

ARTÍCULOS ORIGINALES



Modelo de regresión logística para determinar relaciones de equipos de ordeño con la presentación de la mastitis bovina en fincas del altiplano cundiboyacense

Revista
Colombiana de
Ciencias
Pecuarias

Alfonso Calderón¹, MVZ, MSc; Pilar Donado¹, MV, MSc; Gustavo García², Z, MSc, Ph D; Fredy García¹, MVZ, MSc.

¹Programa Nacional de Investigación en Salud Animal, Corpoica-Ceisa, Avenida El Dorado No 42-42. Bogotá, Colombia;

²Coordinador de Investigación, Corpoica, C.I. Tibaitatá, kilómetro 14 vía occidente, Mosquera Cundinamarca.

alcaran1@yahoo.com

(Recibido: 14 mayo, 2004; aceptado: 7 diciembre, 2004)

Resumen

Por medio de un estudio epidemiológico transversal en la Sabana de Bogotá y los valles de Ubaté y Chiquinquirá, se evaluó el funcionamiento de 37 equipos de ordeño mediante la realización de las pruebas estáticas y dinámicas; el diagnóstico de mastitis bovina fue realizado en 2854 vacas en ordeño. El modelo de regresión logística determinó cuales factores estaban asociados con la presencia o ausencia de mastitis bovina. La colocación de las unidades de ordeño sin la admisión de aire, el cumplimiento de la relación entre el número de unidades de ordeño y el diámetro de la tubería de pulsación fueron priorizados como factores de protección. La inadecuada eficiencia del regulador, el resbalamiento de las unidades de ordeño y un mal funcionamiento de los pulsadores se consideraron como factores de riesgo. Se determinó que el factor de riesgo que más está contribuyendo a la presencia de mastitis bovina es el sobreordeño, definido como ordeño en seco, sobremanipulación de las unidades de ordeño, masaje sobre las ubres o la combinación de todas las anteriores formas, consideradas estas últimas prácticas como aspectos indeseables en una excelente rutina de ordeño.

Palabras clave: *factores de protección, factores de riesgo, mastitis, sobreordeño.*

Introducción

La inflamación de la glándula mamaria es conocida como mastitis y se caracteriza por presentar alteraciones del tejido glandular, así como cambios físicos, químicos y bacteriológicos en la leche (2). La mastitis bovina ha sido categorizada en contagiosa y ambiental, con base en la descripción epidemiológica de los patógenos que causan la infección de la glándula mamaria. Esta clasificación se soporta en los diferentes agentes infecciosos implicados en la enfermedad y en las medidas de prevención y control (3,16).

La mastitis es la principal causa de pérdidas económicas de la industria lechera, ya que tanto los

productores como los procesadores son afectados por la disminución ocasionada en el volumen de leche producida y en la calidad bacteriológica de la misma y por las repercusiones sobre la salud pública en el consumidor final (6,7).

Los factores de riesgo o de protección son considerados como aquellas variables asociadas con el aumento o disminución en la probabilidad de que aparezca la enfermedad. La mastitis ocurre cuando los factores ambientales, de manejo y de prevención y control, interactúan ya sea para aumentar la exposición de la ubre a los microorganismos, reducir la resistencia

de la vaca o ayudar a los patógenos a atravesar el canal del pezón (4).

El equipo de ordeño está asociado con la presentación de la mastitis en tres formas: puede actuar como un fómite transmitiendo organismos contagiosos de vaca a vaca, afectar los mecanismos de defensa de la punta del pezón y crear flujos de presión que originan los impactos de leche (10).

Los métodos estadísticos mediante los cuales se pueden estudiar los fenómenos biológicos desde una perspectiva multivariada son: análisis de regresión múltiple, análisis de varianza, análisis discriminante y el análisis de regresión logística multivariada (11). La regresión logística es un modelo que se usa comúnmente cuando las variables independientes incluyen medidas tanto continuas como categóricas y la variable de respuesta es categórica como por ejemplo (sano/enfermo). Este modelo estima la probabilidad de que los resultados se presenten en una función exponencial de variables independientes (11) pero también es una técnica que permite predecir los efectos de un factor mientras otros factores permanecen constantes (12).

