



Morfología del pezón, su esfínter y su asociación con la presentación de mastitis subclínica en lecherías en el altiplano norte de Antioquia.

Lina Maria Salazar Torres

Magíster en Epidemiología

Asesor

Luis Guillermo Palacio Baena, Postdoctoral Fellowship, National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA

Coasesor

Andrés Felipe Úsuga Rodríguez, Maestría En Epidemiologia. Universidad de Antioquia, Colombia

Universidad de Antioquia

Facultad Nacional de Salud Pública Héctor Abad Gómez

Maestría en Epidemiología

Medellín, Antioquia, Colombia

2022

Cita	(Salazar Torres, L.M., Úsuga Rodríguez, A.R. & Palacio Baena, L. G, 2022)
Referencia	Salazar Torres, L.M., Úsuga Rodríguez, A.R. & Palacio Baena, L. G. (2022). <i>Morfología del pezón, su esfínter y su asociación con la presentación de mastitis subclínica en lecherías en el altiplano norte de Antioquia</i> [Tesis de maestría]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Maestría en Epidemiología, Cohorte XIX.

Grupo de Investigación Biogénesis.

Centro de Investigación Facultad Nacional de Salud Pública (CIFNSP).



Biblioteca Salud Pública

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes

Decano/Director: José Pablo Escobar Vasco

Jefe departamento: Nombres y Apellidos.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Siglas, acrónimos y abreviaturas

Esp.	Especialista
MP	Magistrado Ponente
MSc	Magister Scientiae
Párr.	Párrafo
PhD	Philosophiae Doctor
PostDoc	PostDoctor
CMT	California mastitis test
RCS	Recuento de células somáticas
UdeA	Universidad de Antioquia

Resumen

Objetivo: Determinar la frecuencia de mastitis subclínica y su asociación con la morfología del pezón y el esfínter en vacas de lecherías especializadas en el altiplano norte de Antioquia. **Métodos:** Se realizó un estudio transversal en 42 fincas que tenían la misma empresa acopiadora de leche, en las cuales se tomaron datos de las vacas en producción desde octubre de 2021 hasta marzo 2022. La información se obtuvo de hato, por vaca y por cuarto. **Resultados:** La prevalencia de mastitis subclínica a nivel de vaca diagnosticado por CMT varió entre el 8.03 y 67.27%; la prevalencia de mastitis subclínica por vaca fue de 53.81% (I.C 95% 50.41-57.21), la forma del pezón más frecuente fue la de cilindro con el 68.45%, En cuanto a la forma del esfínter, la más común fue el anillo elevado con el 55.91%. las razones de prevalencia muestran que la forma del pezón en botella muestra una prevalencia mayor que la forma en embudo y cilindro, la forma del esfínter rugoso e hiperqueratinizado muestra mayor prevalencia que los esfínteres sin anillo y elevados. En el análisis multivariado se obtuvo que la forma del esfínter no presentó un aporte significativo al modelo y el pezón no ingresó al mismo. **Conclusión:** el árbol de decisión permitió concluir que el esfínter tiene una influencia en la presentación de la mastitis. Además de reiterar que factores como los días en leche, la producción de leche en el ordeño de la tarde, el número de partos y el tipo de ordeño tiene una influencia directa en el desarrollo de la enfermedad.

Palabras clave: Mastitis bovina, anatomía, pezón, esfínter.

Abstract

Objective: To determine the frequency of subclinical mastitis and its association with the morphology of the teat and sphincter in cows from specialized dairies in the northern highlands of Antioquia. **Methods:** A cross-sectional study was carried out in 42 farms that had the same milk collection company, in which data was taken from the cows in production from October 2021 to March 2022. The information was obtained from herd, per cow and per quarter. **Results:** The prevalence of subclinical mastitis at the cow level diagnosed by CMT varied between 8.03 and 67.27%; the prevalence of subclinical mastitis per cow was 53.81% (95% CI 50.41-57.21), the most frequent teat shape was cylindrical with 68.45%, as for the sphincter shape, the most common was the raised ring with 55.91%. The prevalence ratios show that the bottle nipple shape showed a higher prevalence than the funnel and cylinder shape, the rough and hyperkeratinized sphincter shape shows a higher prevalence than the ringless and raised sphincters. In the multivariate analysis, it was found that the shape of the sphincter did not present a significant contribution to the model and the nipple did not enter it. **Conclusion:** the decision tree allowed us to conclude that the sphincter has an influence on the presentation of mastitis. In addition to reiterating that factors such as days in milk, milk production in the afternoon milking, the number of deliveries and the type of milking have a direct influence on the development of the disease.

Keywords: bovine mastitis, anatomy, nipple, sphincter.

Introducción y planteamiento de problema

En las vacas, la mastitis es una respuesta inflamatoria de la glándula mamaria a traumas, toxinas, químicos o infecciones (1). El proceso inflamatorio puede desencadenar cambios en el tejido glandular que se evidencian inicialmente por un aumento en las células somáticas. En condiciones más agudas y severas, la mastitis se manifiesta con rubor, tumor, dolor, calor, alteración o pérdida de la función que puede ser temporal o permanente, que lleva a una reducción en la producción de leche en los cuartos afectados, sin embargo, la mastitis subclínica no tiene signos clínicos evidentes (2,3).

Desde el punto de vista económico, la mastitis bovina es la enfermedad más importante del ganado lechero, ocasionando grandes pérdidas. La disminución en la producción de leche, como consecuencia de la mastitis, puede ir desde 4% a 30%. Las pérdidas se dividen la disminución de la producción lo que representa lo que implica una pérdida entre 65-70%, el restante 30-35% de las pérdidas es ocasionado por una menor calidad composicional de la leche o el descarte de la leche que implica un menor pago al productor, incrementos de los costos asociados al tratamiento y servicios veterinarios, descarte de la leche producida durante los días de tratamiento y días de retiro posteriores a la finalización de este y la eliminación temprana de vacas por daños permanentes en la glándula mamaria (2,4–6).

