suplemento de zinc y analgésicos

antiinflamatorios combinados con desinfectantes y astringentes locales como el sulfato de cobre al 20 % o solución de yodo y formol en partes iguales.

En animales estabulados afecta en principio a uno o dos, sigue la difusión de la enfermedad si no se toman medidas drásticas. También afecta a animales en pastoreo, tras pastar praderas ricas. Puede afectar a animales de cualquier edad (Zinpro, 2015; Cardona & Cano, 2003; Perusia, 2001).

➤ Dermatitis digital.

Es una erosión circular abierta, de color rojo brillante o negro, e inflamación de la piel por encima de los bulbos del talón, próxima al rodete coronario, cuyos bordes forman un margen blanco y con pelos demasiado largos alrededor de llagas o adyacentes a masas gruesas y peludas de apariencia verrugosa. Se le conoce también como DD, Enfermedad de Mortellaro, Pietín, Papilomatosis Interdigital.

Es producida por el *Bacteroides sp.*, así también pueden actuar tanto en forma individual como sinérgicamente el *Fusobacterium necrophorum* y/o *Bacterioides nudosus*.

Los factores que predisponen la enfermedad son la falta de higiene en los corrales que se encuentran embarrados y con programas de pediluvios inadecuados, introducción de animales nuevos en el rebaño, traumatismos cutáneos químicos/físicos, así también vacas al inicio del periodo de lactancia y animales jóvenes., pudiendo afectar parte importante del rodeo.

El debilitamiento de la barrera ocurre debido a la irritación mecánica y maceración por el agua y los productos químicos contenidos en el estiércol. La higiene deficiente del entorno se traduce en una infección mixta con diferentes bacterias, entre ellas especies de *Treponema*, en un ambiente con baja concentración de oxígeno. La infección de la dermis conduce o provoca inflamación aguda (dermatitis ulcerativa). La fase aguda puede evolucionar a formas crónicas, caracterizadas por el engrosamiento y la proliferación de la epidermis (verrugas peludas).

La interrupción periódica de la formación de tejido córneo en el talón debido a lesiones recurrentes de DD conduce a la erosión del estrato córneo del talón, al aumento de la profundidad de la cara caudal del espacio interdigital y a la disminución de la higiene del pie.

La lesión que se produce es algo dolorosa, comienza con hiperemia y eczema húmedo, aparece inmediato a la parte dorsal y palmar del espacio interdigital. Puede llegar a una dermatitis intensa con cojeras. A la inspección presenta piel enrojecida y agrietada y otras veces de intenso color rojo con desprendimiento de partes de piel.

La enfermedad en esta etapa por lo general se revierte fácilmente luego de una limpieza local, tetraciclina en polvo, algodón y vendaje. Raramente se necesita antibioterapia parenteral (Zinpro, 2015; Perusia, 2001).

El animal se apoya sobre la punta, evitando la extensión dolorosa de la piel afectada. En estos casos la pezuña puede desgastarse en su punta y exhibir una palma engrosada y sobre crecimiento característico del talón. La cojera no siempre aparece en los animales afectados. La erosión de talones esta con frecuencia presente y en casos severos puede por de debajo de la palma, afectar al pododerma y empeorando la situación clínica, pudiendo afectar también las extremidades anteriores.

Las complicaciones más frecuentes de dermatitis digital están representadas por cambios del perioplo y tejido córneo del talón que conducen a erosiones, fisuras, separación de palma, pododermatitis séptica y excepcionalmente úlcera palmar.

La dermatitis digital puede afectar otras zonas: los bulbos de forma asimétrica, la piel interdigital, frecuentemente sobre una hiperplasia interdigital preexistente, la comisura dorsal. Cuando afecta la piel dorsal por encima de la banda coronaria y el espacio interdigital, puede alterar la formación de tejido perióplico con erosión de la banda perióplica y posibilita la formación de una fisura vertical. Otra complicación puede ser la pododermatitis del dedo accesorio, si afecta la piel próxima a los dedos accesorios.

Aparece con diferentes formas, generalmente más o menos circular entre 0,6 y 6 cm de diámetro. El olor penetrante es a menudo evidente y si se elimina el exudado y restos que generalmente cubren las lesiones erosivo ulcerativas, aparece una superficie roja propensa a sangrar y dolorosa al tacto. La piel afectada está completamente alopecica y el borde cubierto de pelos hipertróficos, rara vez hay inflamación de la zona, generalmente limitada a la piel afectada. En las lesiones reactivo/proliferativas la superficie exhibe un aspecto granulomatoso que se conoce como “piel de fresa” cuando se desarrollan puntas de queratina en la piel afectada. En casos más crónicos se describen diversos grados de pseudoverrugas pilosas sobre una superficie plana o elevada.

También se puede ver polimorfismo con aspectos erosivo, reactivo y proliferativos coexistiendo en la misma lesión (González, 2003).

La enfermedad se propaga rápidamente y la prevalencia a menudo supera el 70%. La dermatitis digital se desarrolla en cinco fases: M0; pezuña sana, piel digital normal y sin signos de dermatitis. La progresión de M0 a M1, se da a medida que las lesiones empiezan a desarrollarse como consecuencia de factores de riesgo. M1; temprana/subclínica, se caracteriza por defectos epiteliales pequeños, circunscritos, de color rojo a gris. Las lesiones miden menos de 2 cm (0,75 pulgadas) de diámetro y pueden aparecer en el espacio interdigital. También pueden aparecer entre episodios agudos de lesiones de dermatitis digital o en los márgenes de una lesión crónica M4, como fase intermedia. Pueden evolucionar a M2 o regresar a M0. Es importante resaltar que no siempre la evolución desde las primeras fases (M1) a las fases crónicas (M4, hiperqueratósicas) no siempre pasa por una fase M2. Suelen representar 10-30 % del rebaño. M2; úlcera dolorosa/aguda, presenta úlcera activa de color rojo brillante o lesión cutánea digital granulomatosa de color rojo a gris. El diámetro de las lesiones es de 2cm (0,75 pulgadas) o mayor. Situadas por lo general a lo largo del rodete coronario en el límite entre la piel y el estrato córneo, además de alrededor de los dedos rudimentarios, en grietas de la pared y, ocasionalmente, como defectos en la suela. Cuando se tratan eficazmente, empieza la curación (M3), también se puede crear un ciclo entre M2, M4 y M4.1. Los animales que desarrollan M2 solo una vez representan el 30-60% del rebaño. M3; curación, se produce entre uno y dos días después de la

aplicación del tratamiento de las lesiones M2 con antibióticos tópicos. La superficie de las lesiones se vuelve firme y adquiere un aspecto de costra y en el mejor de los casos, después del tratamiento tópico parece que la lesión ya no es dolorosa. La curación puede progresar hasta que la piel alcance la fase M0, puede también regresar a M2 o evolucionar a una lesión M4 crónica. M4; verrugas crónicas/peludas, esta fase presenta una hiperqueratosis, así como también se pueden presentar proliferaciones filamentosas, escamosas o de masas, conocidas habitualmente como “verrugas peludas”. Pueden regresar a M0 o pueden progresar a M4.1. También pueden convertirse en reservorio de la enfermedad a partir de bacterias enterradas profundamente en la epidermis y la dermis. M4.1; recurrente de forma crónica, presenta hiperqueratosis con una lesión M1 en su interior o una lesión M4 crónica con una lesión M1 temprana o intermedia en su perímetro. Pueden regresar a M4 o evolucionar a M2. Se convierte en reservorio de la enfermedad a partir de bacterias enterradas profundamente en la epidermis y la dermis (los *Treponemas spp.* en las lesiones M4 y M4.1 a menudo están enquistadas) (Zinpro, 2015).

2.9.1.3 Patologías del Talón.

➤ Erosión de talones.

Es conocida también como erosión del estrato corneo del talón o erosión ungular. Se define como una pérdida irregular de tejido corneo bulbar con la formación de depresiones puntiformes o como profundas ranuras. El estrato corneo es irregular en el talón y da lugar a surcos y pérdida de elasticidad en el mismo. La erosión de talones no es una enfermedad de la pezuña, sino más bien un signo de varias enfermedades de la misma.

Se caracteriza por pérdida irregular del tejido córneo en forma de cráter. Es causada por el *Bacteroides nodosus* y predispone el descuido de las pezuñas, produce cojera de ligera a moderada, principalmente en las extremidades anteriores. El tratamiento se orienta igual al anterior y se deben corregir las pezuñas.

Se cree que la dermatitis interdigital sería un importante factor causal en la etiología de esta alteración. El origen no está muy claro, pero predisponen la humedad, el frío, deficientes condiciones higiénicas en el entorno y en las pezuñas y la acción

irritante de los purines. Múltiples microorganismos se ubican en los purines, pero ninguno en particular se ha identificado como causal de esta alteración. Algunos autores hacen mención al *Dichelobacter nodosus*, puesto que esta bacteria es la única que invade la piel y el estrato córneo de las pezuñas.

En estados iniciales la epidermis del talón desarrolla un aspecto de múltiples focos erosivos, como pequeños cráteres reunidos, pero en casos crónicos aparecen profundas fisuras en el tejido del talón. La pérdida de tejido córneo tiende a ser mayor en la zona más axial de talón, observándose en casos crónicos el talón extremadamente partido o ranurado (Toledo, 2006).

La maceración del estrato córneo debido a la falta de higiene del entorno y la pezuña conlleva a la destrucción del tejido córneo, la formación de surcos y la aparición de cargas de presión mecánica sobre los surcos del estrato córneo que causan dolor y lesionan la dermis. Las consecuencias son la aparición de hematomas y la predisposición a la aparición de úlceras, ambos en la suela.

La erosión de talones se da en diferentes grados de acuerdo a su gravedad. En el grado 1, el estrato córneo del talón se presenta difuso y caracterizado por una superficie irregular. En el grado 2, un único surco puede dar lugar a un aumento de presión sobre los tejidos blandos en el límite entre el estrato córneo y la piel; la interrupción periódica de la formación de tejido córneo en el talón debido a las reiteradas lesiones de DD conduce a la formación de ranuras en capas en el tejido córneo del talón. Mientras que en el grado 3, los surcos son profundos en el estrato córneo, hasta tal punto que la dermis queda expuesta (Zinpro, 2015).

2.9.1.4 Patologías de la Suela.

➤ Úlcera de la suela.

Se la denomina también como pododermatitis circumscripta, úlcera típica, úlcera palmar, úlcera solear o úlcera de Rusterholz. Se describe como una pérdida circumscripta del estrato córneo de la suela, perfora la capsula de la pezuña, lo que conduce a la exposición e infección de la dermis subyacente, quedando a su vez

expuesto el corion. El aspecto de la lesión varía dependiendo de su madurez. Las úlceras precoces pueden aparecer como un área circunscrita del estrato córneo de la suela que expone al corion. Se descubre en el recorte funcional.

Se considera a la laminitis como una causa mayor predisponente. La combinación de formación excesiva de tejido corneo, equilibrio/longitud de la pezuña incorrecto debido al crecimiento acelerado de casco en las paredes anterior y abaxial que predisponen a la sobrecarga de la pezuña posterior lateral y un excesivo desgaste y sobrecarga en el lugar típico, la sobrecarga adicional aplicada a la región de la suela-talón causa más trauma y exacerba la disfunción del corion subyacente que conduce a desarrollar una lesión. Otro factor coadyuvante es la erosión de talones que conduce a la pérdida de la capacidad amortiguante del área de la suela/talón. Las superficies para caminar, duras o abrasivas y el tiempo en estación excesivo también pueden desarrollar úlceras.

El fallo de las estructuras que proporcionan suspensión y soporte al tejuelo causado por problemas mecánicos o metabólicos conduce a la luxación del mismo, así como daños en la dermis e interrupción de la producción de tejido córneo. El crecimiento excesivo del estrato córneo del talón, por lo general en la pezuña lateral de la extremidad posterior, conduce a la contusión de la dermis y a la formación de una úlcera plantar.

La úlcera de suela puede diferenciarse de acuerdo a su gravedad en leve, moderada y grave. Cuando la úlcera es leve, el defecto es también leve en el estrato córneo de la suela, cerca del borde posterior del tejuelo, lo que provoca la exposición de la dermis. Sin embargo, cuando es moderada hay un defecto importante en el estrato córneo con exposición y protrusión de la dermis. La úlcera de suela grave se considera a la úlcera plantar en tratamiento y en vías de una prolongada recuperación; el defecto en el estrato córneo ha sido cubierto por un exceso de tejido de granulación.

El tratamiento requiere la eliminación de todo el tejido necrótico y la elevación de la pezuña afectada colocando un taco ortopédico en la pezuña sana.

El recorte funcional de las pezuñas es un importante factor preventivo de las úlceras de la suela. Una presencia elevada de úlceras de suela nos hace pensar de una

falta de bienestar de las vacas. Un mal diseño o mantenimiento de las áreas de reposo o una excesiva concentración de ganado puede suponer un exceso de horas de permanencia en pie de los animales y una mayor incidencia de úlceras de suela. La acumulación de purín en los pasillos conduce a importantes erosiones de talones que predisponen a la úlcera. La úlcera de la suela es más frecuente en estabulaciones de cubículos que en sistemas de cama caliente (Zinpro, 2015; González, 2003).

➤ Hemorragia de suela

Consiste en el cambio de color de la suela o el estrato córneo (rosa, rojo, azul o amarillo); es la sangre incorporada en el estrato córneo de la suela.

Entre los factores de riesgo se encuentran; el tiempo en estación excesivo, la laminitis subclínica, superficies duras y abrasivas, suelas finas o crecimiento excesivo del estrato córneo del talón, heridas mecánicas, pezuñas largas y desequilibrio.

La lesión se produce principalmente debido a un exceso de peso o traumatismo mecánico en una pezuña previamente debilitada por una laminitis subclínica. El daño en los tejidos sensibles se traduce en hemorragias en el estrato córneo a medida que se produce, de manera que la sangre se incorpora al tejido producido.

Se puede prevenir mediante la corrección de las anomalías de las superficies donde caminan los animales.

➤ Absceso de suela

Se trata de una inflamación difusa y séptica del corion de la pezuña, con diferentes extensiones anatómicas. Generalmente se ubica en el corion solar, pero puede también extender al corion de la muralla.

La etiología consiste en la complicación séptica de una laminitis o la penetración bacteriana desde el exterior debido a una herida de la suela o la muralla, o también al reblandecimiento de algún sector de la línea blanca. Produce diferentes grados de claudicación según la extensión de la lesión.

Si no presenta un punto de drenaje en algún lugar del casco, hay que buscarlo mediante una minuciosa semiología. Con gubia o alicate debemos buscar y abrir un punto de drenaje, puede contener pus oscuro y maloliente. A partir de este punto se debe eliminar todo el tejido córneo despegado del corion, para esto podemos ir evaluando con una sonda la amplitud de la lesión. También el corion necrosado debe ser eliminado. Se aplica ácido metacresolsulfónico, algodón, vendaje y se coloca un taco ortopédico en el dedo sano (Perusia, 2001).

➤ Doble suela

Se trata de otra suela en formación o ya formada (doble suela). En algunos pocos casos se puede hallar esta segunda suela también despegada del corion con una tercera suela que se está formando.

Algunas veces esta lesión está localizada (Pododermatitis séptica localizada) en un punto de la suela que no corresponde a la zona típica. En este caso se produce poco trastorno claudicógeno y es de fácil resolución ya que la lesión está totalmente aislada y se puede eliminar fácilmente.

El diagnóstico se obtiene a través del esclarecimiento, desgastando en los sitios sospechosos de la suela (Perusia, 2001).

2.9.1.5 Patologías de la línea blanca.

➤ Enfermedad de línea blanca.

Conocido también como hormiguillo o absceso de la línea blanca, se caracteriza por separación en la línea blanca y pueden formarse abscesos en la unión entre el talón, la suela y la pared, y migrar hacia arriba, hasta alcanzar el rodete coronario.

Entre los factores de riesgo se encuentran las heridas mecánicas, laminitis subclínica con peor calidad del estrato córneo y superficies para caminar duras, abrasivas o irregulares.

Se produce un debilitamiento estructural localizado con posterior separación y posible desplazamiento hacia arriba y lateralmente. Así también la exposición o

penetración del estrato córneo y la posterior exposición de la dermis e infección (Zinpro, 2015).

Aparecen áreas necróticas y hemorrágicas, así como separaciones en la región de la línea blanca. Esto se corresponde con la zona de soporte de peso de la pezuña. Es un área activa de formación tisular, es una zona muy vascularizada y un sitio frecuente de hemorragias durante episodios de laminitis. La separación de la línea blanca es el resultado de la formación de tejido corneo de poca calidad en relación con la laminitis. El casco que constituye la línea blanca empieza a romperse y se muestra con una línea adyacente al área que se reconoce como unión entre la suela y la pared. Esta separación ocurre más frecuentemente en la unión suela-talón-pared en la pezuña posterior externa. Cualquier signo de separación de la línea blanca asociado a dolor o cojera debe ser explorado. Al hundirse el tejuelo, su borde abaxial ejerce un exceso de presión con un efecto cortante sobre la línea blanca, asociado a dolor o cojera que debe ser explorado. A consecuencia de la laminitis, hay separación dermis-epidermis, crecimiento distorsionado del tejido corneo y la línea blanca se ensancha, así como pierde calidad y es más propensa a la penetración de cuerpos extraños.

Es frecuente la formación de abscesos sub-soleares que conducen a dobles suelas. Estos abscesos se suelen formar por penetración bacteriana a través de la línea blanca dañada, incluso por penetración de cuerpo extraño (pequeñas piedrecitas incrustadas en las grietas consecuencia de la separación de la línea blanca) provocando alteraciones en esta que pueden degenerar en abscesos incluso ser complicados por la penetración de objetos extraños.