El objetivo del presente estudio fue determinar por medio de un modelo de regresión logística, las variables de manejo, de prevención y de control de la mastitis bovina, así como de las características de funcionamiento de los equipos de ordeño que están asociadas a la presentación de mastitis bovina en sistemas de lechería especializada en la Sabana de Bogotá y los valles de Ubaté y Chiquinquirá (altiplano cundiboyacense).

Materiales y métodos

Por medio de un muestreo de conveniencia, se efectuó un estudio epidemiológico transversal en la microrregiones de la Sabana de Bogotá y los Valles de Ubaté y Chiquinquirá, que consistió en la evaluación estática y dinámica de 37 equipos de ordeño, siguiendo la metodología propuesta por el consejo de fabricantes de equipos de ordeño de los Estados Unidos (14). El diagnóstico de la mastitis bovina se efectuó en 2793 vacas en ordeño, mediante la prueba California para mastitis (CMT), aislamiento bacteriano y recuento de células somáticas, según los procedimientos de

laboratorio propuestos por el consejo nacional de la leche de los Estados Unidos (15).

Las mediciones estáticas comprendieron la evaluación de los diámetros de la tubería de pulsación con el número de unidades de ordeño (CLVA) que, según el consejo de fabricantes de equipos de ordeño de los Estados Unidos (14), establece dos pulgadas para equipos hasta con 14 unidades y tres pulgadas para equipos con más de 14 unidades, la medición del nivel de vacío leído con un medidor de flujo (vacío de trabajo) y la comparación de éste con el indicado en el vacuómetro del equipo, la capacidad de vacío producido por la(s) bomba(s) a 15 pulgadas de mercurio y con el nivel de vacío leído o de trabajo; la eficiencia del regulador (UREG) se consideró como adecuada cuando la relación entre la reserva efectiva y la manual fue igual o superior al 90%; la reserva efectiva se evaluó con el regulador funcionando normalmente y para la medición de la reserva manual se desconectó el sensor del regulador, también para este parámetro se valoró la ubicación del sensor del regulador de acuerdo al tipo de equipo de ordeño, estas mediciones se efectuaron con un medidor de flujo (flowmeter) y con la ayuda de un vacuómetro electrónico o Duncan que determina los niveles de vacío en diversos puntos. Las pruebas dinámicas se efectuaron con el equipo ordeñando normalmente e incluyeron estabilidad del vacío en la línea de pulsación, que fue afectado por las entradas de aire al sistema en el momento del ordeño bien sea al colocar las unidades (UNI) o por deslizamiento o caídas de las unidades de ordeño que se visualizó por la estabilidad del vacío, el nivel de vacío en la punta del pezón (nivel de vacío de ordeño) y el chequeo de las fases de la pulsación (FPULS), estas mediciones se efectuaron con la ayuda de un graficador de curvas (14).

El resbalamiento de las unidades de ordeño (RUNI), se definió como la situación de la pezonera que se desliza a lo largo del pezón, haciendo muchas veces, un chillido, siendo esta situación aceptable cuando es menos del 10%. La caída de las pezoneras se observó cuando estas cayeron al piso, haciéndose evidente por un sonido característico de la entrada de aire al sistema (15). El sobreordeño (HAY) fue definido para este estudio de las siguientes formas: ordeño en seco que consistió en la visualización del colector sin leche pero el equipo ordeñando normalmente, sobremanipulación de las unidades de ordeño por parte de los operarios, masaje sobre la ubre, o la combinación de las anteriores formas.

Para la construcción del modelo de regresión logística se utilizó el programa estadístico para computadoras Egret. Se incluyó como variable dependiente la presencia de mastitis y como variables independientes los resultados de las evaluaciones estáticas y dinámicas que se realizaron a los equipos de ordeño.

El modelo propuesto fue:

$$P_x = 1 / 1 + \exp - [b_0 + (b_1x_1 + b_2x_2 + \dots b_nx_n)]$$

donde:

- b_0 = es el intercepto
- b_1, b_2, b_n = son los coeficientes de regresión
- exp = indica que es la base del logaritmo natural
- P = es la probabilidad
- X_1, x_2, x_n = son las variables independientes

El valor de β , muestra el cambio en el logit de presentar mastitis comparado con no tenerla por cada cambio de unidad en el respectivo valor, sí éste es positivo indica que es un factor de riesgo, en caso contrario es un factor protector. el error estándar asociado a cada β es una medida de dispersión del parámetro y generalmente no se interpreta porque sólo es utilizado en el cálculo estadístico de wald que tiene como función evaluar la significancia del parámetro en el modelo.

