



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA HISTOLOGÍA DEL
TEJIDO CórNEO DE LA PEZUÑA EN VAQUILLAS HOLSTEIN FRIESIAN
Y F1 DE VAQUILLAS ROJO SUECO CON HOLSTEIN FRIESIAN”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA**

PRESENTA:

IRASEMA BERENICE GALINDO GUERRERO

ASESOR: MVZ RAFAEL ORDÓÑEZ MEDINA

**COASESORES:
MVZ. IRMA TOVAR CORONA
DR. MIGUEL ÁNGEL CARMONA MEDERO**

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO

2008



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatoria

Con amor para mis padres:

*Marta Guerrero Rodríguez
René F. Galindo Enciso*

A mis hermanos:

Verónica y René

A mis sobrinos:

Anya y Raymundo

Reconocimientos

De manera especial agradezco enormemente su apoyo y la asesoría que con gran sabiduría me brindaron en la dirección de esta tesis, a mis profesores:

MVZ Rafael Ordóñez Medina

MVZ Irma Tovar Corona

MVZ Jaime Orozco Vargas

Quiero manifestar mi especial reconocimiento:

Al Dr. Miguel Ángel Carmona Medero, por su siempre buena disposición para este trabajo de tesis y sus valiosas contribuciones en el área de estadística y genética.

Al MF Germán Garrido Fariña por su gran colaboración en la parte técnica del procesamiento histológico de las muestras.

Agradezco a José Antonio Herrero, propietario del Rancho Cantarranas su apoyo al haberme otorgado las facilidades necesarias y su excelente cooperación para obtener de sus vacas las muestras de tejido córneo requeridas para este trabajo.

Irasema B. Galindo Guerrero.

Agradecimientos

Con cariño y admiración a mi familia:

A mi abuelita María de Jesús

A mis tías Irasema Lucila, Julieta Ethel y Aimé.

A mi tío Alejandro Gascón Mercado†

Por su amistad y valiosa presencia a mis profesores:

Irma Tovar Corona

Jaime Orozco Vargast

Rafael Ordóñez Medina

Por su confianza y apoyo en tiempos difíciles a mis profesoras:

Susana Elvira García Vázquez

Virginia Citlali Hernández Valle

Con aprecio a mis amigos y compañeros:

Alejandra Medina Espinosa

J. Abel Ramírez Salazar

Karem Olguín Lacunza

Lorena González

Mayté Hernández Márquez

Naiby Torres Vázquez

Rodolfo Sánchez Vega

ÍNDICE

1.- RESUMEN.....	1
2.- INTRODUCCIÓN.....	2
2.1.- Anatomía de la pezuña.....	4
2.1.1.- Conformación de la pezuña.....	8
2.1.2.- Biomecánica del pie.....	10
2.2.- Histología de la pezuña.....	11
2.3.- Fisiología de la pezuña.....	21
2.4. La selección genética y las pezuñas.....	22
2.4.1. Manejo genético del rojo sueco.....	24
2.5.- Patología de la pezuña.....	26
a) Laminitis.....	26
b) Pezuña contraída (en tirabuzón).....	27
c) Pezuñas de establo.....	27
d) Sobrecrecimiento plantar (callo plantar).....	28
e) Erosión del talón.....	28
2.6.- Prevención de las enfermedades podales.....	30
a) Factores Genéticos.....	30
b) Factores Ambientales.....	30
c) El cuidado de la pezuña.....	31
d) Factores Nutricionales.....	32

3.- OBJETIVOS.....	34
4.- MATERIAL Y MÉTODOS.....	35
5.- RESULTADOS.....	37
6.- DISCUSIÓN.....	43
7.- CONCLUSIONES.....	44
8.- BIBLIOGRAFÍA.....	46
9.- ANEXOS.....	49
<i>Recorte funcional (Preventivo) de las pezuñas</i>	

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Número</i>	<i>Contenido</i>	<i>Página</i>
Fig. 1	Superficie abaxial de la pared, tomada de VetAgro Internacional Consultants Inc. <i>www.cowdoc.net</i> .	5
Fig. 2	Superficie plantar de la pezuña, tomada de VetAgro Internacional Consultants Inc. <i>www.cowdoc.net</i> .	6
Fig. 3	Estructura de la pezuña, tomada de "Cattle Footcare and Claw Trimming" de E. Toussaint Raven.	7
Fig. 4	Ángulo anterior de la pezuña. Fotografía de Ordóñez, R., Tovar, I., Orozco, J.A.	9
Fig. 5	Serie de imágenes del perioplo y banda coronaria, tomada de VetAgro Internacional Consultants Inc. <i>www.cowdoc.net</i> .	13
Fig. 6	Corte histológico transversal de la tapa córnea de un Holstein Friesian. Fotografía de Ordóñez, R., Tovar, I., Orozco, J.A., Garrido, F.G., Galindo, I.B.	15
Fig. 7	Tejido córneo tubular. Fotografía de Ordóñez, R., Tovar, I., Orozco, J.A., Garrido, F.G., Galindo, I.B.	15
Fig. 8	Zonas del tubito córneo. Fotografía de Ordóñez, R., Tovar, I., Orozco, J.A., Garrido, F.G., Galindo, I.B.	15
Fig. 9	Serie de imágenes de la línea blanca. Fotografía de Ordóñez, R., Tovar, I., Orozco, J.A., Garrido, F.G., Galindo, I.B.	17
Fig. 10	Corion donde se aprecian las láminas dérmicas, tomada de VetAgro Internacional Consultants Inc. <i>www.cowdoc.net</i> . Fotografía de Pete Ossent. Suiza.	19
Fig. 11	Exposición gráfica del corte del corion y del estuche córneo, tomada de "Enfermedades de las pezuñas" de Günther, Manfred.	19
Fig. 12	Corte histológico del corion de la tapa, tomada de "Enfermedades de las pezuñas" de Günther, Manfred.	20
Fig. 13	Sistema capilar arterio-venoso del corion, tomada de VetAgro Internacional Consultants Inc. <i>www.cowdoc.net</i> . Fotografía de Jos Vermont. Inglaterra.	20
Fig. 14	Pezuña contraída (en tirabuzón). Fotografía de Ordóñez, R., Tovar, I., Orozco, J.A.	29
Fig. 15	Pezuña de establo, tomada de VetAgro Internacional Consultants Inc. <i>www.cowdoc.net</i> .	29
Fig. 16	Úlcera de la suela, tomada de VetAgro Internacional Consultants Inc. <i>www.cowdoc.net</i> .	29
Fig. 17	Enfermedad de la línea blanca. Fotografía de Ordóñez, R., Tovar, I., Orozco, J.A.	29

Fig. 18	Fisura vertical. <i>Fotografía de Ordóñez, R., Tovar, I., Orozco, J.A.</i>	29
Fig. 19	Doble suela, tomada de <i>VetAgro Internacional Consultants Inc. www.cowdoc.net.</i> <i>Fotografía de Christer Bergsten. Suecia.</i>	29
Fig. 20	Erosión del talón, tomada de <i>VetAgro Internacional Consultants Inc. www.cowdoc.net.</i>	29
Fig. 21	Fisura horizontal tomada de <i>VetAgro Internacional Consultants Inc. www.cowdoc.net.</i>	29
Fig. 22	“Haciendo casita” tomada de <i>VetAgro Internacional Consultants Inc. www.cowdoc.net.</i>	29
Fig. 23	Abrir las patas hacia los lados, tomada de <i>VetAgro Internacional Consultants Inc. www.cowdoc.net.</i>	29
Fig. 24	“Caminando a pasitos”, tomada de <i>VetAgro Internacional Consultants Inc. www.cowdoc.net.</i>	29

1. RESUMEN

El estudio histológico de la pezuña es un método objetivo para estimar su calidad y capacidad de resistencia. Se basa en la determinación de varios elementos de la microarquitectura de la capa media del tejido córneo como la densidad de los tubitos córneos (número de tubitos córneos por unidad de superficie (mm^2), el diámetro promedio de la médula de los tubitos, la relación corteza-médula y la apreciación de la delimitación entre la corteza de los tubitos córneos y la sustancia intertubular. Mientras más tubitos córneos por área de superficie existan, más gruesa será la corteza y más pequeña la médula, por lo tanto será más resistente la pezuña. En este trabajo se compararon mediante estudio histológico 20 muestras de tejido córneo de la pezuña de 10 vaquillas Holstein y 10 vaquillas F1 de Rojo Sueco con Holstein Friesian de un año de edad, para conocer la cantidad de estructuras tubulares queratinizadas por mm^2 . Las muestras fueron obtenidas del ápice de la pezuña lateral del miembro torácico, se colocaron en formalina al 15%, se cortaron a $2 \mu\text{m}$ de grosor en un micrótopo provisto con cuchillas de carburo de tungsteno, finalmente se colorearon con azul de toluidina-bórax. Se observaron en el microscopio óptico para determinar el número de estructuras tubulares córneas contenidas por mm^2 . Los resultados obtenidos demuestran que si hay diferencia estadísticamente significativa en la cantidad de estructuras tubulares de vaquillas Holstein y las de F1, a favor del primer grupo (73.26 vs 67.46).

INTRODUCCIÓN

Las cojeras en los bovinos constituyen una causa significativa de la reducción de la productividad en la industria ganadera. Esta disminución se manifiesta por la baja en el consumo de alimento, la pérdida de peso, la menor producción láctea y la reducción de la actividad reproductiva como consecuencia del dolor y malestar ocasionado por dichas cojeras (fig.1) (6, 7, 12, 22, 28, 29, 30, 35).

La industria vacuna lechera de hoy enfrenta retos ambientales y administrativos muy diferentes y más complejos que los existentes en el pasado. El mayor consumo de raciones altamente energéticas, el confinamiento de los hatos ganaderos en lugares con piso de concreto, la exposición constante a ambientes corrosivos, y tal vez el tamaño más grande en el cuerpo de las vacas, son todos factores de riesgo que incrementan las probabilidades de padecer cojeras (3).

Las cojeras se consideran como el tercer problema de salud más costoso en los hatos lecheros y representa el 15% del total de vacas eliminadas como desecho, únicamente superado por las causas de infertilidad y de mastitis. Adicionalmente, se puede considerar que de las eliminadas por razones atribuidas a problemas de reproducción, una parte se puede relacionar con la pobre detección de celo causada por las molestias en las patas. La magnitud del problema se puede visualizar considerando que las cojeras afectan a cerca del 25 % de las vacas en un rebaño promedio, y que la mitad de estas presentan episodios repetitivos a lo largo de su vida (3, 4).

Es reconocido que las cojeras están en gran parte influenciadas por la conformación y la estructura histológica de las pezuñas, la cual a su vez se ha observado que está relacionada con diversos factores tales como las condiciones de manejo de las vacas, la nutrición y la genética. En lo referente a los aspectos genéticos aunque se sabe que dicha conformación y estructura tienen una menor heredabilidad predecible en comparación a otros aspectos medibles tales como la producción de leche y/o la estatura se considera que no obstante esta situación, la heredabilidad de las características de las patas es un

parámetro adecuado para obtener una estimación confiable de las características del rebaño, por lo que el factor genético no puede ser subestimado en los esfuerzos encaminados a reducir la incidencia de las cojeras y cuyo estudio es el que se plantea en este trabajo de tesis (3).

El examen de la estructura histológica del tejido córneo de la pezuña es el método más objetivo para determinar la calidad del mismo. Este examen se basa fundamentalmente en el análisis de varios elementos de la microarquitectura de la capa media del tejido córneo. El número y tamaño de tubitos córneos en la pezuña tiene un coeficiente de heredabilidad de 0.38 que puede considerarse alto, y tomando en cuenta que el número de tubitos córneos en la pezuña de buena calidad oscila entre 60 y 80 por mm², se puede concluir que el estudio y análisis de este parámetro tiene un gran significado para la selección y el mejoramiento de las características del ganado lechero (16, 34, 35).