El pezón, y particularmente su esfínter, es la primera y más importante defensa de la glándula mamaria contra mastitis infecciosa (7,8). Las características anatómicas de los pezones varían entre las vacas lecheras. Riera et al, 2005 (9) propusieron la clasificación de los pezones según sus formas más comunes en: cilindro, embudo y botella. Guarín et al, 2016 (10) sugieren que pezones con forma de cilindro se asocian con niveles más altos de recuento de células somáticas. Por otra parte, Bathi et al, 2015 (11) encontraron que la forma de la punta del pezón se asocia con altos recuentos de células somáticas. La integridad del esfínter juega un papel fundamental en la defensa de la glándula mamaria frente al ingreso de patógenos causantes de mastitis. Mein et al, 2001(12) propusieron una escala según el grado de queratinización del esfínter de los pezones: sin anillo, anillo elevado, anillo rugoso y anillo hiperqueratinizado. Guarín et al, 2016 encontraron que los esfínteres con anillo hiperqueratinizado se asociaron con una mayor presentación de mastitis infecciosa (10).

El objetivo de este estudio fue explorar la asociación entre la presentación de mastitis subclínica en vacas lecheras con las características anatómicas del pezón y su esfínter, considerando los factores de riesgo presentes en unidades productivas del norte de Antioquia.

6 Metodología

Materiales y métodos

Diseño del estudio

Se realizó un estudio transversal en 46 fincas dedicadas a la producción de leche ubicadas en el norte del departamento de Antioquia- Colombia (latitud 6°29'10.75" longitud 75°23'40.64"), desde octubre de 2021 hasta marzo 2022. Los criterios de inclusión de las fincas fueron: i. proveedora de leche a Lácteos la Fontana, industria láctea ubicada en el municipio de Donmatías (Antioquia), ii. vacas lactantes con más de tres días de paridas al momento de la visita, iii. cuartos funcionales de cada vaca lactante y iv. cuartos sin signos de mastitis clínica al momento de la visita.

Tamaño de muestra.

Se estudiaron un total de 42 unidades productoras de leche que proveen leche a Lácteos la Fontana, por lo tanto, no se determinó un tamaño de muestra. Los propietarios de las unidades firmaron el consentimiento informado y en cada unidad productiva se incluyeron todas las vacas que cumplieron criterios de inclusión.

Caracterización de las unidades productivas.

Durante la visita a los predios se determinó el lugar donde se realizó el ordeño (potrero o sala), tipo de ordeño (manual o mecánico), rutina de ordeño (presellado, sellado de pezones, elementos que se utilizaron para secar el pezón), número de vacas en ordeño, número de ordeñadores y quien era el responsable del ordeño (propietario, empleado).

Con relación a las vacas, en cada una se determinó: raza, número de partos, producción de leche durante el ordeño de la tarde, RSC combinado de los cuartos funcionales.

Evaluación de los cuartos.

Los cuartos se clasificaron según la forma del pezón (escala de Riera et al. 2005) (13) en i. embudo, ii. cilindro y iii. botella (Figura 1). La forma del esfínter se clasificó según la escala modificada propuesta por el Teat Club International (12) en i. esfínter sin anillo, ii. anillo elevado, iii. anillo rugoso y iv. anillo hiperqueratinizado (Figura 2).

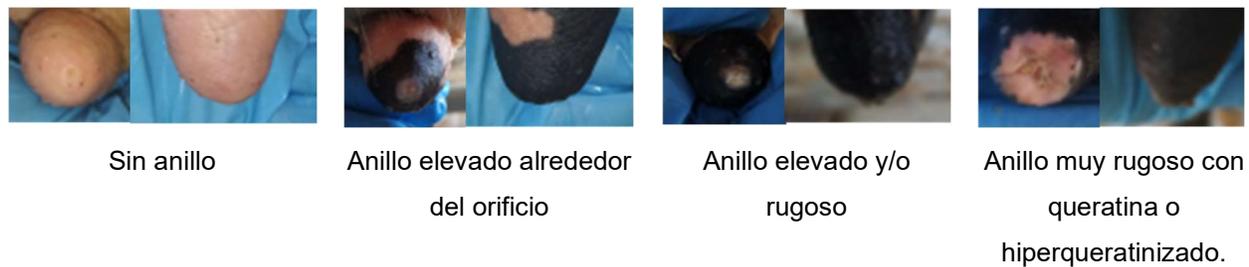
Figura 1: formas anatómicas del pezón

Imágenes propias



Figura 2: formas anatómicas del esfínter

Imágenes propias



Diagnóstico de mastitis subclínica

El diagnóstico de mastitis subclínica se realizó mediante California Mastitis Test - CMT, con este fin se colectaron muestras de leche de cada cuarto funcional al inicio del ordeño. Cinco calificaciones fueron posibles al CMT: i. negativo: cuando no hubo reacción de gelificación en la muestra; ii. sospechoso: cuando se identificó una muy leve reacción de gelificación en la prueba; iii. una cruz: cuando se presentó una reacción leve, que desapareció rápidamente; iv. dos cruces: se formó una reacción intermedia de gelificación rápidamente y de manera evidente pero que no se compactó y v. tres cruces: cuando la leche formó un gel viscoso y se compactó al entrar en contacto con el reactivo (14).

Recuento de Células Somáticas - RCS: se colectaron muestras de leche de los cuartos positivos al CMT para determinar el RCS en el Laboratorio de Calidad de Leche de la Universidad de Antioquia, a través de un equipo Fossomatic (14). Los resultados superiores a 200.000 células/ml fueron considerados como positivos para mastitis subclínica.