Se presentan además el Odds Ratio (OR) y el límite de confianza (inferior y superior) en el modelo de regresión logística para sistemas especializados en la producción de leche en el altiplano cundiboyacense.

Tabla 1. Factores asociados a la ausencia o presencia de la mastitis para el modelo de regresión logística en sistemas especializados en la producción de leche en el altiplano cundiboyacense.

Variable	β	Error estándar	p valor	OR	Límites de confianza inferior - superior
Intercepto	-1.65	0.268			
CLVA	-0.33	0.107	< 0.0001	0.71	0.58 – 0.88
UNI	-0.56	0.098	< 0.0001	0.56	0.46 – 0.69
UREG	0.50	0.136	< 0.0001	1.66	1.27 – 2.17
RUNI	0.70	0.163	< 0.0001	2.17	1.58 – 3.00
FPULS	0.36	0.108	< 0.0001	1.44	1.16 – 1.78
HAY	1.06	0.130	< 0.0001	2.89	2.24 – 3.73

Además se obtuvieron los Odds Ratio (OR) y los β estimados del modelo de regresión y se establecieron las variables de protección o de riesgo para la presentación de la mastitis bovina en sistemas especializados de producción de leche en el altiplano cundiboyacense.

Resultados

La tabla 1 muestra las variables asociadas a la ausencia o presencia de la mastitis bovina debido a que tienen un valor (p-valor <0.001), el cual indica la probabilidad de encontrar un valor más grande que el observado en el estadístico de prueba. Cuando esta probabilidad es grande (generalmente >0.05) se concluye que el parámetro no es significativo, o sea que es muy probable que una relación presente entre un determinado factor y la variable respuesta se dé

únicamente por cuestiones del azar y no porque realmente exista.

Discusión

la variable descrita como la adecuada relación entre el diámetro de la línea de vacío o de pulsación con el número de unidades (CVLA) y la colocación de las unidades de ordeño sin la admisión de aire (UNI), se convirtieron en factores de protección, debido a que los respectivos β 's son menores que 1; ésto indica que por cada cambio en una unidad en estos factores, el logit de presentar mastitis comparado con no presentarla disminuye. al calcular el OR para la variable CLVA resulta menor que 1, así, cuando se cumplió la adecuada relación entre el diámetro de la tubería de vacío o de pulsación y el número de unidades de ordeño, las vacas presentaron 0.71 veces menos

posibilidades de presentar mastitis comparadas con vacas ordeñadas en equipos en donde esta relación no se cumplió, y el intervalo de confianza (0.58 a 0.88) tiene una probabilidad del 95% de contener el verdadero valor del OR; nótese que los dos extremos del intervalo están por debajo de la unidad, lo cual corrobora que el parámetro es significativo en el modelo y que es un factor protector asociado a la presencia de mastitis. la colocación de las unidades de ordeño sin la admisión de aire (UNI), hizo que las vacas presentaran 0.56 veces menos posibilidades de presentar mastitis en relación con fincas en donde al colocar las unidades de ordeño, los ordeñadores permitieron la entrada de aire al sistema por las pezoneras, en este caso el intervalo de confianza (0.46 a 0.69) tiene una probabilidad del 95% de contener el verdadero valor de OR, y al igual que en el caso anterior sus extremos están por debajo de la unidad. las entradas de aire al sistema de vacío producen los impactos o golpes de leche que favorecen la colonización del canal por parte de las bacterias, cuando la leche es devuelta en forma de aerosol en pequeñas gotitas desde el colector a los pezones (1, 16,17).

Se determinaron como factores de riesgo (valores de β mayores de 1), el inadecuado funcionamiento del regulador (UREG), debido a su mala ubicación o la de sus sensores o cuando este fue de menor capacidad que la(s) bomba(s) de vacío, estos factores reducen la eficiencia del regulador a menos del 90% (14). Además el resbalamiento de las unidades de ordeño (RUNI) por encima del 20% para este estudio, junto con el mal funcionamiento de los pulsadores (FPULS) y las diversas formas de sobreordeño (HAY) definidos como ordeño en seco que consistió en la visualización del colector sin leche pero el equipo ordeñando normalmente, sobremanipulación de las unidades de ordeño por parte de los operarios, masaje sobre la ubre y la combinación de las anteriores prácticas, es considerada como práctica indeseable en una excelente rutina de ordeño.