Una buena conformación de las pezuñas, así como un tejido córneo de buena calidad, proporcionará resistencia a las influencias externas que producen cojeras, y permitirá dentro de límites razonables la adaptación del animal a los nuevos sistemas de explotación y por lo tanto repercutirá positivamente en la producción láctea y la longevidad de las vacas (4, 35).

2.1. ANATOMÍA DE LA PEZUÑA

La pata del bovino se compone de dos dedos que están cubiertos por tejido córneo o pezuñas (35). La pezuña comprende la cápsula córnea y todo lo que ella contiene. Incluye la tercera falange, la porción distal de la segunda falange, el hueso sesamoideo distal o navicular, la bolsa podotroclear, los ligamentos articulares y la parte terminal de los tendones flexores y extensores. El estuche córneo también envuelve el corion vascular así como el tejido subcutáneo, que se modifica en localizaciones específicas para formar el rodete coronario y la almohadilla plantar (1, 15).

Externamente la pezuña está formada por la pared o muralla, la suela y los talones. La muralla presenta dos bordes: coronario o superior y plantar o de apoyo; y dos superficies: externa o abaxial e interna o axial, estas dos superficies se unen cranealmente formando la superficie dorsal y caudalmente se unen a los talones. Ambos dedos se unen en el borde coronario de la región axial formando el espacio interdigital constituido por piel (10, 15, 35).

La suela se ubica en el borde distal, entre la pared axial y la abaxial y se extiende desde el ápice hasta los talones. Tiene una forma ligeramente cóncava hacia el espacio interdigital. Tiene un grosor de 8 a 10 mm (10, 15, 19, 35).

La región posterior de la pezuña está totalmente encerrada por el tejido córneo de los talones incluyendo parte de la suela que constituye la porción plantar de los talones (30).

La sustancia córnea de los talones es delgada y flexible, protege a la almohadilla plantar que es el amortiguador en el momento de la absorción del peso (1).

La línea blanca es la unión del borde de apoyo de la pared con la suela. Mide unos 2 mm de ancho y se compone de tejido córneo suave. La línea blanca abaxial empieza en los talones y termina en la punta o ápex donde comienza la línea blanca axial que llega hasta el espacio interdigital. La línea blanca es de color grisáceo (1, 15, 35).

La superficie de apoyo está constituida por los talones y el borde distal de la superficie axial y abaxial de la muralla. Sobre una superficie lisa la pezuña descansa sobre el borde

de apoyo de la pared (en mayor grado la abaxial y en una pequeña extensión de la axial) y en parte del tejido córneo de los talones (35).

Figura 1. Superficie abaxial de la pared (37).

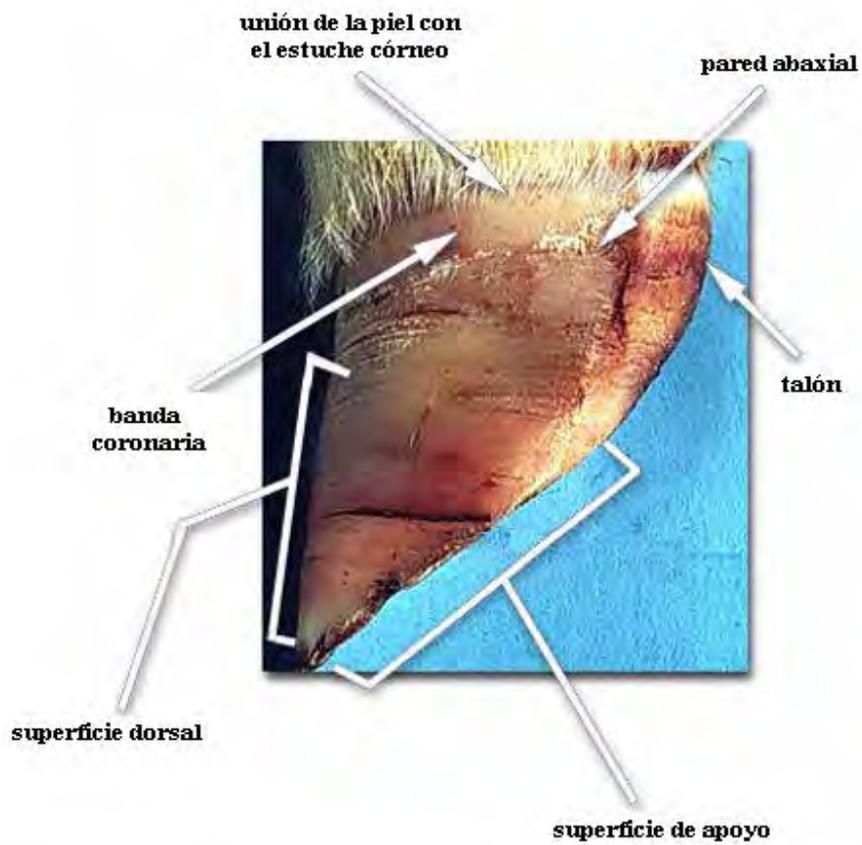
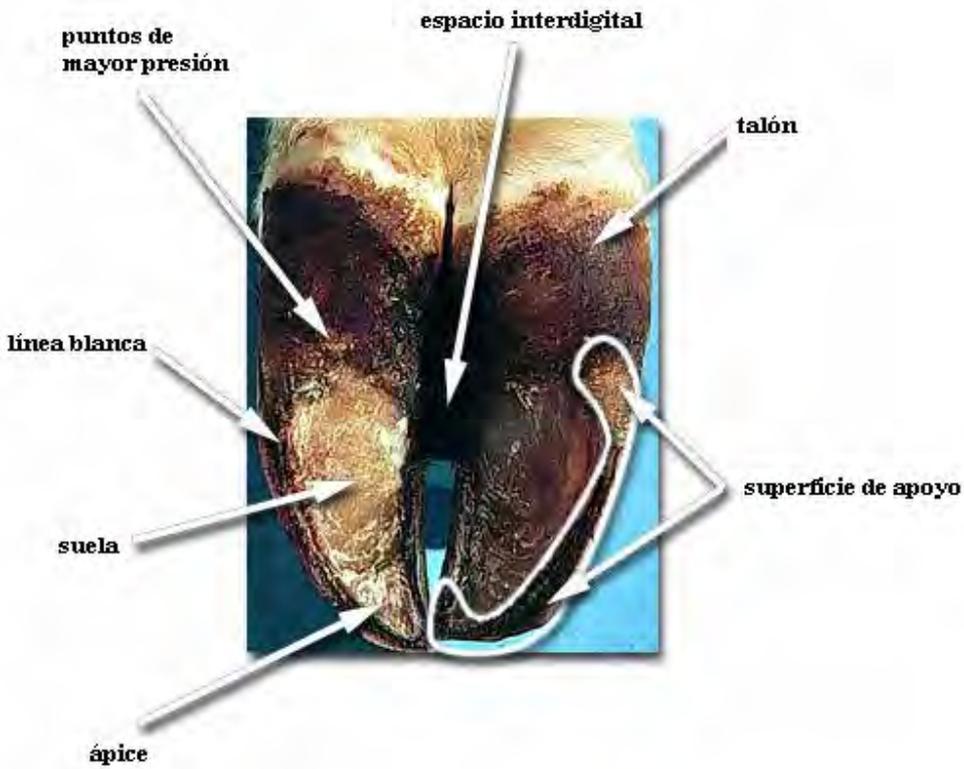


Figura 2. Superficie plantar de la pezuña (37).



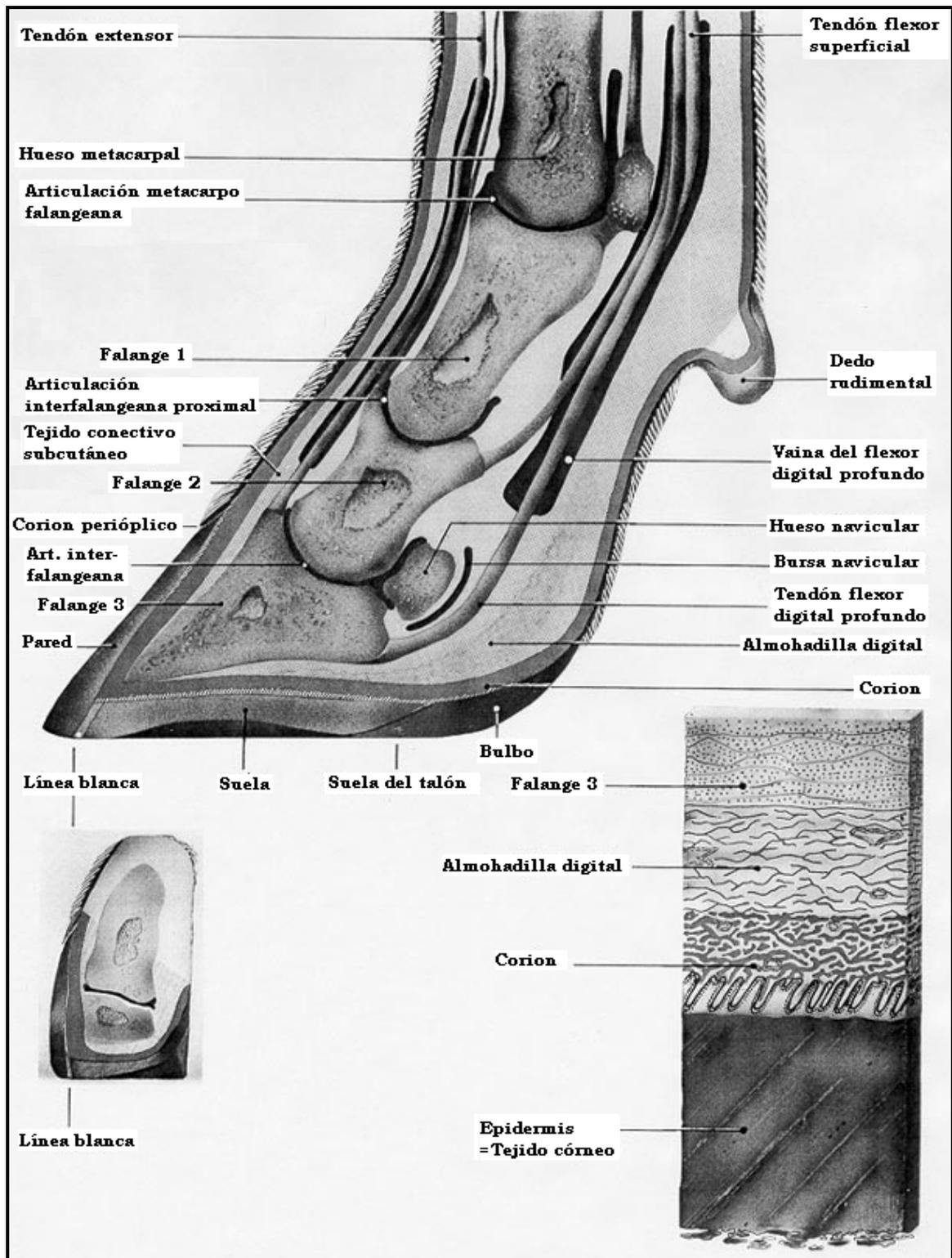


Figura 3. Estructuras de la pezuña (27).

