



Determinación de las pérdidas económicas por mastitis bovina, en un hato de la sierra ecuatoriana, a través del seguimiento longitudinal de la producción, calidad de leche y determinación de células somáticas

Morales Cuichan, María José

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura


Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria











Dr. Ron Román, Jorge Washington, PhD.

Agosto, 2021

Document Information

| | | |
|--------------------------|---|---|
| Analyzed document | TESIS_MJ-MORALES-VF-signed.pdf (D111761707) | |
| Submitted | 8/27/2021 8:23:00 PM | |
| Submitted by | |  Placed at archive.org por: JORGE WASHINGTON RON ROMAN |
| Submitter email | biblioteca@espe.edu.ec | |
| Similarity | 5% | |
| Analysis address | ilbbioteca.GDC@analysis.urkund.com | |

Sources included in the report

| | | |
|-----------|--|---|
| SA | TESIS_DEFINITIVO_MAJO_MORALES07_21.docx Document TESIS_DEFINITIVO_MAJO_MORALES07_21.docx (D111153850) |  2 |
| W | URL: https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/infecciosas/bovinos_leche/18-conteo_celulas.pdf Fetched: 4/9/2021 6:51:22 AM |  1 |
| SA | ANTEPROYECTO.docx Document ANTEPROYECTO.docx (D54706123) |  3 |
| W | URL: https://www.buenastareas.com/ensayos/Mastitis-Bovina/25543412.html Fetched: 8/27/2021 8:26:00 PM |  1 |
| SA | Informe Leche_Velandia_Zambrano.docx Document Informe Leche_Velandia_Zambrano.docx (D54076903) |  1 |
| W | URL: https://pdfs.semanticscholar.org/8269/163ece36019cc5e5a0690bf5e16fa5d03dd6.pdf Fetched: 8/27/2021 8:26:00 PM |  1 |
| W | URL: http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15205/1/MASTITIS-BOVINA.pdf Fetched: 3/2/2021 11:11:54 PM |  3 |
| W | URL: https://1library.co/document/qm0l5vwy-aplicacion-prueba-somatic-counter-evaluar-calidad-leche-tanque.html Fetched: 6/8/2021 5:36:40 PM |  2 |
| W | URL: https://doi.org/10.15517/am.v30i1.33430 Fetched: 8/27/2021 8:26:00 PM |  2 |
| W | URL: https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/644 Fetched: 8/27/2021 8:26:00 PM |  1 |
| W | URL: http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12423/2/DE00009_TRABAJODETITULACION.pdf Fetched: 7/21/2021 7:00:22 AM |  1 |



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**Determinación de las pérdidas económicas por mastitis bovina, en un hato de la sierra ecuatoriana, a través del seguimiento longitudinal de la producción, calidad de leche y determinación de células somáticas**” fue realizado por la señorita **Morales Cuichan, María José** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, agosto de 2021



Firmado electrónicamente por:
**JORGE
WASHINGTON RON
ROMAN**

.....
Dr. Ron Román, Jorge Washington PhD.

CI: 1709505125



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Morales Cuichan, María José**, con cédula de ciudadanía n°1723764914, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Determinación de las pérdidas económicas por mastitis bovina, en un hato de la sierra ecuatoriana, a través del seguimiento longitudinal de la producción, calidad de leche y determinación de células somáticas** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, agosto de 2021

Una firma manuscrita en tinta azul que parece ser 'M. Cuichan'.

Morales Cuichan, María José

CI: 1723764914



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Morales Cuichan, María José** con cédula de ciudadanía n° 1723764914 autorizo a la Universidad de las fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Determinación de las pérdidas económicas por mastitis bovina, en un hato de la sierra ecuatoriana, a través del seguimiento longitudinal de la producción, calidad de leche y determinación de células somáticas**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido ideas y criterios es de mi responsabilidad.

Sangolquí, agosto de 2021

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'M. Cuichan', written over a horizontal dotted line.

Morales Cuichan, María José

CI: 1723764914

Dedicatoria

Mi tesis la dedico con todo amor y cariño a mis padres Ernesto y Rosa, por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más, por su sacrificio, por su esfuerzo, por darme una Carrera para mi futuro, y por creer en mi capacidad; aunque hemos pasado por momentos difíciles, siempre han estado brindándome comprensión, cariño y amor.

A mis amigos y compañeros, presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio, compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas, y a todas aquellas personas que estuvieron presentes apoyándome y lograron que este sueño se haga realidad.

María Morales

Agradecimiento

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – IASA, por todo el apoyo durante la realización del proyecto de investigación, por las instalaciones, materiales y reactivos.

Al Dr. Jorge Ron Román, gran maestro y sobre todo un gran amigo, por su guía, enseñanzas y consejos.

A mis amigos Alejandro, Gabriel, Jordhy, Anita y Alberto, que siempre estuvieron conmigo en la Carrera compartiendo grandes momentos y haciéndolos inolvidables.

A Luis por apoyarme en este proceso y comprender cada situación que he atravesado.

Índice de contenido

| | |
|------------------------------------|----|
| Carátula | 1 |
| Resultado Análisis Urkund..... | 2 |
| Certificación | 3 |
| Responsabilidad de autoría | 4 |
| Autorización de publicación | 5 |
| Dedicatoria | 6 |
| Agradecimiento..... | 7 |
| Índice de contenido | 8 |
| Índice de tablas..... | 12 |
| Índice de figuras | 13 |
| Resumen..... | 14 |
| Abstract | 15 |
| Capítulo I | 16 |
| Introducción | 16 |
| Objetivos | 18 |
| <i>Objetivo general</i> | 18 |
| <i>Objetivos específicos</i> | 18 |
| Hipótesis de investigación | 18 |

| | |
|---|-----------|
| <i>Hipótesis nula</i> | 18 |
| <i>Hipótesis alterna</i> | 18 |
| Capítulo II | 19 |
| Revisión de literatura | 19 |
| Etiología | 19 |
| Importancia de la mastitis | 20 |
| Factores relacionados con la mastitis | 21 |
| <i>Factores físicos</i> | 21 |
| <i>Factores genéticos</i> | 21 |
| Patogenia | 22 |
| Cuadros clínicos, tipos y signos | 22 |
| Descripción de las etapas infecciosas de la mastitis | 23 |
| <i>Etapas de invasión</i> | 23 |
| <i>Etapas infecciosas</i> | 23 |
| <i>Etapas de inflamación</i> | 23 |
| <i>Etapas terminal</i> | 23 |
| Mastitis clínica | 23 |
| Mastitis sub clínica | 24 |
| Mecanismos de defensa e inmunidad de la glándula mamaria | 24 |
| <i>Defensa anatómica</i> | 25 |

| | |
|--|----|
| <i>Defensa celular</i> | 26 |
| Métodos de análisis y detección de la mastitis subclínica | 26 |
| <i>Conductividad eléctrica</i> | 26 |
| <i>Prueba de California para Mastitis</i> | 27 |
| <i>Recuento de células somáticas</i> | 28 |
| Calidad de leche y número de células somáticas | 29 |
| <i>Calidad de leche con Ekomilk Bond</i> | 29 |
| <i>Cantidad de células somáticas con Ekomilk Scan</i> | 31 |
| Pérdidas económicas | 32 |
| Capítulo III | 34 |
| Metodología | 34 |
| Ubicación y características del lugar de estudio | 34 |
| Descripción general del hato | 35 |
| Descripción de la fase de campo | 36 |
| Descripción de la fase de laboratorio | 37 |
| Calidad de leche | 37 |
| Cantidad de células somáticas | 38 |
| Organización de datos | 40 |
| Análisis estadístico | 40 |

| | |
|---|----|
| Capítulo IV | 43 |
| Resultados y Discusión..... | 43 |
| Resultados | 43 |
| <i>Pérdidas Económicas</i> | 44 |
| <i>Calidad de leche</i> | 47 |
| Porcentaje de grasa en la leche. | 47 |
| Porcentaje de proteína en la leche..... | 49 |
| Discusión..... | 51 |
| Pérdidas económicas | 51 |
| Calidad de leche..... | 54 |
| Capítulo V | 57 |
| Conclusiones y Recomendaciones | 57 |
| Conclusiones | 57 |
| Recomendaciones | 58 |
| Bibliografía | 59 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1 <i>Variables que determinan la calidad de leche de la Hacienda el Prado</i> | 43 |
| Tabla 2 <i>Análisis de varianza de los factores que influyen en la producción de leche de la hacienda El Prado</i> | 44 |
| Tabla 3 <i>Efectos fijos de la producción de leche del hato lechero de la hacienda El Prado</i> | 46 |
| Tabla 4 <i>Análisis de varianza del contenido porcentual de grasa en la leche del hato lechero de la hacienda El Prado</i> | 47 |
| Tabla 5 <i>Efectos fijos del contenido porcentual de grasa presente en la leche del hato lechero de la hacienda El Prado</i> | 48 |
| Tabla 6 <i>Análisis de varianza del contenido porcentual de proteína en la leche del hato lechero de la hacienda El Prado</i> | 49 |
| Tabla 7 <i>Efectos fijos del contenido porcentual de proteína presente en la leche del hato lechero de la hacienda El Prado</i> | 51 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 <i>Grado de CMT para interpretación de resultados</i> | 28 |
| Figura 2 <i>Equipo Ekomilk Bond</i> | 30 |
| Figura 3 <i>Equipo Ekomilk Scan</i> | 32 |
| Figura 4 <i>Ubicación geográfica de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria ESPE - IASA 1</i> | 34 |

Resumen

Dentro de las principales enfermedades del ganado lechero se encuentra la mastitis. Esta enfermedad es causada por factores propios del animal y factores externos. El objetivo de este estudio fue determinar las pérdidas económicas por mastitis bovina en un hato de la sierra ecuatoriana, a través del seguimiento longitudinal de la producción, calidad de leche y determinación de células somáticas. El estudio contó con un total de 939 muestras de leche obtenidas del ordeño mecánico del hato de la Hacienda El Prado de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Un total de 120 vacas en producción en diferente estado de lactancia, edad y raza, sometidas a los cambios climáticos presentes en el lugar, participaron en el estudio. Las 939 muestras fueron sometidas al análisis a través del equipo Ekomilk Bond, para medir parámetros de calidad de leche y Ekomilk Scan para determinar el número de células somáticas. Se estableció un umbral de 200000 células somáticas por ml de leche. Los factores que tuvieron efecto significativo sobre la producción fueron edad, lactancia, mastitis SC, número de células somáticas, temperatura y humedad. Los factores que mostraron un efecto significativo sobre el contenido porcentual de grasa fueron: lactancia, mastitis SC, número de células somáticas y la precipitación. Y por último los factores que tuvieron un efecto significativo sobre el contenido porcentual de proteína fueron edad, días de lactancia, precipitación y humedad. Lo que determinó que el hato lechero de la hacienda El Prado muestra pérdidas de 2,35 dólares por lactancia de 305 días, 0,2314 dólares cada vez que hubo la presencia de mastitis durante el periodo de producción y 0,3097 dólares cada vez que el animal incrementa un punto en escala logarítmica el número de células somáticas por mililitro de leche.