Recolección de muestras y datos

Investigadores de la Universidad de Antioquia, adscritos al proyecto “Fortalecimiento empresarial de los productores de leche en el departamento de Antioquia mediante la mejora de la calidad e inocuidad de la leche a través de la generación, el uso y evaluación de un producto de desarrollo tecnológico” (15) visitaron las unidades productivas, al menos una vez durante el periodo de estudio, en el ordeño de la tarde,

diligenciaron una encuesta estructurada para el registro de la información de variables de la unidad productiva, y otra para el registro de la información de las vacas, cuartos, pezones y esfínteres.

Cuando las vacas eran preparadas para el ordeño, se procedió a hacer la clasificación de la forma de los pezones y de los esfínteres de los cuartos funcionales de las vacas que cumplían criterios de inclusión e ingresaban al estudio. Posterior a la clasificación de la forma del pezón y del esfínter, se realizó la prueba CMT y se colectaron las muestras de leche para RCS por vaca.

Una vez se terminaban las actividades anteriormente descritas, a cada vaca se le determinó la raza según características fenotípicas, se solicita al productor u ordeñador sobre el número de partos y los días en leche. Al finalizar el ordeño de cada vaca, se determinó su producción de leche, utilizando medidores de leche, si se trataba de un ordeño mecánico, o mediante el uso de una báscula digital, en los ordeños manuales.

Análisis estadístico

Se hizo uso de la estadística descriptiva y se calcularon medianas y rangos intercuartílicos para describir las variables cuantitativas que no cumplieron el supuesto de normalidad al realizar la prueba de Shapiro Wilk. Para describir las variables cualitativas (dicotómicas y politómicas) se realizaron tablas de frecuencias absolutas y relativas. También se calcularon razones de prevalencia de la variable dependiente con algunas variables independientes.

Para el análisis multivariado se realizó un árbol de decisión, estos son un modelo analítico predictivo a partir de las observaciones y construcciones lógicas, estas se representan en forma gráfica con nodos, hojas y ramas. Permite representar, categorizar e identificar riesgos con el fin de ser controlados al interior del modelo. Una propiedad de esta técnica es que permite organizar el conjunto de datos de manera eficiente, ayudando a resumir la información y dependiendo de su evaluación o valor desciende en ramas hasta llegar al final. El modelo se construye desde la descripción de un problema a través de la toma de vías que dependen de la evaluación de las diferentes variables. Estas vías permiten obtener una visión gráfica de las variables independientes en mayor o menor medida con la variable dependiente (16).

Declaración de ética

El comité de ética de experimentación en animales, de la Universidad de Antioquia revisó y aprobó la utilización de animales en este estudio. (acta de reunión del 21 de agosto de 2021), El protocolo usado se acogió a la ley 84 de 1989 que regula la protección de animales contra el sufrimiento y el dolor en el territorio colombiano. Los propietarios de las unidades productivas firmaron el consentimiento informado y aceptaron participar en el mismo.

7 Resultados

Resultados descriptivos

Unidades productivas

Este estudio fue llevado a cabo en 46 fincas de la microcuenca lechera del altiplano norte de Antioquia. Cuatro fincas fueron excluidas del análisis después de verificar la calidad de la información y encontrar una alta proporción de datos faltantes. Finalmente, datos de 42 fincas fueron usados para ser incluidas en los análisis de los datos.

El número promedio de vacas lactantes por finca fue de 19.76 (Rango 4-59), con una producción promedio por finca de 257 litros/día (Rango 28 litros - 1366 litros), la prevalencia de mastitis subclínica por granja determinada a través de CMT varió entre el 8.03 y 67.27%; mientras que la prevalencia de mastitis subclínica a nivel de vaca estuvo entre el 23.08 y 92.86%. El ordeño manual se lleva a cabo en el 54.76% de las unidades productivas y 73.81% llevan a cabo el ordeño en potrero. Los ordeñadores eran el mismo propietario en el 52.38% de las unidades productivas (ver tabla 1). De las 31 fincas que realizan secado del pezón, tres (3) humedecen los pezones sólo con agua y de dos de las fincas no se tiene la información si el secado de los pezones se realizaba de manera individual por pezón.

Tabla 1. Características de las unidades productivas

	N	%
Tipo de ordeño (n=42)		
Manual	19	45.24
Mecánico	23	54.76
Lugar de ordeño (n=42)		
Potrero	31	73.81
Sala	11	26.19
Ordeñador (n=42)		
Otro	22	52.38
Propietario	20	47.62
Presellado (n=42)		
No	14	33.33
Si	28	66.67

Principio activo del presellado (n=28)		
Yodado	16	57.14
Clorado	8	28.57
Otro	4	14.29
Tipo de secado de pezones (n=31)		
Toalla desechable	16	51.61
Papel periódico	12	38.71
Tela	3	9.68
Secado individual de pezones (n=29)		
No	21	72.41
Si	8	27.59
Sellado (n=42)		
No	16	38.10
Si	26	61.90
Principio activo del sellado (n=26)		
Clorado	4	15.38
Yodado	22	84.62
Realiza CMT (n=42)		
No	23	54.76
Si	19	45.24

Características de las vacas incluidas en el estudio

Se incluyeron 827 vacas en el estudio, en las que predominó la raza Holstein con 43.53%, seguido del cruce Holstein x Jersey con 19.23% y la raza Jersey con 9.19%. La frecuencia de otras razas y cruces se presentan en la tabla 2. La mediana del número de partos fue de 3 (RIQ= 2-4) y el promedio de producción de leche medido en el ordeño de la tarde fue de 6.36 litros (DE=2.77).