2.1.1. CONFORMACIÓN NORMAL DE LA PEZUÑA

La conformación de la pezuña se refiere a la forma de ésta y al tamaño que tiene con respecto al peso del animal. Las anormalidades en la forma de la pezuña es uno de los principales factores de riesgo que ocasionan cojera. Se reporta que del 21 al 42% de las cojeras se deben a pezuñas con formas defectuosas, principalmente con sobrecrecimiento y es un factor hereditario (30).

Determinación de la conformación:

Calificación visual. Esta técnica subjetiva se ha utilizado en el ganado lechero para determinar anormalidades en la conformación. Este método no permite detectar de manera eficiente defectos en la locomoción y conformación (30).

Durante el apoyo es cuando más se debe tener en cuenta las modificaciones en la forma del estuche córneo y su contenido. El apoyo normal de la pezuña se caracteriza por la dilatación de los talones, el movimiento hacia atrás de la superficie dorsal de la pared, la disminución de la altura de la pezuña, el hundimiento de los talones y la suela, y el ensanchamiento del espacio interdigital (7).

Medidas reales. Las estructuras que se miden son las siguientes:

- * Ángulo anterior (ángulo dorsal de la pezuña). Es el ángulo que se forma entre la superficie dorsal de la pezuña y la superficie del suelo.
- * Longitud de la superficie dorsal. Distancia que hay del perioplo (unión entre la piel y el tejido córneo) al ápice de la pezuña.
- * Altura del talón (profundidad del talón). La distancia que hay entre la superficie del suelo a la unión piel - tejido córneo en el extremo plantar o palmar del bulbo de las pezuñas traseras o delanteras, respectivamente.
- * Ancho de las pezuñas. Distancia mayor que existe entre la pared axial y abaxial de la pezuña y la unión suela - bulbo.

- * Longitud de la pezuña (Longitud de la suela). Distancia entre la pared abaxial y el

bulbo y que está en contacto con el piso.

* Proporción pared anterior / pared posterior. Se calcula dividiendo la altura de la pared anterior entre la altura de la pared posterior.

* Longitud diagonal. Distancia del ápice del dedo al perioplo del talón.

* Área de la suela. Un método para medirla es haciendo la impresión de la huella en papel. El área se calcula multiplicando la longitud por el ancho (30).

Las medidas pueden tomarse directamente de las pezuñas o fotografiándolas y digitalizándolas en la computadora (fig. 5) (30).

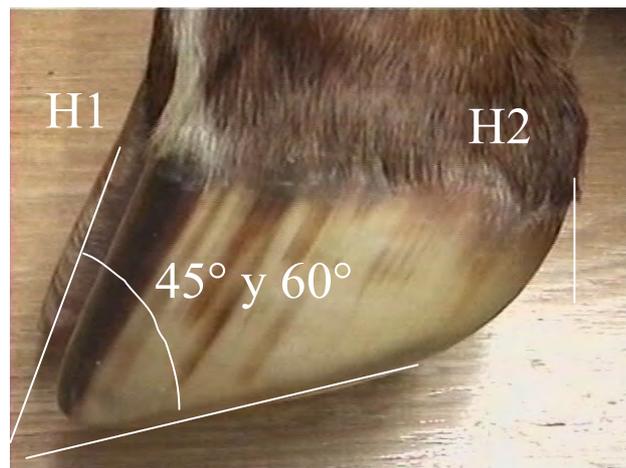


Figura 4. El ángulo anterior es el formado por la unión de la pared anterior con la suela, su valor debe oscilar entre 45 y 60 grados para la pezuña normal. Este ángulo ofrece un buen modelo sobre la forma de la pezuña y sirve de guía junto con la relación de la pared anterior y posterior para la determinación de una pezuña puntiaguda (menor de 45 grados) o roma (mayor de 60 grados). La relación pared anterior (H1) - pared posterior (H2) es de 2:1 (35).

Se ha observado que existe variación en la forma de las pezuñas en animales de la

misma raza (30). La conformación tiene una heredabilidad de 0.16 (2). Este aspecto debe considerarse al seleccionar a los sementales para los programas de inseminación artificial o empadre (4). Recientemente se ha reportado que el piso de goma tiene un efecto positivo en la microestructura del tejido córneo de la pezuña, es decir en la estructura y disposición de los tubitos córneos. La dureza del suelo es la condición que más le afecta (31).

La importancia de la conformación de la pezuña radica en que existe correlación entre una mala conformación y la presencia de lesiones, por ejemplo las pezuñas alargadas y los talones altos están relacionados con las úlceras de la suela. Una buena conformación se relaciona con bovinos más longevos y productivos (30).

2.1.2. BIOMECÁNICA DEL PIE

Los miembros posteriores del bovino están conectados a la pelvis a través de la articulación coxofemoral. Esto crea una estructura esquelética muy rígida para soportar el tren posterior (1).

Observando a los animales por detrás se visualiza que la distribución del peso es esencialmente la misma en las pezuñas traseras. Cuando el animal camina, la distribución de peso se modifica y esos cambios son mayores en las pezuñas externas. Esta carga oscilante irrita al queratógono que reacciona formando más sustancia cornea o sea que el dedo externo crece más porque soporta mayor peso (1).

La situación de los miembros anteriores es muy diferente ya que comparativamente y debido a la anatomía de los bovinos hay sobre las patas y pezuñas de los mismos una menor carga del esqueleto y tejidos blandos de la articulación escapulohumeral, lo cual amortigua y mejora la distribución del efecto del peso aplicado a las pezuñas de estos miembros anteriores, por lo que se ha observado que tres de cada cuatro trastornos en las patas se presentan en los miembros posteriores (1).

2.2. HISTOLOGÍA DE LA PEZUÑA

La pezuña del bovino es una continuación modificada de la epidermis intensamente cornificada que carece de estratos granuloso y lúcido. En su transformación desde la superficie cutánea hasta la formación de la pezuña pueden distinguirse varias regiones histológicas: perioplo, o área por medio de la cual la pezuña se une a la epidermis de la piel; corona o banda coronaria, palma y cápsula córnea. Igualmente las áreas del corion o dermis correspondientes se diferencian del mismo modo y adoptan los mismos nombres (9).

La dermis de la pezuña es muy rica en vasos sanguíneos y nervios. Consta de tejido conjuntivo con numerosas fibras elásticas. En él se pueden distinguir histológicamente dos capas: el estrato reticular y el estrato papilar. El estrato reticular corresponde al corion de la piel, es muy rico en vasos sanguíneos y confluye con la capa subcutánea y periostio (15). El estrato papilar es de constitución diferente según las regiones, recibiendo distintas denominaciones según su situación: corion o rodete perióplico, corion coronario, corion laminar, podófilo o tejido hojeloso, corion de la palma o tejido felposo y corion de los talones. Aparte del corion laminar y pequeñas partes del corion de la palma, cuyos estratos papilares se componen de laminillas coriales, todas las restantes zonas del corion tienen papilas vellosas visibles macroscopicamente (fig. 12) (16).

La cápsula o estuche córneo de la pezuña se origina a partir de las diferentes secciones del corion y se compone de la tapa, palma y talones. En la tapa se distingue: la tapa externa y la interdigital. La tapa externa se divide en tapa anterosuperior, lateral y posterior. El surco coronario o cutigeral es aplanado, correspondiendo a la forma del corion coronario, por lo que la tapa externa tiene un grosor de 5-9 mm y la interdigital de 5 mm (16).

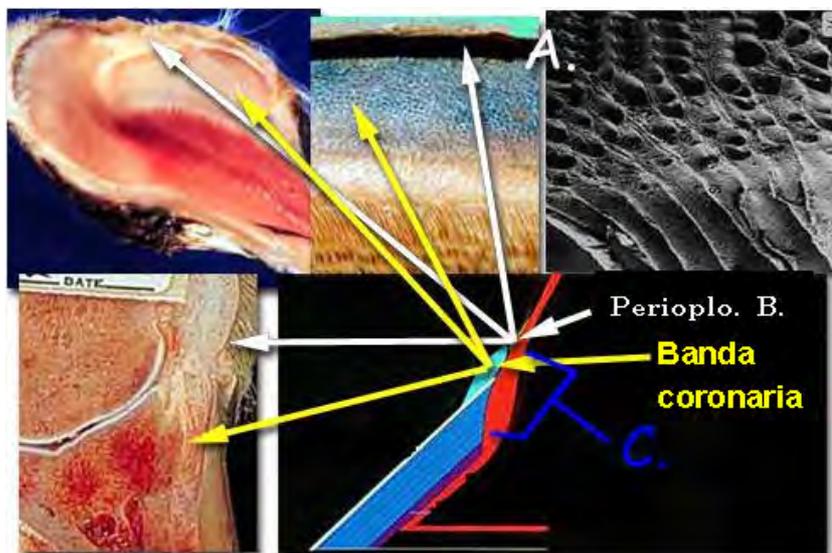
La **tapa o muralla** consta, de fuera hacia dentro, de tres capas: La capa externa (estrato externo) o de cubierta, la capa media (estrato medio) tubular o de protección y la capa interna o laminar. La epidermis perióplica, coronaria y laminar son los constituyentes primarios de la pared de la pezuña (9, 16).

La **capa externa** o de cubierta es una capa delgada que consta de un tejido córneo elástico y blando, que en gran parte está compuesto de sustancia córnea intercelular, en la que se encuentran solamente pocos tubitos córneos que se origina en las capas germinales de la epidermis del perioplo, un rodete de piel modificada inmediatamente por encima del borde coronario de la pezuña (9).

La dermis (corion) perióplico tiene papilas; se continúa con la dermis de la piel por la parte superior y con el corion coronario por la inferior; tiene cerca de 9 milímetros de grosor y consta de papilas. El corion perióplico en su parte anterior tiene una anchura de 5 -7 mm. Hacia la parte posterior se ensancha y se dirige sobre la zona de los talones, donde generalmente, a través de un puente, se une al de la otra uña. Las papilas vellosas del corion perióplico forman la capa de protección del estuche córneo, que están compuestas de canulillas córneas que cumplen una importante función protectora (16).

La **capa media**, tubular o de protección es la principal estructura de sostén y la capa más gruesa de la pared de la pezuña, el cual es tejido epidérmico modificado queratinizado que se produce en el estrato basal (germinativo) de la banda coronaria por medio de un complejo proceso de diferenciación (queratinización) de las células vivas de la epidermis, las cuáles al morir se cornifican y permanecen sin actividad metabólica (9, 26).

Figura 5. Banda coronaria y perioplo (37).



A= El tejido epidérmico modificado queratinizado se produce en el estrato basal (germinativo) de la banda coronaria (26).

B=El perioplo es responsable de la producción de la banda coronaria que es similar a la cutícula de los humanos (37).

C= La producción de tejido córneo en esta región es la única responsable de crear la pared completa (37).

La queratina contenida en el tejido cornificado de la epidermis, es una proteína formada por aminoácidos como la cisteína, histidina y metionina que contienen gran cantidad de azufre, el cual determina el grado de queratinización (26, 30). Tiene la forma de una fibra reforzada, compuesta por microfibrillas fijadas en una matriz amorfa de proteínas globulares (33).

La queratinización está controlada y modulada por una gran variedad de moléculas y hormonas tales como los factores de crecimiento y neuropéptidos provenientes de la dermis y/o el sistema vascular (5). El factor de crecimiento de los queratinocitos (KGF/FGF-7) que se produce en los fibroblastos es estimulado por la interleucina-1 derivada de los queratinocitos (20). El proceso de queratinización depende de un adecuado suministro de nutrientes, incluyendo vitaminas, minerales y microelementos (5, 26).

El tejido pigmentado es 30% más resistente que el despigmentado (30). El examen histológico muestra que los melanocitos se encuentran en la epidermis y no en la dermis de la región coronaria, por lo que la pigmentación se concentra en la materia intertubular más externa (18).