2.10 Producción de Leche.

2.10.1 Raza Holstein.

La raza Holstein, es también conocida como canadiense, Friesian y holandesa, se originó en Holanda y en el norte de Alemania. El color característico de su piel es blanco con manchas negras bien definidas en todo el cuerpo, aunque en ocasiones pueden ser rojizas. Cuando los animales son de raza para el vientre, la borla de la cola y las extremidades son blancas. En general, lo que los ganaderos buscan es el equilibrio de colores con una distribución aproximada de 50% blanco y 50% negro.

El ganado Holstein-Friesian moderno se divide en dos ramas: la Frison holandés propiamente y la Holstein-Friesian o rama americana (EE. UU y Canadá).

La Holstein es una raza, mucho mayor que las otras. Al nacer, las hembras pesan de 38 a 42 kg y los machos de 40 a 45 kg. Las vacas adultas pesan entre 600-700 kg, poseen un vientre grande que le permite comer mucho pasto de calidad y no tolera fácilmente los pastos pobres o los cambios de alimentación. No obstante, los toros en edad de cruzarse pueden pesar de 800 a 1.200 kg, éstos suelen ser más temperamentales, mientras que las vacas son más dóciles y de fácil manejo (Ávila & Gutiérrez, 2010).

A pesar de su gran tamaño, los animales de esta raza muestran un refinamiento en su tipo; estas son: conformación general equilibrada, pecho profundo y ancho; línea dorsal recta; anca larga y nivelada; ubre bien balanceada y fuertemente adherida; aplomos rectos y pezuñas anchas.

Cuando las vacas Holstein están con buena alimentación, pueden producir entre 20 y 25 litros diarios de leche, en dos ordeños diarios. La productividad de esta raza muestra variación según la estirpe de que se trate, dependiendo también del sistema de producción. Los mayores rendimientos se le atribuye al Holstein Americano, con un promedio adulto de 10.500 a 11.300 kg en leche por lactación; los Holstein Canadienses rinden 9.400 kg; el Frison holandés 8.300 kg en promedio, por lactación; el neozelandés alcanza 4.500 kg por lactación, esto se debe a la alimentación es sólo a base de forraje, a diferencia del Holstein de América y Europa, que reciben generosas raciones de alimentos concentrados.

La leche de estas vacas no es tan rica en grasa, pues apenas alcanza 3,6% de su peso, por lo que no se utiliza mucho para hacer mantequilla o queso.

La raza Holstein-Friesian en diversos países ha desplazado notablemente a otras razas nativas, tal es el caso de Inglaterra, país en que las razas tradicionales inglesas (Ayrshire, Guernsey y Jersey) han quedado reducidas a un porcentaje bajo. También en Francia y Austria se ha producido notable desplazamiento de las razas tradicionales, la Normanda en el caso de Francia y la Pinzgauer en el caso de Austria.

Entre 1950 y 1959, Nueva Zelanda tenía un hato lechero mayoritario de Jersey; en la actualidad, cuenta con un hato mayoritario de la raza Frisona, con un 70% en el 2008.

Con respecto a los países tropicales, los resultados que se obtuvieron en países como: India, Brasil y Cuba, se inclinan hacia las cruzas con Suizo y Jersey.

El ganado Holstein no soporta bien los climas tropicales, y por ello se lo ha cruza con algunas razas Cebú, cuyo resultado son vacas con mayor tolerancia al calor y al alimento pobre, siendo a la vez un buen productor de leche, pero sin igualar las cantidades que rinde el de raza pura (Lesur, 2005).

Esta raza se ha introducido en los más variados climas del mundo, sin embargo, no se oculta la necesidad de proporcionarle a este ganado alguna protección contra las condiciones ambientales difíciles; en el sur de los EE. UU, se han desarrollado para los alojamientos áreas de descanso con sombra que tiene aire acondicionado para refrescar al ganado en horas de máximo de calor.

En el trópico húmedo, esta raza no tiene buena adaptación, excepto en condiciones de microclima o de invierno extenso, donde el ganado es estabulado en esa época para su protección, ya que la zona de comodidad térmica para los animales va de los -4 a -24 °C, por lo que la recomendación general sigue siendo el clima templado en sus diferentes variantes (Ávila & Gutiérrez, 2010; Lesur, 2005).

2.10.2. La Leche.

La leche, es el producto obtenido de un ordeño completo e interrumpido, en condiciones de higiene, de vacas sanas, bien alimentadas y descansadas. El término leche, hace referencia a la leche de vaca, sin necesidad de especificarla, sin embargo, la leche proveniente de las demás especies, deben denominarse de acuerdo a la especie del cual provenga.

La leche se forma en las células del epitelio que recubre los alveolos o acinos de la mama, que no es otra cosa que un grupo de células sudoríparas modificadas.

En la vaca, existen cuatro cuartos mamarios independientes. La mama se encuentra suspendida de la región pubiana del abdomen mediante ligamentos carentes de elasticidad.

En la mama de la vaca, los acinos se reúnen en racimos formando los lóbulos; éstos se comunican, por un conducto colector ramificado, con la cisterna. El pezón se abre al exterior mediante un delgado canal único, el esfínter.

La actividad secretora de la mama se encuentra bajo la dependencia de un complejo hormonal lactógeno elaborado por el lóbulo anterior de la hipófisis; la prolactina forma parte de este complejo.

Una hormona del lóbulo posterior de la hipófisis, la oxitocina, provoca la contracción de las células mioepiteliales que rodean a los acinos, y esto da como resultado la expulsión de la leche hacia los conductos y cisterna, y la elevación de la presión intramamaria (Alais, 1970).

2.10.2.1 Composición de la leche en relación a la curva de lactación.

El porcentaje de proteína no se ve fuertemente afectado por cambios en la dieta, ni por efectos de dilución cuando la producción de leche disminuye al finalizar la lactancia. En los porcentajes de grasa y proteína, el punto más bajo aumenta del primer al segundo parto y permanece constante durante los demás partos. La proteína permanece constante entre los diferentes partos, pero en el caso de la grasa sí existen diferencias significativas entre los partos. A medida que aumenta la edad o el número de lactaciones aumenta la producción de leche y desciende los porcentajes de grasa y sólidos totales. A partir de la cuarta lactación los porcentajes de los componentes sólidos vuelven a incrementarse, principalmente en el porcentaje de grasa, el contenido proteico apenas se modifica. Sin embargo, analizando producción de leche en ganado Holstein, hembras de primer parto presentan un pico de producción bajo comparadas con hembras multíparas.

Para producción de leche y para los porcentajes de grasa y proteína, la curva de lactancia para el porcentaje de proteína se caracterizó por ser muy consistente y no presentar mayores fluctuaciones durante toda la lactancia.

Las mayores producciones de leche son alcanzadas en los partos 3, 4 y 5, obteniendo las mayores producciones iniciales y el pico de producción. En el parto 1, se obtienen las menores producciones durante toda la lactancia. En el porcentaje de grasa, los valores iniciales son más altos en los partos 5 y 6, en el porcentaje de proteína son en los partos 2 y 5. Las curvas de lactancia para porcentaje de proteína, a diferencia de las curvas para porcentaje de grasa, se caracterizan por presentar después del pico mínimo de producción una producción muy constante durante toda la lactancia. Por el contrario, los valores porcentuales de la grasa incrementan hacia el final de la lactancia (Cañas *et al.*, 2011).

No obstante, cabe mencionar que otras investigaciones también muestran variaciones estacionales en la composición láctea. La concentración de proteína tiende a ser mayor en las lactancias comenzadas en primavera, con respecto a las de otoño, lo que se debería a la alta disponibilidad y calidad de las praderas durante dicha época. En este mismo hecho, se observa paralelamente una disminución en el tenor graso.

2.10.2.2 Conteo de células somáticas.

Las células somáticas son células blancas propias del organismo que le sirven como defensa a la glándula mamaria de la vaca contra organismos patógenos. Están constituidas por una asociación de leucocitos y células epiteliales. Los leucocitos se introducen en la leche en respuesta a la inflamación que puede aparecer debido a una enfermedad o, a veces, a una lesión. Las células epiteliales se desprenden del revestimiento del tejido de la ubre.

La importancia del conteo de células somáticas en la leche, es que da a conocer si la leche obtenida de la glándula mamaria es de buena calidad, así también el estado de salud al obtener un número elevado de células somáticas.

La determinación del contenido de células somáticas de la leche, del tanque, de la vaca o de los cuartos de la ubre es un medio auxiliar de diagnóstico muy importante, con los resultados se corrobora la calidad de la leche; también, es necesario obtener los resultados del tanque cuatro veces por mes.

Las bacterias ambientales están presentes en el medio ambiente de la vaca, en su piel, pesebre, charcos de agua, etc. y penetran en la ubre cuando se dan determinadas condiciones. Una vez que las bacterias atacan las células del interior de la glándula mamaria, la respuesta inmunitaria del organismo es enviar glóbulos blancos de la sangre, para neutralizar a las bacterias invasoras. Estos glóbulos blancos, son lo que constituye los conteos de células somáticas (CCS). Un alto CCS en la leche de vacas individuales o en el tanque de enfriado significa que las bacterias han invadido la glándula de la vaca. Mientras que un nivel de células somáticas bajo o que se encuentre dentro de un rango aceptable por las pasteurizadoras, garantiza a los productores, que su leche sea de mejor calidad y mejor pagada. Asimismo, les permite tener un hato libre de enfermedades.

El conteo de células somáticas (CCS) es el número de células por mililitro de leche, es por consiguiente un indicador útil para la concentración de leucocitos en leche.

Las células somáticas son células del y normalmente están presentes en la leche, pero en niveles bajos. Un incremento del número de estas células dentro del alveolo, es un indicador como respuesta a la infección; aun cuando no han sido detectadas al observar la leche de la vaca.

Más del 98% de las células somáticas que se encuentran en la leche provienen de las células blancas, estas ingresan a la misma en respuesta a la invasión bacteriana de la ubre. Un alto conteo de células somáticas se asocia con la pérdida de la producción de leche.

Las glándulas mamarias que nunca se han infectado normalmente tienen CCS de 20.000 a 50.000 células/ml. En grandes poblaciones de vacas, 80% de los animales no infectados tendrán un CCS menor de 200.000 células/ml y 50% menor de 100.000 células/ml. Un conteo de células somáticas mayor de 200.000 células/ml indica la presencia de leche anormal. Los conteos de células somáticas por debajo de 400.000 células/ml son típicos de los hatos que poseen buenas prácticas de manejo, pero que no hacen un particular énfasis en el control de la mastitis. Los hatos que poseen un programa de control efectivo de la mastitis poseen en forma consistente conteos por

debajo de las 100.000 células/ml. Conteos de células somáticas mayores de 500.000 células/ml indican que un tercio de las glándulas se encuentran infectadas y que hay pérdida de leche mayor de 10%. Un cuarto de la glándula mamaria sano no muestra ninguna alteración patológica externa, su leche no contiene microorganismos patógenos y mantiene un nivel de células somáticas menor de 100.000 células/ml (Hernández & Bedoya, 2008).

2.10.2.3 Fases de la Lactancia de acuerdo a la Curva de Lactación.

La curva de lactancia de hembras rumiantes ha sido de gran importancia biológica y económica del proceso de la lactancia. El patrón de producción de leche durante una lactancia en ausencia de factores limitantes o factores reductores, se divide básicamente en tres fases: fase calostrual, fase ascendente y fase descendente. La fase calostrual abarca los primeros 2-3 días de la lactancia, en los cuales la hembra produce el calostro. Estos días generalmente no se registran ni se consideran a la hora de tipificar curvas de lactancia.

Posterior a la fase calostrual, se inicia la fase ascendente, donde la producción se incrementará hasta alcanzar una producción máxima. Durante esta fase una característica importante por definir es la velocidad de ascenso o tasa de incremento en la producción de leche. Este factor está dado por el grado de inclinación de la curva en su fase ascendente. El momento del pico de la lactancia y el nivel absoluto de este pico son altamente dependientes de factores raciales y genéticos.

Finalmente, en la fase descendente se produce una disminución paulatina de la producción hasta el momento del secado. En la fase descendente es también importante tener en cuenta la velocidad de descenso de la producción. Esta se define comúnmente como la persistencia de la producción y está dada por el grado de inclinación de la curva en el descenso. La persistencia también depende en gran parte de factores genéticos (Vargas & Ulloa, 2008).

2.10.3. Sistema de Producción Compost Barn

Los establos de cama de compost (CBPB), son un sistema alternativo de alojamiento suelto que ofrece un excelente nivel de confort para las vacas lecheras. En

este tipo de establo, las vacas cuentan con un área de cama grande para descansar en lugar de puestos individuales. El paquete de cama de compost se refiere a una mezcla de heces y orina producida por las vacas y la cama orgánica. A diferencia de los patios con camas de paja convencionales, toda la superficie de los paquetes de compost se revuelve una o dos veces al día para secar la superficie e incorporar estiércol en el paquete, este giro es de extrema importancia para la incorporación del oxígeno, permitiendo el desarrollo de bacterias aeróbicas que permiten el proceso de compostaje, promoviendo un lugar seco y cómodo a los animales. Los CBPB se encuentran en los Estados Unidos, Israel, Europa y Corea del Sur.

Un análisis de la literatura internacional identificó dos tipos principales de CBPB. Aunque ambos tipos parecen basarse en la evaporación del agua del paquete, las prácticas de manejo, el tipo de material de cama y las características del establo difieren significativamente.

El primer tipo, que se desarrolló inicialmente en los EE. UU. Y se aplicó con algunas modificaciones también en los Países Bajos y Austria, se basa en el desarrollo de calor en el paquete. En este tipo de CBPB, el factor más importante es mantener las características químicas y físicas adecuadas en el sustrato para promover la actividad microbiana aeróbica. El espacio recomendado para camas por vaca para este tipo de sistema de alojamiento varía de 7,4 a 12,5 m² / vaca. Los materiales de cama más utilizados son el aserrín, las virutas de madera y las astillas de madera. Las temperaturas máximas del paquete en este tipo de CBPB tienden a alcanzarse cuando el contenido de humedad del lecho está entre 40% y 60%. El segundo tipo de CBPB aprovecha el potencial de secado natural del aire en lugar de la producción de calor dentro del paquete. Este tipo de sistema de vivienda se ha desarrollado en Israel y es objeto de un creciente interés en los Países Bajos. El espacio recomendado para camas por vaca en este tipo de CBPB varía de 15 a 20 m² / vaca en establos provistos de callejones de alimentación raspados y hasta 30 m² / vaca en sistemas sin callejones de concreto.

Uno de los beneficios más notables de CBPB se refiere a la comodidad de la vaca y la salud de las pezuñas. El ganado lechero alojado en CBPB había reducido la cojera y las lesiones de corvejón en comparación con los alojados en establos gratuitos.

Además de los beneficios relacionados con el bienestar animal, si se maneja correctamente, este sistema de alojamiento alternativo puede tener otras ventajas: mejor estabilidad del compost obtenido; alto valor agronómico; minimiza los olores desagradables; menos moscas produce menos aguas residuales; reduce los costos de almacenamiento de estiércol; utiliza subproductos y desechos como ropa de cama.

Las principales desventajas de este sistema de alojamiento alternativo son el alto costo de la ropa de cama (especialmente el aserrín) y la mano de obra y la energía necesaria para remover el empaque. Así también la emisión gaseosa del paquete. La amplia superficie y la mezcla frecuente podrían resultar en una alta volatilización del amoníaco (Lesso *et al.*, 2011).

Para el mantenimiento de una cama considerada adecuada, la temperatura va entre 54 a 65 ° C y humedad entre 40 a 65%, es necesaria una constante reposición del material de la cama. Considerado un rango de temperatura entre 43 a 60 ° C, un total de 50% de las propiedades se encuadran, manteniendo la cama con sequía. En cuanto a la profundidad de la cama entre 30 a 60 cm (media de 42 cm) (Radavelli *et al.*, 2017).

Las superficies blandas reducen la incidencia de inflamaciones en las articulaciones del carpo, debido a que las vacas se levantan apoyando el peso del cuerpo sobre las patas delanteras. Una cama dura y unos suelos abrasivos y resbaladizos aumentan el riesgo de lesiones y cojeras. Los indicadores de comportamiento relacionados con la conducta de descanso sugieren que las vacas están más cómodas en estos sistemas. Asimismo, estos sistemas reducen la incidencia de lesiones de los cuartos trasero y delantero. Pero las vacas suelen estar más sucias en estos sistemas en comparación con los sistemas más convencionales. La limpieza tanto del suelo como de las vacas es importante no solo porque éstas prefieren echarse sobre una superficie limpia, sino también porque la suciedad aumenta el riesgo de infecciones y de cojeras. En efecto, la suciedad reblandece el estuche córneo de las pezuñas, aumentando el riesgo de lesiones en las mismas y daña la piel del espacio interdigital, exponiendo los tejidos más profundos a los microorganismos.

Desde 2014 la lechería Chiavassa dispone de una instalación con cama de tipo compost (“compost barn”) para el lote de vacas de alta producción. Las vacas se alojaban previamente en un sistema abierto sobre tierra. Durante los 3 meses

posteriores al cambio de instalaciones, las vacas de alta producción aumentaron en un 30% la eficiencia de conversión (1,80 vs. 1,40 litros/kg MS) sin que el consumo de materia seca (27,5 kg/día) se modificara de forma significativa. En otras palabras, consumiendo la misma cantidad de alimento, las vacas alojadas en las nuevas instalaciones de cama con compost produjeron 49 litros/día en lugar de 39 litros/día. En cuanto al impacto económico, el aumento de litros libres de alimentación fue del 36% (38,5 vs. 28,3 litros/día) (Temple *et al.*, 2016).