Palabras clave: *Mastitis bovina, Ganado lechero, Células somáticas, Calidad de leche.*

Abstract

Among the main diseases of dairy cattle is mastitis. This disease is caused by factors of the animal and external factors. The objective of this study was to determine the economic losses due to bovine mastitis in a herd in the Ecuadorian highlands, through longitudinal monitoring of production, milk quality and determination of somatic cells. The study included a total of 939 milk samples obtained from mechanical milking from the Hacienda El Prado herd of the University of the armed forces ESPE. A total of 120 cows in production in different stages of lactation, age and breed, subjected to the climatic changes present in the place, participated in the study. The 939 samples were subjected to analysis through the Ekomilk Bond equipment, to measure milk quality parameters and Ekomilk Scan to determine the number of somatic cells. A threshold of 200,000 somatic cells per ml of milk was established. The factors that had a significant effect on production were age, lactation, SC mastitis, number of somatic cells, temperature and humidity. The factors that showed a significant effect on the percentage fat content were: lactation, SC mastitis, number of somatic cells and precipitation. And finally, the factors that had a significant effect on the percentage content of protein were age, days of lactation, precipitation and humidity. This determined that the dairy herd of the El Prado ranch shows losses of \$ 2.35 per 305-day lactation, \$ 0.2314 each time there was the presence of mastitis during the production period and \$ 0.3097 each time the animal increases the number of somatic cells per milliliter of milk by one point on a logarithmic scale.

Key Words: *Bovine mastitis, Dairy cattle, Somatic cells, Milk quality.*

Capítulo I

Introducción

La mastitis se define como la inflamación de la ubre, esta enfermedad es muy común en los hatos lecheros y es la causante de grandes pérdidas a nivel mundial (He et al., 2020). La mastitis generalmente ocurre durante el periodo de lactancia de los animales y tiene un gran impacto en la productividad de las vacas lecheras y la economía de la granja (Kim et al., 2019).

El impacto económico de la mastitis incluye principalmente en la reducción de la producción de leche, el descarte de leche, los costos de tratamiento, los costos veterinarios, el sacrificio de ganado después de un tratamiento fallido, y el aumento de los costos laborales relacionados con el cuidado especial del ganado enfermo y el manejo de la mastitis (He et al., 2020).

Mejorar la eficiencia del tratamiento de la mastitis comienza con la detección temprana de la enfermedad (Kirkeby et al., 2020). El conteo de células somáticas es un método considerado como el indicador clave del estado de salud de la ubre (Pokorska et al., 2019). El recuento de células somáticas es una medida de concentración de células leucocitarias en la leche como defensa de la invasión bacteriana en la ubre (Berry et al., 2007). La relación entre el recuento de células somáticas y la producción de leche en diferentes etapas de la lactancia fue estudiada por Emanuelson et al., en el (2009), quienes mostraron que la pérdida diaria de leche asociada al aumento de células somáticas depende de la etapa de lactancia y paridad, e independientemente de la paridad, esta pérdida es más severa al final de la lactancia. La pérdida de leche

promedio de 305 días durante el periodo de lactancia afectado por mastitis subclínica es de 155 kg (2%) en vacas primíparas y de 445 kg (5%) en vacas multíparas. En conclusión la lactancia tardía y las vacas lecheras prolíficas puede ser la causa de la mayoría de pérdidas en la producción del hato causadas por mastitis subclínica, y las medidas preventivas deben centrarse en reducir la incidencia de mastitis subclínica en dichas vacas lechera

La mastitis está influenciada por factores zootécnicos tales como: raza, edad y lactancia, así también por factores ambientales como: humedad, época del año, temperatura y ventilación, que favorecen la proliferación de microorganismos que ingresan a la ubre del animal produciendo la enfermedad (He et al., 2020).

El principal problema que tenemos en el Ecuador, es que no existe un estudio longitudinal, que permita conocer el comportamiento de la mastitis en un hato lechero a través del tiempo. No se conoce si existe una etapa del año (clima) que pueda influenciar en la cinética de las células somáticas, ni la existencia de un posible patrón del número de células somáticas y cinética que pudieran ser influenciados por factores propios del animal (edad, lactancia, periodo de lactancia, raza y nivel de producción).

Adicionalmente, existen pocos estudios que detallen las posibles pérdidas económicas (directas e indirectas) ligadas a la mastitis en un hato lechero de la serranía ecuatoriana.

Mediante el presente trabajo se determinaron las pérdidas económicas por mastitis bovina en el hato lechero de la hacienda El Prado, de la Carrera de Ciencias Agropecuarias IASA 1 de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, a través del

seguimiento longitudinal de la producción, calidad de leche y determinación de células somáticas.

Objetivos

Objetivo general

Determinar las pérdidas económicas por mastitis bovina en un hato de la sierra ecuatoriana, a través del seguimiento longitudinal de la producción, calidad de leche y determinación de células somáticas.

Objetivos específicos

Determinar la calidad de la leche de las vacas de la hacienda El Prado, mediante la utilización del equipo Ekomilk Bond.

Construir patrones de cinética de células somáticas, en función de parámetros meteorológicos y parámetros zootécnicos como raza, edad y lactancia.

Estimar las pérdidas económicas por mastitis, en función de la producción de leche, número de células somáticas y gastos de tratamiento.

Hipótesis de investigación

Hipótesis nula

H₀: No existe un patrón del comportamiento de las células somáticas que permita determinar las pérdidas económicas causadas por mastitis.

Hipótesis alterna

H_i: Existe un patrón del comportamiento de las células somáticas que permita determinar las pérdidas económicas causadas por mastitis.

Capítulo II

Revisión de literatura

Etiología

El ingreso de microorganismos hacia la ubre del ganado lechero da como consecuencia el desarrollo de mastitis. La mastitis es una enfermedad muy común en las granjas lecheras y genera grandes consecuencias, afectando así a la producción, al bienestar animal y en los componentes físicos y químicos de la leche (Bradley, 2002).

La mastitis se produce por la entrada de microorganismos en la glándula mamaria, estos microorganismos se establecen en los alveolos y producen la infección, en respuesta, el sistema inmune del animal incrementa la producción de células somáticas en especial los neutrófilos polimorfonucleares e incrementa el contenido de proteasa en la leche (Kerr & Wellnitz, 2003).

Dentro de los microorganismos capaces de ingresar, proliferarse y generar la infección en la glándula mamaria están los hongos, virus, bacterias y algas. Se ha identificado que más de 200 patógenos son capaces de desarrollar mastitis en los bovinos, sin embargo las causantes más frecuentes de mastitis son las bacterias (Tomasinsig et al., 2010).

Los patógenos más comunes y responsables del desarrollo de mastitis son *Streptococcus agalactiae*, *Staphylococcus aureus* y *Mycoplasma*. Su principal medio de ingreso a la glándula mamaria es por el canal del pezón, además de otros medios de transmisión como la maquinaria de ordeño, el sitio de descanso e higiene al momento del ordeño (Jamali et al., 2018).

Los patógenos ambientales como *Escherichia coli* causan mastitis grave y suelen provocar aumentos masivos en los índices inflamatorios e inmunes, lo que generalmente resulta en una enfermedad que puede eliminarse rápidamente o volverse sistémica y en consecuencia mortal, estos patógenos están presentes en el entorno de la vaca y se transmiten por contacto directo del pezón (Kawai et al., 2013; Tomasinsig et al., 2010).

Los patógenos contagiosos son organismos causantes de la mastitis y se transmiten de una vaca, ubre o de un cuarto al otro en un rebaño (Bradley, 2002).

Importancia de la mastitis

La mastitis es la enfermedad con gran importancia económica en la ganadería lechera, esta enfermedad representa el 38% de los costos directos de las enfermedades que se presentan comúnmente durante la producción lechera. Es muy difícil cuantificar las pérdidas causadas por mastitis clínica y subclínica. Las pérdidas causadas por mastitis clínica surgen de los costos de tratamiento, el descarte y muerte de animales jóvenes y la disminución en la producción de leche. Estimar las pérdidas generadas por mastitis subclínica es aún más complicado ya que estas surgen como el resultado del tratamiento aplicado, disminución de la producción de leche, variaciones en la calidad de los componentes de la leche y un aumento del riesgo de descarte (Bradley, 2002).

Además del impacto económico causado por la mastitis, no se puede ignorar la importancia de las mastitis en la salud pública. El uso generalizado de antibióticos en el tratamiento y control de esta enfermedad tiene un impacto potencial en la salud humana, ya que aumenta el riesgo de cepas resistentes a organismos que posteriormente ingresaran a la cadena alimenticia. Aunque la posibilidad de que los

organismos zoonóticos se transmitan a través de la leche es muy baja debido al proceso de pasteurización pero todavía existen riesgos, especialmente durante el nicho de mercado de los productos lácteos no pasteurizados y durante el periodo de fracaso de la pasteurización (Fernández Bolaños et al., 2012).

Factores relacionados con la mastitis

Factores físicos

La ubre está expuesta al contacto directo con objetos afilados que se encuentran en la naturaleza; como alambres de púas, vidrios rotos o metales oxidados que pueden causar daño a la ubre, ocasionándole cortes menores o severos. El desarrollo de mastitis también se encuentra influenciado por el entorno en el que el animal vive, debido al contacto directo con el agua proveniente de las lluvias, barro o pisos sucios. El manejo inadecuado de los animales favorece a la proliferación de los patógenos causantes de mastitis, durante el ordeño se debe tomar en cuenta la asepsia de la sala, manejo de heces, asepsia del personal de ordeño, pérdida de vacío en la pezonera si el sistema es mecanizado, desinfección del equipo y sellado de la ubre (Andrade et al., 2018).