El tejido córneo tarda de ocho a diez semanas para alcanzar la superficie. En los bovinos adultos crece de 0.4 a 0.5 mm por mes (1, 15, 19, 25, 28, 30) y en los terneros crece de 6 a 12 mm por mes (21). El tejido córneo de la tapa externolateral crece más rápidamente que el de la palma, por lo que en caso de deficiente desgaste o corrección, el tejido córneo de la tapa sobresale del de la palma. Esto último se observa claramente en vacunos con pezuñas encogidas (30).

El *tejido córneo tubular* (*tubitos córneos*) consiste en cilindros sólidos compuestos por una médula y una corteza. Se originan del estrato basal de la epidermis coronaria localizada por encima de las papilas largas de la dermis coronaria. Estos tubos córneos se orientan paralelamente a la superficie externa de la pezuña y sus células queratinizadas presentan una disposición muy ordenada. En los cortes histológicos transversales tienen una morfología redondeada u ovoide y una región central, o médula, formada por elementos celulares laxos. Por su parte, la corteza de los tubos córneos presenta tres zonas: una interna de células queratinizadas orientadas en espirales apretadas alrededor de la médula, una media formada por espirales laxas, y una externa constituida por espirales condensadas. Estas espirales actúan como muelles que contribuyen a amortiguar la compresión de la pezuña cuando camina sobre una superficie dura. Se debe tener en cuenta que el número de tubitos córneos por unidad de superficie disminuye con la edad, aumentando el diámetro de los mismos (16).

El diámetro y densidad del tubito córneo, así como la relación entre la corteza y la médula de estos, determinan la calidad del tejido córneo. Un promedio de 60 a 80

tubitos córneos por mm^2 en el borde dorsal de la pared y en el área de la suela respectivamente corresponde a un tejido de buena calidad. Una cantidad menor de tubitos por mm^2 permite que el material intertubular almacene más agua (6, 15, 24, 26, 28, 31).

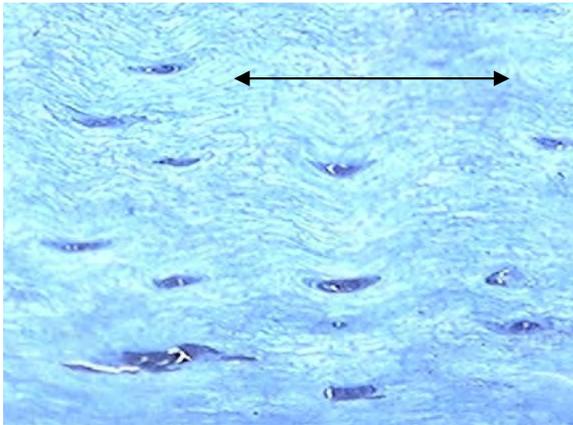


Figura 6. Corte histológico transversal de la tapa córnea de un Holstein Friesian. La doble flecha señala el *tejido córneo intertubular*. (Objetivo 40X).

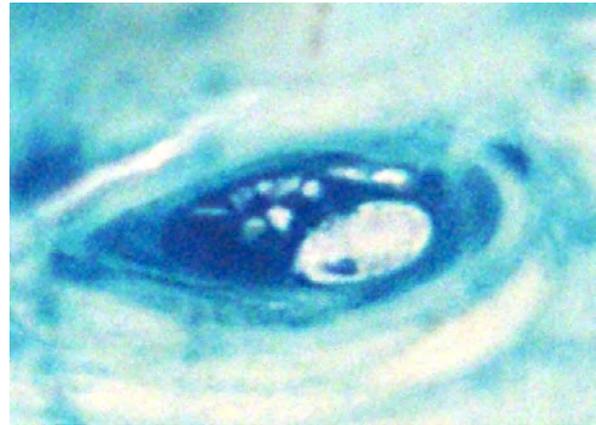


Figura 7. *Tejido córneo tubular* consiste en cilindros sólidos compuestos por una médula y una corteza. (Tubito córneo) (Objetivo 100X)

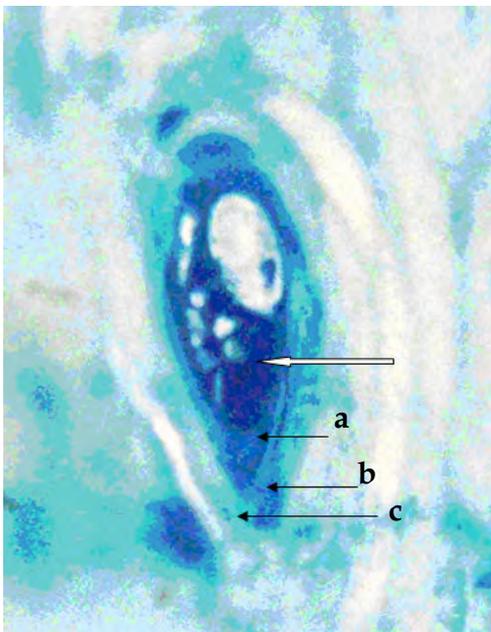


Figura 8. La corteza de los tubitos córneos presenta tres zonas: a=interna; b=media; c= externa. La flecha blanca señala la médula del tubito (16).

La resistencia del tejido córneo de la pezuña está relacionada con la cantidad y diámetro de éstos así como de la relación corteza-médula y el grado de diferenciación de éstos con la materia intertubular; el tejido de una pezuña sana tiene tubitos córneos pequeños, con una médula estrecha y sustancia intracelular intacta (16).

El *tejido córneo intertubular* es un tejido córneo no estructurado que ocupa el espacio situado entre los tubitos córneos. Se origina del estrato basal de la epidermis coronaria localizada por encima de la dermis coronaria interpapilar (9).

El corion coronario es una capa de tejido conectivo vascularizado con largas papilas bien desarrolladas que se extienden dentro de los primeros tramos de la médula de los tubitos córneos. En la zona del corion coronario, la dermis está muy bien desarrollada, es muy rica en vasos sanguíneos y nervios y por ello reúne condiciones muy apropiadas para el desarrollo de procesos inflamatorios. El corion coronario origina la capa resistente de protección del estuche córneo compuesta de canulillas córneas (16). El tejido más profundo del corion coronario está compuesto por tejido conectivo y numerosos vasos sanguíneos (9,16).

La **capa interna** o tejido laminar consta de *láminas epidérmicas primarias* queratinizadas, orientadas verticalmente, que se extienden interiormente desde la capa media, con la que se continúan. Al carecer de láminas secundarias o adjuntas, adquieren la forma de listones en la zona de la palma. Esta dermis presenta una porción más profunda de un tejido conectivo denso muy vascularizado e innervado que se fusiona con el periostio de la tercera falange a través de las fibras de Sharpey lo que produce una sólida unión de los huesos de la pezuña con el corion (16) y que contribuye a amortiguar las fuerzas de compresión desde la superficie de apoyo hasta el tejido óseo (9).

La *línea blanca* está formada por una capa interna de tejido córneo no pigmentado del estrato medio y laminas epidérmicas no pigmentadas del estrato interno, que se interdigitan con el tejido córneo tubular e intertubular de la planta o suela. La línea blanca y la suela están formadas por tubitos córneos grandes, con médula amplia; por lo tanto son más débiles (26, 30).

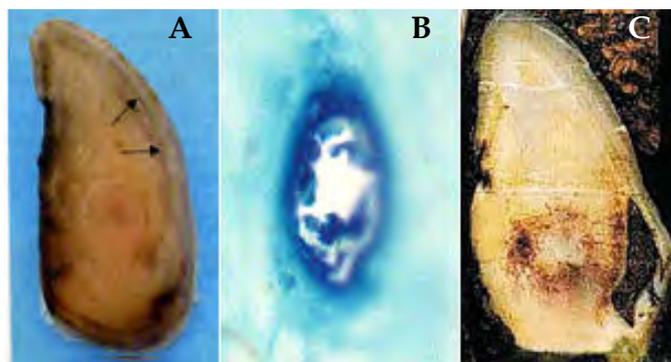


Figura 9. A= Las flechas señalan la línea blanca; B= La línea blanca esta formada por tubitos córneos grandes, con medula amplia, por lo que es más susceptible a ser penetrada por objetos o gérmenes; C= piedra separando la línea blanca.

La **palma o suela** posee un grosor de 5-10 mm y aumenta gradualmente en espesor hacia los talones. La palma propiamente dicha es una franja falciforme situada en la punta de las pezuñas. El talón córneo tiene un grosor de 8-15 mm y se compone de una superficie arqueada exterior y otra excavada interior en forma de concha (16).

El corion palmar o tejido veloso es solamente una franja delgada situada en la punta de la pezuña. Se compone en su límite con el corion laminar, de laminillas finas delgadas que en el borde de apoyo del corion laminar se doblan en ángulo recto a la superficie palmar. En el corion del talón se transforman en papilas, que están ordenadas en líneas concrecionadas a la base. Análogamente a esta estructura, el corion palmar consta de un segmento estrecho en las proximidades de la tapa con estructura laminar, mientras que el tejido córneo de la palma se compone de tubitos córneos. El corion palmar carece de subcutis (16).

El **bulbo o talón** es una prolongación de tejido córneo blando que se continúa con la piel y que forma gran parte de la superficie ventral del órgano digital. La presencia en su composición de una mayor sustancia córnea intertubular hace que esta estructura sea relativamente más blanda que las otras partes de la pezuña, pero su espesor considerable parece compensar esta característica. El tejido córneo del talón tiende a desprenderse en forma de escamas cuando se le deja crecer (como ocurre en animales estabulados, mantenidos sobre pisos y camas excesivamente sucios). Las fisuras que aparecen en el talón constituyen una puerta de entrada para infecciones, que pueden destruir la dermis y estructuras más profundas (11, 16).

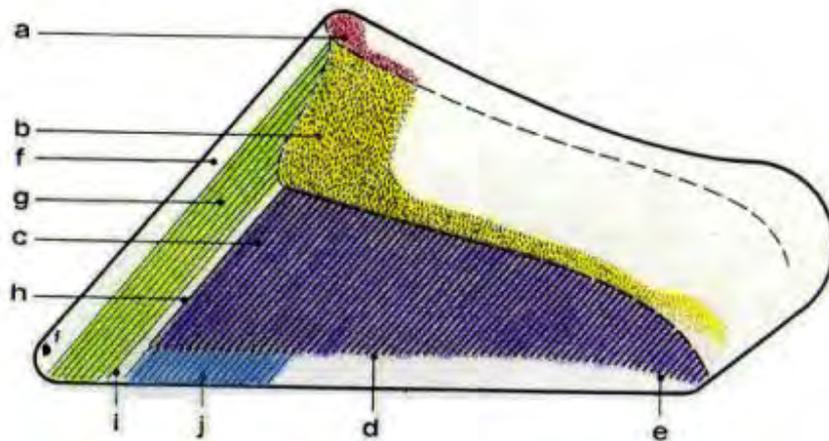
El corion del talón se separa inapreciablemente del corion palmar y consta exclusivamente de papilas vellosas. El subcutis o capa subcutánea que se encuentra en esta zona es muy grueso por constar de abundante tejido graso y fibras elásticas, a pesar de eso el tejido córneo del talón formado por el corion es blando y fácilmente disgregable, por ello reúne las condiciones apropiadas para la formación y expansión de procesos inflamatorios (16).

CORION (DERMIS)



Figura 10. La cubierta córnea (epidermis) se ha retirado, mostrando la dermis y en donde se pueden apreciar las láminas dérmicas (11).

Figura 11. Exposición gráfica del corte del corion y del estuche córneo (16).