2.11. Las patologías podales y su relación con los indicadores de producción láctea.

En un estudio realizado por Flor & Tadich (2008), las patologías más diagnosticadas en las vacas examinadas en los rebaños fueron enfermedad de la línea blanca (54,9%), hemorragia plantar (52,7%), erosión de talones (48,4%), úlcera plantar (30,6%), doble suela (21,4%), dermatitis digital (7,7%) y otras (11,4%). En tanto que en los rebaños pequeños la frecuencia de las lesiones podales más diagnosticadas fueron: enfermedad de la línea blanca (82,5%), erosión de talones (53,3%), hemorragia plantar (24,6%), doble suela (13,7%), úlcera plantar (7,8%), dermatitis digital (6,6%) y otras (21,8%). También se agruparon patologías con una baja prevalencia como dermatitis interdigital, abscesos de rodete coronario y de la tercera falange.

Por otro lado, Toledo (2006) mencionó que las pérdidas económicas se deben a la disminución en la producción de leche, descarte de leche por el tratamiento, costos de tratamiento, ineficiente actividad reproductiva (disminución en la expresión del estro), desecho de animales a temprana edad y manejos adicionales para los animales afectados. Sin embargo, entre los parámetros a medir para evidenciar los impactos producidos por las cojeras se encuentran la disminución en el consumo de alimento debido a la dificultad para movilizarse y por el tiempo que permanece en decúbito, así también la consecuente pérdida de condición corporal. Esto conlleva a una disminución de la producción láctea.

Siguiendo la misma línea de análisis, Cardona & Cano (2003) evidenciaron que la falta de cuidado de las pezuñas puede originar pérdidas en la producción láctea que oscila entre el 20 y 25 % por animal, estimándose en un 10 % para la actividad cárnica. En observaciones hechas en la práctica diaria de la clínica ambulatoria de la

Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad de Córdoba, aproximadamente un 65% de los animales en producción presenta alteraciones digitales.

Por cada animal manifiestamente cojo existen doce o quince del mismo rebaño que ya presentan algún grado o algún tipo de afección podal que luego conducirán a cojeras serias. Dentro de los casos de claudicación en el ganado, las lesiones del dedo o pezuña son las más diagnosticadas y son la mayor causa de cojeras en los rebaños lecheros, alrededor de un 75-90%. El 90% se encuentran en las patas traseras, involucrando en la mayoría de los casos a la pezuña lateral. Entre las principales causas de claudicaciones se encuentran la úlcera solear y enfermedad de la línea blanca, estas como defectos del casco, y que se presentan como consecuencia de una disrupción del corion (laminitis o coriosis). En un estudio realizado en rebaños lecheros en Virginia, se observó una disminución de 320 kg (lactancia ajustada a 305 días) en vacas clínicamente cojas. En un estudio prospectivo realizado en Francia, en tres rebaños experimentales, se encontró que las mermas productivas ocurrieron en un 25% de los casos de claudicación, con una disminución promedio de 440 y 270 kg al inicio y último tercio de la lactancia, respectivamente. En primavera, las pérdidas estimadas ascendían a 360 kg de la producción ajustada a 305 días de lactancia, para las vacas cojas. Un estudio realizado para estimar las pérdidas productivas debidas a claudicación en un rebaño lechero de la X Región de Chile, concluyó que en primavera se encontró una disminución significativa de la producción ajustada a 305 días, en aquellas vacas que presentaron claudicación, siendo ésta de 377 kg (Toledo, 2006).

Contrariamente Confalonieri *et al.* (2008) no registraron diferencias significativas desde el punto de vista estadístico entre vacas con y sin patologías podales durante los tres primeros meses de lactancia al evaluar la producción láctea. Sin embargo, cabe destacar que, a partir del cuarto mes en adelante, las vacas con mayores niveles de producción estuvieron afectadas por algún tipo de patología podal, sugiriendo la influencia de factor “rusticidad” en el desempeño productivo de estos animales.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Tipo de estudio

El estudio fue observacional, analítico, prospectivo y de corte transversal.

3.2 Marco temporal

La investigación se extendió de diciembre del año 2018 a julio del año 2020.

3.3 Marco geográfico de referencia

Paraguay, ubicado en el centro de Sudamérica, entre las latitudes 19° 18' y 27° 30' y las longitudes 54° 19' y 62° 38' oeste del meridiano de Greenwich, es uno de los cinco países más pequeños en superficie, con 406.752 km². El clima se extiende de tropical húmedo en toda la Región Occidental y la parte Noroeste de la región oriental a templado lluvioso en la parte Este de la Región Oriental. La temperatura media anual es de 22,5 °C; el promedio en verano es de 26,1°C y en invierno de 20,8°C. En su territorio confluyen cinco Ecorregiones: El Bosque Atlántico del Alto Paraná, Cerrado, Chaco Húmedo, Chaco Seco y el Pantanal (Instituto LIFE, 2016; DGEEC, 2002).

El departamento de Caaguazú, se posiciona entre los paralelos 24° 30' y 25° 50' de latitud sur y los meridianos 55° 00' y 56° 45' de longitud oeste. Tiene una extensión de 11.474 km² y se halla dividido en 20 distritos, siendo Coronel Oviedo su capital. Las precipitaciones oscilan de 1.500 a 1.600 ppm y la temperatura media es de 22,5°C. La zona del Departamento donde se realizará el trabajo pertenece a la ecorregión del Bosque Atlántico del Alto Paraná (Bartrina, 2007).

La investigación fue desarrollada en tres tambos del distrito de Juan Eulogio Estigarribia y uno, en la jurisdicción de Tres Palmas.

3.4 Procedimientos

3.4.1 Población y muestras

3.4.1.1 Población enfocada:

Vacas de la raza Holstein Friesian que presentaron patologías podales diagnosticadas dentro de la fase de persistencia (descendente), correspondiente a la tercera o cuarta lactancia, criadas en establos de cama de compost (Compost-bedded pack barns).

3.4.1.2 Población accesible:

Cincuenta vacas de la raza Holstein Friesian que presentaron patologías podales diagnosticadas dentro de la fase de persistencia, correspondiente a la tercera, cuarta lactancia, criadas en establos de cama de compost (Compost-bedded pack barns), ubicados en fincas de producción en el Dpto. de Caaguazú, durante los meses de setiembre 2019 – febrero 2020.

3.4.1.3 Criterios de selección:

- Inclusión:
 - Vacas de tercera y cuarta lactancia.
 - Pertenecientes a la raza Holstein Friesian.
 - Que se encuentren dentro de la fase descendente de la curva de lactancia.
 - Criadas en establos de cama de compost (Compost-bedded pack barns).

- Exclusión:
 - Vacas, cuya participación en el estudio no se encuentre autorizada por el propietario.
 - Vacas sin patologías podales.

3.4.1.4 Muestreo:

Multietápico: En la primera etapa para la elección del lugar, el muestreo fue no probabilístico por conveniencia; mientras que, en la segunda etapa para la selección de animales fue no probabilístico de casos consecutivos.

3.4.2 Método

3.4.2.1 Método de campo

Se realizaron prácticas tendientes a aumentar la precisión y la exactitud de las mediciones. Para el efecto, se llevó a cabo una práctica de entrenamiento antes del inicio del estudio a través de la ejecución de un pre-test a fin de evitar el error sistemático y aumentar la exactitud.

Se efectuó la selección de los animales claudicantes, posteriormente fueron evaluados en la caja de operaciones (chutes) a fin de diagnosticar el tipo de patologías podales, clasificándolas de acuerdo a la localización anatómica de las lesiones en; patologías de la suela; zona interdigital; tapa; línea blanca y talón. De igual manera, fueron clasificadas según la evolución en; leve, moderado, severo y grave; teniendo en cuenta la profundidad de la lesión en cada zona anatómica considerada.

Una vez seleccionados y tras la evaluación de los animales afectados se procedió al tratamiento correspondiente, según parecer del profesional veterinario responsable, atendiendo el cumplimiento irrestricto de las normas de Bienestar Animal, contempladas en la Ley N° 4840/13.

Posteriormente, fueron consultados los datos relacionados a la cantidad de leche producida (kg/día) registrando la frecuencia y la producción obtenida en cada ordeño y el total diario. Para la toma de muestra se procedió a la colocación de guantes de procedimiento, con un trapo seco se eliminó la mayor cantidad de materia fecal u otros factores contaminantes de la ubre y de los pezones del animal. Se desinfectó con alcohol diluido en agua y con una toalla de papel, el pezón correspondiente al cuarto mamario del cual se extrajo la muestra de leche. Se eliminaron los diez primeros chorros de leche y luego se vertió la leche directamente del pezón al frasco con reactivo. Para la homogenización de la muestra se procedió a suaves movimientos repetidos en número de 10 a 15, colocándose luego en una conservadora cuya temperatura no superó los 5 °C. Al finalizar la recolección se realizó el envío de muestras antes de las 72 horas. Para la evaluación de los demás indicadores fueron analizados los componentes de la leche (porcentaje de proteínas y grasa) y el factor contaminante (recuento de células somáticas) (Hernández & Bedoya, 2008). Para el efecto las muestras de leche fueron analizadas laboratorialmente.

3.4.2.2 Método laboratorial.

En cuanto a las variables tenor de grasa y proteína, el método empleado fue espectrofotometría infrarroja conforme ISO 9622 IDF 141: (2013). Se midió la muestra con un infrarrojo, después del tratamiento previo y la homogeneización. El espectrómetro registró la cantidad de radiación absorbida en la transmisión a longitudes de onda específicas en la región del infrarrojo medio. Los datos espectrales se transformaron en estimaciones de concentraciones de constituyentes u otros parámetros físico-químicos a través de modelos de calibración desarrollados en muestras representativas de la población a analizar.

Para el recuento de células somáticas (recuento total celular sin discriminación celular) el método empleado fue citometría de flujo conforme ISO 13366-2 IDF 148-2: (2006). El procedimiento consistió en el conteo de las células somáticas presentes en la muestra; este estudio se basó en medir el umbral de intensidad de fluorescencia debido a la tinción del ADN en el núcleo de las células somáticas. Los contadores fluoro-optoelectrónicos contienen funciones para la captación de reactivos y muestras de prueba, una sección de mezcla y una sección de conteo.

3.4.3 Sistema de registro

Los datos fueron registrados en una planilla Excel confeccionada para el efecto (Anexo I).

3.5 Materiales

3.5.1 Biológicos

- Vacas en lactación de la raza Holstein Friesian.
- Muestras de leche.

3.5.2 No biológicos

- Tubos estériles.
- Conservadora.
- Hielo seco.
- Equipo informático.
- Overol.
- Guantes de procedimiento.
- Tapabocas.
- Lente protector.
- Bota de goma.
- Plancheta, marcador negro, bolígrafo, cuaderno.
- Cámara fotográfica digital LUMIX FZ 28 de 10,1 megapíxeles efectivos.
- Resma A4.
- Planilla de registro de datos.
- Tinta impresora Hp Deskjet F 4280 series.
- Chutes.
- Disco de corte.
- Secador.
- Gurbias.
- Tenaza.
- Pinza de dolor.
- Regla.

- Vendajes.
- Gasas.
- Curabichera plata.
- Yodo en gel al 2%.
- Bicarbonato al 100%.
- Tacón ortopédico de plástico o de madera.
- Pegamento.
- Pulverizador
- Trapo pequeño
- Toalla de papel

3.6 Plan de tabulación y análisis

3.6.1 Hipótesis estadística

H₀: Los tipos de patologías podales no están asociadas a los indicadores de producción láctea de vacas en lactación criadas en establos de cama de compost (Compost-bedded pack barns).

H_a: Los tipos de patologías podales están asociadas a los indicadores de producción láctea de vacas en lactación criadas en establos de cama de compost (Compost-bedded pack barns).

3.6.2 Variables

Se analizó la asociación existente entre el tipo de patología podal diagnosticada y los indicadores de producción láctea en vacas en la fase descendente de lactancia; esta asociación se evaluó en establos de cama de compost (Compost-bedded pack barns).

Para el efecto, fueron consideradas:

- **Variable independiente o predictiva:** Tipo de patologías podales, de acuerdo a su localización anatómica en; patologías de la tapa; de la zona interdigital; de la línea blanca, del talón y la suela. Fueron discriminadas según las estructuras afectadas y el grado de evolución en; leve, moderado, severo y grave.

- **Variable dependiente o resultante:** constituyen los indicadores de producción; entendidos como cantidad de leche producida; componentes lácteos (tenor graso y proteico); factor contaminante (recuento de células somáticas).
- **Producción láctea (PL):** Variable cuantitativa continua, que representa la cantidad de leche producida por día.
- **Recuento de células somáticas (CCS):** Variable cuantitativa continua, que representa la cantidad de células presentes en la leche (células epiteliales y leucocitos).
- **Tenor graso de la leche (G):** Variable cuantitativa continua.
- **Tenor proteico de la leche (P):** Variable cuantitativa continua.

3.6.3. Medición de resultados.

La producción láctea (cantidad de leche) constituyó el indicador de la productividad del rebaño. Los componentes estuvieron definidos por el tenor graso y proteico; mientras que, el factor contaminante estuvo indicado por la cantidad de células somáticas presentes en la leche (Hernández & Bedoya, 2008).

En ese sentido, la producción láctea (PL) fue estimada en cantidad, expresada en kilogramos/día. En relación a los indicadores de calidad, tenor graso de la leche (G) y tenor proteico de la leche (P) se expresaron en porcentaje; mientras que, la evaluación de los factores contaminantes fue determinada en función al recuento de células somáticas (RCS) expresada en cantidad células/ml.

Los datos fueron analizados con el programa estadístico INFOSTAT, versión 2016 (Di Rienzo *et al.*, 2016) por etapas; en primer lugar, se analizó la distribución de frecuencias de patologías podales diagnosticadas y de los indicadores productivos, sometiendo posteriormente los resultados al test de Friedman. Finalmente, mediante herramienta multivariada, se aplicó Análisis de correspondencias múltiple (ACM), a fin de determinar la asociación entre los tipos de patologías podales que afectan a vacas en lactancia y los indicadores de producción láctea.

➤ **Análisis de frecuencia.**

Se realizó análisis de frecuencia para conocer cómo se distribuyeron los datos referentes a miembros afectados, tipo de patología podal, zonas anatómicas afectadas y frecuencia de animales con indicadores de producción láctea categorizados en niveles bajo, medio y alto, según el número de lactancia; vale decir que, se determinó la cantidad de veces (frecuencia absoluta) observada en el conjunto de unidades en análisis, expresando además dicho valor en frecuencias porcentuales o relativa (Balzarini *et al.*, 2008).

➤ **Test de Friedman.**

Con el objetivo comparar la frecuencia de los diferentes tipos de patologías podales, así como los parámetros productivos en vacas durante la fase descendente de lactancia, fue utilizado el test no paramétrico de Friedman, clasificado como estadístico de orden. Los grupos de observación fueron conformados de acuerdo a los días de lactancia dentro de la fase descendente en categoría uno, de 92-137; categoría dos, de 138-182; categoría tres, de 183-227, y los bloques estuvieron representados por las lactancias (3ª y 4ª lactancias).

➤ **Análisis de correspondencia múltiple.**

A fin de determinar las asociaciones de mayor peso entre las modalidades de las variables en estudio, se realizó Análisis de correspondencia múltiple (ACM). Para el efecto, los indicadores de producción láctea fueron categorizados y analizados junto al tipo de patología podal presente y diagnosticada en cada uno de los grupos de observación y el número de lactancia analizados.

3.6.4 Presentación de resultados

Los resultados se presentaron en tablas, gráficos de barras y biplot.

3.6.5 Interpretación de resultados

La producción láctea en las vacas de la raza Holstein Friesian, en condiciones normales se encuentra dentro de un rango de 20,6 a 25,75 kilogramos de leche por día,

valores por debajo del límite inferior (20,6 kg/día) fueron indicadores de baja producción láctea; mientras que, por encima del límite superior (25,75 kg/día), fue considerada, alta producción (Ávila & Gutiérrez, 2010).

La grasa en la leche de vacas de esta raza oscila en un rango entre 3,5 % a 4,7%; valores inferiores a 3,5 % fueron considerados bajos y superiores a 4,7 %, altos. En cuanto a su contenido proteico, el rango fluctúa entre el 3% a 4 %, por debajo de 3% fue considerado bajo; mientras que, por encima de 4% alto (García *et al.*, 2014).

En cuanto a las células somáticas, entre 100.000 a 200.000 células/ml constituyeron un rango aceptable, por debajo de 100.000 células/ml fue óptimo mientras que, por encima de 200.000 células/ml fue considerado indicador de la presencia de alguna anormalidad (Hernández & Bedoya, 2008).

La hipótesis de investigación postulada “las patologías podales están asociadas a los indicadores de producción láctea de vacas en lactación criadas en establos de cama de compost (Compost-bedded pack barns)”, se sostiene si existen asociaciones con nivel de significancia estadística ($p < 0,05$).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El trabajo de investigación tuvo como principal objetivo evaluar la asociación entre los tipos de patologías podales y los indicadores de producción láctea de vacas en lactación, criadas en establos de cama de compost (Compost-bedded pack barns). Para el efecto, fueron evaluadas cincuenta vacas con patologías podales diagnosticadas durante la fase descendente de lactancia. El trabajo de campo se desarrolló en el departamento de Caaguazú, en tres tambos ubicados en el distrito de Juan Eulogio Estigarribia y uno, en la jurisdicción de Tres Palmas.