Las vacas incluidas en el estudio tuvieron un promedio de 147 días en leche (DE= 104.71). La mediana del RCS por vaca fue 275.500 células/ml (RIQ 100.000-795.000). La prevalencia de mastitis subclínica por vaca fue de 53.81% (I.C 95% 50.41-57.21), entendida como la identificación de una vaca con al menos un cuarto positivo a la prueba del CMT. En la tabla 2 se presenta la distribución de la raza y número de partos según el grado de afección de mastitis subclínica medida con la prueba de CMT. La razón de prevalencia muestra un aumento en la presencia de mastitis de 1.50 veces después del

tercer parto, un 1.77 veces para los partos cuarto y quinto; y 1.95 veces para seis partos o más, todos en comparación del primer parto.

Tabla 2. Características de las vacas incluidas en el estudio resultado de CMT

	Positivo;n (%)	Total; n (%)	RP (IC 95%)
# de Partos			
1	63 (38.9)	162 (19.6)	Referencia
2	73 (48.0)	152 (18.4)	1.23 (1.22-1.30)
3	77 (58.3)	132 (16.0)	1.50 (1.44-1.56)
4	68 (68.7)	99 (12.0)	1.77 (1.69-1.85)
5	44 (68.8)	64 (7.7)	1.77 (1.69-1.85)
≥6	50 (75.8)	66 (8.0)	1.95 (1.86-2.04)
N.D.	70 (46.1)	152 (18.4)	1.18 (1.14-1.21)
Raza			
Holstein	191 (53.1)	360 (43.5)	Referencia
Jersey * Holstein	99 (62.3)	159 (19.2)	1.17 (1.14-1.20)
Jersey	38 (50.0)	76 (9.2)	0.94 (0.92-0.96)
Diferentes cruces	40 (57.1)	70 (8.5)	1.08 (1.05-1.09)
Otras razas	11 (35.5)	31 (3.7)	0.67 (0.63-0.70)
Pardo Suizo	9 (45.0)	20 (2.4)	0.85 (0.82-0.87)
Gyr *Holstein	12 (63.2)	19 (2.3)	1.19 (1.16-1.23)
No determinada.	45 (48.9)	92 (11.1)	0.92 (0.90-0.94)

Características de los cuartos

Fueron evaluados 3308 cuartos, de estos los cuartos no funcionales (n=55; 1.66%) y los cuartos identificados con mastitis clínica (n=23; 0.70%), fueron excluidos de los análisis. Los cuartos incluidos en el estudio (3230) fueron evaluados mediante CMT y se encontró que 2450 (75.85%), arrojaron un resultado negativo, en estos se incluyen 124 (3.84%) se clasificaron como trazas. El porcentaje de positividad a la prueba del CMT fue del 24.27% (784). Entre los resultados positivos, 386 (49.23%) cuartos se clasificaron con una cruz, 261 (33.29%) cuartos se clasificaron con dos cruces y 137 (17.47%) fueron clasificados con tres cruces.

Respecto a la anatomía del pezón, la forma más frecuente fue la de cilindro, con el 68.45% de las observaciones, seguido de la forma en embudo (19.1%) y por último la forma en botella (12.11%). Los pezones en forma de botella obtuvieron un 30.95% de

resultados positivos a mastitis subclínica, en contraste con el 23% obtenido en las otras dos formas. En cuanto a la forma del esfínter, la forma más común fue el anillo elevado con el 55.91% de las observaciones, seguido del anillo rugoso (21.11%) y sin anillo (19.97%). La forma menos frecuente fue el anillo hiperqueratinizado (1.76%), sin embargo, el 50.88% de los esfínteres con esta forma arrojaron un resultado positivo a la prueba de CMT en contraste con 19.32% de positividad encontrado en los esfínteres con anillo elevado (Tabla 3).

Las razones de prevalencia de la forma del pezón y el esfínter mostraron que los pezones en forma botella presentaron 1,34 veces los resultados positivos al CMT en comparación con los pezones en forma de cilindro; mientras que los pezones en forma de embudo y cilindro no mostraron diferencias en la presentación de mastitis subclínica. Respecto a la forma del esfínter, los esfínteres sin anillo presentaron 1,42 veces los resultados positivos a CMT comparado con los esfínteres con anillo elevado. El anillo rugoso presentó 1,74 veces y el anillo hiperqueratinizado presentó 2,68 veces la presentación de mastitis subclínica comparados con anillo elevado.

Tabla 3. Clasificación de pezones y esfínteres

Resultado CMT	Positivo; n (%)	Total; n (%)	RP (IC 95%)
Forma del pezón			
Botella	121 (30.9)	391 (11.9)	1.34 (1.31-1.36)
Cilindro	511 (23.1)	2215 (67.4)	Referencia
Embudo	148 (22.1)	617 (20.4)	1.04 (1.02-1.05)
N.D.	4 (36.4)	11 (0.3)	1.58(1.54-1.61)
Forma del esfínter			
Sin anillo	173 (26.8)	645 (19.9)	1.41 (1.38-1.44)
Anillo elevado	349 (19.3)	1810 (56.0)	Referencia
Anillo rugoso	227 (33.3)	682 (21.1)	1.73 (1.70-1.80)
Anillo hiperqueratinizado	29 (50.9)	57 (1.8)	2.64 (2.60-2.75)
N.D.	6 (15.0)	40 (1.2)	0.78 (0.76-0.79)

La proporción de positividad por cuarto según el tipo de ordeño fue de 20.76% (469/2259) para los cuartos que se ordeñaban con sistema mecánico, en contraste con el ordeño

manual 32.30% (315/975) para los ordeños manuales. Se analizó además la proporción de resultados negativos y positivos según el tipo de ordeño y morfología de los pezones y esfínteres, los resultados se muestran en la tabla 4. La razón de prevalencia entre la forma del pezón y el tipo de ordeño no presentó diferencias significativas. Sin embargo, la forma del esfínter muestra que el anillo rugoso presenta 1.93 veces mayor en el ordeño mecánico y en el ordeño manual con un 1,37 veces. Se encontró también que el anillo hiperqueratinizado tiene 2,68 veces en el ordeño mecánico y de 3 veces en el ordeño manual ambos comparados con anillo elevado.