- a= corion perióplico
- b= corion coronario
- c= corion laminar
- d= corion de la palma o tejido veloso
- e= corion del talón
- f= capa de cubierta o externa
- g= capa media de protección o tubular
- h= capa laminar o de unión
- i= línea blanca
- j= palma



Figura 12. Corte histológico del corion de la tapa (16).

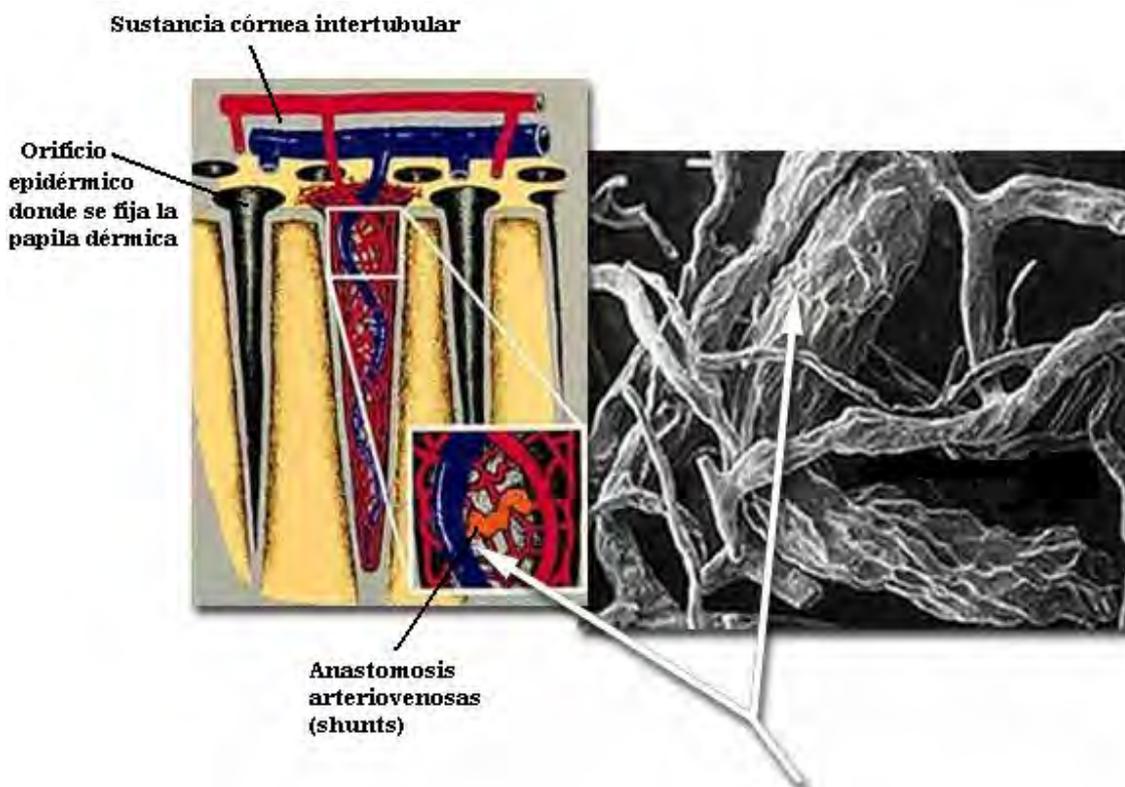


Figura 13. El corion o dermis es un sistema capilar arterio-venoso que en condiciones normales de funcionamiento permiten la evacuación del exceso de presión del apoyo facilitando el retorno venoso. Alteraciones de las válvulas reguladoras de este sistema suponen roturas vasculares y modifican el equilibrio funcional de la pezuña. La acidosis ruminal provoca la muerte de bacterias ruminales cuyas toxinas paralizan estos mecanismos. Los disturbios en la presión dentro de la pezuña dañan la producción de tejido corneo resultando en un tejido córneo de mala calidad (37).

2.3. FISIOLOGÍA DE LA PEZUÑA

Por su constitución anatómica las pezuñas son responsables de amortiguar el impacto del peso del cuerpo contra el suelo y de proteger al corion. Cuando 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 este mecanismo se transforma el efecto de presión en tracción y, además participa en la circulación sanguínea de la región, actuando como una bomba aspirante-impelente ya que cuando se apoya 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 se puede predisponer a traumas y a una mala nutrición del córion. Estas anomalías causan debilidad en el estuche córneo, el cual se quiebra fácilmente lo que permite la entrada de agentes patógenos que dañan aun más el pie del bovino (7, 35).

2.4. LA SELECCIÓN GENÉTICA Y LAS PEZUÑAS

Para reducir los problemas podales en los bovinos, se requiere que cuando se haga la selección genética se ponga mucha atención en la calidad de las patas y de las pezuñas de los progenitores, ya que poseen rasgos que tienden a heredarse. Se consideran pezuñas de “buena calidad” aquellas que raramente provocan cojeras y que necesitan poca o ninguna atención especial durante la vida del bovino. El componente genético no involucra únicamente la conformación de la pata, sino también su resistencia a daños y enfermedades. En cuanto al componente ambiental que puede afectar a la salud de las patas y pezuñas, se sabe que es menos significativo en las vacas de menos de dos años de edad (3).

Desde el punto de vista práctico, la selección de genes es la herramienta disponible para los criadores que buscan cambiar el valor genético de sus hatos para un rasgo en particular. Los animales en los programas de selección son apareados de manera tal que exista un incremento en la proporción de alelos* favorables para todos los genes que conciernen a la expresión de un rasgo de interés (32).

La ganancia genética será más rápida cuando la heredabilidad del rasgo seleccionado sea alta. Por lo tanto, conocer el coeficiente de heredabilidad es importante para poder establecer las metas de selección. Además, se puede obtener una mayor ganancia genética al reducir los intervalos generacionales, al tener una mayor intensidad de selección (utilizando inseminación artificial) y al trabajar con una más alta exactitud de selección (mantenimiento de registros exactos) (32).

* **alelos**: una de las dos o más formas alternativas de un gene del mismo lugar o locus de un par de cromosomas. Son los responsables de los caracteres alternativos en la herencia. También denominado alelomorfo.

La *heredabilidad* es el porcentaje del total de variación entre animales para un rasgo en particular que se debe a los genes que han heredado (el resto será debido al medio ambiente). En general, cuando más alta es la heredabilidad de un rasgo, más alta es la exactitud de selección y mayor es la posibilidad de obtener una ganancia genética por medio de la selección. Para especificar la heredabilidad de algún rasgo en particular se asigna un valor numérico como se indica a continuación:

- Menos de 0.20--baja heredabilidad y baja posibilidad de ganancia genética por medio de la selección; se aconseja los cruzamientos entre razas.
- De 0.21 a 0.30--moderada heredabilidad y moderada posibilidad de ganancia genética por medio de la selección; preferible la selección familiar o por pedigrí
- Más de 0,3--alta heredabilidad y alta posibilidad de ganancia genética por medio de la selección, incluyendo la selección masal. (32).

En el caso de las patas y pezuñas de los bovinos, se han determinado los valores indicados en los cuadros 1, 2 y 3.

Cuadro 1. Coeficientes de heredabilidad de las patas del bovino (2, 3).

<i>Características</i>	<i>(h²)</i>
Patas y piernas	0.21
Angulo de las patas	0.13
Altura del talón	0.10
Calidad del hueso	0.28
Patas posteriores - vista lateral	0.26
Patas posteriores - vista trasera	0.13

Cuadro 2. Coeficientes de heredabilidad de las pezuñas del bovino (34, 35).

Características	(h²)
Conformación de la pezuña	0.16
Numero de tubitos córneos por mm ²	0.38
Desgaste de la pezuña	0.20

Cuadro 3. Coeficiente de h² de una patología que afecta a la pezuña (28).

Características	(h²)
Laminitis	0.14 al 0.22

2.4.1. MANEJO GENÉTICO DEL ROJO SUECO

Como un ejemplo de utilización del método de selección genética para mejorar la calidad de las patas y pezuñas de una raza bovina, se describe el caso desarrollado en Suecia para el ganado Rojo sueco (38).

La meta de cría del rojo sueco es producir una vaca lechera rentable y con un programa de crianza para mejorar la salud de la pezuña. Suecia es el primer país del mundo que desarrolla un sistema de recolectar y registrar datos de salud de pezuñas para cada animal individual, con la meta de calcular valores genéticos para los toros de la raza Rojo Sueco (38).

Los primeros datos sobre la salud de las pezuñas de bovinos fueron publicados en otoño del 2006. El sistema de recolección de datos ha estado basado en la participación de los ganaderos lecheros suecos interesados en mejorar la salud de la pezuña de sus vacas, ya que ha sido una demanda de los mismos desde hace mucho tiempo.

Con una base de información fiable, un alto número (87%) de las vacas participan en el sistema de pruebas de progenie y registro de leche. Las recetas de medicamentos y todos los tratamientos médicos son realizados solo por veterinarios que están obligados a entregar reportes de todos los tratamientos que efectúan relacionándolos con la identidad de cada vaca (38).

CRIANZA, SELECCIÓN Y APROBACIÓN DE TOROS

Los toros Rojo sueco son principalmente seleccionados en Suecia y otros países escandinavos. Todos los toros deben cubrir el perfil deseado, en el caso de las hembras, menos del 0.5 % son seleccionadas como vacas potenciales. La transferencia de embriones, especialmente de vaquillas es parte del programa (38).

Después de inspeccionar a las madres se compran al año 240 toros Rojo Sueco a la edad de seis meses. Al final del periodo los progenitores son examinados al igual que los toros mismos y su semen. Solamente 100 toros Rojo sueco después de la prueba de progenie son seleccionados para ser usados como toros aprobados. Lo que en la actualidad ha logrado que existan listas de espera a nivel mundial para el semen de ciertos ejemplares de Rojo Sueco (38).

2.5. PATOLOGÍAS DE LA PEZUÑA

Alteraciones de la región digital ⁽¹⁾.

* **Alteraciones de la dermis (corion)**

Pododermatitis aséptica difusa (laminitis)

* **Alteraciones de la cápsula córnea**

Asociadas con laminitis

Pododermatitis circumscripta (ulcera de suela)

Enfermedad de la línea blanca

Fisuras verticales y horizontales

Doble suela

No asociadas con laminitis

Pezuña contraída (en tirabuzón)

Pezuña de establo

Sobrecrecimiento plantar (callo plantar)

Erosión del talón

a) Laminitis (Pododermatitis aséptica difusa): Está asociada a las dietas ricas en carbohidratos o a la toxemia. La heredabilidad varía del 0.14 al 0.22. La laminitis afecta al tejido productor de queratina que se encuentra en el corion dando como resultado uno o los cuatro tipos de tejido afectado:

1) anomalías de la pared: presencia de canaladuras horizontales en la pared dorsal y abaxial, que predisponen a fisuras. Desviación y malformación de la pared como consecuencia de la mala calidad del tejido córneo que es incapaz de soportar la presión que ejerce el peso del animal, por lo tanto la pared dorsal se desvía cranealmente llegando a producir la rotación de la falange;

2) lesiones en la suela: úlcera de la suela (úlceras de Rusterholtz), absceso subsolar y doble suela; en general ocasionadas por la presión que ejerce la falange rotada y la falta de producción de tejido córneo;

3) lesiones de la línea blanca: la separación de la línea blanca se debe a la producción de tejido de menor calidad ocasionada por la coriosis, que da como resultado un tejido más débil que puede llegar a separarse, permitiendo la entrada de piedras y otros materiales, situación que predispone a las infecciones y formación de abscesos. Las hemorragias de la línea blanca se deben al rompimiento del tejido;

4) lesiones en el tejido del talón: la producción de tejido córneo de mala calidad en esta zona, favorece la erosión mecánica y la dermatitis interdigital. La pérdida de tejido llega a dejar descubierto al corion, ocasionándole inflamación. Como existe pérdida de tejido córneo, hay disminución de la superficie de apoyo (1, 7, 22, 28, 35).

b) Pezuña contraída (en tirabuzón): Es una condición hereditaria que afecta a las pezuñas frontales y traseras, pero con mayor frecuencia afecta a la pezuña lateral del miembro pélvico. Es el resultado de la alineación y angulación defectuosas de la falange distal, que ocasionan una excesiva presión al corion entre la suela y la línea blanca, que el tejido córneo sea más delgado en esta zona y una hemorragia de la suela. Como consecuencia, la pared de la pezuña se dirige hacia la suela adquiriendo la forma de un tirabuzón (1, 28, 35).