En cuanto a la frecuencia de presentación de patologías podales, la Tabla 1 expone los resultados de las observaciones, clasificadas de acuerdo al miembro y dedos afectados.

Tabla 1. Análisis de frecuencia de miembros y dedos afectados.

Miembro	Dedo	FA	FR (%)
Anterior	Lateral	3	6
	Medial	3	6
Posterior	Lateral	46	92
	Medial	24	48

Referencia: FA, frecuencia absoluta; FR, frecuencia relativa; %, porcentaje.

En la misma es posible advertir que, los dedos del miembro posterior fueron asiento de un elevado número de patologías; así, el dedo posterior lateral, registró el mayor porcentaje (92 %), sobre todo en comparación a los dedos III y IV del miembro anterior, que exhibieron las menores casuísticas (6%).

Estos resultados fueron similares a los reportados por Luque, citado por Perusia (2001) al evaluar la distribución de las lesiones podales en bovinos con dificultades ambulatorias en Gran Bretaña, quien observó la ocurrencia de afecciones localizadas en los miembros anteriores con una frecuencia equivalente al 14%, siendo

mayor en la pezuña medial en relación a la lateral (7,8% vs 6,4%); por otro lado, cabe destacar que, en la presente investigación al analizar el recuento de casos que presentaron afecciones en el miembro posterior, fue posible distinguir mayores dolencias en las pezuñas laterales (92%) y mediales (48%) en relación a las reportadas en el trabajo citado precedentemente (74 % y 12%, respectivamente).

Congruentemente, Toledo (2006), al describir las estructuras anatómicas más afectadas en dedos de vacas lecheras detectó una presentación mayoritaria de lesiones en el dedo lateral de cada miembro (67%).

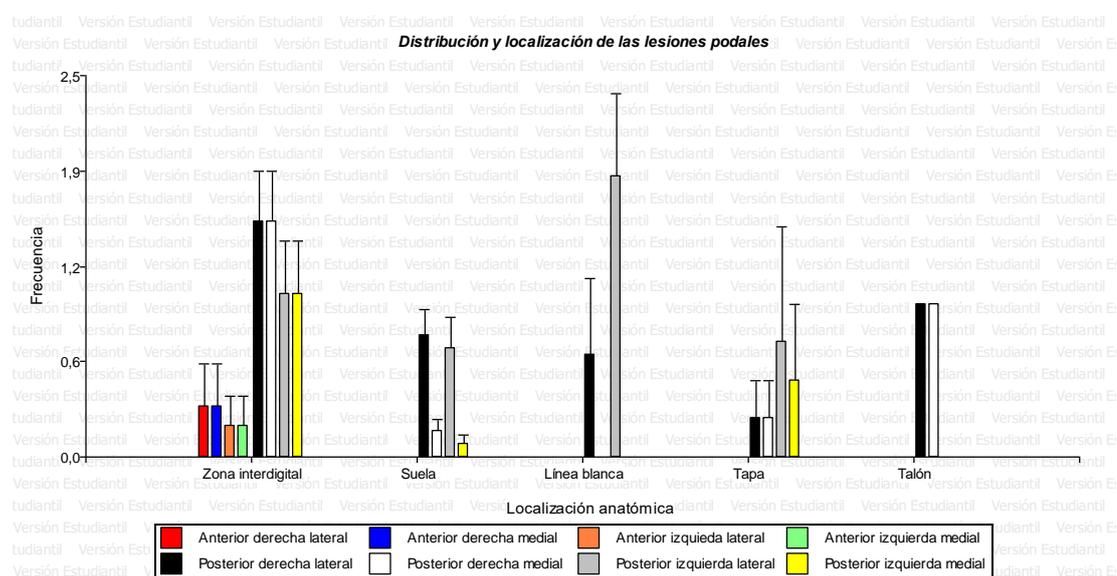


Gráfico 1. Frecuencia de las patologías podales de acuerdo a la localización anatómica

Siguiendo el hilo de la discusión, en el gráfico 1 es posible visualizar que todas las zonas anatómicas resultaron afectadas en el miembro posterior; sin embargo, en el miembro anterior la única zona, fue la interdigital. En el caso de la línea blanca, el cuarto dedo posterior izquierdo presentó mayor frecuencia de lesiones; seguidas por el tercer y cuarto dedos del miembro posterior derecho principalmente, en las zonas interdigital y del talón.

La Tabla 2 resume los resultados del análisis de frecuencia obtenido tras la evaluación de los datos referentes a la presentación de las diferentes patologías podales y su localización, atendiendo la zona anatómica afectada. En ese sentido aquella con mayor número de casos fue la suela (48%), seguida por la zona interdigital (30%),

representando ambas en conjunto el 78% del total registrado; mientras que, las regiones con menor casuística de patologías podales fueron la línea blanca, tapa y talón con 12%, 8% y 2%, respectivamente.

Tabla 2. Análisis de frecuencia de patologías podales

Localización	Patología	FA	FR (%)	FAA	FRA (%)
Suela	Úlcera	3	6	3	6
	Hemorragia	15	30	18	36
	Doble suela	1	2	19	38
	Absceso	5	10	24	48
Zona interdigital	Flemón	3	6	27	54
	Dermatitis	12	24	39	78
Tapa	Fisura axial	4	8	43	86
Línea blanca	Enfermedad de la línea blanca	6	12	49	98
Talón	Erosión	1	2	50	100

Referencia: FA, frecuencia absoluta; FR, frecuencia relativa; %, porcentaje; FAA, frecuencia absoluta acumulada; FRA, frecuencia relativa acumulada.

Es menester resaltar de igual manera que, la palma fue asiento de la mayor diversidad de patologías, observándose un elevado porcentaje de hemorragias (30 %); mientras que, la zona interdigital se caracterizó por la presencia de dos tipos de afecciones, entre las que se destacó la dermatitis con un 24% de los casos.

Los resultados acerca de la distribución de lesiones publicados por Perusia (2001), en relación a la frecuencia de lesiones interdigitales, fueron inferiores (21%) mientras que, las lesiones en bulbos y talones (13%), así como aquellas localizadas en la pared y suela (56%) fueron marcadamente superiores a las observadas en la presente investigación.

Por su parte González & Ramos, (2002) aseveraron que, las zonas anatómicas con mayor riesgo de sufrir presiones excesivas atañen a los puntos de inserción del tendón del músculo flexor digital profundo y la zona próxima a la línea blanca, que corresponde al borde abaxial de la pezuña.

Contrariamente, el estudio realizado por Molinas, citado por Pinedo (2014), señaló que las lesiones con mayor frecuencia, estaban constituidas por la erosión del talón (80,5%), enfermedad de la línea blanca (61,9%), sangrado de la línea blanca (19,5%) y dermatitis digital (23,8%); mientras que, con menor incidencia, úlcera de suela (1,9%), doble suela (4,3%), dermatitis interdigital (6,7 %) e hiperplasia interdigital (1,4%).

En base al gráfico 2 se pueden corroborar los resultados obtenidos, destacándose la dermatitis digital como la única patología presente, tanto en los miembros anteriores como posteriores, debido a que la ocurrencia de los demás trastornos solo fue detectada en los dedos del miembro posterior.

En ese sentido, la enfermedad de la línea blanca se presentó mayormente en el dedo posterior izquierdo lateral; sin embargo, el dedo posterior derecho lateral fue asiento de todas las patologías analizadas, independientemente de su frecuencia.

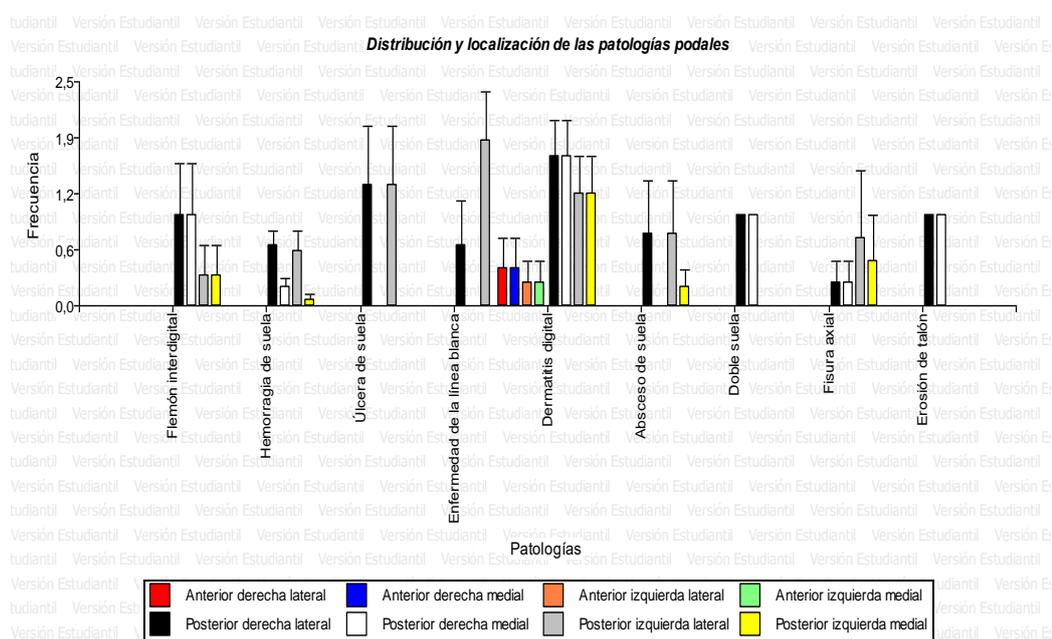


Gráfico 2. Frecuencia de diferentes patologías podales, de acuerdo a su localización anatómica.

En el mismo orden de ideas, la tabla 3 mostró la baja incidencia de patologías en el miembro anterior, con 96% a 98% de casos negativos, vale decir, sin ningún tipo de afección podal. De igual manera, se registraron evoluciones leves y graves en los

dedos del lado derecho; mientras que, en el lado izquierdo, los casos positivos presentes en menor frecuencia (2%) cursaron con evolución severa.

Tabla 3. Análisis de frecuencia de patologías podales localizadas en el miembro anterior

Dedo	Grado	FA	FR (%)	FAA	FRA (%)
Derecho lateral	Negativo	48	96	48	96
	Leve	1	2	49	98
	Grave	1	2	50	100
Derecho medial	Negativo	48	96	48	96
	Leve	1	2	49	98
	Grave	1	2	50	100
Izquierdo lateral	Negativo	49	98	49	98
	Severo	1	2	50	100
Izquierdo medial	Negativo	49	98	49	98
	Severo	1	2	50	100

Referencia: FA, frecuencia absoluta; FR, frecuencia relativa; %, porcentaje; FAA, frecuencia absoluta acumulada; FRA, frecuencia relativa acumulada.

En relación con los hallazgos mencionados anteriormente es importante tener en cuenta lo expuesto por Toledo (2006) quien manifestó que, en el miembro anterior la pezuña medial posee mayor superficie, situación que contribuye a que la mayoría de las lesiones se produzcan en el tercer dedo del miembro torácico.

En cuanto a los resultados referidos en la tabla 4 se evidenció un aumento de los casos positivos en el miembro posterior, donde los dedos laterales y mediales, derecho e izquierdo, mostraron patologías en distintos estadios de evolución, en otras palabras, desde casos leves, pasando por moderados, severos e incluso graves.

Cabe destacar que los dedos con menor número de alteraciones fueron los mediales (III dedo) tanto izquierdo (78% negativos) como derecho (66% negativos); mientras que, el más afectado, fue el derecho lateral, con el número más bajo de casos negativos (42%), circunstancia que coincide con lo reportado por Confalonieri *et al.* (2008) quienes manifestaron que los miembros con mayor porcentaje de patologías son los posteriores, sobre todo del lado derecho.

Tabla 4. Análisis de frecuencia de patologías podales localizadas en el miembro posterior

Dedo	Grado	FA	FR (%)	FAA	FRA (%)
Derecho lateral	Negativo	21	42	21	42
	Leve	16	32	37	74
	Moderado	9	18	46	92
	Severo	2	4	48	96
	Grave	2	4	50	100
Derecho medial	Negativo	33	66	33	66
	Leve	9	18	42	84
	Moderado	6	12	48	96
	Grave	2	4	50	100
Izquierdo lateral	Negativo	26	52	26	52
	Leve	11	22	37	74
	Moderado	4	8	41	82
	Severo	8	16	49	98
	Grave	1	2	50	100
Izquierdo medial	Negativo	39	78	39	78
	Leve	6	12	45	90
	Moderado	2	4	47	94
	Severo	2	4	49	98
	Grave	1	2	50	100

Referencia: FA, frecuencia absoluta; FR, frecuencia relativa; %, porcentaje; FAA, frecuencia absoluta acumulada; FRA, frecuencia relativa acumulada.

Dichos autores habían reportado que el 60,37% presentaba claudicación de grado tres, tipificada como moderada y caracterizada por el hecho que el animal se para o camina con postura de espalda arqueada, dando pasos cortos con una o más patas, incapacitándolo para el desarrollo de su actividad productiva en el tambo. Las claudicaciones de grado dos, catalogadas como leve, fueron reportadas en un 22,26%, frecuencia inferior a la registrada en la presente investigación, donde un porcentaje mayor de casos positivos fueron de evolución leve (32 %).

Dando continuidad al análisis, y a fin determinar las características productivas en las dimensiones tales como, componentes lácteos, factores contaminantes y cantidad de leche producida, el banco de datos fue filtrado de tal manera a eliminar

aquellas observaciones registradas en no más de un animal, con el objetivo de estimar medidas de tendencia central y dispersión.

En ese contexto, la erosión de talón y doble suela fueron desestimadas, reduciendo a siete el número de patologías presentes. De igual manera, una vez agrupados los animales, según los periodos de lactancia, la cantidad de observaciones se restringieron a treinta y nueve.

Así, los resultados registrados en la tabla 5 revelaron que el tenor promedio de grasa fue mayor durante el segundo periodo de la fase de persistencia (138 – 182 días), distinguiéndose, principalmente en la tercera lactancia, baja dispersión de las observaciones en congruencia con menores amplitud y coeficiente de variación que, si bien fue de 23,99%, resultó ser el más bajo.

Paralelamente, durante el mismo periodo se registró una disminución en el tenor proteico de la leche, que durante la cuarta lactancia alcanzó el promedio más bajo (2,95%) constituyendo además el grupo con mayor precisión en la estimación al registrar el menor coeficiente de variación (5,72%). No obstante, cabe destacar que, el comportamiento homogéneo de la totalidad de los grupos de análisis, se evidenció a través de valores de CV comprendidos entre 10 – 20 %, reflejando así una aceptable uniformidad (Martínez, 2017).

Según expresaron García *et al.* (2014) existen un rango de valores normales, que en el caso de la grasa láctea procedente de vacas de raza Holstein oscila entre 3,5% a 4,7 %; cabe destacar que el límite superior referido fue claramente superado por la mayoría de los grupos analizados, excepto aquel conformado por animales con 183 a 227 días de lactancia, cuyo valor se encontró dentro de los límites esperados.

Los mismos investigadores indicaron que el tenor de proteína en la leche fluctúa de 3% a 4 %. En ese sentido, los valores obtenidos en la presente investigación se encontraron dentro de los márgenes mencionados, excepto en aquellos animales pertenecientes al segundo grupo (138 – 182 días de lactancia).

Tabla 5. Medidas de resumen de las variables productivas durante la tercera y cuarta lactancias agrupadas en tres periodos de la fase de persistencia

Número de lactancia	Días de lactancia	Variable	\bar{x}	\pm DE	A	CV
Tercera	92 - 137	Grasa (%)	4,39	1,87	5,59	42,54
		Proteína (%)	3,05	0,35	1,29	11,45
		RCS_Log ₂ cél/ml	18,01	2,74	7,55	15,23
		Kg	35,27	11,06	41,24	31,35
	138 - 182	Grasa (%)	6,02	1,44	3,21	23,99
		Proteína (%)	3,04	0,61	1,35	19,99
		RCS_Log ₂ cél/ml	17,22	1,58	3,73	9,19
		Kg	38,35	11,64	27,09	30,35
	183 - 227	Grasa (%)	5,69	2,28	5,07	40,09
		Proteína (%)	3,53	0,35	0,81	10,06
		RCS_Log ₂ cél/ml	18,73	2,26	6,15	12,06
		Kg	32,68	10,88	27,58	33,28
Cuarta	92 - 137	Grasa (%)	5,33	2,39	6,79	44,93
		Proteína (%)	3,15	0,38	0,92	12,07
		RCS_Log ₂ cél/ml	19,09	2,32	6,54	12,16
		Kg	35,86	7,70	20,91	21,47
	138 - 182	Grasa (%)	6,34	2,20	4,56	34,69
		Proteína (%)	2,95	0,17	0,36	5,72
		RCS_Log ₂ cél/ml	18,74	1,79	5,26	9,56
		Kg	33,31	10,3	22,30	30,93
	183 - 227	Grasa (%)	3,91	1,98	2,80	50,64
		Proteína (%)	3,42	0,35	0,49	10,15
		RCS_Log ₂ cél/ml	18,72	0,00240	0	0,01
		Kg	37,65	14,21	20,09	37,74

Referencias: \bar{x} , media; \pm DE, desvío estándar; A, amplitud; CV, coeficiente de variación; %, porcentaje; RCS_Log₂, recuento de células somáticas con transformación logarítmica en base 2; cél, células; ml, mililitros; kg, kilogramos.