En los equipos de ordeño donde se encontró que la eficiencia del regulador (UREG), no fue adecuada (< al 90%) las vacas tenían 1.66 más de posibilidades de enfermar de mastitis en comparación con vacas ordeñadas donde la capacidad de los reguladores fue adecuada (\geq al 90%), los límites del intervalo de confianza (1.27 a 2.17) para esta variable, indican que este intervalo tiene una probabilidad del 95% de

contener el verdadero valor del OR; en este caso, al igual que para todos los factores de riesgo significativos en el modelo, los extremos del intervalo están por encima del valor de 1. Calderón *et al* (5), reportaron que tan sólo en el 27% de los equipos evaluados la eficiencia del regulador fue la adecuada cumpliendo las normas de capacidad y de ubicación.

El resbalamiento de las unidades de ordeño (RUNI), hizo que las vacas tuvieran 2.17 más posibilidades de presentar mastitis respecto a vacas ordeñadas en equipos donde el resbalamiento no se observó o fue menor del 20% (porcentaje aceptable en este estudio) y los límites del intervalo de confianza (1.58 a 3.00) para esta variable, están por encima del valor de nulidad. El resbalamiento por encima del 10% puede deberse a que el vacío producido por la(s) bomba(s) no es suficiente para llenar los requerimientos de los diferentes componentes del equipo de ordeño con lo que no se alcanza el nivel de vacío estable en la punta del pezón. Halleron (8), enunció que el deslizamiento de las pezoneras por encima del rango aceptado (menos del 10%), causa un incremento de mastitis entre un 10 al 15% en tanto que Mein (13) determinó que la caída de las pezoneras y el resbalamiento son factores importantes en la diseminación de patógenos a través de los impactos o golpes de leche que pueden causar entre un 40 y un 50% de nuevas infecciones dentro del hato.

El mal funcionamiento de los pulsadores (FPULS), aumentó en 1.44 las posibilidades de presentar mastitis en comparación con vacas ordeñadas con equipos donde los pulsadores funcionaron correctamente y los límites del intervalo de confianza (1.16 a 1.78) para esta variable, están por encima del valor de nulidad. Este hecho hace que la pulsación sólo esté funcionando durante la fase de extracción o de eyección de la leche sin presentar la fase de masaje, ocasionando congestión en la punta del pezón y permaneciendo abierto el esfínter del pezón por un mayor tiempo (2).

La combinación de las diversas formas de sobreordeño (HAY), determinadas en este estudio hizo que las vacas presentaran 2.89 veces más de posibilidades de enfermar de mastitis en comparación con vacas en donde no se observó ninguna forma de sobreordeño y los límites del intervalo de confianza (2.24 a 3.73) para esta variable, están por encima del valor de nulidad. Osteras y Lund en 1988, citado por Jaramillo (9), determinó que cuando el ordeño en seco

se prolongaba hasta por un minuto, las vacas padecían más de mastitis subclínica en comparación con vacas en donde no hubo ninguna forma de sobreordeño. Jaramillo (9), encontró que ordeños superiores a 10 minutos se asociaron con altos recuentos de células somáticas.

La colocación de las unidades de ordeño por parte de los operarios sin la admisión de aire y la relación existente entre el número de unidades de ordeño y el diámetro de la tubería de vacío o pulsación se consideraron como factores de protección contra la mastitis bovina en sistemas especializados de leche en el altiplano cundiboyacense.

El resbalamiento de las unidades de ordeño y un mal funcionamiento de los pulsadores, fueron considerados como factores de riesgo para la

presentación de la mastitis bovina en sistemas especializados de leche en el altiplano cundiboyacense.

La inadecuada ineficiencia del regulador se presentó por una mala ubicación del regulador o de su sensor o cuando la capacidad de eficiencia de este fue inferior al de la(s) bomba(s), se convirtieron en factores de riesgo para la presentación de mastitis bovina en sistemas especializados de leche en el altiplano cundiboyacense.

El sobreordeño definido como ordeño en seco que consistió en la visualización del colector sin leche pero el equipo ordeñando normalmente, sobremanipulación de las unidades de ordeño por parte de los operarios, masaje sobre la ubre y la combinación de las anteriores prácticas, fue el factor de riesgo que más esta contribuyendo a la presentación de mastitis bovina en sistemas de leche especializado en el altiplano cundiboyacense.