Factores genéticos

La selección genética en el hato es muy importante para la mejora de la producción animal, es una herramienta que se puede utilizar para reducir la incidencia de mastitis en el hato, reducir el recuento de células somáticas y así mejorar la producción de leche y a su vez mejorar la calidad de los productos lácteos (Shook, 1989).

El resultado de la mejora genética para reducir la presencia de mastitis es un cambio permanente de la composición genética de las vacas lecheras. Mediante la selección directa de animales resistentes, la selección indirecta de rasgos relacionados o una combinación de ambos, se pueden utilizar estas tres opciones para aumentar la resistencia de la descendencia a mastitis (Bloemhof et al., 2009).

Patogenia

Generalmente, debido a que los microorganismos ingresan a través del canal de pezón, ya sean contagiosos o ambientales, se producirán infecciones mamarias. Los microorganismos permanecen en la cisterna del pezón donde se multiplican rápidamente y se adhieren e invaden el tejido de la glándula mamaria, evitando así ser eliminados por neutrófilos o por la expulsión de leche (Rushen et al., 2008). La mastitis puede ser clínica o subclínica, y está estrechamente relacionada con la cantidad de células somáticas presentes en la leche (Kawai et al., 2013).

Cuadros clínicos, tipos y signos

Los signos que presenta al inicio la enfermedad, es la inflamación de la glándula mamaria y en análisis de laboratorio, se encuentra elevado número de células somáticas en la leche. De acuerdo a la severidad de la infección se presentan signos graves como la fibrosis mamaria, hinchazón, dolor mamario, fiebre y disminución del apetito. Según los síntomas, se pueden distinguir dos formas de mastitis: la mastitis clínica y la mastitis subclínica (Nascimento et al., 2002)(Andrade et al., 2018).

Descripción de las etapas infecciosas de la mastitis

Etapas de invasión. Esta etapa se caracteriza por la invasión de microorganismos a la glándula mamaria, estos microorganismos se encuentran en el exterior y pueden ser de naturaleza infecciosa o ambiental, ingresando a la ubre mediante el conducto glandular.

Etapas infecciosas. Esta etapa da paso a la proliferación de los microorganismos, quienes invaden el tejido mamario provocando lesiones en el epitelio.

Etapas de inflamación. Posterior a la etapa infecciosa se da paso a la etapa de inflamación. La inflamación se da en el tejido mamario, durante esta inflamación se puede desarrollar mastitis subclínica, y si la inflamación es más severa se da paso a la mastitis clínica.

Etapas terminal. Finalmente la etapa terminal consiste en la atrofia de la glándula mamaria, desarrollando signos crónicos, y en ocasiones, la pérdida del cuarto afectado (Andrade et al., 2018).

Mastitis clínica

La mastitis clínica se caracteriza por la inflamación del cuarto afectado de la ubre, lo que provoca la coagulación de la leche, leche descolorida y en algunos casos sanguinolenta. En casos más graves, los animales muestran signos como fiebre, pulso acelerado, disminución notable de la producción y cambios en la composición de proteínas de la leche, la grasa, la lactosa y los minerales (He et al., 2020).

Mastitis sub clínica

La mastitis subclínica es mucho más común que la mastitis clínica y es más difícil de detectar porque el animal está aparentemente sano, la ubre no muestra inflamación y no hay cambios visibles en la leche (Gómez Quispe et al., 2015).

Los microorganismos que ingresaron a la ubre, invaden la cisterna y causan infecciones, las células somáticas de la leche luchan contra la multiplicación de estos microorganismos que causan mastitis y aumentan su número para resistir la invasión microbiana (Hagnestam et al., 2009).

Mecanismos de defensa e inmunidad de la glándula mamaria

La ubre se encuentra protegida por mecanismos de defensa que se los puede dividir en dos categorías diferentes: inmunidad innata e inmunidad específica.

La inmunidad innata, también llamada inmunidad no específica es la principal defensa de la glándula mamaria en las primeras etapas de la infección. Muchos estímulos tienen respuestas inespecíficas o que se activan rápidamente en el sitio de la infección, pero que no aumentan con la exposición repetida al mismo estímulo. Si el mecanismo de defensa no específico funciona normalmente, la mayoría de los patógenos pueden ser eliminados con facilidad en un periodo corto de tiempo y antes de que se active el sistema inmunológico específico. La rápida eliminación de las bacterias no suele producir cambios significativos en la calidad o el rendimiento de la leche. La defensa no específica o innata de la ubre esta mediada por la barrera física en la punta del pezón, los macrófagos y los neutrófilos (Sordillo, 2002).

Si un microorganismo patógeno no fue eliminado por el sistema de defensa innato, se activa el sistema de defensa específico o adquirido. Este sistema de defensa reconoce ciertos antígenos específicos de los patógenos, es decir si el huésped estuvo sometido al mismo patógeno el sistema reconocerá el antígeno y como respuesta se activará un estado de inmunorreactividad como consecuencia de la memoria inmunológica. Esta respuesta es mucho más rápida, fuerte, duradera y por ende más eficaz al momento de eliminar los patógenos (Velasco, 2019).

En la ubre, es necesario que la inmunidad innata como la inmunidad adquirida sea altamente interactivas y coordinadas, para brindar una protección óptima y eficaz contra la mastitis.

Defensa anatómica

La primera barrera de defensa contra la mastitis es el pezón, el pezón es la ruta que pueden tomar los microorganismos patógenos para llegar directamente a la glándula mamaria y así desarrollar la infección. En el pezón se encuentra musculatura que permite el cierre firme y hermético del canal del pezón, dificultando así el ingreso de patógenos durante la salida de leche entre los ordeños.

El canal del pezón está recubierto con queratina, la queratina es un componente de vital importancia para el mantenimiento de la función de barrera del extremo del pezón, debido a su naturaleza cerosa la queratina proporciona una obstrucción física a los microorganismos patógenos, haciendo difícil su entrada y desplazamiento hacia la cisterna de la glándula mamaria. De hecho la estructura de queratina llega a obstruir totalmente el canal del pezón, evitando el ingreso de microorganismos durante el periodo seco de la vaca lechera (Treece et al., 1966 & Sordillo, 2002).

Defensa celular

Una vez que los microorganismos lograron cruzar la defensa proporcionada por el pezón e ingresaron a la cisterna, deben ser capaces de burlar las defensas antibacterianas proporcionadas por la ubre, para de esta manera producir la enfermedad. El número de células somáticas presentes en la ubre son de vital importancia, ya que son el tipo de defensa temprano hacia la invasión de microorganismos y quienes determinan la gravedad y duración de la infección de la ubre. Estas células somáticas son los neutrófilos, macrófagos y linfocitos que son capaces de generar una respuesta inmune innata o una adquirida. Los neutrófilos son leucocitos inespecíficos que fueron llamados activamente en el sitio exacto de la infección y son la clase de célula que se encuentran de forma principal en el tejido de la glándula mamaria, las secreciones originadas durante el desarrollo de la etapa temprana del proceso de inflamación se relacionan con la infección bacteriana, estas células se dirigen desde la sangre hasta la ubre en respuesta para fagocitar a matar a los patógenos bacterianos (Persson et al., 1993).

Métodos de análisis y detección de la mastitis subclínica

Conductividad eléctrica

Esta prueba se basa en el incremento de la conductividad eléctrica de la leche, es decir en el contenido de electrolitos presentes, en especial iones de sodio y cloruro. Este método de análisis fue desarrollado para dar seguimiento a la mastitis en las vacas lecheras y se lo puede encontrar como parte del equipo de ordeño computarizado, de esta manera se puede dar seguimiento a cada uno de los animales. Para la detección de mastitis en los hatos lecheros se puede combinar la conductividad eléctrica, la

producción, el número de partos y los días de lactancia; generando así una regresión con modelo logístico; la cual nos ayuda como instrumento de análisis en el hato lechero con alta incidencia de mastitis subclínica (Fernández Bolaños et al., 2012).

Prueba de California para Mastitis

La prueba de California mastitis test o comúnmente conocida como prueba CMT, es un método de diagnóstico ampliamente utilizado para vacas lecheras. Esta prueba se la puede aplicar en campo, en especial en zonas alejadas donde no se tiene cercanía a laboratorios o la situación económica de los ganaderos no permite el adquirir pruebas más sofisticadas para detectar mastitis en el hato lechero.






Se trata de una prueba sumamente sencilla de aplicar y muy útil para la detección de un elevado número de células somáticas en la leche, lo cual permite determinar la presencia de mastitis.

Esta prueba no proporciona resultados numéricos, pero muestra que el recuento de células somáticas presentes en la leche es elevado o bajo. Los resultados que se obtienen de esta prueba son: negativo (N), en el cual la leche y el reactivo permanecen acuosos, hasta resultados que muestran un contenido elevado de células somáticas, en donde la mezcla, leche reactivo, se encuentra casi solidificada.

Los resultados que se obtiene al aplicar la prueba CMT se dividen en cinco categorías, las que se describirán en la figura 1. (Gómez Quispe et al., 2015).

Figura 1

Grado de CMT para interpretación de resultados.

| | |
|---|---|
|  | <p>Resultado N (Negativo) Número de células somáticas 0 - 200000 Después de la agitación la leche y el reactivo permanecen acuosos por lo tanto no hay infección</p> |
|  | <p>Resultado: Trazas Número de células somáticas 200000 - 500000 La leche y el reactivo presentan una ligera precipitación que desaparece al agitar</p> |
|  | <p>Resultado 1 Número de células somáticas 500000 - 1500000 Existe una ligera precipitación de la leche con el reactivo con algunos filamentos grumosos</p> |
|  | <p>Resultado 2 Número de células somáticas 800000 - 5000000 La leche y el reactivo presentan la formación de un gel parecida a la clara de huevo</p> |
|  | <p>Resultado 3 Número de células somáticas más de 5000000 La leche y el reactivo forman un gel de manera rápida y no pierde la forma a pesar de la agitación</p> |

Nota: Adaptado de Mastitis bovina : Generalidades y Métodos. 13(11), 1–11.