Si bien es cierto los mencionados autores precedentemente refirieron variaciones en el porcentaje de la fracción proteica y lipídica en respuesta a la interacción genotipo-entorno, es importante destacar que, la grasa fue reconocida como la más susceptible a presentar cambios. Estas aseveraciones fueron congruentes con lo publicado por Cañas *et al.* (2011) quienes puntualizaron la constancia de las concentraciones proteicas en vacas clínicamente sanas, independientemente del tipo de dieta, número de parto o momento dentro de la fase descendente de lactancia, lo que permite colegir que, en este trabajo y tratándose de animales con algún tipo de patología podal, dicho comportamiento pudo haberse alterado.

Por otro lado, la relación grasa: proteína de 1,05 a 1,18 manifestada por Éejna y Chládek, citado por García *et al.* (2014) fue verificada en este estudio, aunque de una manera más acentuada.

En relación al recuento de células somáticas (RCS), previo análisis, esta variable fue transformada a logaritmo en base dos, según lo recomendado por Dabdoub y Shook, citado por Cerón-Muñoz *et al.* (2007). Dicha transformación tuvo como objetivo corregir la asimetría y la curtosis obteniendo un acercamiento más aceptable a una distribución de tipo normal (Fornieles, 2013).

En la tabla 6 fueron consignados los valores de recuento de células somáticas obtenidos en la presente investigación, expresados con y sin transformación logarítmica y agrupándolos en categorías nominales designadas como bajo, medio y alto.

Tabla 6. Valores del recuento de células somáticas expresados con y sin transformación logarítmica.

Categorías	RCS cél/ml Log ₂	RCS cél / ml x 10 ³
Bajo	13,43 – 16,70	11,000 – 106,833
Medio	16,71 – 19,97	106,834 – 1.030,562
Alto	19,98 – 23,25	1.030,563 – 9.956,000

Referencia: RCS; recuento de células somáticas; cél, células; ml, mililitros; Log₂, logaritmo en base dos.

En ese contexto la interpretación de los resultados de la tabla 5 reveló que, la totalidad de los animales evaluados se agruparon en la categoría de recuento celular medio (16,71 – 19,97); vale decir, con 106.834 – 1.030.562 células por mililitro. Al

respecto Cerón - Muñoz *et al.* (2007), expresaron que, en casos de ausencia de infección mamaria, las células somáticas pueden oscilar entre 200.000 a 300.000 células por mililitro, mientras que, recuentos superiores a 800.000 células por mililitro suelen estar asociados con infecciones persistentes.

En cuanto a la cantidad de leche producida expresada en kilogramos, los valores alcanzados por los grupos de análisis fueron en su totalidad superiores a 30 kg, no obstante, con una notoria variabilidad plasmada en coeficientes de variación superiores a 30%, excepto para el grupo de 92 a 137 días de lactancia y cuarta parición, que presentaron la variabilidad baja (21,47 %) y menores dispersiones en torno a la media ($\pm 7,70$ kg)

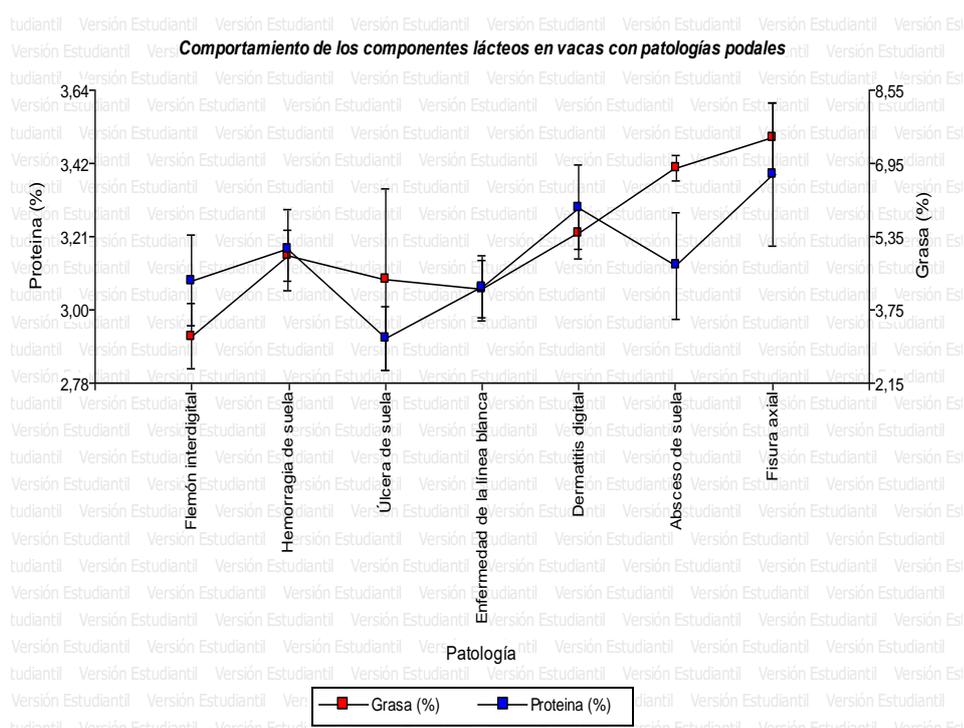


Gráfico 3. Variabilidad del porcentaje de grasa y proteína de las patologías podales

En la misma línea de análisis el gráfico 3 puso de manifiesto el comportamiento de los componentes lácteos en animales afectados con patologías podales; así, en aquellos aquejados por flemón interdigital se observaron bajos niveles de grasa; mientras que, la proteína experimentó un descenso en aquellos con úlcera de suela.

De igual manera, examinando los valores del RCS en aquellos animales aquejados por patologías con asiento en la suela, principalmente úlcera y absceso, fue posible detectar un aumento de los mismos; sin embargo, el cenit se observó en los casos con fisura axial, concomitantemente a un notable descenso de la cantidad de leche producida (Gráfico 4).

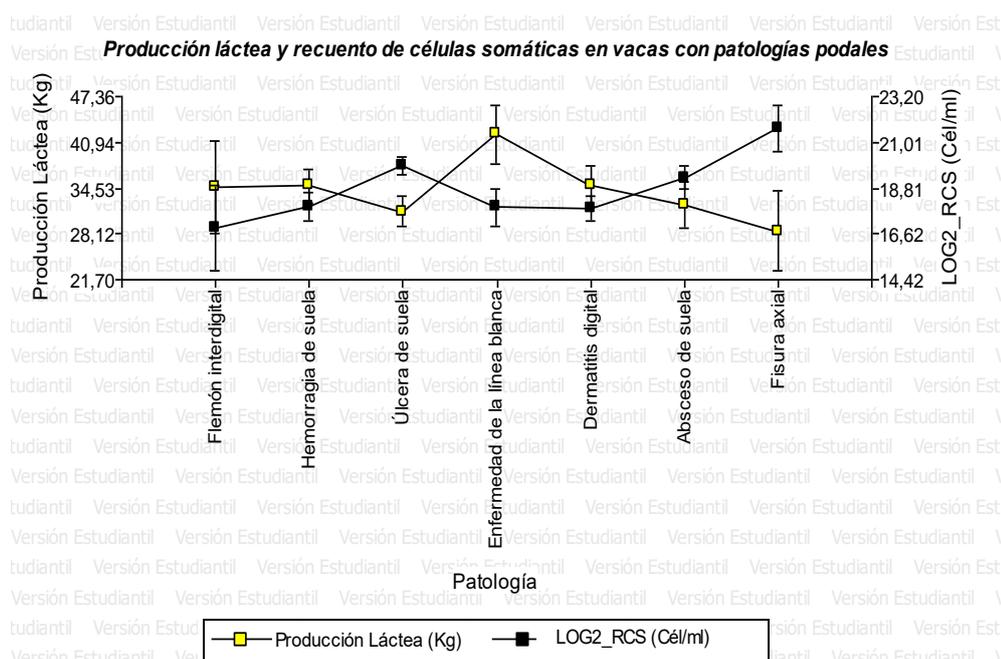


Gráfico 4. Variabilidad de la Producción Láctea y el Recuento de Células Somáticas en las diferentes patologías podales

Con el objetivo de comparar la frecuencia de patologías podales se conformaron tres grupos de análisis en base a diferentes periodos de lactancia dentro de la fase de persistencia. Los resultados de la casuística tanto en el dedo lateral como medial del miembro anterior derecho e izquierdo, fueron registrados en la tabla 7.

En cuanto al miembro anterior derecho, cabe destacar un mayor número de animales con patologías observadas durante el periodo de 92 a 137 días, sobre todo durante la cuarta lactancia; mientras que, en vacas de tercer parto, los dedos III y IV del miembro anterior izquierdo, fueron aquejados máxime, durante la segunda etapa de la fase descendente (138 – 182 días de lactancia).

Tabla 7. Casuística de patologías podales en las pezuñas del miembro anterior.

Dedos	Días de lactancia	Número de Lactancia				
		n	3°	n	4°	
Anterior Derecho	Lateral	92 – 137	14	7%	6	17%
		138 – 182	4	0%	7	0%
		183 – 227	6	0%	2	0%
	Medial	92 – 137	14	7%	6	17%
		138 – 182	4	0%	7	0%
		183 – 227	6	0%	2	0%
Anterior Izquierdo	Lateral	92 – 137	14	0%	6	0%
		138 – 182	4	25%	7	0%
		183 – 227	6	0%	2	0%
	Medial	92 – 137	14	0%	6	0%
		138 – 182	4	25%	7	0%
		183 – 227	6	0%	2	0%

Referencia: n, número de muestras; %, porcentaje.

En este contexto Farinango & Santamaría (2012) en congruencia con lo manifestado por González & Ramos, (2002) expresaron que las extremidades distales del miembro torácico reciben una distribución más uniforme de los pesos debido a la flexibilidad otorgada por la *symsarcosis*, unión entre el miembro torácico y la pared lateral del tórax por medio de músculos, constituyendo un factor amortiguador, que reparte las cargas de manera más homogénea en comparación con el miembro pelviano disminuyendo así, simultáneamente la casuística de cojeras; sin embargo, cuando las lesiones aparecen normalmente son más frecuentes en las pezuñas internas.

En cuanto a los resultados expuestos en la tabla 8, se constató mayor frecuencia de animales con afecciones podales en las pezuñas del miembro posterior, las que sobrevinieron durante la segunda etapa de la fase descendente de la curva de producción (138 – 182 días), con valores superiores en animales de tercer parto y menor casuística en vacas durante el periodo comprendido entre 183 a 227 días de lactancia, lo que podría deberse a una disminución progresiva del balance energético negativo que soportan los animales después del parto, siendo menos susceptibles de padecer patologías podales, conforme se aproximan al periodo de secado.

Tabla 8. Casuística de patologías podales en las pezuñas del miembro posterior.

Dedos	Días de lactancia	Número de Lactancia				
		n	3°	n	4°	
Posterior Derecho	Lateral	92 – 137	14	50%	6	67%
		138 – 182	4	75%	7	57%
		183 – 227	6	50%	2	50%
	Medial	92 – 137	14	29%	6	33%
		138 – 182	4	50%	7	14%
		183 – 227	6	33%	2	0%
Posterior izquierdo	Lateral	92 – 137	14	57%	6	50%
		138 – 182	4	75%	7	57%
		183 – 227	6	50%	2	50%
	Medial	92 – 137	14	29%	6	0%
		138 – 182	4	75%	7	0%
		183 – 227	6	17%	2	0%

Referencia: n, número de muestras; %, porcentaje.

Al respecto, Toledo (2006) expresó que el 90% de las afecciones se localizan en el miembro posterior, involucrando en la mayoría de los casos a la pezuña lateral. Según Blowey, citado por el mencionado autor, la pezuña lateral del miembro posterior es de mayor dimensión en virtud al peso que soporta. Por el contrario, en el miembro anterior lo es la pezuña medial. Esta diferencia de igual manera fue corroborada por Rodríguez *et al.* (2019) al evaluar las diferencias morfométricas de las pezuñas en diferentes genotipos bovinos destinados a la producción de terneros.

Estas evidencias respaldan el hecho que, las diferencias en las cargas que soportan las pezuñas lateral y medial del miembro posterior son la razón por la cual la mayoría de las lesiones ocurren en la pezuña externa; mientras que, en el miembro torácico responde a una desigualdad, con sobrecarga en la pezuña interna asociada a la inclinación del animal durante la toma del alimento. Congruentemente, Confalonieri *et al.* (2008) observaron mayor afección de las pezuñas de los miembros posteriores, entre ellos el derecho con 46,95% el izquierdo 33,23%.

Dando consecución al análisis, fue utilizado el test no paramétrico de Friedman clasificado como estadístico de orden; así los periodos dentro de la fase de persistencia

constituyeron los grupos de observación; mientras que, los números de lactancias fueron los bloques (tercera y cuarta lactancias).

Tabla 9. Resultados de la prueba de Friedman sobre la frecuencia de patologías podales, en animales de tercera y cuarta lactancias, durante tres periodos de la fase de persistencia.

Pezuñas	Días de lactancia	T ²	p - valor	Media de rangos
Anteriores	92 – 137	2,33	0,1335	2,38 _a
	138 – 182			2,00 _a
	183 – 227			1,63 _a
Posteriores	92 – 137	6,48	0,0102	2,00 _{ab}
	138 – 182			2,63 _b
	183 – 227			1,38 _a

Referencia: T², estadístico de Friedman; p, valor de la probabilidad, medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,050$)

Los resultados referidos en la tabla 9; evidenciaron que, al comparar la casuística registrada a nivel de las pezuñas de los miembros anteriores durante los tres periodos de la fase descendente, no existieron diferencias significativas entre los grupos (p – valor = 0,1335); no así al considerar la frecuencia en pezuñas del miembro pelviano, donde el p -valor fue menor al valor de significancia establecido en este estudio ($\alpha=0,05$); así el grupo con 183 a 227 días de lactancia se destacó entre los demás por la menor presentación de casos; mientras que, los animales con 92 a 137 días y 138 a 182 días de lactancia, expusieron una mayor frecuencia, sin diferencias significativas entre ellos.

Paralelamente fueron analizadas las frecuencias en cuanto al tenor proteico, grasa, recuento de células somáticas y cantidad de leche producida en los tres periodos y número de lactancia correspondiente. Las tres primeras variables fueron categorizadas en niveles bajo, medio y alto, según los valores registrados; mientras que, la última en baja, buena y aceptable, tal como se observa en la tabla 10 (Anexo 1). En cuanto a la proteína cabe destacar que, vacas de tercer parto en el 50% de los casos, mantuvieron niveles bajos, incluso hasta el día 182 de la fase descendente; en tanto que, durante el periodo comprendido entre 183 a 227 días de lactancia, ningún animal registró valores bajos de proteína, constatándose en contrapartida, tenores

medios y altos. En cuanto a la grasa, en su mayoría los registros correspondieron a valores medios y altos, tanto en la tercera como cuarta lactancia.

Siguiendo la línea del análisis, el recuento de células somáticas se concentró, con frecuencias elevadas, en la categoría considerada media (16,71 – 19,97); vale decir, con 106.834 – 1.030.562 células por mililitro, excepto en el primer grupo (92 - 137 días de lactancia) durante la tercera lactancia, donde se distribuyeron con idénticos valores (36%) en recuentos celulares bajos y altos. Por su parte, la cantidad de leche producida estimada en kilogramos, tuvo una distribución de frecuencias variable en las categorías clasificadas como baja, buena y elevada, tanto en la tercera como cuarta lactancias. A fin de comparar las características de producción en los grupos de observación, los datos fueron sometidos al test de Friedman.

Tabla 11. Resultados de la prueba de Friedman sobre las variables productivas, en animales de tercera y cuarta lactancias, durante tres periodos de la fase de persistencia.

VARIABLES productivas	Días de lactancia	T ²	p - valor	Media de rangos
Proteína (%)	92 – 137	0,52	0,6098	1,75 _a
	138 – 182			1,92 _a
	183 – 227			2,33 _a
Grasa (%)	92 – 137	0,11	0,8959	1,92 _a
	138 – 182			1,92 _a
	183 – 227			2,17 _a
RCS cel/ml	92 – 137	0,04	0,9643	2,08 _a
	138 – 182			2,00 _a
	183 – 227			1,92 _a
Producción leche (kg)	92 – 137	0,27	0,7708	1,83 _a
	138 – 182			1,92 _a
	183 – 227			2,25 _a

Referencia: T², estadístico de Friedman; p, valor de la probabilidad, medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,050)

Los resultados obtenidos, se exponen en la tabla 11; en la misma, la frecuencia de animales con niveles bajo, medio y alto en las variables productivas analizadas no fueron estadísticamente diferentes al comparar los grupos de observación conformados en base a los periodos de lactancia dentro de la fase descendente (p>0,05). No obstante, es importante destacar que, a pesar de este hecho, ciertamente las desigualdades

numéricas manifiestas en los grupos de análisis podrían generar un desfase económico en la rentabilidad de los emprendimientos pecuarios.

Siguiendo el hilo de la discusión, Cañas *et al.* (2011) al estudiar las curvas de lactancia para producción de leche, grasa y proteína en bovinos Holstein en Antioquia, Colombia enunciaron que, al aumentar la edad o el número de lactaciones, bajo condiciones normales, paralelamente aumentaba la producción de leche y descendía el porcentaje de grasa y sólidos totales; los mismos observaron que el tenor proteico se caracterizaba por una concentración constante durante toda la lactancia, mientras que los valores porcentuales de grasa se incrementaban hacia el final de la misma.