Las pezuñas contraídas deben diferenciarse de los cambios producidos por la laminitis crónica y el sobrecrecimiento de las pezuñas de las vacas estabuladas (pezuña de establo). Los cambios característicos en la pezuña contraída son: la pared abaxial no es perpendicular a la superficie del piso y se desplaza hacia la región axial y se curva bajo la suela, desplazando a la suela axial dorsalmente; la pared abaxial forma parte de la superficie de apoyo y el dedo se encuentra elevado y rotado en dirección de las manecillas del reloj; generalmente la pezuña contraída está más crecida que la adyacente (28, 35).

c) Pezuñas de establo: El excesivo crecimiento es consecuencia de la alimentación y estabulación a las que se somete al ganado productor de leche. La pared abaxial crece en exceso y la punta de la pezuña que crece más lentamente se separa del suelo, dejando de

sufrir desgaste. Al haber mayor crecimiento, la mayor parte del peso es soportado por las pezuñas traseras laterales y por las delanteras mediales. El crecimiento se nota en la parte anterior de la pezuña, que es más dura y tiene un índice de crecimiento mayor y se desgasta menos. Por el contrario, el tejido córneo de los talones es más suave, crece más lento y se desgasta más. Como resultado la pezuña se alarga hacia adelante y el eje digital está desviado hacia atrás, por lo que el apoyo se desplaza hacia los talones. El ángulo anterior disminuye a 30° ó menos y la altura de la pared anterior sobrepasa el doble de la posterior. La suela también padece el sobrecrecimiento. A similitud de los humanos que desarrollan callosidades en las áreas de mayor apoyo, las vacas producen más tejido córneo. La deformidad se exagera en las vacas que padecen laminitis o se encuentran alojadas en pisos de concreto. Este problema se soluciona con el recorte correctivo de las pezuñas, cuyo fin es restablecer los puntos de apoyo para que el peso se distribuya de manera uniforme en ambas pezuñas de los cuatro miembros (15, 23, 25, 28, 35).

d) Sobrecrecimiento plantar (callo plantar): Las lesiones solares crónicas además de estimular el crecimiento de la suela, por el dolor que produce impide que se apoye correctamente evitando su desgaste. Esta lesión se presenta como una protuberancia córnea en la suela que actúa como un cuerpo extraño incrementando el dolor de la lesión original. Se corrige eliminando el tejido córneo anormal mediante el recorte correctivo (22).

e) Erosión del talón: Es una lesión provocada por la pérdida de la queratina que existe en esta región, transformándose en un material duro, oscuro y con fisuras que cubre el talón e incluso puede extenderse a la parte posterior de la suela. Está asociada a las instalaciones húmedas y poco higiénicas. Con frecuencia se asocia a la dermatitis digital o interdigital ocasionada por el *Bacteroides nodosus*. No suele producir claudicación. Es un hallazgo durante el recorte funcional o correctivo. Debe retirarse el tejido afectado para evitar que la lesión avance y se transforme en necrosis o putrefacción del talón (7, 22).

Alteraciones de la región digital



Figura 14. Pezuña contraída (en tirabuzón).



Figura 18. Fisura vertical



Figura 22. Flexionar las patas hacia delante "haciendo casita", generalmente indica dolor en la punta de la pezuña.



Figura 15. Pezuña de establo



Figura 19. Doble suela



Figura 23. Abrir las patas hacia los lados, generalmente sugiere dolor en la región del talón.



Figura 16. Ulcera de la suela



Figura 20. Erosión del talón



Figura 17. Enfermedad de la línea blanca



Figura 21. Fisura horizontal



Figura 24. Juntar las patas "caminando a pasitos", invariablemente significa que hay dolor en una o en ambas pezuñas. Este es un signo común de laminitis subclínica. La única otra causa que pudiera ser es la de una fractura en el pie.

2.6. PREVENCIÓN DE LAS ENFERMEDADES PODOALES

La prevención es la vía para la solución global de las cojeras y su aplicación práctica es completamente posible (35).

Los factores a tomar en cuenta para la prevención son:

- a) genéticos;
- b) ambientales;
- c) el cuidado de las pezuñas;
- d) nutricionales.

a) Genéticos

Es imperativo eliminar de la selección todas las formas patológicas de las pezuñas, cuyo carácter hereditario está comprobado (pezuñas encastilladas, planas, abombadas y abiertas). Lo mismo debe aplicarse en los trastornos de conformación de las extremidades, deben también eliminarse (3, 35).

Debe establecerse en la selección de toros sementales, vacas madres de sementales y paulatinamente en vacas lecheras, el examen histológico de la pezuña, estableciendo la selección de los animales que tengan entre 60 y 80 tubitos córneos por mm², con mayor exigencia (70 por ejemplo) para sementales y madres de sementales (34, 35).

b) Ambientales

En este aspecto hay que tener en cuenta el sistema de manejo, las edificaciones y la higiene. En general, para todos los sistemas constructivos, los pisos deben ser resistentes, para evitar se produzcan grietas y huecos que aumenten los traumatismos en las pezuñas y acumulen la humedad (30). El drenaje debe ser adecuado para mantener los pisos limpios y secos. La superficie debe ser antiderrapante para impedir resbalones y caídas. La amplitud de las naves y los establos debe considerar la raza y talla de los animales y ser lo suficientemente amplio para permitir que los animales tengan espacio vital

suficiente para desplazarse, ejercitarse y descansar. Las camas es preferible evitarlas, pues acumulan humedad y dificultan la higiene (35).

En los pastoreos para vacas lecheras, el sistema de manejo debe garantizar un mayor tiempo en el pasto que en las naves. Para ello hay que mantener el cercado de los cuartones y la adecuada rotación para permitir el rebrote del pasto. Las mangas por donde transitan los animales no deben ser nunca de material pedregoso (35).

c) El cuidado de la pezuña

Al inicio se describió el estándar de la pezuña y los parámetros que se miden para obtener esa pezuña normal o estándar. Dos fenómenos son fundamentales en el cuidado de la pezuña, uno es el arreglo o recorte periódico para mantener pezuñas y aplomos normales (*anexo*) y el otro es el baño de las pezuñas para mantener regulada la humedad de éstas, controlar la higiene y disminuir la población de microorganismos potencialmente agresivos, siempre presentes en la región digital. Ambos procesos son esenciales para mantener el mecanismo fisiológico de las pezuñas y prevenir las enfermedades infecciosas que afectan la región digital (30).

El uso rutinario de los baños de las pezuñas puede reducir la incidencia de cojeras hasta un 10%, lo que no significa que sea un sustituto de la buena higiene de las instalaciones, ni del arreglo de las pezuñas. Dos son los objetivos que se obtienen con los baños; regular la humedad del estuche córneo, generalmente con baños deshidratantes, pues predomina la pezuña blanda por exceso de humedad que se mantiene en instalaciones encharcadas y con mala higiene por exceso de estiércol y orina. El otro objetivo, ya también mencionado, controlar la población microbiana siempre presente en un área tan expuesta por naturaleza a un ambiente altamente contaminado (22, 30).

El primer objetivo, el deshidratar la pezuña, se logra con la formalina y el sulfato de cobre, la formalina en soluciones del 3 al 5% es la mas barata, dura más en el baño que otros productos y tiene una buena actividad antibacteriana,

el inconveniente son sus vapores que son irritantes para personas y animales, y además, pueden salpicar la leche cuando los pediluvios están cerca de la sala de ordeño y se aplican inmediatamente previo a este (22, 30, 35).

d) Nutricionales

Una alimentación balanceada juega un papel esencial en la reducción del riesgo a contraer problemas podales, el uso estratégico de nutrientes es esencial para prevenir las cojeras (35).

El exceso de carbohidratos no estructurales (almidones) presentes en raciones ricas en granos, leguminosas tiernas o el forraje o ensilaje finamente cortado producen un cambio en los procesos normales de fermentación ruminal, acelerándolos y provocando la acidosis ruminal lo que constituye un factor de primordial importancia para la presentación de la laminitis y el consiguiente quebranto de la salud de las pezuñas (30).

No se debe exceder del 40% al 45% de carbohidratos no estructurales en la ración para vacas lecheras, dependiendo de la fuente de grano. Utilizar raciones totalmente mezcladas para controlar la proporción concentrado-forraje y monitorear de cerca los cambios en el contenido de humedad del forraje y ajustar de conformidad las raciones (29, 30).

MICROMINERALES

El *Zinc* es usado como un activador y componente de muchos sistemas enzimáticos y resulta esencial para la producción de tejido córneo. El efecto del zinc en las cojeras en el bovino está normalmente asociado con la relación del zinc a la cicatrización, reparación del tejido epitelial, endurecimiento del tejido córneo y al mantenimiento de la integridad celular (22, 26).

El *Cobre* también es esencial para la producción de un tejido córneo sano, su deficiencia interfiere con la síntesis de queratina, inhibiendo el desarrollo del tejido córneo. Cojeras atribuibles a deficiencias de cobre y/o ingreso excesivo de Molibdeno se manifiesta por un aumento excesivo en el tamaño de las articulaciones en los terneros jóvenes. Muchos nutricionistas y veterinarios

recomiendan sobrepasar estos niveles para vacas altas productoras y para prevenir posibles problemas debido a la interacción con otros minerales (26).

El *Manganeso* es requerido para el desarrollo normal del esqueleto, para el desarrollo reproductivo apropiado y la cicatrización; cualquier trastorno en la cicatrización o en la formación ósea se puede manifestar como cojeras en los bovinos (30).

VITAMINAS

La *vitamina A* su papel principal es el mantenimiento de los epitelios y esto sugiere mecanismos de ayuda para disminuir las cojeras (26).

La *vitamina E* esta implicada en ayudar al mantenimiento de la integridad celular y en el proceso inmune. Su papel principal es el de un antioxidante (26).

La *biotina* juega un papel importante en la dureza de las pezuñas y las reservas de esta vitamina se reducen dramáticamente durante los períodos de estrés y cojeras (17, 26, 30).

OBJETIVOS

1.- Determinar mediante estudio histológico el número de estructuras tubulares córneas contenidas por mm^2 en muestras de pezuñas obtenidas de vaquillas Holstein Friesian y F_1 de vaquillas Rojo Sueco con Hostein Friesian.

2.- Comparar estadísticamente utilizando la prueba de Tukey por medio de la comparación múltiple de medias si existen diferencias significativas en la cantidad de estructuras tubulares por mm^2 del tejido corneo de las pezuñas de vaquillas Holstein Friesian y vaquillas F_1 de Rojo Sueco con Hostein Friesian.

4. MATERIAL Y MÉTODO

Material Biológico:

- 10 muestras de tejido córneo de vaquillas Holstein Friesian de aproximadamente un año de edad, con un peso promedio de 350 Kg, alojadas en un piso de cemento.
- 10 muestras de tejido córneo de vaquillas Rojo Sueco x Holstein Friesian (F₁) de aproximadamente un año de edad, con un peso promedio de 350 Kg, alojadas en un piso de cemento.