Recuento de células somáticas

El incremento del número de células somáticas se encuentra estrechamente relacionado con el contenido bajo de caseína, lactosa y grasa en la leche, el incremento de la actividad enzimática, bajo rendimiento de la leche al elaborarse subproductos y su mala calidad (Hernandez Reyes & Bedolla Cedeño, 2008).

Las células somáticas que se encuentran en la leche están integradas por células provenientes del epitelio de la glándula mamaria, estas son las células epiteliales, que se generan como consecuencia del desprendimiento natural del epitelio de la glándula mamaria por la renovación constante de tejido y por los glóbulos blancos que se encuentran en la sangre y la linfa. Los leucocitos se dirigen hacia la glándula mamaria en situaciones fisiológicas, esto se da como reacción del proceso de movimiento leucocitario dirigido a los epitelios, o en situaciones de infección a causa de la invasión microbiana. De esta forma es como se incrementa el número de células somáticas en la leche, en escala directa de acuerdo al grado de severidad de la infección. De esta manera el recuento de células somáticas conforma uno de los parámetros más importantes que permite determinar el estado sanitario de la glándula mamaria y la calidad de leche producida (Barbosa Malek dos Reis et al., 2013).

Calidad de leche y número de células somáticas

Calidad de leche con Ekomilk Bond

Es de gran importancia analizar los parámetros de calidad de la leche, ya que estos parámetros influyen directamente a la salud de sus consumidores y al estado económico de la zona. Además es de gran importancia el controlar, verificar y regular la calidad de los alimentos que se brindan a los animales para obtener productos lácteos acorde a las necesidades alimenticias del ser humano. La leche cruda de las granjas lecheras está regida por una serie de requisitos físico químicos dictados por la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 9:2012 que debe cumplir.

La calidad de leche cruda es el factor más importante y el que determina la calidad de los subproductos. No es real que se pueda obtener subproductos lácteos de

excelente calidad cuando la leche cruda no lo es. Para analizar los parámetros que determinan la calidad de leche se aplican técnicas y equipos especializados que determinan el contenido de grasa, sólidos totales, sólidos no grasos, cenizas, proteínas, presencia de conservantes, neutralizantes, adulterantes, grasas vegetales, sueros de leche y residuos de medicamentos veterinarios, así como parámetros de densidad, acidez titulable, punto de congelación, y presencia de brucelosis (Norma Técnica Ecuatoriana INEN, 2012).

El equipo Ekomilk bond está especializado en el análisis de los parámetros que determinan la calidad de la leche. Este equipo es un analizador multiparamétrico, que permite realizar análisis rápidos de muestras de leche. Trabaja con muestras a temperaturas entre 5° a 35 °C, mide parámetros como: grasa, proteína, sólidos no grasos, lactosa, densidad, punto de congelación, agua añadida, temperatura y conductividad en leche fresca, y no requiere de reactivos químicos costosos o cáusticos para la realización de la prueba (BULTEH, 2000).

Figura 2

Equipo Ekomilk Bond



Nota: Equipo que mide los parámetros de calidad de la leche.

La calidad higiénica de la leche tiene una importancia fundamental para la producción de leche y productos lácteos que sean inocuos e idóneos. Para alcanzar esta calidad, se aplican buenas prácticas de higiene a lo largo de toda la cadena de producción láctea (Hernandez Reyes & Bedolla Cedeño, 2008).

Cantidad de células somáticas con Ekomilk Scan

El equipo Ekomilk Scan realiza la estimación del número de células somáticas presentes en un mililitro de leche. El número de células somáticas se determina mediante la relación que existe entre el grado de viscosidad en el que se encuentra la solución de leche y el surfactante, y el número de células somáticas presentes en la leche analizada. Para determinar esto, se toma el tiempo en el que demora pasar la solución de leche con reactivo surfactante a través del capilar mezclador de muestras.

Para el funcionamiento oportuno de este equipo se debe tener claro el principio en el cual se basa el análisis. El principio consiste en que el surfactante disuelva la membrana de las células y la membrana del núcleo para dejar escapar su contenido y de esta manera se formará un gel que eleva la viscosidad de la muestra de leche. Posterior a ello esta solución debe pasar por el capilar mezclador y se toma el tiempo de flujo de la muestra de leche. De esta manera es como se estima el número de células somáticas de acuerdo con el tiempo (Guerrero Quiceno et al., 2018).

Figura 3

Equipo Ekomilk Scan



Nota: Equipo que determina el número de células somáticas en la leche.

Pérdidas económicas

La relación de los recuentos celulares y el nivel de producción de la leche es de suma importancia para el productor lechero, ya que con el conocimiento de esta relación se podrá evaluar y llevar a cabo un análisis de costo beneficio en la granja de acuerdo a los métodos de detección, prevención y control de mastitis. Las pérdidas causadas por mastitis son claramente visibles ya que la producción de leche disminuye de forma abrupta a causa de la infección, descarte de leche de mala calidad, costo de servicios veterinarios, aplicación de medicamentos con tiempo de retiro es decir esta leche debe ser descartada durante 3 o 4 días, dependiendo el tiempo de retiro recomendado del producto (Hadrich et al., 2018). Otros inconvenientes generados por la mastitis es que al tener un caso clínico, se pueden presentar alrededor de 20 a 40 casos subclínicos y la reducción en la producción por mastitis clínica es persistente por

un largo periodo de tiempo (Maréchal et al., 2011). El control de la mastitis subclínica es mucho más importante que el tratamiento a los casos clínicos ya que los animales que presentan casos subclínicos poseen reservorios de microorganismos que conducen a la infección de otros animales y la mejor forma de controlar y reducir los casos clínicos es atendiendo los casos subclínicos (Barbosa Malek dos Reis et al., 2013).

Un estudio realizado por Bascuñán (2006), en la Universidad de Chile, menciona que la mastitis causa entre un 40 a 50% de disminución en los márgenes económicos netos por vaca, con la mayor parte de estas pérdidas debidas entre 5% a 7% por disminución en la cantidad de leche por lactancia. Las estimaciones de las pérdidas causadas por un menor rendimiento fluctúan entre 100 a 500 kg / vaca por lactancia.

Otro estudio realizado en Holanda por (Werven & Hogeveen, 2009) predijeron que las vacas primíparas perderían 0,31 y 0,28 kg de leche / día con contaje de células somáticas (SCC) de 200000 células / ml, para el mismo aumento de SCC, se predijeron que las vacas multíparas perderían 0,58 y 0,50 kg de leche / día. Además, se encontró que cuanto mayor es el aumento de SCC por encima de 100000 células / ml, mayores son las pérdidas en producción.

Capítulo III

Metodología

Ubicación y características del lugar de estudio

El estudio se desarrolló en dos fases: fase de campo y fase de laboratorio. La fase de campo tuvo lugar en la provincia de Pichincha, cantón Rumiñahui, parroquia San Fernando, hacienda El Prado, en el Taller de Ganadería de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

La fase de laboratorio se realizó en el campus IASA 1, en el Laboratorio de Mejoramiento Genético y Sanidad Animal de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Figura 4

Ubicación geográfica de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA 1



Nota: Adaptado de Ubicación geográfica de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA.

[https://www.google.com.ec/maps/search/IASA/@-0.3858676,-](https://www.google.com.ec/maps/search/IASA/@-0.3858676,-78.4167133,392m/data=!3m1!1e3)

[78.4167133,392m/data=!3m1!1e3](https://www.google.com.ec/maps/search/IASA/@-0.3858676,-78.4167133,392m/data=!3m1!1e3)

Descripción general del hato

El hato lechero de la hacienda El Prado a la fecha de realización del estudio, estuvo conformado en total por 189 animales: 66 en rejo, 5 en maternidad, 61 en seco, 28 fierros, 16 terneras, 12 toretes y 1 toro reproductor. Las razas que predominan son: el 90% montbeliarde y el 10% entre holstein, jersey, pardo suizo y rojo australiano.

La hacienda posee 22 potreros con mezcla forrajera del 80% kikuyo, 10% ray grass y 5% trébol rojo.

Para el pastoreo del rejo se encontraron disponibles 29,8 ha. El promedio de producción por vaca al día fue de 10 litros, y el promedio diario fue de 780 litros destinados para la entrega a la planta procesadora La Holandesa.

Se realizan dos ordeños al día, en la mañana a las 4 am y en la tarde a la 1pm. El equipo de ordeño es mecánico de la marca WESTFALIA SURGE, la sala de ordeño es en forma de espina de pescado con una capacidad de albergar a 16 animales, este diseño de sala permite un fácil acceso a las ubres y postura cómoda para el ordeñador.

El tanque de enfriamiento para almacenar la leche es de la marca WESTFALIA SURGE con una capacidad de 2000 litros y mantiene la leche a la temperatura de 4°C.

Los animales ingresan a la sala de ordeño, 8 animales a cada lado, se proporcionó aproximadamente 400 g de alimento balanceado con melaza en los comederos individuales para estimular el proceso de ordeño, después se procedió a lavar las ubres con una manguera de agua proveniente de la acequia del sistema de riego de la hacienda, se secaron las ubres con papel industrial, se realizó la prueba de fondo oscuro a cada vaca con los primeros chorros de leche, posteriormente se coloca las pezoneras e inicia el ordeño. La leche se dirigió por el sistema de vacío hacia

el tanque de refrigeración. Una vez terminado el ordeño, la pezonera fue retirada y se procedió a sellar los pezones de la ubre con sellador a base de yodo.

Descripción de la fase de campo

Se recolectaron muestras de leche de todas las vacas en la segunda semana de cada mes durante 15 meses, el muestreo del estudio previo fue desde abril de 2019 a enero de 2020 y la fase final fue desde diciembre del 2020 a marzo de 2021. La muestra se tomó directamente del medidor de leche del equipo después de haber finalizado el ordeño.

Se tomó aproximadamente 60 ml de leche en los frascos de muestras estériles, con un marcador permanente se identificará la muestras colocando el número de arete del animal, se transportó en un cooler hacia el laboratorio. Adicionalmente, en el proceso de toma de muestras se contó con una hoja de registro de información complementaria como: fecha, hora, número de arete de cada animal, cantidad de litros producidos por cada animal y producción total. Estos registros fueron digitalizados en Excel para el posterior análisis de resultados.

Las variables meteorológicas como: temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura media, precipitación, evaporación, Heliofania y humedad relativa fueron extraídos del software CLIMWAT & CROPWAT 8.0 (FAO, n.d.).