Tabla 4. Mastitis subclínica y características morfológicas del pezón según el tipo de ordeño

	Manual; 975 (30,15%)			Mecánico; 2259 (69,85%)		
	Negativo; n (%)	Positivo n; (%)	RP (IC 95%)	Negativo; n (%)	Positivo; n(%)	RP (IC 95%)
Forma del pezón						
Botella	87 (61.70)	54 (38.3)	1.18 (1.15-1.21)	183 (73.20)	67 (26.80)	1.35 (1.32-1.38)
Cilindro	362 (67.41)	175 (32.59)	Referencia	1342 (79.97)	336 (20.02)	Referencia
Embudo	208 (70.99)	85 (29.01)	0.90 (0.88-0.92)	261 (80.55)	63 (19.44)	0.95 (0.94-0.96)
N.D.	3 (75.00)	1 (25.00)	-	4 (57.14)	3 (42.86)	-
Forma del esfínter						
Sin anillo	163 (62,69)	97 (37,31)	1.37 (1.32-1.42)	309 (80,26)	76 (19,74)	1.18 (1.16-1.20)
Anillo elevado	349 (72,56)	132 (27,44)	Referencia	1112 (83,67)	217 (16,32)	Referencia

Anillo rugoso	126 (63)	74 (37)	1.37 (1.32-1.42)	329 (68,26)	153 (31,74)	1.93 (1.87-1.98)
Anillo hiperqueratinizado	2 (18,18)	9 (81,82)	3 (2.84-3.15)	26 (56,52)	20 (43,48)	2.68 (2.60-2.77)
N.D.	20 (86,96)	3 (13,04)	-	14 (82,35)	3 (17,65)	-

Análisis multivariado

Se construyó un árbol de decisión como modelo de análisis múltiple. Las variables incluidas fueron definidas a través del método de máxima verosimilitud, dejando el modelo final como se expresa a continuación:

El modelo se construyó con las variables por hato: tipo de ordeño, lugar de ordeño, ordeñador, principio activo presellado, tipo secado de pezones. Por vaca: DEL, número de partos, producción de leche en el ordeño de la tarde. Por cuarto: resultado de CMT, forma del esfínter, forma del pezón, lado del cuarto y posición de este.

Modelo = (Resultado CMT ~ Esfínter + Pezón + Lado + Posición + Partos + DEL + Producción de litros pm + Tipo de ordeño + Lugar de ordeño + Ordeñador + Principio activo presellado + Tipo secado pezones).

El árbol de decisión permitió clasificar las variables según su porcentaje de importancia con base en el aporte que hacen al poder predictivo del modelo. Se encontró que la producción de leche en el ordeño de la tarde (28.0%), los DEL (16.0%), el principio activo del presellado (11.0%), tipo de secado del pezón (10.0%) y el número de partos (9.0%), fueron las variables que más aportaron al modelo. La variable forma del esfínter (6.0%) y forma del pezón (3.1%) también estuvieron presentes, pero en una proporción menor a las descritas previamente Tabla 3. Este modelo permitió calcular entonces un poder predictivo de 88.02% para los cuartos sanos del y de 67.31% para los cuartos con mastitis subclínica.

Tabla 5. Importancia de cada variable dentro del árbol de decisión

Variable	%
Producción de litros ordeño de la tarde	28.0

DEL	17.0
Número de partos	14.0
Raza	11.0
Forma del esfínter	6.0
Tipo de secado de los pezones	5.0
Tipo de ordeño	5.0
Principio activo del presellado	4.0
Lugar de ordeño	3.0
Realiza CMT de manera periódica	2.0
Lugar de ordeño	2.0
Principio activo del sellado	2.0

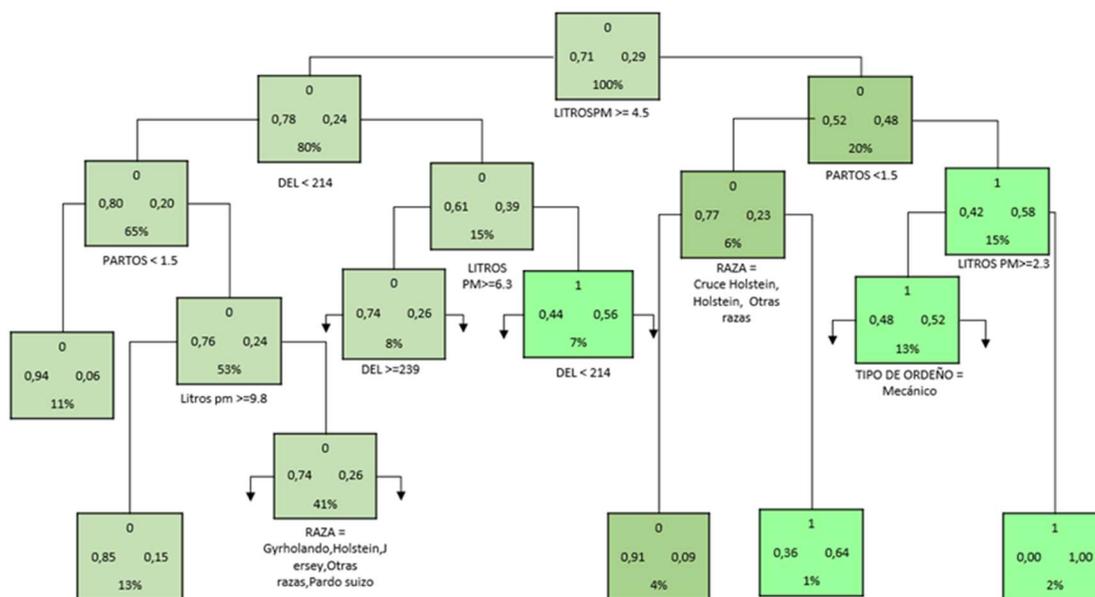


Figura 3: ÁRBOL DE DECISIÓN: se presenta una versión resumida del árbol final en el cual se lleva hasta el quinto nivel en este se encuentran cuadros verdes claros los cuales representan los cuartos posiblemente sanos y los verdes oscuros los cuartos que posiblemente tienen mastitis subclínica (CMT), en la base del cuarto se encuentra la variable representada, en su interior los decimales representan la posibilidad de estar sano o enfermo en forma respectiva y el porcentaje presenta el peso de esa variable en el nivel en el cual se ubica.