Por otro lado, Confalonieri *et al.* (2008), atribuyeron la disminución de la cantidad y calidad láctea (tenor graso y proteico) a la presencia de animales con patologías podales en el rebaño, afectando por ende la eficiencia productiva y el manejo general del rodeo lechero.

En congruencia, los hallazgos publicados por Hernández & Bedoya (2008) en relación al recuento de células somáticas expresaron que, un rango de 100.000 a 200.000 células/mililitro puede ser considerado aceptable, siendo óptimo por debajo del límite inferior referido y, por el contrario, indicador de alguna anormalidad por encima del término superior aludido. En efecto, partiendo de la premisa que la población analizada en el presente estudio estaba integrada en su totalidad por vacas con alguna patología podal, la presencia de valores expresados en millones, fue congruente con lo manifestado por los autores citados.

Por su parte Confalonieri *et al.* (2008), observaron que, al comparar grupos de animales con patologías podales y sanas dentro de la segunda parte de la curva de lactancia (120 días o más), la cantidad de leche producida difería estadísticamente, dejando en evidencia que las vacas con mejor performance productiva tenían mayor frecuencia de patologías podales. De manera conexa Dionel, citado por Pinedo (2014) manifestó la existencia de reportes en todo el mundo que confirmaban el hecho que las enfermedades podales disminuyen la producción láctea en animales afectados, pudiendo oscilar entre 1,5 a 2,8 litros de leche por vaca/día. De igual manera, señaló que, en un estudio prospectivo realizado en Francia, habían sido detectadas mermas productivas en un 25% de los casos con algún tipo de claudicación, y una disminución

promedio de 440 kg y 270 kg al inicio y último tercio de la lactancia, respectivamente. Sin embargo, Pinedo (2014) no detectó tales disimilitudes al evaluar la producción lechera en bovinos con problemas podales, concluyendo que la producción láctea total no difería en las mismas, lo que concuerda con los resultados obtenidos en esta investigación.

Siguiendo con el examen estadístico de los datos, es importante referir que el análisis de correspondencia múltiple (ACM) mide combinaciones entre modalidades de variables analizadas que tengan mayor inercia; vale decir, aquellas que contribuyen de forma importante a rechazar la hipótesis de independencia entre las variables o hipótesis nula (Balzarini *et al.*, 2008).

Tabla 12. Contribución de las diferentes categorías de variables productivas, en la constitución de cada uno de los ejes del análisis de correspondencia múltiple.

Dimensión	Coordenadas fila		Eje 1	Eje 2
Días de lactancia	C1_DL	92 – 137	-0,21	-0,05
	C2_DL	138 – 182	-0,59	-0,28
	C3_DL	183 – 227	1,28	0,47
Tenor proteico	C1_PROT	Baja	-0,76	-0,20
	C2_PROT	Media	0,36	0,65
	C3_PROT	Alta	0,70	-0,69
Tenor graso	C1_GRAS	Baja	0,34	1,16
	C2_GRAS	Media	-0,75	-0,28
	C3_GRAS	Alta	0,59	-0,44
Recuento de células somáticas	C1_RCS	Bajo	-0,99	0,94
	C2_RCS	Medio	0,47	0,17
	C3_RCS	Alto	-0,39	-1,16
Producción láctea	C1_kg	Baja	0,27	-0,90
	C2_kg	Buena	0,14	0,09
	C3_kg	Elevada	-0,44	0,80

Referencias: C1, categoría uno; C2, categoría dos; C3, categoría tres; DL, días de lactancia; PROT, proteína; GRAS, grasa; RCS, recuento de células somáticas; kg, kilogramos.

Los resultados de su aplicación señalaron la asignación de peso o inercia para cada categoría de variable nominal que aportó en la constitución de dos nuevos ejes o variables sintéticas que se utilizaron para representar el total de asociaciones. Es

importante destacar que, modalidades con pesos grandes, es decir alejados de cero y cercanas en un eje, se encontraron asociadas.

Tal como se observa en la tabla 12, las modalidades de variables relacionadas con las características productivas, que contribuyeron con mayor inercia en el eje uno, fueron; las categorías dos y tres para días de lactancia; las categorías uno y tres para tenor proteico, así como las categorías dos y tres para tenor graso.

En cuanto a la contribución en el eje dos, las modalidades de variables fueron; la categoría uno para tenor graso; las categorías uno y tres para recuento de células somáticas y las categorías uno y tres que estimaron la producción láctea en kilogramos.

Tabla 13. Contribución de las diferentes categorías de patologías podales y su evolución, en la constitución de cada uno de los ejes del análisis de correspondencia múltiple.

Dimensión	Coordenadas fila	Eje 1	Eje 2
Patologías podales	Hemorragia de suela	0,65	-0,07
	Enfermedad de la línea blanca	-0,79	1,08
	Dermatitis digital	-0,10	0,01
	Flemón interdigital	-0,71	0,28
	Absceso de suela	-0,54	-0,44
	Fisura axial	1,02	-1,29
	Úlcera de suela	-0,35	-0,78
Evolución	Leve	0,77	0,28
	Severo	-1,07	0,12
	Moderado	-0,26	-0,54
	Grave	0,15	-0,62

De igual manera, la tabla 13 detalla la contribución de las diferentes categorías en cuanto a patologías podales y su evolución; así, para el eje uno fueron de mayor relevancia la hemorragia de suela y el flemón interdigital junto con las modalidades de evolución leve y severo; mientras que, para el eje dos, presentaron mayor inercia la enfermedad de la línea blanca y la úlcera de suela, junto a evolución grave.

Siguiendo la misma línea de análisis, en el gráfico 5 se puede observar la disposición de las modalidades citadas y sus asociaciones atendiendo la cercanía a cada eje. Es importante destacar que, la proyección de las modalidades de las variables analizadas fue validada por el signo, localizándose hacia la izquierda y/o inferiormente, al ser negativo y hacia la derecha y/o superiormente, al ser positivo.

En ese sentido, atendiendo la situación de los animales con 183 a 227 de días de lactancia, es decir próximos al periodo seco, estos presentaron hemorragia de suela con evolución leve que no afectó el tenor graso y proteico, ya que se asoció a categorías clasificadas como altas.

A la izquierda del plano cartesiano se agruparon vacas pertenecientes a la categoría dos para días de lactancia (138 a 182 días) con presentación de flemón interdigital de evolución severa y disminución del tenor proteico (categoría uno, bajo) así como nivel medio de contenido graso.

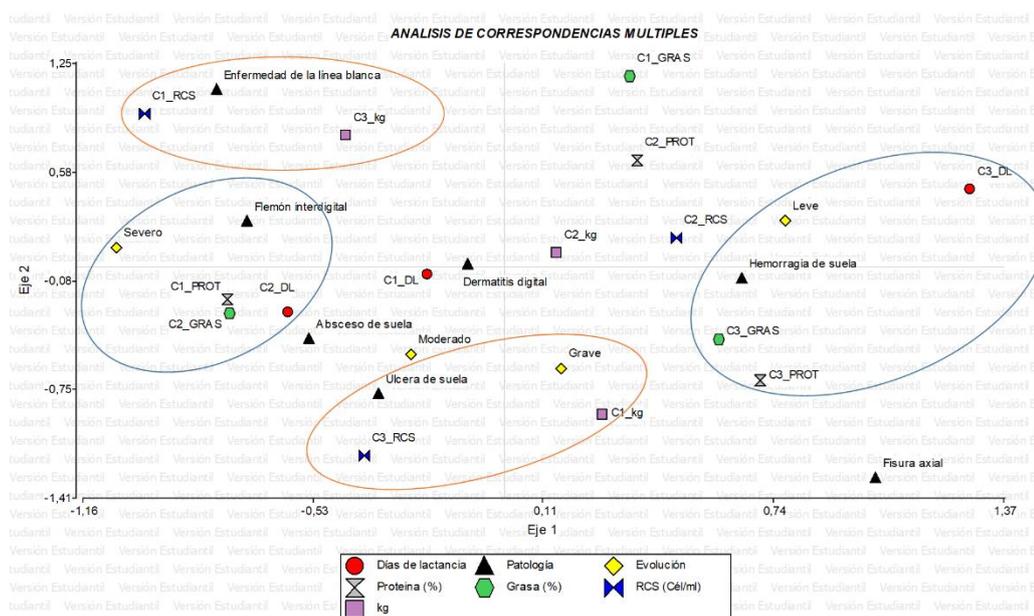


Gráfico 5. Biplot para el análisis de correspondencia entre modalidades de variables productivas y de patologías podales.

Las modalidades de categorías próximas al eje dos y distantes de cero, agruparon a los animales con enfermedad de la línea blanca, asociados al menor recuento de células somáticas (categoría uno, baja) y mayor volumen de producción láctea (categoría tres, alta), a partir de lo cual se podría colegir que esta patología no

impactó de manera negativa en ambos estándares de producción. Contrariamente, en la parte inferior del plano cartesiano se asociaron aquellos animales con úlcera de suela de evolución grave, mayor recuento de células somáticas (categoría tres, alto) y menor volumen de producción (categoría uno, bajo).

5. CONCLUSIÓN

A través del análisis de la frecuencia de patologías podales se constató una mayor presentación de afecciones en las pezuñas del miembro pelviano en relación al torácico, viéndose involucradas todas las zonas anatómicas; mientras que, en el miembro anterior solo la interdigital fue asiento del mayor número de padecimientos. Las patologías más frecuentes fueron dermatitis interdigital y hemorragia en la suela.

Considerando la frecuencia de patologías con asiento en las pezuñas del miembro pelviano el grupo más próximo al periodo seco fue aquel con menor casuística; mientras que, los grupos inmediatamente posteriores al pico de producción mostraron elevada ocurrencia, verificándose una preeminencia incluso hasta el día 182 de la curva de lactancia. Por otro lado, al confrontar la casuística registrada a nivel de las pezuñas del miembro torácico entre los diferentes grupos, estas no fueron estadísticamente significativas. De igual manera, los indicadores de producción láctea no difirieron en los animales agrupados según los días de lactancia.

La asociación de las patologías podales y los indicadores productivos fue verificada a través del análisis de correspondencia múltiple, que agrupó animales de la categoría tres a la presentación de hemorragia de suela leve, coligados a tenores proteicos y grasos elevados; mientras que, los de la categoría dos acusaron la presentación de flemón interdigital de evolución severa con niveles bajo y medio de proteína y grasa, respectivamente. La patología de menor impacto sobre la producción, debido al menor recuento de células somáticas y mayor cantidad de leche producida fue la enfermedad de la línea blanca; contrariamente, la úlcera de suela de evolución grave estuvo asociada al mayor recuento de células somáticas y menor cantidad de leche producida.

El objetivo general fue cumplido al evaluar la asociación entre los tipos de patologías podales y los indicadores de producción láctea de vacas en lactación,

criadas en establos de cama de compost (Compost-bedded pack barns). De igual manera se cumplieron los objetivos específicos consistentes en identificar vacas con patologías podales; determinar la frecuencia de los tipos de patologías podales diagnosticadas durante la curva descendente de la fase de lactación; determinar la producción láctea, el porcentaje de grasa y proteína, y células somáticas en la leche de vacas con patologías podales; comparar la frecuencia de los tipos de patologías podales y sus parámetros productivos.

En relación a la hipótesis planteada: Los tipos de patologías podales están asociadas a los indicadores de producción láctea de vacas en lactación criadas en establos de cama de compost (Compost-bedded pack barns); ésta se sostuvo pues fueron detectadas asociaciones con nivel de significancia estadística ($\alpha < 0,05$), identificando combinaciones de modalidades de las variables que contribuyeron a rechazar la hipótesis de independencia o H_0 .

Teniendo en cuenta estos resultados, se recomienda seguir con estudios que evalúen la asociación entre los tipos de patologías podales y los indicadores de producción láctea en otros sistemas de estabulación. De igual manera, evaluar la asociación de las afecciones podales y la producción láctea en la fase ascendente de lactancia, así como también la frecuencia de patologías podales durante el periodo seco.

ANEXOS

ANEXO A
PLANILLAS

Planilla 1.- Registro de datos, patologías podales.

ESTABLECIMIENTO: Campo Lindo

PROPIETARIO: Arnold Hildebran

DEPARTAMENTO: Caaguazú

DISTRITO: Campo 9

Orden	Identificación	Patología	Zona Anatómica					Miembro anterior		Miembro posterior		Dedo		Evolución			
			T	ZI	Tn	S	LB	Der.	Izq.	Der.	Izq.	Lateral	Medial	Leve	Moderado	Severo	Grave
1	739	Dermatitis digital	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-
2	180	Hemorragia de Suela	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-
3	622	Dermatitis digital	-	+	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+	-
			-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+	-
			-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	-
4	826	Enfermedad de la línea blanca	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-
			-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-
5	712	Dermatitis digital	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-
			-	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	-	-
6	171	Flemón digital	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-
7	794	Dermatitis digital	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-
8	612	Úlcera de Suela	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-
9	612	Enfermedad de la línea blanca	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-
10	734	Dermatitis digital	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+	-
			-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-
11	713	Enfermedad de la línea blanca	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-
12	778	Dermatitis digital	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	-	-

ESTABLECIMIENTO: Campo Lindo PROPIETARIO: Arnold Hildebran

DEPARTAMENTO: Caaguazú

DISTRITO: Campo 9

Orden	Identificación	Patología	Zona Anatómica					Miembro anterior		Miembro posterior		Dedo		Evolución			
			T	ZI	Tn	S	LB	Der.	Izq.	Der.	Izq.	Lateral	Medial	Leve	Moderado	Severo	Grave
1	778	Hemorragia de suela	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-
2	1604 HPH	Flemón digital	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	-	-
3	396 HPH	Flemón digital	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-
4	831 HPH	Hemorragia de suela	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-
5	771 HPH	Hemorragia de suela	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-
6	461 HPH	Úlcera de suela	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-

ESTABLECIMIENTO: Agromilk

PROPIETARIO: Hugo Kelher

DEPARTAMENTO: Caaguazú

DISTRITO: Tres Palmas

Orden	Identificación	Patología	Zona Anatómica					Miembro anterior		Miembro posterior		Dedo		Evolución			
			T	ZI	Tn	S	LB	Der.	Izq.	Der.	Izq.	Lateral	Medial	Leve	Moderado	Severo	Grave
1	797 Hol	Fisura axial	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-
2	815 Hol	Fisura axial	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-
3	808 Hol	Absceso de la línea blanca	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-
4	808 Hol	Absceso de suela	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-
5	713 Hol	Hemorragia de suela	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-
6	759 Hol	Dermatitis digital	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	+
8	712 Hol	Dermatitis digital	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	+
			-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-
9	171 Hol	Hemorragia de suela	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-
10	171 Hol	Doble suela	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-
11	180 Hol	Hemorragia de suela	-	-	-	+	+	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-
12	622 Hol	Dermatitis digital	-	+	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	+
			-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	+	-
13	606 Hol	Enfermedad de la línea blanca	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-
14	716 Hol	Enfermedad de la línea blanca	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-
15	716 Hol	Hemorragia de suela	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-
16	135 Hol	Absceso de suela	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-

ESTABLECIMIENTO: Agromilk

PROPIETARIO: Hugo Kelher

DEPARTAMENTO: Caaguazú

DISTRITO: Tres Palmas

Orden	Identificación	Patología	Zona Anatómica					Miembro anterior		Miembro posterior		Dedo		Evolución			
			T	ZI	Tn	S	LB	Der.	Izq.	Der.	Izq.	Lateral	Medial	Leve	Moderado	Severo	Grave
1	135 Hol	Dermatitis digital	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-
2	638 Hol	Hemorragia de suela	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-
3	672 Hol	Hemorragia de suela	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-
4	742 Hol	Dermatitis digital	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-
5	277 Ag	Hemorragia de suela	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-
6	18 Ag	Hemorragia de suela	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-
			-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-
7	836 Ag	Fisura axial	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-
8	873 Ag	Fisura axial	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-
9	873 Ag	Erosión de talón	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-
10	900 Ag	Hemorragia de suela	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-
11	999 Ag	Absceso de suela	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-
12	999 Ag	Hemorragia de suela	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-

ESTABLECIMIENTO: Karl Peters PROPIETARIO: Karl Peters

DEPARTAMENTO: Caaguazú DISTRITO: Campo 9

Orden	Identificación	Patología	Zona Anatómica					Miembro anterior		Miembro posterior		Dedo		Evolución			
			T	ZI	Tn	S	LB	Der.	Izq.	Der.	Izq.	Lateral	Medial	Leve	Moderado	Severo	Grave
1	288 KP	Absceso de suela	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-
2	282 KP	Úlcera de suela	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-
			-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-
3	273 KP	Absceso de suela	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-
4	252 KP	Dermatitis digital	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-
			-	+	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-
5	311 KP	Hemorragia de suela	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-

Zona Anatómica: (+): Presencia

T: tapa (-): Ausencia

ZI: Zona interdigital Tn:

Talón

LB: Línea blanca

S: Suela

Planilla 2.- Registro de datos, producción láctea.