Las variables raza, edad y lactancia se las obtuvo del software Ganadero SG del computador de la hacienda.

La variable producción de leche se la obtuvo del cuaderno de campo de la hacienda, en el cuaderno se encuentran datos diarios de la producción de leche en kilogramos de cada animal.

Los datos de gastos en el tratamiento de mastitis se los obtuvo del presupuesto invertido en la compra de medicamentos y del cuaderno de campo en el que están registrados los animales que fueron tratados y secados con medicamento.

Descripción de la fase de laboratorio

La fase de laboratorio contó con dos procesos: 1) determinación de la calidad de la leche y 2) determinación de la cantidad de células Somáticas (CCS).

Una vez que las muestras llegaron al laboratorio en el mesón se les organizó según el orden de toma de muestras y permanecieron en reposo y a temperatura ambiente durante una hora. Posterior al reposo, se homogenizó la muestra 5 veces en forma circular, sin levantarlas del mesón y así evitar formación de burbujas o espuma. En la bitácora de laboratorio se detalló el código de laboratorio, fecha, equipo utilizado, identificación del animal con base en el registro de campo resultados y firma.

Calidad de leche

Para evaluar la calidad de leche se utilizó el equipo Ekomilk Bond Cal 6-6-14, modelo EON TRADING USA. Las instrucciones de uso del equipo fueron seguidas como indica el proveedor. Para encenderlo se accionó el switch de encendido en la parte posterior del equipo, el logotipo de EON trading y el mensaje de “calentamiento” aparecen en la pantalla. Una vez finalizada la etapa de calentamiento, que dura aproximadamente 5 minutos, apareció el mensaje EKOMILK lo que nos indicó que el equipo estuvo listo para usarse.

Para empezar el análisis se tomaron 20 ml de muestra y se colocaron 10 ml en cada una de las copas, la primera copa se colocó en el receptor del tubo ventosa, y la otra muestra de 10 ml se colocó en la sonda del procesador ultrasónico.

Se accionó el botón “MODE”, y seleccionaremos la opción leche fresca (opción 1) ya que ha sido directamente tomada del ordeño. Se accionó el botón “OK” para dar inicio al análisis y el mensaje “TRABAJANDO” aparece en la pantalla.

Una vez culminada la medición, la pantalla mostró los resultados para los parámetros: grasa, sólidos no grasos (SNF), densidad de leche, proteína, punto de congelación, acidez titulable, temperatura, lactosa, conductividad, pH y agua añadida.

Se imprimió los resultados accionando el botón “▲” y con un esfero se escribió el número de arete del animal al que corresponde la muestra.

Una vez finalizado el análisis la muestra fue retirada del analizador y se regresó al frasco de la muestra para continuar con el posterior análisis.

Al finalizar el análisis de todas las muestras se procedió a realizar la limpieza diaria y semanal del equipo, por lo que para la limpieza diaria se preparó el reactivo Ekoday y para la limpieza semanal se preparó el reactivo Ekoweek, según el protocolo del fabricante.

Cantidad de células somáticas

La cantidad de células somáticas se determinó con el equipo analizador de leche Ekomilk Scan modelo EON TRADING USA, este demanda estar sobre una superficie plana. Se colocó el balón en el orificio mezclador de muestras. El cuello del balón debe tocar el fondo del agujero, de lo contrario, la leche saldrá del mezclador de muestras y podría dañar el analizador, el recipiente de la leche de desecho debe ser colocado debajo del mezclador de muestras.

Antes de encender el equipo, se preparó la solución Ekoprim. Una vez armado el equipo se procedió a conectarlo a una fuente energética de 110 voltios, y accionar el switch de encendido. En la pantalla del equipo apareció el mensaje “LAVADO” y se accionó el botón “OK”. Se añadió 15 ml de agua destilada en el balón, se presionó “OK”, el analizador penduló 3 veces el balón con agua, luego se detuvo y el agua fluyó por el capilar desechando el agua de limpieza y estuvo listo para colocar la muestra.

En la pantalla del equipo apareció “PREPARE SAMPLE” que significa preparar muestra, se tomó con la jeringa graduada 5 ml de la solución Ekoprim preparada previamente y se colocó en el balón, luego se tomó 10 ml de la muestra de leche y se añadió en el balón, posteriormente se presionó OK. El analizador agitó el balón 10 veces, se detuvo y la mezcla fluyó a través del capilar, en la pantalla se reflejó el tiempo en segundos, correspondiente al tiempo de flujo y el número de células correspondiente al recuento de células somáticas dividido por 1000.

El resultado obtenido se registró en la bitácora del laboratorio con el número de arete del animal, tiempo en segundos y número de células somáticas.

El equipo se lavó entre cada muestra con agua destilada para evitar resultados erróneos en los próximos análisis, para esto el equipo mostró en la pantalla la acción a realizarse ya sea de “LAVADO” o “PREPARACIÓN DE LA MUESTRA”.

El equipo almacenó datos de hasta 250 muestras con información de identificación de proveedor (ID), hora y número de células somáticas, estos datos deben ser transferidos al computador o eliminados para poder continuar con el análisis.

La limpieza se realizó al final de la jornada, se lavó una vez más el analizador con agua destilada, se sopló el capilar con la pera de succión a través del agujero del

capilar. Se apagó el analizador, se retiró el balón y se apoyó hacia adelante la parte móvil del equipo. El analizador quedó en esa posición hasta el siguiente día hábil.

Organización de datos

Se elaboró una matriz donde constó el número de arete del animal, raza, número de partos, edad, días de lactancia, grasa, sólidos no grasos, densidad, proteína, acidez titulable, lactosa, conductividad, número de células somáticas, producción de leche en kg del día del muestreo, y datos meteorológicos como: temperatura media, precipitación, heliofanía y humedad relativa.

Análisis estadístico

El efecto del conteo del número de células somáticas (CCS) sobre la producción de leche se estimó usando un modelo lineal mixto; mismo que consta una parte debida a efectos fijos (etapa de lactancia; regresiones lineales, cuadráticas y cúbicas de CCS centrado y transformado \log_{10} , anidado dentro de la etapa de lactancia; día de lactancia, número de parto) y otra debida a efectos aleatorios (función de regresión aleatoria que describe la curva de lactancia, específica para cada lactancia dentro de la vaca) (Hagnestam et al., 2009).

El recuento de células somáticas se anidó dentro de la etapa de lactancia en lugar de dentro de las semanas variables más detalladas en la leche, debido a que esto permitió un mejor ajuste del modelo.

Otra forma de medir las pérdidas de leche se expresó en relación con la producción de leche libre de mastitis subclínica. En las semanas de lactancia, se utilizó un umbral de 90.000 células / ml para distinguir entre sano y afectado por mastitis subclínica. Se aplicó el umbral de 200,000 células / ml en vacas primíparas y multíparas, respectivamente, en

la primera semana de lactancia, debido a que el conteo de células somáticas estuvo elevado en el período de calostro independientemente de si la vaca está infectada con mastitis (Dohoo et al., 2011).

La pérdida diaria de leche asociada con un aumento del conteo de células somáticas, en diferentes etapas de la lactancia, se calculó con base en los coeficientes de regresión de vacas primíparas y multíparas, y se expresó tanto en términos absolutos como relativos. La pérdida de leche durante la lactancia se calculó como la diferencia entre la producción de vacas afectadas con mastitis subclínica y vacas sanas, y se calculó con base en los coeficientes de regresión. La pérdida de leche semanal será ponderada por la prevalencia de mastitis subclínica en cada semana de lactancia (Hagnestam et al., 2009). Se utilizó la técnica de medidas repetidas para estimar la pérdida de producción de leche provocada por episodios de mastitis subclínica. Se utilizaron modelos separados para animales de primera lactancia, debido a que la forma de su curva de lactancia es muy diferente.

El modelo de regresión para este caso viene definido por:

$$Y = \text{paridad} + \text{día en leche} + \text{mastitis subclínica} + \text{CCS} + e$$

Donde:

Y= Producción media diaria de leche, durante una semana específica de lactancia de una vaca en particular que parió en una temporada particular.

CCS= Número de células somáticas

e = Término de error complejo, que contiene una matriz R para la correlación dentro de la vaca de los pesos de leche posteriores.

Se utilizó un indicador de paridad para clasificar los números de lactancia 2, 3 y ≥ 4 en el modelo para vacas mayores.

Se evaluaron varias estructuras de error, el criterio de información de Akaike (AIC) y el criterio de información bayesiano (BIC), para seleccionar los modelos que más se ajusten. Todos los análisis se realizaron en el programa estadístico R y en SAS. La significación estadística se estableció en $P < 0,05$.

Capítulo IV

Resultados y Discusión

Resultados

El estudio contó con un total de 939 muestras de leche obtenidas del ordeño mecánico de la hacienda El Prado, de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, de 120 vacas en producción en diferente estado de lactancia, edad y raza, sometidas a los cambios climáticas presentes en el lugar. Las 939 muestras fueron sometidas al análisis con Ekomilk Bond para determinar calidad de leche y Ekomilk Scan para determinar el número de células somáticas.

La hacienda El Prado presentó los siguientes valores, para la determinación de calidad de leche.

Tabla 1

Variables que determinan la calidad de leche de la Hacienda El Prado

| Variables | Valor |
|---------------------|--------------|
| Grasa % | 3,69 |
| Sólidos No Grasos % | 8,35 |
| Densidad (g/ml) | 1,24 |
| Proteína % | 3,16 |
| PC | -0,547 |

| Variables | Valor |
|----------------------------|--------------|
| Acidez titulable (g/100ml) | 0,15 |
| Temperatura °C | 18,81 |
| Lactosa % | 4,56 |
| Conductividad eléctrica | 44,9 |
| pH | 6,66 |
| Agua Añadida % | 2,37 |

PC: Punto de crioscopia; pH: Medida del grado de acidez o alcalinidad

Pérdidas Económicas

Se encontró un efecto significativo de las variables: edad ($F=4,24$, $p=0,04$), lactancia ($F=439,89$, $p=<2,2e-16$), mastitis SC ($F=5,11$, $p=0,023$), número de células somáticas ($F=10,04$, $p=0,001$), temperatura ($F=7,41$, $p=0,006$) y humedad ($F=17,74$, $p=2,99e-05$) para la producción de leche (Tabla 2).