Si desea ver el árbol de decisión completo se presenta en el anexo.

El árbol de decisión graficado en la figura 3 tiene como punto de partida la variable de producción de leche (0.71 - 100%) de la cual se derivan dos posibilidades, los cuartos posiblemente sanos ubicado en el brazo izquierdo y los posiblemente enfermos en el brazo derecho. Los posiblemente sanos inician la rama con la producción de leche en el ordeño de la tarde mayor o igual a 4,5 litros. Continúa con los días en leche (0.78 - 80%), seguido de menor de 1,5 partos (0.80 -65%). Al lado derecho de la variable producción de leche en el ordeño de la tarde igual o mayor a 6,5 litros (0,61-15%).

Los posiblemente enfermos ubicados en el brazo derecho tenemos como variable de inicio producciones menores a 4,5 litros en el ordeño de la tarde. Continúa con un promedio de partos mayor a 1,5 (0.52 - 20%), surge de nuevo la variable producción de litros en el ordeño de la tarde, esta vez inferior a 2,5 litros (0.42- 15%), lo que nos permite finalizar la rama con un cuarto posiblemente enfermo (1,0-2%). El brazo izquierdo continúa con los cuartos en ordeño mecánico (0,52-15%), seguida por los cuartos posiblemente enfermos con los días en leche (0,68-6%) y finalizando la línea de posibles enfermos (0.80-4%).

El modelo nos permite identificar que la forma del esfínter no tiene un impacto tan fuerte en la presencia de mastitis subclínica al compararlas con otras variables que se incluyeron en el estudio ya que su presencia en el modelo se ubica en el 6 nivel de la rama izquierda con un anillo elevado como un cuarto posiblemente sano (0.74-21%) y en la rama derecha con un anillo elevado o hiperqueratinizado en el nivel 5 con un cuarto posiblemente sano (0.64-6%). Sin embargo, la forma del pezón peso en el modelo.

8 Discusión

En el presente estudio se encontró que la raza más común en los hatos fue la Holstein con 43.53%, seguido del cruce Holstein x Jersey con 19.23% y la raza Jersey con 9.19%. Estudios de evaluación de mastitis realizados en Antioquia mostraron resultados porcentuales diferentes, sin embargo la raza con mayor prevalencia fue la Holstein con 96% y jersey 4%(17); Holstein con 83.5%, Holstein x Jersey el 9.6% y 6.9% fueron las otras razas o cruces los cuales no son especificados (18) y Riera en el 2006 realiza un estudio de análisis de anatomía del pezón en Venezuela con una distribución de razas en vacas carolas 70.8%, Holstein 22.7% y Jersey 6.4% (9), una distribución de razas diferentes a las encontradas. La mediana del número de partos fue de 3 (RIQ= 2-4), mientras Ramírez encontró en el 2011 el número promedio de partos de las vacas evaluadas fue 3.4 (RIQ= 1.2-5.6) (13) y en el 2001 encontró que predominaron las vacas de segundo y tercer parto con un 26.1 % (18). Los días en leche reportado en este estudio tenía un promedio de 147 días en leche (DEL= 104.71), Trujillo et al. 2001 obtuvieron un promedio de 179 días en leche (DE= 114) (17).

Respecto al tipo de ordeño, el 54% de vacas estudiadas se ordeñaban en forma mecánica un porcentaje mayor que en estudios realizados como 21.4% en el 2001 (18) y el 29.6% en el 2011 (14). La producción de leche promedio en el ordeño de la tarde fue de 6.36 litros (DE=2.77), la producción reportada en el municipio de San Pedro de los Milagros encontró mayor prevalencia de producción de leche en 15 y 22 Litros en el ordeño de la mañana y de la tarde (18) y en el altiplano norte la producción promedio de leche por vaca fue entre 11 a 23.6 Litros en el ordeño de la mañana y de la tarde (14), producciones similares a la encontrada. En estos dos estudios también evaluaron el presellado donde al 57% y al segundo el 50% de las vacas les realizaban presellado con un principio activo yodado (14,18), resultado similar al encontrado donde el 66% de las vacas le realizaban presellado y de esas el 57% tenía como principio activo el yodo. El sellado fue realizado en el estudio 2001 42.9%, en el 2011 69.9% y en el presente estudio el sellado lo hacen el 61.9% (14).

Para el diagnóstico de mastitis subclínica se realizó el CMT obteniendo un 75.78 % negativos y trazas 3.75%, de los cuartos que presentaron algún grado de mastitis subclínica, 11.67% de los cuartos se clasificaron con una cruz, dos cruces 7.89% y tres cruces 4.14%. Se comparó con dos estudios realizados en Colombia uno en el altiplano norte de Antioquia (14) y el segundo en el oriente de Antioquia (17) los dos publicados en el 2011, donde identificaron de forma respectiva los siguientes datos negativos 76.6%-76.27%, trazas 1.2%-3.84%, una cruz 8.4%-14.02, dos cruces 8.1%-5.24% y tres cruces 4.2%-0.61%. Resultados similares a los obtenidos en este estudio. Es necesario aclarar que no se diferenciaron los resultados según el tipo de ordeño, lugar o raza de las vacas.