Orden	Identificación	Lactación N°	Días en Lactación	Producción Láctea (kg/día)	Componentes		Factor Contaminante
					(%) Grasa	(%) Proteína	(%) Células Somáticas
1	739	3	160	36,57	4,53	3,04	34000
2	180	3	95	42,33	1,98	2,38	11000
3	622	3	182	50,06	5,18	2,68	450000
4	826	4	163	43,26	4,13	3	44000
5	712	3	196	33,48	7,9	3,26	321000
6	171	5	143	28,22	2,32	3,25	28000
7	794	4	92	45,94	5,97	3,05	107000
8	621	4	155	28,84	3,97	2,82	1686000
9	734	3	118	50,26	2,66	2,79	17000
10	713	3	95	56,44	5,23	2,78	55000
11	778	3	112	31,52	5,49	2,89	1860000
12	1604 HPH	3	97	47,59	4,6	3,17	2072000
13	396 HPH	3	96	28,22	2,6	2,82	30000
14	831 HPH	4	112	37,70	6,26	2,71	180000
15	771 HPH	3	115	36,46	2,21	3,07	386000
16	461 HPH	4	98	35,64	1,24	3,10	893000
17	797 Hol	2	175	34,51	9,06	3,37	1999000
18	815 Hol	1	229	41,30	5,97	3,03	16531000
19	808 Hol	1	286	31,72	6,62	3,19	990000
20	713 Hol	3	199	39,86	4,3	3,53	73000

Orden	Identificación	Lactación N°	Días en Lactación	Producción Láctea (kg/día)	Componentes		Factor Contaminante
					(%) Grasa	(%) Proteína	(%) Células Somáticas
1	759 Hol	2	247	26,78	6,54	3,95	118000
2	712 Hol	3	145	22,97	6,63	3,9	236000
3	171 Hol	2	94	47,17	1,19	3,07	8000
4	180 Hol	2	109	29,05	3,36	3,05	188000
5	622 Hol	3	131	41,51	3,94	3,57	294000
6	606 Hol	4	198	47,69	2,51	3,17	433000
7	716 Hol	3	227	44,08	2,83	3,39	111000
8	135 Hol	1	237	24,71	6,99	3,68	959000
9	638 Hol	4	193	27,60	5,31	3,66	432000
10	672 Hol	3	194	24,41	7,5	3,96	524000
11	742 Hol	3	92	24,10	7,28	3,27	222000
12	277 Ag	3	197	33,5	6,71	3,17	418000
13	18 Ag	3	107	15,20	4,97	3,67	1529000
14	836Ag	3	192	16,50	6,39	3,98	7880000
15	873 Ag	4	177	21,90	8,53	3,18	520000
16	900 Ag	3	154	43,80	7,74	2,55	152000
17	999 Ag	3	154	44,20	7,63	2,83	303000
18	282 KP	4	117	29,36	8,03	2,82	590000
19	288 KP	3	103	31,93	7,05	3,07	222000
20	273 KP	3	115	28,43	5,93	2,85	1830000
21	252 KP	3	120	29,87	1,69	3,46	933000
22	311 KP	4	116	25,03	6,51	3,63	9956000

ANEXO B
RESULTADOS ESTADÍSTICOS

G:\INES\ANATOMÍA 2015-2019\2018\TESIS DE GRADO\laura\BANCO DE DATOS\Tabla frecuencia.IDB2 : 2/3/2020 - 13:18:15 - [Versión : 20/9/2018]

Tablas de frecuencias

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
Cat_ADL	1	Grave	1	0,02	1	0,02
Cat_ADL	2	Leve	1	0,02	2	0,04
Cat_ADL	3	Negativo	48	0,96	50	1,00

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
Cat_ADM	1	Grave	1	0,02	1	0,02
Cat_ADM	2	Leve	1	0,02	2	0,04
Cat_ADM	3	Negativo	48	0,96	50	1,00

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
Cat_AIL	1	Negativo	49	0,98	49	0,98
Cat_AIL	2	Severo	1	0,02	50	1,00

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
Cat_AIM	1	Negativo	49	0,98	49	0,98
Cat_AIM	2	Severo	1	0,02	50	1,00

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
Cat_PDL	1	Grave	2	0,04	2	0,04
Cat_PDL	2	Leve	16	0,32	18	0,36
Cat_PDL	3	Moderado	9	0,18	27	0,54
Cat_PDL	4	Negativo	21	0,42	48	0,96
Cat_PDL	5	Severo	2	0,04	50	1,00

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
Cat_PDM	1	Grave	2	0,04	2	0,04
Cat_PDM	2	Leve	9	0,18	11	0,22
Cat_PDM	3	Moderado	6	0,12	17	0,34
Cat_PDM	4	Negativo	33	0,66	50	1,00

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
Cat_PIL	1	Grave	1	0,02	1	0,02
Cat_PIL	2	Leve	11	0,22	12	0,24
Cat_PIL	3	Moderado	4	0,08	16	0,32
Cat_PIL	4	Negativo	26	0,52	42	0,84
Cat_PIL	5	Severo	8	0,16	50	1,00

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
Cat_PIM	1	Grave	1	0,02	1	0,02
Cat_PIM	2	Leve	6	0,12	7	0,14
Cat_PIM	3	Moderado	2	0,04	9	0,18
Cat_PIM	4	Negativo	39	0,78	48	0,96
Cat_PIM	5	Severo	2	0,04	50	1,00

Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
Patología	1	Absceso de suela	5	0,10	5	0,10
Patología	2	Dermatitis digital	12	0,24	17	0,34
Patología	3	Doble suela	1	0,02	18	0,36
Patología	4	Enfermedad de la línea bla..	6	0,12	24	0,48
Patología	5	Erosión de talón	1	0,02	25	0,50
Patología	6	Fisura axial	4	0,08	29	0,58
Patología	7	Flemón interdigital	3	0,06	32	0,64
Patología	8	Hemorragia de suela	15	0,30	47	0,94
Patología	9	Úlcera de suela	3	0,06	50	1,00

Variable	Clase	MC	FA	FR	FAA	FRA
Localización	1	1	6	0,12	6	0,12
Localización	2	2	24	0,48	30	0,60
Localización	3	3	1	0,02	31	0,62
Localización	4	4	4	0,08	35	0,70
Localización	5	5	15	0,30	50	1,00

G:\INES\ANATOMÍA 2015-2019\2018\TESIS DE GRADO\laura\BANCO DE DATOS\Tabla_inferencial.IDB2 : 9/3/2020 - 12:34:00 - [Versión : 20/9/2018]

Medidas resumen

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	CATDL	Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
3		C1		Grasa (%)	14	4,39	1,87	42,54	1,69	7,28
3		C1		Proteina (%)	14	3,05	0,35	11,45	2,38	3,67
3		C1		LOG2_RCS (Cél/ml)	14	18,01	2,74	15,23	13,43	20,98
3		C1		kg	14	35,27	11,06	31,35	15,20	56,44
3		C2		Grasa (%)	4	6,02	1,44	23,99	4,53	7,74
3		C2		Proteina (%)	4	3,04	0,61	19,99	2,55	3,90
3		C2		LOG2_RCS (Cél/ml)	4	17,22	1,58	9,19	15,05	18,78
3		C2		kg	4	38,35	11,64	30,35	22,97	50,06
3		C3		Grasa (%)	6	5,69	2,28	40,09	2,83	7,90
3		C3		Proteina (%)	6	3,53	0,35	10,06	3,17	3,98
3		C3		LOG2_RCS (Cél/ml)	6	18,73	2,26	12,06	16,76	22,91
3		C3		kg	6	32,68	10,88	33,28	16,50	44,08
4		C1		Grasa (%)	6	5,33	2,39	44,93	1,24	8,03
4		C1		Proteina (%)	6	3,15	0,38	12,07	2,71	3,63
4		C1		LOG2_RCS (Cél/ml)	6	19,09	2,32	12,16	16,71	23,25
4		C1		kg	6	35,86	7,70	21,47	25,03	45,94
4		C2		Grasa (%)	7	6,34	2,20	34,69	3,97	8,53
4		C2		Proteina (%)	7	2,95	0,17	5,72	2,82	3,18
4		C2		LOG2_RCS (Cél/ml)	7	18,74	1,79	9,56	15,43	20,69
4		C2		kg	7	33,31	10,30	30,93	21,90	44,20
4		C3		Grasa (%)	2	3,91	1,98	50,64	2,51	5,31
4		C3		Proteina (%)	2	3,42	0,35	10,15	3,17	3,66
4		C3		LOG2_RCS (Cél/ml)	2	18,72	2,4E-03	0,01	18,72	18,72
4		C3		kg	2	37,65	14,21	37,74	27,60	47,69

Tablas de frecuencias

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
3			C1	Cat_ADL	1	Negativo	13	0,93	13	0,93
3			C1	Cat ADL	2	Positivo	1	0,07	14	1,00

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
3			C1	Cat AIL	1	Negativo	14	1,00	14	1,00

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
3			C1	Cat_ADM	1	Negativo	13	0,93	13	0,93
3			C1	Cat ADM	2	Positivo	1	0,07	14	1,00

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
3			C1	Cat AIM	1	Negativo	14	1,00	14	1,00

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
3			C1	Cat_PDL	1	Negativo	7	0,50	7	0,50
3			C1	Cat_PDL	2	Positivo	7	0,50	14	1,00

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
3			C1	Cat_PIL	1	Negativo	6	0,43	6	0,43
3			C1	Cat PIL	2	Positivo	8	0,57	14	1,00

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
3			C1	Cat_PDM	1	Negativo	10	0,71	10	0,71
3			C1	Cat PDM	2	Positivo	4	0,29	14	1,00

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
3			C1	Cat_PIM	1	Negativo	10	0,71	10	0,71
3			C1	Cat PIM	2	Positivo	4	0,29	14	1,00

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
3			C2	Cat ADL	1	Negativo	4	1,00	4	1,00

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
3			C2	Cat_AIL	1	Negativo	3	0,75	3	0,75
3			C2	Cat AIL	2	Positivo	1	0,25	4	1,00

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
3			C2	Cat ADM	1	Negativo	4	1,00	4	1,00

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
3			C2	Cat_AIM	1	Negativo	3	0,75	3	0,75
3			C2	Cat AIM	2	Positivo	1	0,25	4	1,00

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
3			C2	Cat_PDL	1	Negativo	1	0,25	1	0,25
3			C2	Cat_PDL	2	Positivo	3	0,75	4	1,00

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
3			C2	Cat_PIL	1	Negativo	1	0,25	1	0,25
3			C2	Cat PIL	2	Positivo	3	0,75	4	1,00

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
3			C2	Cat_PDM	1	Negativo	2	0,50	2	0,50
3			C2	Cat PDM	2	Positivo	2	0,50	4	1,00

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
3			C2	Cat_PIM	1	Negativo	1	0,25	1	0,25
3			C2	Cat PIM	2	Positivo	3	0,75	4	1,00

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
3			C3	Cat ADL	1	Negativo	6	1,00	6	1,00

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
3			C3	Cat AIL	1	Negativo	6	1,00	6	1,00

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
3			C3	Cat ADM	1	Negativo	6	1,00	6	1,00

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
3			C3	Cat AIM	1	Negativo	6	1,00	6	1,00

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
3			C3	Cat_PDL	1	Negativo	3	0,50	3	0,50
3			C3	Cat PDL	2	Positivo	3	0,50	6	1,00

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
3			C3	Cat_PIL	1	Negativo	3	0,50	3	0,50
3			C3	Cat PIL	2	Positivo	3	0,50	6	1,00

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
3			C3	Cat_PDM	1	Negativo	4	0,67	4	0,67
3			C3	Cat PDM	2	Positivo	2	0,33	6	1,00

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
3			C3	Cat_PIM	1	Negativo	5	0,83	5	0,83
3			C3	Cat PIM	2	Positivo	1	0,17	6	1,00

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
4			C1	Cat_ADL	1	Negativo	5	0,83	5	0,83
4			C1	Cat ADL	2	Positivo	1	0,17	6	1,00

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
4			C1	Cat AIL	1	Negativo	6	1,00	6	1,00

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
4			C1	Cat_ADM	1	Negativo	5	0,83	5	0,83
4			C1	Cat ADM	2	Positivo	1	0,17	6	1,00

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
4			C1	Cat AIM	1	Negativo	6	1,00	6	1,00

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
4			C1	Cat_PDL	1	Negativo	2	0,33	2	0,33
4			C1	Cat PDL	2	Positivo	4	0,67	6	1,00

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
4			C1	Cat_PIL	1	Negativo	3	0,50	3	0,50
4			C1	Cat PIL	2	Positivo	3	0,50	6	1,00

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
4			C1	Cat_PDM	1	Negativo	4	0,67	4	0,67
4			C1	Cat PDM	2	Positivo	2	0,33	6	1,00

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
4			C1	Cat PIM	1	Negativo	6	1,00	6	1,00

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
4			C2	Cat ADL	1	Negativo	7	1,00	7	1,00

BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
4			C2	Cat AIL	1	Negativo	7	1,00	7	1,00
BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
4			C2	Cat ADM	1	Negativo	7	1,00	7	1,00
BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
4			C2	Cat AIM	1	Negativo	7	1,00	7	1,00
BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
4			C2	Cat_PDL	1	Negativo	3	0,43	3	0,43
4			C2	Cat PDL	2	Positivo	4	0,57	7	1,00
BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
4			C2	Cat_PIL	1	Negativo	3	0,43	3	0,43
4			C2	Cat PIL	2	Positivo	4	0,57	7	1,00
BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
4			C2	Cat_PDM	1	Negativo	6	0,86	6	0,86
4			C2	Cat PDM	2	Positivo	1	0,14	7	1,00
BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
4			C2	Cat PIM	1	Negativo	7	1,00	7	1,00
BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
4			C3	Cat ADL	1	Negativo	2	1,00	2	1,00
BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
4			C3	Cat AIL	1	Negativo	2	1,00	2	1,00
BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
4			C3	Cat ADM	1	Negativo	2	1,00	2	1,00
BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
4			C3	Cat AIM	1	Negativo	2	1,00	2	1,00
BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
4			C3	Cat_PDL	1	Negativo	1	0,50	1	0,50
4			C3	Cat PDL	2	Positivo	1	0,50	2	1,00
BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
4			C3	Cat_PIL	1	Negativo	1	0,50	1	0,50
4			C3	Cat PIL	2	Positivo	1	0,50	2	1,00
BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
4			C3	Cat_PDM	1	Negativo	2	1,00	2	1,00
BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	TTO	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
4			C3	Cat PIM	1	Negativo	2	1,00	2	1,00

Prueba de Friedman miembro anterior.

C1	C2	C3	T ²	p
2,38	2,00	1,63	2,33	0,1335

Minima diferencia significativa entre suma de rangos = 5,957

Tratamiento	Suma (Ranks)	Media (Ranks)	n		
C3	13,00	1,63	8	A	
C2	16,00	2,00	8	A	B

C1 19,00 2,38 8 B
 Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,050$)

Prueba de Friedman miembro posterior.

C1	C2	C3	T ²	p
2,00	2,63	1,38	6,48	0,0102

Minima diferencia significativa entre suma de rangos = 5,957

Tratamiento	Suma(Ranks)	Media(Ranks)	n		
C3	11,00	1,38	8	A	
C1	16,00	2,00	8	A	B
C2	21,00	2,63	8		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,050$)

Tablas de frecuencias

CATDL	BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
C1	3			CATGrasa (%)	1	C1	5	0,36	5	0,36
C1	3			CATGrasa (%)	2	C2	7	0,50	12	0,86
C1	3			CATGrasa (%)	3	C3	2	0,14	14	1,00

CATDL	BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
C1	3			CATProteína (%)	1	C1	7	0,50	7	0,50
C1	3			CATProteína (%)	2	C2	4	0,29	11	0,79
C1	3			CATProteína (%)	3	C3	3	0,21	14	1,00

CATDL	BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
C1	3			CATLOG2_RCS (Cél/ml)	1	C1	5	0,36	5	0,36
C1	3			CATLOG2_RCS (Cél/ml)	2	C2	4	0,29	9	0,64
C1	3			CATLOG2_RCS (Cél/ml)	3	C3	5	0,36	14	1,00

CATDL	BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
C1	3			CATkg	1	C1	4	0,29	4	0,29
C1	3			CATkg	2	C2	7	0,50	11	0,79
C1	3			CATkg	3	C3	3	0,21	14	1,00

CATDL	BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
C1	4			CATGrasa (%)	1	C1	1	0,17	1	0,17
C1	4			CATGrasa (%)	2	C2	2	0,33	3	0,50
C1	4			CATGrasa (%)	3	C3	3	0,50	6	1,00

CATDL	BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
C1	4			CATProteína (%)	1	C1	2	0,33	2	0,33
C1	4			CATProteína (%)	2	C2	2	0,33	4	0,67
C1	4			CATProteína (%)	3	C3	2	0,33	6	1,00

CATDL	BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
C1	4			CATLOG2_RCS (Cél/ml)	1	C2	5	0,83	5	0,83
C1	4			CATLOG2_RCS (Cél/ml)	2	C3	1	0,17	6	1,00

CATDL	BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
C1	4			CATkg	1	C1	1	0,17	1	0,17
C1	4			CATkg	2	C2	4	0,67	5	0,83
C1	4			CATkg	3	C3	1	0,17	6	1,00

CATDL	BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
C2	3			CATGrasa (%)	1	C2	2	0,50	2	0,50
C2	3			CATGrasa (%)	2	C3	2	0,50	4	1,00

CATDL	BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
C2	3			CATProteína (%)	1	C1	2	0,50	2	0,50
C2	3			CATProteína (%)	2	C2	1	0,25	3	0,75
C2	3			CATProteína (%)	3	C3	1	0,25	4	1,00

CATDL	BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
C2	3			CATLOG2_RCS (Cél/ml)	1	C1	1	0,25	1	0,25
C2	3			CATLOG2_RCS (Cél/ml)	2	C2	3	0,75	4	1,00

CATDL	BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
C2	3			CATkg	1	C1	1	0,25	1	0,25
C2	3			CATkg	2	C2	1	0,25	2	0,50
C2	3			CATkg	3	C3	2	0,50	4	1,00

CATDL	BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
C2	4			CATGrasa (%)	1	C2	3	0,43	3	0,43
C2	4			CATGrasa (%)	2	C3	4	0,57	7	1,00