Tabla 2

Análisis de varianza de los factores que influyen en la producción de leche de la hacienda El Prado

| FV | gl | Pr(>F) | |
|-----------|-----------|------------------|---|
| Edad | 1 | 0,041026 | * |
| Partos | 1 | 0,613503 | |
| Lactancia | 1 | <2,2e-16 | * |

| FV | gl | Pr(>F) | |
|---------------|----|----------|----|
| Mastitis SC | 1 | 0,023993 | * |
| Log10 (SCC) | 1 | 0,001592 | ** |
| Precipitación | 1 | 0,099195 | . |
| Temperatura | 1 | 0,006616 | ** |
| % Humedad | 1 | 2,99E-05 | * |

*Nota: FV: fuentes de variación, gl: grados de libertad, Pr (>F): Probabilidad de cometer un error; 0 (***) ; 0,001 (**); 0,01 (*); 0,05 (.); 0,1 (); 1.*

La producción de leche se correlacionó positivamente con la edad (T= 2,061, p=0,041), lactancia (T= -20,974, p= <2e-16), mastitis (T= -2,26, p=0,023), número de células somáticas (T=-3,17, p=0,0015), temperatura (T=2,72, p=0,0066) y humedad (T=4,21, p=0,00003), (Tabla 3).

Ecuación para la producción de leche (Tabla 3).

$$\begin{aligned}
 \text{Producción de leche Kg/día} \\
 = 4,66 + 0,299 (\text{Edad}) - 0,0176(\text{Lactancia}) - 0,526(\text{MastitisSC}(1\text{o}0)) \\
 - 0,704(\text{Log10}(\text{SCC})) + 0,158(\text{Temperatura}) + 0,136(\% \text{ Humedad}) + ee
 \end{aligned}$$

Donde:

Edad= Edad en años del animal

Lactancia = Día de lactancia en el que se encuentra el animal

Mastitis SC (1 o 0) = 1 para los animales que presentaron mastitis y 0 para los animales que no presentaron mastitis

Log 10(SCC) = Logaritmo de base 10 del número de células somáticas presentes en un mililitro de leche

Temperatura = Promedio mensual de la temperatura media en grados centígrados

% Humedad = Promedio mensual del porcentaje de humedad.

ee = Error estándar

Tabla 3

Efectos fijos de la producción de leche del hato lechero de la hacienda El Prado

| FV | Estimate | Pr(> t) | |
|---------------|-----------------|--------------------|----|
| Intercepto | 4,66E+00 | 0,10024 | |
| Edad | 2,99E-01 | 0,04103 | * |
| Partos | 1,01E-03 | 0,61350 | |
| Lactancia | -1,76E-02 | <2E-16 | * |
| Mastitis SC | -5,26E-01 | 0,02399 | * |
| Log10 (SCC) | -7,04E-01 | 0,00159 | ** |
| Precipitación | 2,35E-03 | 0,09919 | . |
| Temperatura | 1,58E-01 | 0,00662 | ** |
| % Humedad | 1,36E-01 | 0,00003 | * |

*Nota: FV: fuentes de variación, gl: grados de libertad, Pr (>F): Probabilidad de cometer un error; 0 (***); 0,001 (**); 0,01 (*); 0,05 (.); 0,1 (); 1.*

Calidad de leche

Porcentaje de grasa en la leche. Se encontró un efecto significativo de las variables: lactancia ($F=67,9$, $p=1,01E-15$), mastitis ($F= 14,73$, $p= 0,00013$), número de células somáticas ($F=4,70$, $p=0,030$) y la precipitación ($F= 3,95$, $p=0,046$) sobre el contenido porcentual de grasa en la leche (Tabla 4).

Tabla 4

Análisis de varianza del contenido porcentual de grasa en la leche del hato lechero de la hacienda El Prado

| FV | gl | Pr(>F) | |
|---------------|-----------|------------------|---|
| Edad | 1 | 0,1812245 | |
| Partos | 1 | 0,4806926 | |
| Lactancia | 1 | 1,01E-15 | * |
| Mastitis SC | 1 | 0,0001338 | * |
| Log10 (SCC) | 1 | 0,0305736 | * |
| Precipitación | 1 | 0,0469606 | * |
| Temperatura | 1 | 0,4928928 | |
| % Humedad | 1 | 0,1877368 | |

*Nota: FV: fuentes de variación, gl: grados de libertad, Pr (>F): Probabilidad de cometer un error; 0 (***) ; 0,001 (**); 0,01 (*); 0,05 (.); 0,1 (); 1.*

El contenido porcentual de grasa en la leche se correlaciono positivamente con la lactancia ($T= 8,241$, $p=1,01e-15$), mastitis SC ($T=3,839$, $p=0,000134$), número de células somáticas ($T= -2,168$, $p=0,030$) y precipitación ($T=-1,990$, $p=0,046$) (Tabla 5).

Ecuación para el porcentaje de grasa (Tabla 5):

$$\% \text{ de grasa} = 5,14 + 0,00173(\text{Lactancia}) + 0,231(\text{Mastitis SC}(1 \text{ o } 0)) - 0,119(\text{Log}_{10}(\text{SCC})) - 0,000762(\text{Precipitación}) + ee$$

Donde:

% de grasa = Porcentaje de grasa presente en la leche

Lactancia = Día de lactancia en el que se encuentra el animal

Mastitis SC (1 o 0) = 1 para los animales que presentaron mastitis y 0 para los animales que no presentaron mastitis

Log 10(SCC) = Logaritmo de base 10 del número de células somáticas presentes en un mililitro de leche

Precipitación = Sumatoria mensual de la precipitación en milímetros.

Tabla 5

Efectos fijos del contenido porcentual de grasa presente en la leche del hato lechero de la hacienda El Prado

| FV | Estimate | Pr(> t) | |
|-------------|-----------------|--------------------|---|
| Intercepto | 5,14E+00 | 2,62E-12 | * |
| Edad | -4,17E-02 | 0,181224 | |
| Partos | 2,60E-02 | 0,480693 | |
| Lactancia | 1,73E-03 | 1,01E-15 | * |
| Mastitis SC | 2,31E-01 | 0,000134 | * |
| Log10 (SCC) | -1,19E-01 | 0,030574 | * |

| FV | Estimate | Pr(> t) | |
|---------------|-----------------|--------------------|---|
| Precipitación | -7,62E-04 | 0,046961 | * |
| Temperatura | -1,07E-02 | 0,492893 | |
| % Humedad | -1,04E-02 | 0,187737 | |

*Nota: FV: fuentes de variación, gl: grados de libertad, Pr (>F): Probabilidad de cometer un error; 0 (***); 0,001 (**); 0,01 (*); 0,05 (.); 0,1 (); 1.*

Porcentaje de proteína en la leche. Se encontró un efecto significativo de las variables: edad (F=6,21, p=0,013599), días de lactancia (F=16,3142, p=5,92E-05), precipitación (F=5,2534, p=0,0221882) y humedad (F= 14,1872, p= 0,0001841) para el contenido porcentual de proteína en la leche (Tabla 6).

Tabla 6

Análisis de varianza del contenido porcentual de proteína en la leche del hato lechero de la hacienda El Prado

| FV | gl | Pr(>F) | |
|---------------|-----------|------------------|-----|
| Edad | 1 | 0,013599 | * |
| Partos | 1 | 0,1612428 | |
| Lactancia | 1 | 5,92E-05 | *** |
| Mastitis SC | 1 | 0,7148435 | |
| Log10 (SCC) | 1 | 0,1542838 | |
| Precipitación | 1 | 0,0221882 | * |

| FV | gl | Pr(>F) |
|-------------|-----------|------------------|
| Temperatura | 1 | 0,7101299 |
| % Humedad | 1 | 0,0001841 * |

*Nota: FV: fuentes de variación, gl: grados de libertad, Pr (>F): Probabilidad de cometer un error; 0 (**); 0,001 (**); 0,01 (*); 0,05 (.); 0,1 (); 1.*

El contenido porcentual de proteína en la leche se correlaciono positivamente con la edad (T= -2,493, p=0,013599), días de lactancia (T=4,039, p=5,92E-05), precipitación (T= -2,229, p=0,221880) y Humedad (T= 3,767, p=0,000184) (Tabla 7).

La ecuación que describe el contenido porcentual de proteína en la leche es la siguiente:

$$\% \text{ proteina} = 2,85 - 0,022 (\text{Edad}) + 0,000203 (\text{Lactancia}) - 0,000195 (\text{Precipitación}) - 0,00729 (\% \text{ Humedad}) + ee$$

Donde:

% proteína = Porcentaje de proteína presente en la leche

Edad = Edad en años del animal

Lactancia = Día de lactancia en el que se encuentra el animal

Precipitación= Sumatoria de la precipitación mensual en mm

% Humedad = Promedio mensual del porcentaje de humedad.

ee = Error estándar

Tabla 7

Efectos fijos del contenido porcentual de proteína presente en la leche del hato lechero de la hacienda El Prado

| FV | Estimado | Pr(> t) | |
|---------------|-----------------|--------------------|-----|
| Intercepto | 2,85E+00 | <2e-16 | *** |
| Edad | -2,20E-02 | 0,013599 | * |
| Partos | 1,52E-02 | 0,161243 | |
| Lactancia | 2,03E-04 | 5,92E-05 | *** |
| Mastitis SC | -5,07E-03 | 0,724844 | |
| Log10 (SCC) | -1,90E-02 | 0,154284 | |
| Precipitación | -1,95E-04 | 0,221880 | * |
| Temperatura | -1,28E-03 | 0,710130 | |
| % Humedad | 7,29E-03 | 0,000184 | *** |

*Nota: FV: fuentes de variación, gl: grados de libertad, Pr (>F): Probabilidad de cometer un error; 0 (***); 0,001 (**); 0,01 (*); 0,05 (.); 0,1 (); 1.*

Discusión

Pérdidas económicas

Dentro de los objetivos del presente estudio se estimó las pérdidas económicas y afecciones a la calidad de leche del hato lechero de la hacienda El Prado causadas por mastitis, y la influencia de factores externos y propios del animal.

Para determinar las pérdidas causada por mastitis subclínica se definió un umbral de 200000 células somáticas por ml de leche como lo menciona Hagnestam et

al., (2009), el cual determina un umbral de 175000 a 200000 células por mililitro de leche en vacas primíparas y multíparas, ya que durante la primera semana de producción del animal se obtiene el calostro y el número de células somáticas es elevado, esto independientemente de que el animal tenga o no tenga mastitis.