Materiales Diversos:

- Tenazas para cortar pezuñas,
- Frascos de vidrio con formalina al 15%,
- Portaobjetos *Trokar*® con pantalla.
- Colorante: Azul de toluidina *Colorindex CI*®

Equipo:

- Micrótopo de rotación con cuchillas de carburo de tungsteno, *Leica*® RM 2155.
- Microscopio óptico *Americanoptical-Spencer*®

MÉTODO

- 1.- Se tomó una muestra de tejido córneo del ápice de la pezuña lateral del miembro torácico, utilizando para ello las tenazas para cortar pezuñas.
- 2.- Se realizó el lavado de la muestra, la cuál se depositó en un frasco con fijador de formalina al 15%. Se identificó cada muestra.
- 3.- En el laboratorio de histología las muestras se redujeron en piezas de 0.5 cm por lado en la base y 1.0 cm de alto; luego se hicieron cortes de 2 y 3 μm con el micrótomó de rotación con cuchillas de carburo de tungsteno, se les dio una coloración con azul de toluidina-borax y se hizo el preparado permanente con resina sintética.
- 4.- Las laminillas se colocaron en el microscopio óptico para observar las estructuras tubulares córneas con el objetivo de 40X. Se dividió la muestra en 6 partes y en cada una se realizó el conteo correspondiente del número de tubitos córneos para posteriormente obtener un promedio de los conteos. En todos los casos se utilizó un campo ocular de 0.188 mm^2 ⁽¹⁴⁾, y posteriormente se extrapoló en forma proporcional para determinar la cantidad de tubitos córneos por campo a su equivalencia en mm^2 .
- 5.- Se efectuó un análisis de varianza y posteriormente una prueba de τ para comparar la media de 2 muestras emparejadas y determinar si existe diferencia estadísticamente significativa en ambos grupos.

5. RESULTADOS

Tabla 1. Resultados del grupo de las Holstein Friesian tras el conteo de los tubitos córneos y obtener su equivalencia en mm²

Vacas Holstein	Número de campos observados por laminilla						TOTAL	PROMEDIO	mm2
	1	2	3	4	5	6			
1	17	12	13	15	18	10	85	14.16	75.35
2	13	13	14	14	13	13	80	13.33	70.92
3	14	15	17	13	11	13	83	13.83	73.58
4	13	9	13	7	9	9	60	10	53.19
5	15	15	17	15	13	13	88	14.66	78.01
6	18	13	14	10	13	15	83	13.83	73.58
7	16	15	16	15	16	15	93	15.5	82.44
8	13	14	14	14	13	17	85	14.16	75.35
9	9	6	11	11	11	12	60	10	53.19
10	15	13	20	17	14	12	91	15.16	80.67

Tabla 2. Resultados del grupo de las F1 tras el conteo de los tubitos córneos y obtener su equivalencia mm²

Vacas F1	Número de campos observados por laminilla						TOTAL	PROMEDIO	mm2
	1	2	3	4	5	6			
1	10	7	10	12	12	8	59	9.83	52.30
2	15	15	15	12	12	15	84	14	74.46
3	11	11	11	11	10	11	65	10.83	57.62
4	19	15	14	17	17	17	99	16.5	87.76
5	13	10	12	11	15	10	71	11.83	62.94
6	9	7	9	10	9	10	54	9	47.87
7	13	14	15	15	14	14	85	14.16	75.35
8	11	11	10	12	11	13	68	11.33	60.28
9	15	14	16	16	10	13	84	14	74.46
10	13	12	11	15	21	20	92	15.33	81.56

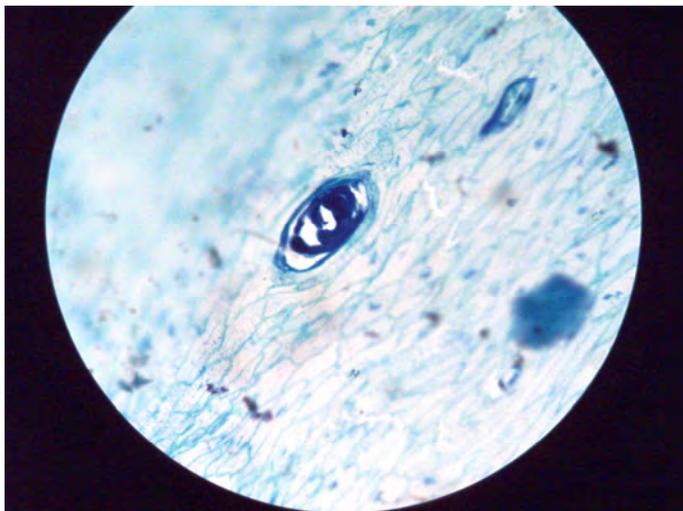
FOTOGRAFÍAS



Tubitos córneos de un Holstein Friesian (Objetivo 10X)



Tubitos córneos de un Holstein Friesian. (Objetivo 40X)



Tubito córneo de un F1 de Rojo sueco con Holstein Friesian (Objetivo 100X).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Debido a la variabilidad en la observación de los campos dentro de una misma muestra se determinó primeramente el índice de constancia como una correlación intraclase para un diseño totalmente al azar con el siguiente modelo.

$$\hat{y}_{ij} = \mu + V_i + r_j$$

En donde:

\hat{y}_{ij} = representa el número de tubitos córneos registrados en el animal i y en la observación del campo j

μ = representa la media general en cada genotipo o grupo.

V_i = representa el efecto de la vaca i ($i = 1, 2, \dots, 10$)

r_j = representa la observación de los tubitos córneos en el campo j ($j = 1, 2, \dots, 6$)

El índice de constancia (IR) = $\frac{V_g + V_{enr}}{V_F}$

El índice de constancia se obtiene mediante la relación de la varianza genética y la varianza ambiental no removible entre la varianza fenotípica total (8).

Con el valor obtenido se aplicó la fórmula de valor más probable promedio (VMPP)

$$VMPP = \bar{X}_G - \left[\frac{n \cdot (IR)}{1 + (n - 1)IR} \right] (\bar{X}_i - \bar{X}_G)$$

En donde:

\bar{X}_G = representa el promedio general en cada genotipo según sea el caso $n = 6$ observaciones.

IR= Al índice de constancia obtenido en cada genotipo.

\bar{X}_i = es igual al promedio de tubitos córneos en los 6 campos observados por laminilla (8).

Una vez efectuado lo anterior se efectuó una prueba de hipótesis aplicando el estadístico τ de student para comparar la media de dos muestras emparejadas utilizando el programa Excel®.

Los análisis de varianza para el diseño completamente al azar se efectuaron con el programa de cómputo *Estatística Versión 6*.

Los resultados obtenidos demuestran que si existe diferencia estadísticamente significativa en la cantidad de estructuras tubulares de la pezuña de vaquillas Holstein y las de F1. Siendo superior en el grupo de la Holstein Friesian pura.

Tabla 3. Resultados obtenidos tras realizar el análisis de varianza

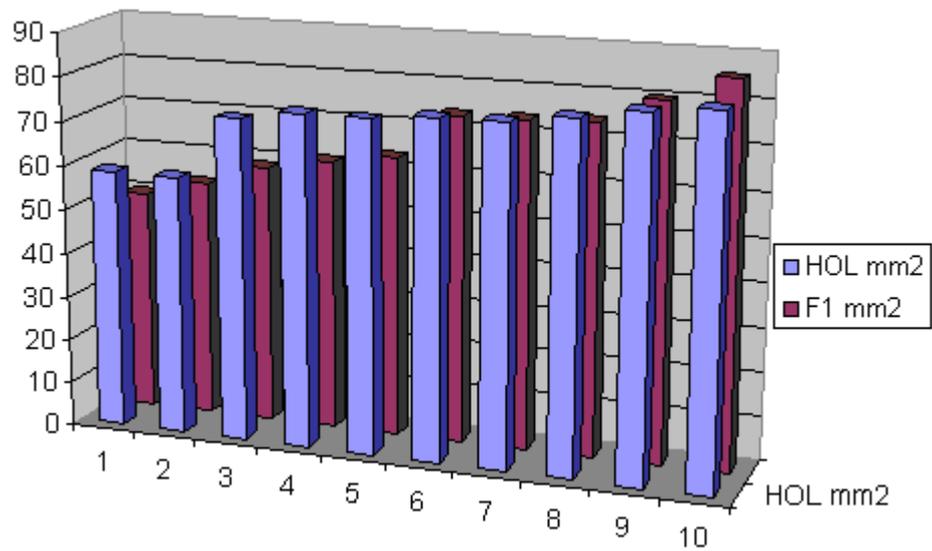
Vaca H	mm²	Vaca F1	mm²
4	58.49	6	49.98
9	58.49	1	53.94
2	72.68	3	58.68
3	74.81	8	61.05

6	74.81	5	63.43
1	76.23	2	73.71
8	76.23	9	73.71
5	78.36	7	74.50
10	80.49	10	80.03
7	81.91	4	85.57

Tabla 4. Prueba t para medias de dos muestras emparejadas.

	Variable 1	Variable 2
Media	73.25	67.46
Varianza	68.05	137.38
Observaciones	10	10
Coefficiente de correlación de Pearson	0.88	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	9	
Estadístico t	3.10	
P(T<=t) una cola	0.00	
Valor crítico de t (una cola)	1.83	
P(T<=t) dos colas	0.01	
Valor crítico de t (dos colas)	2.26	

Gráfica de resultados



En la gráfica se observa que si hay diferencia estadísticamente significativa en la cantidad de estructuras tubulares de vaquillas Holstein y las de F1, a favor del primer grupo (73.26 VS 67.46)

6. DISCUSIÓN

En la revisión bibliográfica no encontramos referencias que nos proporcionaran datos para el tipo de razas que analizamos en este estudio, sin embargo si existe alguna información sobre otro grupo el *Bos Indicus* que llegan a poseer más de 100 tubitos córneos por mm², lo cual indica que tienen mejores características en lo que se refiere a calidad histológica de las pezuñas (3).

Prácticamente no se encuentra en los libros de histología y de patología veterinaria datos precisos y material fotográfico acerca de la estructura histológica del tejido córneo de la pezuña del ganado bovino, probablemente debido a que como se mencionó en la parte introductoria de este trabajo, el problema de las cojeras se ha incrementado en los tiempos modernos con las nuevas condiciones ambientales y de alimentación a que son sometidos los bovinos actualmente, y todavía no se ha escrito suficientemente sobre el tema, lo cual seguramente ocurrirá conforme avancen los estudios sobre este tema.

En los artículos de las revistas especializadas y en las memorias disponibles de las reuniones especializadas como el Simposio Internacional y Conferencia de Cojeras en Rumiantes (que se llevaron a cabo en Orlando, Florida, 2002; Maribor, Eslovenia, 2004 y Colonia del Sacramento, Uruguay, 2006) no se encontraron trabajos que midan la cantidad de tubitos córneos en las pezuñas de las diferentes razas bovinas o sus cruzas, sino que se enfocan en otros aspectos que ocasionan estas cojeras tales como el tipo de pisos de los establos, condiciones sanitarias, etc..

No obstante lo anterior, si existe coincidencia entre diversos investigadores (6, 13, 15, 24, 26, 28, 31) en que la mayor cantidad de tubitos córneos es proporcional a la calidad de las pezuñas de los bovinos, y por tanto los hace mas resistentes a las cojeras.