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos al Dr. Fernando Ariza Botero, del Programa Nacional de Recursos Genéticos y Biotecnología Animal de la Corporación Colombiana de Investigaciones Agropecuarias (Corpoica) por las contribuciones aportadas a este trabajo.

Summary

Logistic regression models to determine the relation between milking machines and bovine mastitis presentation in farms of the cundiboyacense plane region.

It was evaluated the performance of 37 milking machines throughout at transverse epidemiological study at the Bogotá savannah and the Ubaté and Chiquinquirá Valleys, Colombia. Equipment function was evaluated by means of static and dynamic tests and mastitis diagnosis was accomplished on 2854 milking cows. The logistic regression model determined those factors associated with the presence or absence of bovine mastitis. Placing the milking machines without air intake, execution between the number of milking units and the pulsing piping diameter were considered of high priority as protecting factors. The regulator inefficiency, the machine sliding and breaking down of pulsimeters were considered as risk factors. It was determined either the overmilking (defined as in dry milking), the milking - machine overload, the under massages and all combinations of these practices, as the most undesirable aspect within and outstanding milking routine.

Key words: mastitis, overmilking, protecting factors, risk factors.

Referencias

1. Baxter PC, Rogers GW, Spencer SB, Eberhartm R J. The effect of milking machine liner slip on new intramammary infections. *J Dairy Sci* 1992; 75(4): 1015-1018.
2. Blood DC, Radostits OM. *Veterinary medicine* 7^a Edition. Baillière Tindall. London, NW1 7DX. 1989.
3. Blowey R, Edmonson P. *Mastitis control in dairy herds. An illustrated and practical guide.* Farming press books. United Kingdom. 1995.
4. Calderón A, Donado P, Botero J, Jiménez G, García G *et al.* Mastitis bovina: Cuantificación de factores de riesgo

- asociados al funcionamiento del equipo de ordeño. Rev Med Vet Zoot Univ Nac Col 2002; 49(2): 38-42.
5. Calderón A, Donado P, Jiménez G, García G, García F. Evaluación de los equipos de ordeño y sus implicaciones en la presentación de la mastitis bovina en el altiplano cundiboyacense. Rev Med Vet Zoot Univ Nac Col 2003; 50(2): 35- 42.
 6. Erskine RJ. Mastitis control in dairy herds with high prevalence of subclinic mastitis. Compendium on continuing education for the practicing veterinarian. Med. 1992; 14(7): 969-979.
 7. Gilson W. Interpreting and using mastitis screening test. College of agricultural and environmental sciences. Cooperative extension service. The University of Georgia Bulletin 1995.
 8. Halleron R. Las Pezoneras que se resbalan causan de 10 a 15% de nuevas infecciones. Hoards Dairyman 1997.
 9. Jaramillo JA. La tipificación de *Staphylococcus aureus* y su importancia epidemiológica en infecciones de la glándula mamaria. Rev Vet Zoot Univ Caldas, 1997; 9(1): 34-37.
 10. Jarret JA. Mechanical milking and its relationship to mastitis. Vet Clin North Am Large animal practice. 1984.
 11. Londoño FJL. Metodología de la investigación epidemiológica. Ed. Universidad de Antioquia, Medellín. 1995.
 12. Martín SW, Meek AH, Willeberg P. Epidemiología veterinaria, principios y métodos. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. 1997.
 13. Mein GA. Máquina de ordeño y mastitis. En: Memorias 1^{er} seminario internacional. Gerenciamiento de operaciones para obtener leche bajo los parámetros de calidad total. Fisiología y fisiopatología de la lactancia y el ordeño. Pergamino, Argentina. Octubre de 1998.
 14. Milking machine manufactures council (US). Maximizing the milk harvest. Madison; 1993.
 15. National mastitis council (US). Microbiological procedures for the diagnosis of bovine under infection. Arlington; 1990.
 16. Philpot N, Nickerson S. Ganando la lucha contra la mastitis. Naperville, USA, 2002.
 17. Pluvinage P, Ducruet T, José JET, Monicat F. Facteurs de risqué des ammites des vaches laitières. Resultats d' enquete. Rec Med Vet Vol. 1991; 167(2): 105-112.