La pérdida de producción láctea se mostró más severa a medida que avanza la lactancia, ya que se relacionó con el incremento del número de células somáticas y la presencia o ausencia de mastitis.

La pérdida diaria de leche a un umbral de SCC de 200000 células somáticas por mililitro de leche fue de 0,0176 kg de leche diarios a medida que avanza la lactancia, además de pérdidas de 0,704 kg de leche por el incremento en un punto en escala logarítmica del número de células somáticas y pérdidas de 0,526 kg de leche por presentar mastitis durante su producción, independientemente de si las vacas son primíparas o multíparas ya que no se encontró un efecto significativo del número de partos.

En los estudios realizados por Werven & Hogeveen, (2009) se determinó que las vacas primíparas perderían 0,31 y 0,28 kg de leche al día con un SCC de 200000 células somáticas por ml de leche, mientras en vacas multíparas se determinó pérdidas de 0,58 y 0,50 kg de leche al día.

Además Hagnestam et al., (2009) determinaron que la pérdida diaria de leche a un SSC de 500000 células somáticas por mililitro de leche varió de 0,7 a 2,0 kg en vacas primíparas, mientras en vacas multíparas se mostró pérdidas de 1,1 a 3,7 kg de leche.

Y estudios revisados por Hortet & Seegers (1998) mostraron que la pérdida diaria de leche a SCC de 400000 células somáticas por mililitro de leche fueron de 0,8 y 3,1 kg de leche en vacas primíparas, mientras que en vacas multíparas se encontró pérdidas de 1,0 a 3,0 kg de leche.

Todas las estimaciones del presente estudio se encontraron dentro o cerca del rango de pérdida informado por Werven & Hogeveen, (2009) , Hagnestam et al., (2009) y por Hortet & Seegers (1998).

En el año de 2013 el MAGAP presento un informe técnico, recomendando el reajuste del precio mínimo del litro de leche, este precio debe ser cancelado al productor en la finca o en el centro de acopio. El precio constituye el 52,4% del precio establecido para la leche que fue sometida al proceso de pasteurización y se expende en funda con capacidad de mil mililitros. La leche UHT (ultra high temperature) que se encuentra en el mercado tiene el valor de 0,80 dólares por litro, aplicando el porcentaje de referencia para el valor de leche cruda, el valor del litro de leche en finca debe ser de 0,39 a 0,42 dólares por litro de leche (Magap, 2013). Actualmente la hacienda El Prado recibe 0,44 dólares por litro de leche cruda por parte de la planta procesadora La Holandesa.

El factor que también mostró un efecto significativo incrementando la producción de leche fue la edad, mostrando un incremento de 0,299 kg de leche por cada año cumplido del animal. En estudios revisados por Galvan, (1991) menciona que la vaca lechera incrementa su producción acorde aumenta la edad, y estabilizándose a la edad aproximada de 6 años ya que a partir del cual su producción se estabiliza empieza a decrecer.

Además estudios realizados por Castillo et al., (2018) mencionan que se observó incrementos en la producción de leche de acuerdo con el incremento de la edad del animal.

Los factores meteorológicos jugaron un papel muy importante en la producción de leche. La temperatura y la humedad tienden a incrementar la producción. Esto lo corrobora Velez de Villa, (2013), quien menciona que la temperatura y la humedad son los factores meteorológico más estudiados y que tienen influencia en la producción de las vacas lecheras, se conoce con certeza que la ingesta de pasto, pienso y agua varia acorde a estos factores.

De acuerdo a Velez de Villa, (2013), la temperatura ideal para obtener la máxima producción de las vacas lecheras oscila entre 4 – 21° C. De acuerdo a Arce Carriel, (2009), la temperatura media de la hacienda El Prado de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE es de 13,96 °C, la cual se encuentra dentro del rango mencionado por Velez de Villa, (2013), mostrando así que la producción del hato lechero de la hacienda El Prado tiende a incrementar por alzas de temperatura.

Respecto a la humedad, WingChing et al., (2008), menciona que la producción de leche incrementa cuando el valor de la humedad relativa está por debajo del 80%. De acuerdo a Arce Carriel, (2009), la humedad relativa de la hacienda El Prado de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE es de 67,91%, lo cual corrobora que la producción láctea incrementa bajo estas condiciones climáticas.

Calidad de leche

De acuerdo con la Norma Técnica Ecuatoriana INEN, (2012), la leche cruda debe cumplir con una serie de requisitos específicos, entre ellos: organolépticos, físicos

y químicos para considerarse leche apta para ser procesada, además que están establecidos rangos numéricos para cada componente de la leche y así calificarla o no.

Cabe recalcar que cada planta procesadora establece los rangos numéricos de estos componentes de acuerdo a sus necesidades.

La lactancia fue uno de los factores que influyeron positivamente en el contenido porcentual de grasa y proteína en la leche, ya que a medida que avanza la lactancia el porcentaje de grasa y proteína en la leche se incrementó, esto es corroborado por Frenandez & Tarazona, (2015), quienes mencionan que la leche de vacas que se encuentran en un ciclo mayor de lactancia contienen un porcentaje superior de grasa y proteína, que la leche de vacas que se encuentran en ciclos de lactancia menores.

Además estudios realizados por Williams et al., (2007), mencionan que a medida que el periodo de lactancia del animal avanza el contenido porcentual de grasa y proteína se incrementan.

El contenido porcentual de grasa en leche también se vio afectada de forma negativa por el incremento del número células somáticas por mililitro de leche. Se predijo pérdidas de 0,119% de contenido de grasa en la leche por el incremento de un punto en la escala logarítmica del número de células somáticas, lo cual está en relación a lo expuesto por Mera et al., (2017), quienes mencionan que la leche con recuento de células somáticas elevado, es decir que proviene de vacas con mastitis, tiene un valor reducido para la industria quesera ya que contiene menor porcentaje de grasa y proteína, afectando así los parámetros organolépticos de los productos elaborados.

De la misma manera estudios realizados por Carlomagno & Vega, (1999) demuestran que la leche proveniente animales con mastitis subclínica presentaron porcentajes menores de sólidos totales, proteínas, grasa y calcio.

El contenido porcentual de proteína en la leche se vio afectado por la edad del animal, presentando pérdidas del 0,022% del contenido porcentual de proteína en la leche por cada año cumplido del animal, esto es corroborado por Gallardo et al., (2013) quienes mencionan que las menores concentraciones de proteína se registran a una mayor edad del animal.

De la misma manera los factores meteorológicos jugaron un papel muy importante en el contenido porcentual de proteína en la leche ya que la precipitación disminuye en un 0,000195% y la humedad reduce el 0,00729% el contenido de proteína en la leche, esto está directamente relacionado con el consumo de alimento e los animales bajo estas condiciones como lo menciona Velez de Villa, (2013).

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

La hacienda El Prado produce leche de calidad y apta para la industrialización de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 9:2008 Cuarta Revisión.

Los factores que influyen de forma positiva sobre la producción de leche del hato lechero de la hacienda El Prado son: la edad, la temperatura y la humedad, por otra parte los factores que influyeron de forma negativa sobre la producción de leche son: la lactancia, la presencia de mastitis subclínica y el incremento del número de células somáticas.

El factor que influye de forma positiva sobre el contenido porcentual de grasa en la leche es la lactancia, por otra parte los factores que influyen de forma negativa sobre el contenido porcentual de grasa son: el incremento del número de células somáticas, la presencia de mastitis y la precipitación.

Los factores que influyen de forma positiva sobre el contenido de proteína en la leche es la lactancia, mientras que los factores que influyeron de forma negativa en el contenido de proteína en la leche son: la edad, la precipitación y la humedad

La hacienda El Prado tiene una pérdida de 2,35 dólares por lactancia de 305 días, 0,2314 dólares cada vez que el animal presentó mastitis durante su periodo de producción y 0,3097 dólares cada vez que el animal incrementa un punto en escala logarítmica el número de células somáticas por mililitro de leche, por cada animal en producción.

Recomendaciones

Se recomienda que el tiempo de seguimiento de los animales durante la investigación sea ampliada.

Realizar estudios similares con las diferentes pruebas diagnósticas (CMT, fondo oscuro) que determinan presencia de mastitis para estimar las pérdidas económicas y así también estimar la prueba más veraz y económica.

Realizar estudios en diferentes lugares del país debido a la diversidad climatológica y ubicación geográfica del Ecuador.

Bibliografía

- Andrade, C., Sanchez, A., & Ron, J. (2018). *Estudio clínico, microbiológico y estimación económica de la mastitis bovina en la cooperativa de producción agropecuaria “El Salinerito”, provincia Bolívar – Ecuador.*
<http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/14267/1/T-IASA I-005437.pdf>
- Arce Carriel, M. (2009). Normal climática y distribución de la precipitación de la hacienda El Prado-IASA. *Boletín Técnico* 8, 126–128.
- Barbosa Malek dos Reis, C., Barreiro, J. C., Mestieri, L., Poncionato, M. A. de F., & Veiga dos Santos, M. (2013). *Effect of somatic cell count and mastitis pathogens on milk composition in Gyr cows.*
- Bascuñán, C. (2006). Mastitis Bovina : Nuevos Aspectos De Diagnóstico , Tratamiento Y Control. *Universidad de Chile*, 1(1), 12.
<http://www.revistas.uchile.cl/index.php/MMV/article/viewArticle/4986/4871>
- Berry, D. P., Lee, J. M., Macdonald, K. A., Stafford, K., Matthews, L., & Roche, J. R. (2007). Associations Among Body Condition Score , Body Weight , Somatic Cell Count , and Clinical Mastitis in Seasonally Calving Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 90(2), 637–648. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(07\)71546-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)71546-1)
- Bloemhof, S., Jong, G. De, & Haas, Y. De. (2009). *Genetic parameters for clinical mastitis in the first three lactations of Dutch Holstein cattle.* 134, 165–171.
<https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2008.09.024>
- Bradley, A. J. (2002). *Bovine Mastitis : An Evolving Disease.* 116–128.
<https://doi.org/10.1053/tvj.2002.0724>