7. CONCLUSIONES

En el trabajo realizado se encontró por medio del análisis histológico y estadístico que existen diferencias significativas en el número de tubitos córneos del tejido córneo de las pezuñas de las dos razas analizadas, lo cual sabemos es una característica fenotípica altamente heredable, la cual es deseable conocer para de esta manera poder fijar mejores procedimientos de manejo genético en el ganado bovino, y poder tener parámetros medibles que conduzcan a la mejora de esta característica, lo cual redundará en una menor incidencia del grave problema de las cojeras en el ganado vacuno.

Podemos decir que en este trabajo se logró en principio determinar las características histológicas de las pezuñas de las razas estudiadas, lo cual es útil ya que puede servir como guía general para darles un manejo más cuidadoso ya que se encontró que algunas vacas son más susceptibles que otras al tener un número menor de tubitos córneos por mm². Esto mismo podría hacerse para otras razas o cruza de las mismas.

A pesar de que las patologías podales representan grandes pérdidas en la industria ganadera, no se ha realizado suficiente investigación en esta área en nuestro país; esta tesis abordó el aspecto histológico de la pezuña, tema que prácticamente no ha sido atendido en los libros de histología y patología veterinaria actualmente disponibles en México.

Es indispensable que se le de la debida importancia al estudio de la anatomía, histología, genética, patología y sanidad de las pezuñas de los bovinos para tener una mayor comprensión de las causas de cojera y así poder implementar medidas preventivas y correctivas que conduzcan a disminuir este problema y el desecho originados por esta causa.

Considero que es muy importante conocer la estructura histológica de la pezuña de los sementales, ya que es una característica que se hereda y por lo

tanto sólo los animales que tengan una estructura histológica que garantice una pezuña de buena calidad deberán ser utilizados en los programas de inseminación artificial. De esta manera se contribuirá al mejoramiento de la calidad del tejido córneo de la pezuña de las crías, con las ventajas que tendrán al poseer esta característica.

Este tema queda abierto para que se realicen nuevos trabajos de investigación con el fin de que se analicen todos los aspectos que determinan la calidad y resistencia de las pezuñas, los cuales han cobrado mucha importancia en países desarrollados, y que en nuestro país todavía no han sido suficientemente estudiados.

RECORTE FUNCIONAL (PREVENTIVO) DE LAS PEZUÑAS:

El recorte preventivo de la pezuña en las vacas estabuladas es una medida muy importante ya que estos animales caminan poco y no producen el desgaste natural de la pezuña lo que predispone a distintas patologías (22).

Muchas vacas requieren de 1 a 2 recortes por año, otras necesitarán más de dos-. La mayoría de las veces se realiza el recorte una vez al año en el período seco de la vaca. A mediados de la lactancia debe hacerse la evaluación de las pezuñas y en caso necesario realizar el recorte nuevamente (4, 7, 22).

Los objetivos del recorte preventivo de las pezuñas son:

1. Recorte del tejido crecido que no se ha desgastado para despejar los talones y espacio interdigital para evitar zonas de anaerobiosis.
2. Restauración de los puntos de apoyo de cada una de las pezuñas, para establecer un reparto equilibrado del peso en cada pezuña y entre las dos pezuñas de cada miembro.
3. Corrección de lesiones iniciales (1, 25).

El siguiente plan de recorte de seis pasos es recomendado:

Paso 1. Evaluación de la longitud de las pezuñas. Como la pezuña anterior medial representa a la pezuña normal se usa como modelo. La pared frontal de esta pezuña debe tener una longitud de 7.5 cm en las vacas Holstein-Friesian. El grosor de la suela debe tener un mínimo de 5 a 7 mm. Solo si la pezuña tiene mayores dimensiones deberá de recortarse el exceso. Respete el talón de la pezuña medial en lo posible.

Paso 2. Tomando como guía la pezuña delantera interna se realiza el recorte de las otras, dejándolas de la misma longitud. El grosor de la suela deberá ser similar al de la pezuña de referencia. Los puntos de apoyo deberán localizarse en la parte frontal de la pezuña y no en los talones.

Paso 3. Consiste en dar forma a la concavidad en la región axial de la suela, para reducir la presión en esta estructura.

Paso 4. Balance de los talones. Los puntos de apoyo deberán ubicarse a lo largo de las paredes de la pezuña. Hasta aquí termina el recorte preventivo o funcional, los dos pasos siguientes se refieren al recorte correctivo:

Paso 5. La pezuña dañada (con úlcera de la suela, por ejemplo) deberá recortarse hasta que quede de menor longitud que la sana, para que el peso recaiga en esta última y la afectada se recupere. En caso necesario se aplicará un tacón en la pezuña sana para evitar que la afectada soporte peso.

Paso 6. En presencia de lesiones del tejido córneo es necesario remover el tejido perdido (separación de la suela) y el tejido erosionado (de los talones) para que sea sustituido por tejido sano. El recorte deberá realizarse de manera suave y se evitará la remoción de tejido sano o la realización de hoyos que dañen al corión. Cuando hay sangrado del tejido deberá suspenderse el recorte. Los animales que no responden o empeoran después del recorte correctivo deberán ser reexaminados (1, 25).

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Acuña, R. (2005) Cojeras del bovino, fisiopatología y profilaxis. Editorial Intermédica.
2. Anderson, D.E. (2002) Proceedings of the 12th Internacional Symposium on Lameness in Ruminants, Orlando, Florida, USA. 9 - 13 January 2002.
3. Atkins, G. Shannon, J., (2001) Genetic parameters for feet and leg traits evaluated in different management environments. Submitted to J. Dairy Sci. 2001
4. Bergsten, Ch. (2001) Effects of conformation and management system on hoof and leg diseases and lameness in dairy cows. Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 17 (11): 1-23.
5. Bergsten C, Mülling C. (2004). Some reflections on research on bovine laminitis aspects of clinical and fundamental research. Proceeding of the 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants, Maribor, Slovenia.
6. Borderas, T.F., Pawluczuk, B., Pasillé, A.M., Rushen, J. (2004) Claw hardness of dairy cows: relationship to water content and claw lesions. J. Dairy Sci. 87: 2085-2093.
7. Cardona, J., Cano, N. (2003) Alteraciones digitales en el ganado bovino del trópico bajo. MVZ-Córdoba 8(1): 249-253.
8. Carmona, M.A., Gasque, G.R., Ochoa, G.P. y Zavala, R.J. (2005) Mejoramiento Animal. Genética Bovinos. División Universidad Abierta a Distancia y Educación Continua. FMVZ. UNAM. México.
9. Dellmann, D.H; Eurell, J. (1998) Text book of Veterinary Histology. 5th Edition.
10. Desrochers, A. (2001) Anatomy of the distal limb. Vet Clin North Am Food Animal Pract. 17(11): 25-28.
11. Dyce., Sack., Wensing (1999) Anatomía Veterinaria 2da edición. McGrawHill
12. Fatehi, J., Stella, A., Shannon, J. (2003) Genetic parameters for feet and leg traits evaluated in different management environments. J. Dairy Sci. 86: 661-666.
13. Franck, A., Cocquyt, G., Simoens, P., De Belie, N.(2006) Biomechanical Properties of Bovine Claw Horn. Elsevier Ltd. Belgium.
14. Garrido, F.G. (2006) Estudio del proceso de apoptosis en animales infectados con virus de ectima contagioso. (Tesis de maestría). Cuernava (Morelos) Facultad de Farmacia. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Pág. 28

15. Greenough, P.R. (1997) Lameness in cattle. 3rd edition. WB Saunders Company.
16. Günter, M. (1979) Enfermedades de las pezuñas. Editorial Acribia, Zaragoza, España.
17. Hedges, V.J., Green, L.E., Blowey, R.W., Packington, A.J., Bonser, R.H.C. (2002) Tensile strength of the white line in the claw of dairy cows supplemented with biotin. Proceedings of the 12th Internacional Symposium on Lameness in Ruminants, Orlando, Florida, USA. 9 - 13 January 2002.
18. Hepburn NL, Galbraith H, Scaife JR, Kinninmonth L. (2004) Pigmentation, Impression and the presence of melanocytes in bovine claw tissue. Proceedings of the 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants, Maribor, Slovenia.
19. Howard, J.L., Smith, R.A. (1999) Current Veterinary Therapy, Food Animal Practice. WB Saunders Company.
20. Nebel U, Hoffmann D, Mülling Ch, Budras K. (2004) Co-culture of epidermal and dermal bovine hoof cells in a perfusion chamber. Proceedings of the 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants, Maribor, Slovenia.
21. Nüske, S., Scholz, A., Föster, M. (2002) Development of the horny shoe in newborn calves. Proceedings of the 12th Internacional Symposium on Lameness in Ruminants, Orlando, Florida, USA. 9 - 13 January 2002.
22. Perusia, O.R. (2001) Patologías podales del bovino. Rev Inv Vet Perú, 12(2): 65-77.
23. Phillips, C.J.C., Chiy, P.C., Bucktrout, M.J., Collins, S.M., Gasson, C.J., Jenkins, A.C., Paranhos da Costa, M.J.R. (2000) Frictional properties of cattle hooves and their conformation after trimming. Vet. Rec., May 20, 607-609.
24. Reilly, J. D., Newlyn, H., Cope, B., Lathan, R.J., Collins, S. (2002) A novel method of assessing hoof horn tubule density (TD) and a comparison of TD in the hooves of ponies, horses, donkeys, cattle, sheep and pigs. Proceedings of the 12th Internacional Symposium on Lameness in Ruminants, Orlando, Florida, USA. 9 - 13 January 2002.
25. Shearer, J.K., van Amstel, S. (2000) Lameness in dairy cattle. Proceedings of the Kentucky Conference Lameness in Dairy Cattle.
26. Tomlinson, D.J., Mülling, C.H., Fakler, T.M. (2004) *Invited review*: Formation of keratins in the bovine claw: roles of hormones, minerals and vitamins in functional claw integrity. J. Dairy Sci. 87(4): 797-809.

27. Toussaint Raven (1992), E. Cattle Footcare and Claw Trimming. Farming press books, Great Britam.
28. Van Amstel, S.R. Abnormalities of hoof growth and development (2001) *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 17(11): 73-91.
29. Van der Tol, P.P.J., van der Beek, S.S., Metz, J.H.M., Noordhuisen-Stasen, E.N., Back, W., Braam, C.R., Weijjs, W.A. (2004) The Effect of Preventive Trimming on Weight Bearing and Force Balance on the Claws of Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 87: 1732-1738.
30. Vermunt, J.J., Greenough, P.R. (1995) Structural characteristics of the bovine claw: horn growth and wear, horn hardness and claw conformation. *Br. Vet. J.* 151: 157-180.
31. Voges T, Benz B, Lender G, Mülling Ch. (2004) Morphometrical analysis of the microstructure of hoof horn and its interaction with flooring systems. Proceedings of the 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants, Maribor, Slovenia.
32. Wattraux M. (1999) Guía Técnica Lechera: Reproducción y selección genética. El Instituto Babcock para la investigación y desarrollo Internacional para la Industria Lechera. Universidad de Wisconsin.
33. Winkler B, Margerison JK, Brenan C (2004) The effect of moisture, freezing and sample shape on the punch resistance and elastic modulus of the bovine sole horn. Proceeding of the 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants, Maribor, Slovenia.
34. Yrurzun, C. (1988) Untersuchungen zum klauengesundheitsstatus an drei kubanischen rinderkreuzungsrassen. *Vet. Med. Diss*, Berlín.
35. Yrurzun, C., Ordóñez, R., Tovar, I., Orozco, J.A. (2005) Cojeras en el Bovino. FESC - UNAM.

Páginas de Internet

36. Anka el portal de las pezuñas
www.anka.com
37. *VetAgro Internacional Consultants Inc.*
www.cowdoc.net
38. Viking Genetics
www.svenskavel.com