La forma del esfínter no presentó un impacto significativo en la presencia de mastitis subclínica en este estudio, resultados similares a los encontrados por Bhutto el cual no encontró que la punta del pezón tuviera un efecto significativo en el RCS (19). Sin embargo, la anatomía del esfínter ha sido estudiado por múltiples autores los cuales han presentado resultados diversos frente a preguntas similares y las mismas características anatómicas. Encontraron que los esfínteres más comunes fueron el esfínter elevado y el anillo rugoso, lo encontrado por Neijenhuis fue 52.1% - 22.9%, Breen 26.1% -33.5% y Bhutto con 37.3% -15.5% de forma respectiva. La forma del anillo menos reportado fue el hiperqueratinizado el cual solo el 10% de las vacas lo presentaron en el estudio llevado a cabo por Mein. Los esfínteres con anillo hiperqueratinizado encontrados por cuarto para Neijenhuis fue 0.4%, Breen 4.7% y Bhutto 8,2% (19-21); Uno de los estudios encuentra asociación entre la anatomía y el recuento de las células somáticas (8,13,22).

En contraste con lo mencionado en el párrafo anterior se tiene los resultados obtenidos en el estudio de Breen et al. donde se encontró un esfínter con anillo elevado en el 26.1% de las observaciones, 33.5% de esfínteres con anillo rugoso. Bhutto et al encontraron 37.3% de esfínteres con anillo elevado, 15.5% de esfínteres con anillo rugoso. Estas diferencias pueden deberse a los sistemas de ordeño, dado que este estudio el 30.15% de las unidades productivas se manejaban con ordeño manual mientras que los estudios desarrollados por Bhutto y Breen llevaron a cabo sus estudios en unidades productivas con ordeño mecánico (19,21).

El esfínter con anillo hiperqueratinizado fue el menos frecuente de las observaciones de este estudio, donde se encontró en un 1.76% de los pezones evaluados. Este resultado se asemeja a lo encontrado por Neijenhuis et al. quienes reportaron una proporción 0.4% de las observaciones (20). Breen et al. y Bhutto et al. reportan una proporción de esfínter con anillo hiperqueratinizado del 4.7 y 8.2% respectivamente (19,21). Estas diferencias pueden ser explicadas por el tipo de ordeño mecánico, la presión de vacío de la máquina de ordeño y la rutina de ordeño, los cambios en el estado de la punta del pezón ocurren en un período de 2 a 8 semanas en ordeños mecánicos, evento que fue evaluado en un estudio de seguimiento, realizado por Mein et el cual reportó que el 10% de las vacas evaluadas presentaron al menos un esfínter con anillo hiperqueratinizado al finalizar el seguimiento (12).

La forma del anillo menos encontrado fue el hiperqueratinizado el cual solo el 10% lo presentaron en Mein, los encontrados por cuarto para Neijenhuis fue 0.4%, Breen 4.7% y Bhutto 8,2% (12,19,21); Uno de los estudios encuentra asociación entre la anatomía y el recuento de las células somáticas (8,23,24).

La influencia de la forma del pezón no ha tenido un estudio tan amplio como el del esfínter, los pezones en forma de cilindro 68.5%, seguido por el embudo 20.7% y botella 12.1%, los cuales discrepan de las investigaciones realizadas por Riera el cual encontró en el 2005 y 2006 en mayor frecuencia que los pezones en forma de embudo 48.7% y 50.8 % respectivamente, seguido de los pezones en forma de cilindro 32.8% y 32,4% y botella 15.3% y 16,7% respectivamente para cada año (9,13); Riera y Hussain que encontró mayor frecuencia de pezones en forma de embudo (9,13,23).

9 Conclusiones

El control de la mastitis subclínica en producciones de leche depende de la identificación y control de factores de riesgo relacionados con el manejo de los animales. Con el presente estudio se buscó explorar la influencia de la anatomía del pezón y del esfínter en el desarrollo de la mastitis subclínica. El sistema de clasificación para la anatomía de los pezones y del esfínter de este ha sido estudiado en ambientes controlados con animales de la misma raza y/o en el mismo sistema productivo. Aunque el presente escrito ofrece una aproximación al estado del pezón en sistemas de producción menos tecnificados, con rutinas de ordeños diferentes, distintos tipos de ordeño y sin control en la presión de vacío de la máquina o en ordeño mecánico lo que da paso a nuevos estudios que ayuden conocer el comportamiento en distintas poblaciones.

En conclusión, el modelo permitió evidenciar que la forma del esfínter no tiene una asociación con la presencia de mastitis, sin embargo, en la razón de prevalencia el esfínter con cambios crónicos mostró que puede presentar mayor frecuencia de mastitis subclínica que otras formas anatómicas, lo cual puede ser útil para predecir la incidencia de mastitis subclínica en producciones de leches de diversas razas. El árbol de decisión permite reiterar que factores como los días en leche, la producción de leche en el ordeño de la tarde, el número de partos y el tipo de ordeño tiene una influencia directa en el desarrollo de la enfermedad.

10 Recomendaciones

Las recomendaciones son las futuras y posibles líneas de investigación que llevarán a resolver problemas relacionados con la presente investigación.