- BULTEH. (2000). *Operating Instructions Ekomilk Bond STANDAR ULTRASONIC MILK ANALIZER*. <https://www.bulteh.com/pdf/user-manual-ekomilk-bond-standard-en.pdf>
- Carlomagno, V., & Vega, J. (1999). Revista de investigaciones veterinarias del Perú : RIVEP. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 23(1), 65–71.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172012000100008&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Castillo, G., Vargas, B., Hueckmann, F., & Romero, J. (2018). *Factors that affect the production in first lactation of dairy cattle of Costa Rica*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.15517/am.v30i1.33430>
- Dohoo, I. R., Smith, J., Andersen, S., Kelton, D. F., & Godden, S. (2011). Diagnosing intramammary infections : Evaluation of definitions based on a single milk sample. *Journal of Dairy Science*, 94(1), 250–261. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3559>
- FAO. (n.d.). *8f713c1d01fbe80c5442d3ce97f0790b19b00213 @ www.fao.org*.
<http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/es/>
- Fernández Bolaños, O. F., Trujillo Gaffe, J. E., Peña Cabrera, J. J., Cerquera Gallego, J., & Granja Salcedo, Y. T. (2012). *MASTITIS BOVINA : GENERALIDADES Y MÉTODOS*. 13(11), 1–11.
- Frenandez, J., & Tarazona, G. (2015). Factores que influyen en la Composicion de la Leche en el Sector el Retorno, Parroquia Sabanilla, Cantón Zamora, Provincia de Zamora Chinchipe - Ecuador. *Revista Politécnica*, 36(2), 34–34.
https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/644#.X5NA9ptEX-M.mendeley

- Gallardo, M., Onetti, S., Castillo, A., & Nari, J. (2013). 7. Proteína en leche y su relación con el manejo nutricional. *Africa's Potential for the Ecological Intensification of Agriculture*, 53(9), 1689–1699.
- Galvan, P. (1991). Mejoramiento genético del ganado bovino productor de leche. *Ciencia Veterinaria*, 5, 67–88.
<http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/cienciavet/revistas/CvVol5/CVv5c4.pdf>
- Gómez Quispe, O. E., Santivañez Ballón, C. S., Arauco, F., Espezua Flores, O. H., & Manrique Meza, J. (2015). *Criterios de Interpretación para California Mastitis Test en el Diagnóstico de Mastitis Subclínica en Bovinos*. 26(1), 86–95.
- Guerrero Quiceno, J., Campos Gaona, R., & Vélez Terranova, M. (2018). *Factores ambientales asociados y métodos de determinación de células somáticas en leche de tanque Associated environmental factors and determination methods for somatic cell in the milk tank Fatores ambientais associados e métodos para a determinação de c.* 16(1), 80–90.
- Hadrich, J. C., Wolf, C. A., Lombard, J., & Dolak, T. M. (2018). Estimating milk yield and value losses from increased somatic cell count on US dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 1–9. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13840>
- Hagnestam, N., Emanuelson, U., Berglund, B., & Strandberg, E. (2009). Relationship between somatic cell count and milk yield in different stages of lactation. *Journal of Dairy Science*, 92(7), 3124–3133. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1719>
- He, W., Ma, S., Lei, L., He, J., Li, X., Tao, J., Wang, X., Song, S., Wang, Y., Wang, Y., Shen, J., Cai, C., & Wu, C. (2020). Prevalence , etiology , and economic impact of

- clinical mastitis on large dairy farms in China. *Veterinary Microbiology*, 242(December 2019), 108570. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2019.108570>
- Hernandez Reyes, J. M., & Bedolla Cedeño, J. L. C. (2008). *Importancia del conteo de células somáticas en la calidad de la leche (Importance of the somatic cells count in the quality of milk)*. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63617329004.pdf>
- Hortet, P., & Seegers, H. (1998). Calculated milk production losses associated with elevated somatic cell counts in dairy cows: Review and critical discussion. *Veterinary Research*, 29(6), 497–510. [https://doi.org/10.1016/S0928-4249\(98\)80009-6](https://doi.org/10.1016/S0928-4249(98)80009-6)
- Jamali, H., Barkema, H. W., Jacques, M., Lavallée-Bourget, E. M., Malouin, F., Saini, V., Stryhn, H., & Dufour, S. (2018). Invited review: Incidence, risk factors, and effects of clinical mastitis recurrence in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 101(6), 4729–4746. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13730>
- Kawai, K., Hayashi, T., Kiku, Y., Chiba, T., Nagahata, H., Higuchi, H., Obayashi, T., Itoh, S., Onda, K., Arai, S., Sato, R., & Oshida, T. (2013). *Reliability in somatic cell count measurement of clinical mastitis milk using DeLaval cell counter. July*, 805–807. <https://doi.org/10.1111/asj.12136>
- Kerr, D. E., & Wellnitz, O. (2003). Mammary expression of new genes to combat mastitis. *Journal of Animal Science*, 81 Suppl 3(August), 38–47. https://doi.org/10.2527/2003.81suppl_338x
- Kim, H., Min, Y., & Choi, B. (2019). Real-time temperature monitoring for the early detection of mastitis in dairy cattle : Methods and case researches. *Computers and*

Electronics in Agriculture, 162(April), 119–125.

<https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.04.004>

Kirkeby, C., Toft, N., Schwarz, D., Farre, M., Nielsen, S. S., Zervens, L., Hechinger, S., & Halasa, T. (2020). Differential somatic cell count as an additional indicator for intramammary infections in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 103(2), 1759–1775. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16523>

Magap. (2013). Acuerdo ministerial 394. Regular y controlar el precio del litro de leche cruda pagado en finca y/o centro de acopio al productor y promover la calidad e inocuidad de la leche cruda. *Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca Del Ecuador*, 111, 10. www.magap.gob.ec

Maréchal, C. Le, Thiéry, R., Vautor, E., & Loir, Y. Le. (2011). *Mastitis impact on technological properties of milk and quality of milk products — a review*. 247–282. <https://doi.org/10.1007/s13594-011-0009-6>

Mera, R., Muñoz, M., Artieda, J., Ortiz, P., González, R., & Vega, V. (2017). Mastitis bovina y su repercusión en la calidad de la leche -. *Revista Electronica de Veterinaria*, 18(11), 1–17. <https://www.agro.uba.ar/sites/default/files/agronomia/la-mastitis-bovina-y-su-impacto-sobre-calidad-de-leche.pdf>

Nascimento, J. dos S., Netto dos Santos, K. R., Gentilini, E., Sordelli, D., & De Freire Bastos, M. do C. (2002). *Phenotypic and genetic characterisation of bacteriocin-producing strains of Staphylococcus aureus involved in bovine mastitis*. 85, 133–144. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0378-1135\(01\)00476-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0378-1135(01)00476-X)

Norma Técnica Ecuatoriana INEN. (2012). *Instituto ecuatoriano de normalización*.

- Persson, K., Larsson, I., & Hallén Sandgren, C. (1993). Effects of certain inflammatory mediators on bovine neutrophil migration in vivo and in vitro. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, *37*(2), 99–112. [https://doi.org/10.1016/0165-2427\(93\)90058-C](https://doi.org/10.1016/0165-2427(93)90058-C)
- Pokorska, J., Piestrzy, A., Ku, D., Ochrem, A., & Radko, A. (2019). *Polymorphism of bovine lipocalin-2 gene and its impact on milk production traits and mastitis in Holstein Friesian cattle*. *40*, 17–21. <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2019.04.004>
- Rushen, J., de Pssillé, A. Ma., A.G., M., Keyserlingk, V., & M. Weary, D. (2008). *Stress and Physiological Indicators of Animal Welfare*. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6558-3_3
- Shook, G. E. (1989). Selection for Disease Resistance. *Journal of Dairy Science*, *72*(5), 1349–1362. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(89\)79242-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(89)79242-0)
- Sordillo, L. M. (2002). Mammary Gland Immunity and Mastitis Susceptibility in the Transition Cow. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, *7*(2), 135–146.
- Tomasinsig, L., Conti, G. De, Skerlavaj, B., Piccinini, R., Mazzilli, M., Este, F. D., Tossi, A., & Zanetti, M. (2010). *Broad-Spectrum Activity against Bacterial Mastitis Pathogens and Activation of Mammary Epithelial Cells Support a Protective Role of Neutrophil Cathelicidins in Bovine Mastitis* □. *78*(4), 1781–1788. <https://doi.org/10.1128/IAI.01090-09>
- Treece, J. M., Morse, G. E., & Levy, C. (1966). Lipid Analyses of Bovine Teat Canal Keratin. *Journal of Dairy Science*, *49*(10), 1240–1244. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(66\)88062-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(66)88062-1)

Velasco, R. Y. (2019). *Mecanismos de defensa*. 707–772.

<https://doi.org/10.2307/j.ctvq2w2dp.14>

Velez de Villa, E. (2013). Vacunos Bajo Pastoreo Semi-Intensivo. *Sistemas de Revisiones En Investigacion Veterinaria de San Marcos*, 1–11.

Werven, T. Van, & Hogeveen, H. (2009). Production loss due to new subclinical mastitis in Dutch dairy cows estimated with a test-day model. *Journal of Dairy Science*, 92(2), 599–606. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1564>

Williams, S. A., Blache, D., Martin, G. B., Foot, R., Blackberry, M. A., Scaramuzzi, R. J., Al-Sabbagh, T., Priolo, A., Biondi, L., H, B. S., Morand-fehr, P., Lindsay, D. R., Milton, J. T. B. B., Perez Clariget, R., Banchemo, G. E., Bencini, R., Martin, G. B., Quintans, G., Banchemo, G. E., ... Nawaz, M. (2007). Factors that Affect Yield and Composition of Goat Milk : *Journal of Animal Science*, 46(4), 389–395.
[http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Efecto+de+la+alimentación+con+grasa+sobrepasante+sobre+la+producción+y+composición+de+leche+de+cabra+en+condiciones+tropicales#0%0Ahttp://www.idosi.org/gv/gv3\(4\)09/2.pdf](http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Efecto+de+la+alimentación+con+grasa+sobrepasante+sobre+la+producción+y+composición+de+leche+de+cabra+en+condiciones+tropicales#0%0Ahttp://www.idosi.org/gv/gv3(4)09/2.pdf)

WingChing, R., Pérez, R., & Salazar, E. (2008). *Condiciones Ambientales Y Producción De Leche De Un Hato De Ganado Jersey En El Trópico Húmedo* : 32(1), 87–94.