CATDL	BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
C2	4			CATProteína (%)	1	C1	4	0,57	4	0,57
C2	4			CATProteína (%)	2	C2	3	0,43	7	1,00

CATDL	BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
C2	4			CATLOG2_RCS (Cél/ml)	1	C1	1	0,14	1	0,14
C2	4			CATLOG2_RCS (Cél/ml)	2	C2	4	0,57	5	0,71
C2	4			CATLOG2_RCS (Cél/ml)	3	C3	2	0,29	7	1,00

CATDL	BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
C2	4			CATkg	1	C1	4	0,57	4	0,57
C2	4			CATkg	2	C3	3	0,43	7	1,00

CATDL	BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
C3	3			CATGrasa (%)	1	C1	2	0,33	2	0,33
C3	3			CATGrasa (%)	2	C3	4	0,67	6	1,00

CATDL	BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
C3	3			CATProteína (%)	1	C2	4	0,67	4	0,67
C3	3			CATProteína (%)	2	C3	2	0,33	6	1,00

CATDL	BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
C3	3			CATLOG2_RCS (Cél/ml)	1	C2	5	0,83	5	0,83
C3	3			CATLOG2_RCS (Cél/ml)	2	C3	1	0,17	6	1,00

CATDL	BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
C3	3			CATkg	1	C1	2	0,33	2	0,33
C3	3			CATkg	2	C2	2	0,33	4	0,67
C3	3			CATkg	3	C3	2	0,33	6	1,00

CATDL	BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
C3	4			CATGrasa (%)	1	C1	1	0,50	1	0,50
C3	4			CATGrasa (%)	2	C2	1	0,50	2	1,00

CATDL	BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
C3	4			CATProteína (%)	1	C2	1	0,50	1	0,50
C3	4			CATProteína (%)	2	C3	1	0,50	2	1,00

CATDL	BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
C3	4			CATLOG2_RCS (Cél/ml)	1	C2	2	1,00	2	1,00

CATDL	BLOQUE	NUMERO	LACTANCIA	Variable	Clase	Categorías	FA	FR	FAA	FRA
C3	4			CATkg	1	C1	1	0,50	1	0,50
C3	4			CATkg	2	C3	1	0,50	2	1,00

Prueba de Friedman proteína

C1	C2	C3	T ²	p
----	----	----	----------------	---

1,75 1,92 2,33 0,52 0,6098

Minima diferencia significativa entre suma de rangos = 7,878

Tratamiento	Suma (Ranks)	Media (Ranks)	n	
C1	10,50	1,75	6	A
C2	11,50	1,92	6	A
C3	14,00	2,33	6	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,050$)

Prueba de Friedman grasa

C1	C2	C3	T ²	p
1,92	1,92	2,17	0,11	0,8959

Minima diferencia significativa entre suma de rangos = 8,187

Tratamiento	Suma (Ranks)	Media (Ranks)	n	
C2	11,50	1,92	6	A
C1	11,50	1,92	6	A
C3	13,00	2,17	6	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,050$)

Prueba de Friedman RCS

C1	C2	C3	T ²	p
2,08	2,00	1,92	0,04	0,9643

Minima diferencia significativa entre suma de rangos = 8,247

Tratamiento	Suma (Ranks)	Media (Ranks)	n	
C3	11,50	1,92	6	A
C2	12,00	2,00	6	A
C1	12,50	2,08	6	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,050$)

Prueba de Friedman kg

C1	C2	C3	T ²	p
1,83	1,92	2,25	0,27	0,7708

Minima diferencia significativa entre suma de rangos = 8,065

Tratamiento	Suma (Ranks)	Media (Ranks)	n	
C1	11,00	1,83	6	A
C2	11,50	1,92	6	A
C3	13,50	2,25	6	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,050$)

G:\INES\ANATOMÍA 2015-2019\2018\TESIS DE GRADO\laura\BANCO DE DATOS\Tabla_inferencial.IDB2 : 11/3/2020 - 13:22:29 - [Versión : 20/9/2018]

Análisis de correspondencias

Contribuciones por celda al estadístico chi-cuadrado

Contribución a la Chi cuadrado

	Autovalor	Inercias	Chi-Cuadrado	(%)	% acumulado
1	0,61	0,37	150,09	13,68	13,68
2	0,56	0,32	127,40	11,61	25,29

Coordenadas fila

	Eje 1	Eje 2
C1_DL	-0,21	-0,05
C2_DL	-0,59	-0,28
C3_DL	1,28	0,47
Hemorragia de suela	0,65	-0,07
Enfermedad de la línea bla..	-0,79	1,08
Dermatitis digital	-0,10	0,01
Flemón interdigital	-0,71	0,28
Absceso de suela	-0,54	-0,44
Fisura axial	1,02	-1,29
Úlcera de suela	-0,35	-0,78
Leve	0,77	0,28
Severo	-1,07	0,12
Moderado	-0,26	-0,54
Grave	0,15	-0,62
C1_PROT	-0,76	-0,20
C2_PROT	0,36	0,65
C3_PROT	0,70	-0,69
C1_GRAS	0,34	1,16
C2_GRAS	-0,75	-0,28
C3_GRAS	0,59	-0,44
C1_RCS	-0,99	0,94
C3_RCS	-0,39	-1,16
C2_RCS	0,47	0,17
C2_kg	0,14	0,09
C3_kg	-0,44	0,80
C1_kg	0,27	-0,90

ANEXO C

TABLA

Tabla 10. Frecuencias relativas de las variables productivas agrupadas por categorías, registradas en tres periodos durante la curva de persistencia láctea en la tercera y cuarta lactancias.

Variables productivas	Categorías	Rangos	Lactancia N° 3			Lactancia N° 4°		
			92-137 días	138-182 días	183-227 días	92-137 días	138-182 días	183-227 días
Proteína %	Bajo	2,38 – 2,91	50%	50%	0%	33%	57%	0%
	Medio	2,91 – 3,45	29%	25%	67%	33%	43%	50%
	Alto	3,45 – 3,98	21%	25%	33%	33%	0%	50%
Grasa %	Bajo	1,24 – 3,67	36%	0%	33%	17%	0%	50%
	Medio	3,67 – 6,10	50%	50%	0%	33%	43%	50%
	Alto	6,10 – 8,53	14%	50%	67%	50%	57%	0%
RCS_Log ₂	Bajo	13,43 – 16,70	36%	25%	0%	0%	14%	0%
	Medio	16,71 – 19,97	29%	75%	83%	83%	57%	100%
	Alto	19,98 – 23,25	36%	0%	17%	17%	29%	0%
Producción leche (kg)	Baja	15,20 – 28,94	29%	25%	33%	17%	57%	50%
	Buena	28,95 – 42,69	50%	25%	33%	67%	0%	0%
	Elevada	42,70 – 56,44	21%	50%	33%	17%	43%	50%

Referencia: %, porcentaje; kg, kilogramos; RCS_Log₂, recuento de células somáticas con transformación logarítmica en base 2, 13,43 – 16,70 = 11,000 – 106,833 x 10³ células por mililitro; 16,71 – 19,97 = 106,834 – 1.030,562 x 10³ células por mililitro; 19,98 – 23,25 = 1.030,563 – 9.956,000 x 10³ células por mililitro.

ANEXO D
FOTOGRAFIAS



Fotografía 1. Introducción de la vaca en la caja de operaciones (Chute).



Fotografía 2. Pezuñas con dermatitis digital, grado 2.



Fotografía 3. Erosión de talón en el dedo medial, grado 2.



Fotografía 4. Extracción de leche para su análisis en el laboratorio

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALAIS, C. 1970. Ciencia dela leche: principios de técnica lechera. México: Continental. 594 p.
2. AVILA TÉLLEZ, S.; GUTIERREZ CHAVEZ, A. 2010. Producción de leche con ganado bovino. 2ª ed. México: Manual Moderno. 442 p.
3. BALZARINI, M.G.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M.; CASANOVES, F.; DI RIENZO, J.A.; ROBLEDO, C.W. 2008. Manual del usuario. Córdoba, Argentina: Brujas. 336 p.
4. BARTRINA, L. 2007. Biodiversidad del Paraguay: contexto geográfico general. Asunción, Paraguay: Fundación Moisés Bertoni. 255 p.
5. CAÑAS, J.; CERÓN MUÑOZ, M.; CORRALES, J. 2011. Modelación de curvas de lactancia para producción de leche, grasa y proteína en bovinos Holstein en Antioquia, Colombia (en línea). Antioquia, Colombia. Consultado 5 mar. 2019. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/262755439>
[Modelacion de curvas de lactancia para produccion de leche grasa y proteina en bovinos Holstein en Antioquia Colombia](#)
6. CARDONA, C.; CANO, N. 2003. Alteraciones digitales del ganado bovino del trópico bajo (en línea). Revista MVZ Córdoba (Argentina). 8 (1):249-253. Consultado 5 mayo 2018. Disponible en <https://revistas.Unicordoba>
<https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/revistamvz/article/view/1048/1281>
7. CERÓN MUÑOZ, M.; AGUDELO, E.L.; MALDONADO ESTRADA, J.G. 2007. Relación entre el recuento de células somáticas individual o en tanque de leche y prueba de CMT en dos fincas lecheras del departamento de Antioquía. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias (Colombia). 20: 472-483 p.
8. CONFALONIERI, O.E.; SORACI, A.L.; PASSUCCI, J. A.; RODRIGUEZ, E.M.; BECALUBA, H.M.; TAPIA, M.O. 2008. Prevalencia y detección de factores de riesgo de patologías podales y su influencia en la producción láctea en bovinos de la cuenca lechera de Mar y Sierras de Tandil (en línea). Analecta Veterinaria (Chile). 28 (1): 15-20. Consultado 16 mayo 2019. Disponible en http://www.fcv.unlp.edu.ar/images/stories/analecta/vol_28_n2/prevalencia.pdf

9. DI RIENZO, J.A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M.G.; GONZALEZ L.; TABLADA, M.; ROBLEDO, C.W. 2016. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Consultado 31 mar. 2019. Disponible en <http://www.infostat.com.ar/>
10. DGEEC (Dirección General de Estadísticas y Censos, Py). 2002. Atlas censal del Paraguay: Caaguazú. Asunción, Paraguay, 220 p.
11. FARINANGO CHÁVEZ, M.A.; SANTAMARÍA FERNÁNDEZ, I.M. 2012. Evaluación de la influencia del recorte funcional de pezuñas mediante el método holandés en la producción láctea en vacas en diferentes estado de lactancia, en la hacienda “San Luis”, ubicada en el cantón San Miguel de los bancos (en línea). Guaranda, Ecuador. Consultado 05 mar. 2019. Disponible en <http://dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/792/1/065.pdf>
12. FLOR, E.; TADICH, F. 2008. Claudicaciones en vacas de rebaño lechero grandes y pequeños del Sur de Chile (en línea). Valdivia, Chile. Consultado 16 mayo 2019. Disponible en https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-732X2008000200003&lng=es&nrm=iso
13. FORNIELES, A. 2013. Transformaciones de datos en la elaboración de estudios salariales. Revista de Psicología del Trabajo y de las Organizaciones (España). 29 (2) : 75–82.
14. GARCIA, C.A.C.; MONTIEL, R.L.A.; BORDERAS, T.F. 2014. Grasa y proteína de la leche de vaca: comportamiento, síntesis y modificaciones. México: UCOPress. 85 – 105 p.
15. GONZÁLEZ, A. 2003. Podología. Bovis (España). (112): 116.
16. GONZÁLEZ, A.; RAMOS, J.M. 2002. Mecánica de apoyo, recorte funcional y laminitis en bovino (en línea). Madrid, España. Consultado 5 mayo 2018. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2601044>
17. GREENOUGH, P. 2009. Laminitis y claudicaciones en bovinos: cómo encarar esta problemática. Buenos Aires, Argentina: Intermédica. 291 p.
18. HERNÁNDEZ REYES, J.M.; BEDOLLA CEDEÑO, J.L.C. 2008. Importancia del conteo de células somáticas en la calidad de la leche (en línea). Revista Electrónica de Veterinaria (España). 9 (8): 1 – 34. Consultado 6 mar. 2019. Disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090908/090904.pdf>
19. IL (Instituto Life, Br). 2016. Ecorregiones del Paraguay. San Paulo, Brasil. Consultado 19 mar. 2019. Disponible en [https://institutolife.org/wp-content/up_loads/2016/09/Ecorregiones del Paraguay.pdf](https://institutolife.org/wp-content/up_loads/2016/09/Ecorregiones%20del%20Paraguay.pdf)

20. IDF (The International Dairy Federation). 2006. ISO 13366-2. Enumeration of somatic cells: guidance on the operation of fluoro-opto-electronic counters. 2^a ed. Consultado 29 mar. 2019. Disponible en <https://www.iso.org/standard/40260.html>
21. IDF (The International Dairy Federation). 2013. ISO 9622. Milk and liquid milk products: Huidelines for the application of mid infrared spectrometry. 2^a ed. Consultado 29 mar. 2019. Disponible en <https://www.iso.org/standard/56874.html>
22. KÖNIG, E.; LIEBICH, G. 2005. Anatomía de los animales domésticos: 2^a ed. Munich, Alemania: Panamericana. V. 2, 400 p.
23. LESUR, L. 2005. Manual del ganado bovino para leche: una guía paso a paso. México: Trillas. 80 p.
24. LESSO, L.; UBERTI, M.; MORSHED, W.; BARBARIL, M. 2013. A survey of Italian compost dairy barns (en línea). Mantua, Italy. Consultado 26 feb. 2019. Disponible en [https://www. Agroengineering.org/index.php/jae/article/view/jae.2013.e17/pdf](https://www.Agroengineering.org/index.php/jae/article/view/jae.2013.e17/pdf)
25. NAN MONTE, F.; GALOTTA, J. 2006. Anatomía del pie bovino (en línea). 14^a ed. Colonia, Uruguay. Consultado 17 mayo 2018. Disponible en <https://www.ivis.org/proceedings/rumiamentness/2006/Block7/Monte.pdf?LA=2>
26. MARTÍNEZ LÓPEZ, R. 2017. Métodos estadísticos aplicados en zootecnia. Asunción: Etigraf. 292 p.
27. PARAGUAY, Ley N° 4840. 2013. De protección y bienestar animal. Asunción, Paraguay: MAG. 14 p.
28. PERUSIA, O. 2001. Patología podales del bovino. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú (Perú). 12 (2): 65-77.
29. PINEDO, L. 2014. Problemas podales en bovinos que afectan la producción lechera en el Centro de Enseñanza e Investigación Yurimaguas granja km 17 – UNAP. Loreto, Peru: UNAP. 51 p.
29. RADAVELLI, W.M.; PAZINATO, J.B.; GUEL, J.; ABATTI, G.; DE FILTRO, R.C.; SCHOGOR, A.L.B. 2017. Características de cama de compost barns en regiões subtropicais (en línea). 7^a ed. Santa Catarina, Brasil: UDESC. Consultado 26 feb. 2019. Disponible en [https:// www .udesc.br/arquivos/ceo/id_cpmenu/778/4_mestrado_Ana_Luiza_Willian_Radavelli ES 15190624656191778.pdf](https://www.udesc.br/arquivos/ceo/id_cpmenu/778/4_mestrado_Ana_Luiza_Willian_Radavelli_ES_15190624656191778.pdf)
30. RIERA, M.; VILLA, V.; NIEVES, L.; PEREZ, M.; GAVIDIA, J.; ZALABETA, J. 2011. Características morfológicas de las pezuñas y su relación con el grado y distribución de las Claudicaciones en vacas de raza Carora (en línea). Barquisimeto, Venezuela. Consultado 5 mayo 2018. Disponible en [www.uco.es/conbiand/aica/templatemo_110 lin.../2011/Riera2011_1_300_303.pdf](http://www.uco.es/conbiand/aica/templatemo_110_lin.../2011/Riera2011_1_300_303.pdf)

31. RODRÍGUEZ, I.; NÚÑEZ, L.; CENTURIÓN, L. M.; CABALLERO, M.; MARTÍNEZ-LÓPEZ, O. R. 2019. Estudio morfométrico de pezuñas en genotipos bovinos criados en los humedales del Ñeembucú Paraguay. Archivos de Zootecnia (Paraguay) 68 (264) : 504–514.
32. TEMPLE, D.; BARGO, F.; MAINAU, E.; IPHARRAGUERRE, I.; MANTECA, X. 2016. Conducta de descanso y eficiencia productiva de las vacas de leche una visión práctica (en línea). Santa Fe, Argentina. Consultado 26 feb. 2019. Disponible en https://www.aapa.org.ar /39capa/39_congreso_trabajos/FAWEC15.pdf
33. TOLEDO, C. 2006. Descripción de las estructuras anatómicas afectadas en dedos de vacas lecheras faenadas en una planta procesadora del sur de Chile (en línea). Valdivia, Chile: FCV- UAC. Consultado 5 mayo 2018. Disponible en <http://cybertesis.uach.cl/ tesis/uach/2006/ fvt649d/doc/ fvt649d.pdf>
34. VARGAS, B.; ULLOA, J. 2008. Relación entre crecimiento y curvas de lactancia en grupos raciales lecheros de distintas zonas agroecológicas de Costa Rica (en línea). Heredia, Costa Rica. Consultado 19 mar. 2019. Disponible en <https://www.medvet.una.ac.cr/ posgrado/gen/ invest/30 crecxcurlac.PDF>
35. ZINPRO. 2015. Cojeras del ganado bovino. Minnesota, Estados Unidos. 70 p.