Referencias

1. Kumar Pankaj, Ojasvita, Anupama Deora, Himanshu Sharma, Satbir Sharma, Dinesh Mittal, et al. Bovine Mastitis: A Review. Middle-East Journal of Scientific Research [Internet]. 2020;28(6):497–507. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/348356273>
2. Wellenberg GJ, van der Poel WHM, van Oirschot JT. Viral infections and bovine mastitis: A review. Vet Microbiol [Internet]. 2002;88(1):27–45. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12119136/>
3. Hortet P, Seegers H. Loss in milk yield and related composition changes resulting from clinical mastitis in dairy cows.
4. Bedolla, CC; Ponce de León M. Pérdidas económicas ocasionadas por la mastitis bovina en la industria lechera - Economic casualties inflicted by the bovine mastitis in the milk industry). Redvet (Revista electronica de veterinaria) [Internet]. 2008;XI:1–26. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63611952010.pdf>
5. Heikkilä A, Liski E, Pyörälä S, Taponen S. Pathogen-specific production losses in bovine mastitis. J Dairy Sci [Internet]. 2018;101(10):9493–504. Available from: file:///C:/Users/Equipo/Documents/gl_mamaria/Revision_bibliografica/S0022030218307525.htm
6. Aponte F. Perfil de resistencia in vitro a antimicrobianos de cepas causantes de mastitis aisladas de leche cruda bovina en establecimientos de pequeña y mediana producción. SENACSA (Servicio Nacional de Calidad y Salud Animal) [Internet]. 2007;5(1):19–25. Available from: <https://revistascientificas.una.py/index.php/RIIC/article/view/329/256>
7. Paulrud CO. Basic Concepts of the Bovine Teat Canal. Vet Res Commun. 2005;29:215–45.
8. Guarín JF, Paixão MG, Ruegg PL. Association of anatomical characteristics of teats with quarter-level somatic cell count. J Dairy Sci [Internet]. 2017;100(1):643–52. Available from: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2016-11459>
9. Riera Nieves M, Rodríguez Márquez JM, Perozo Prieto E, Rizzi R, Cefis A, Pedron O. Comparison of Morphological Traits of Teats in Three Dairy Breeds. Vol. XVI. 2006.
10. Guarín JF, Baumberger C, Ruegg PL. Anatomical characteristics of teats and premilking bacterial counts of teat skin swabs of primiparous cows exposed to different types of bedding. J Dairy Sci. 2017 Feb 1;100(2):1436–44.

-
11. Bharti P, Bhakat C, Pankaj PK, Bhat SA, Arul Prakash M, Thul MR, et al. Relationship of udder and teat conformation with intra-mammary infection in crossbred cows under hot-humid climate. *Vet World*. 2015;8(7):898–901.
 12. Mein GA, Neijenhuis F, Morgan WF, Reinemann DJ, Hillerton JE, Baines JR, et al. Evaluation of bovine teat condition in commercial dairy herds: 1 Non-infectious factors. *Proceedings of the 2nd International Symposium on Mastitis and Milk Quality* (2001) [Internet]. 2001;1–9. Available from: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.576.7771&rep=rep1&type=pdf>
 13. Riera Nieves M, Rodríguez Marquez JM, Perozo Prieto E, Rizzi R, Cefis A. Morphometric characterization of the teats in Carora cows. *Revista Científica-Facultad De Ciencias Veterinarias* [Internet]. 2005;15(5):421–8. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/959/95915505.pdf>
 14. Ramírez Vásquez N, Arroyave Henao O, Cerón-Muñoz M, Jaramillo M, Cerón J, Palacio LG. Factores asociados a mastitis en vacas de la microcuenca lechera del altiplano norte de Antioquia, Colombia. *Rev Med Vet (Bogota)* [Internet]. 2011;(22):31. Available from: <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1017&context=mv>
 15. Olivera M, Palacio LG, Barrios D. Fortalecimiento empresarial de los productores de leche en el departamento de Antioquia mediante la mejora de la calidad e inocuidad de la leche a través de la generación, el uso y evaluación de un producto de desarrollo tecnológico.
 16. Barrientos Martínez RE, Cruz Ramírez N, Acosta Mesa HG, Rabatte Suárez I, Gogeoascoechea Trejo M del CP, Pavón León P, et al. Árboles de decisión como herramienta en el diagnóstico médico [Internet]. 2009. Available from: www.uv.mx/rm
 17. Trujillo CM, Gallego AF, Ramírez N, Palacio LG. Prevalence of mastitis in dairy herds in Eastern Antioquia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 2011;24(1):11–8.
 18. Ramírez N, Gaviria G, Arroyave O, Sierra B, Benjumea J. Prevalencia de mastitis en vacas lecheras lactantes en el municipio de San Pedro de los Milagros, Antioquia. *Revista Colombiana de ciencias pecuarias* . 2001;14(1).
 19. Bhutto AL, Murray RD, Woldehiwet Z. Udder shape and teat-end lesions as potential risk factors for high somatic cell counts and intra-mammary infections in dairy cows. *Veterinary Journal* [Internet]. 2010;183(1):63–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tvjl.2008.08.024>

-
20. Neijenhuis F, Barkema HW, Hogeveen H, Noordhuizen JPTM. Classification and longitudinal examination of callused teat ends in dairy cows. *J Dairy Sci.* 2000;83(12):2795–804.
 21. Breen JE, Green MJ, Bradley AJ. Quarter and cow risk factors associated with the occurrence of clinical mastitis in dairy cows in the United Kingdom. *J Dairy Sci.* 2009;92(6):2551–61.
 22. de Pinho Manzi M, Nóbrega DB, Faccioli PY, Troncarelli MZ, Menozzi BD, Langoni H. Relationship between teat-end condition, udder cleanliness and bovine subclinical mastitis. *Res Vet Sci [Internet].* 2012;93(1):430–4. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rvsc.2011.05.010>
 23. Hussain R, Tariq Javed M, Khan A, Mahmood F, Kausar R. Mastitis and associated histo-pathological consequences in the context of udder morphology. *Int J Agric Biol.* 2012;14(6):947–52.
 24. Chrystal MA, Seykora AJ, Hansen LB, Freeman AE, Kelley DH, Healey MH. Heritability of teat-end shape and the relationship of teat-end shape with somatic cell score for an experimental herd of cows. *J Dairy Sci.* 2001;84(11):2549–54.

Anexos

Anexo agregado PDF con el árbol de decisión completo