

Evaluación de calidad de leche bovina en predios de diferentes niveles tecnológicos en la vereda potrero de Rodríguez, zona nororiental del municipio de Molagavita, Santander

Trabajo de grado para optar por el Título de Zootecnista

Milton Bladimir Camacho Niño

Director

Laura Vanessa Álvarez Palomino

MS(c). Medica Veterinaria Zootecnista

Codirector

Daniel Felipe Torres Ruda

MSc. Zootecnista

Universidad Industrial De Santander

Instituto Proyección Regional y Educación a Distancia

IPRED

Programa de Zootecnia

Bucaramanga

2024

Dedicatoria

Le dedico este logro a mi padre Antonio Camacho, a mi madre Maricela Niño y a esa segunda madre, Nohemí Carvajal que siempre estuvo ahí. Gracias por siempre confiar en mí, prometí no defraudarlos y aquí estoy, en el último peldaño de esta escalera cumpliendo lo que ustedes anhelaban. Le dedico este logro a mi primo Carlos Camacho QEPD; esa frase “Primo, no se preocupe que ingenieros hay en la familia, falta un Zootecnista y tiene que ser usted” me motivo a ser el mejor, esto honrara tu nombre.

Milton Bladimir Camacho Niño

Agradecimientos

En primer lugar, agradezco a Dios por permitirme culminar esta etapa, gracias por brindarme una gran familia y cruzar en mi camino a personas que aportaron a mi formación.

Agradezco a mi madre, a mi padre y a mi tía por ese apoyo constante en mi vida.

Quiero extender mi agradecimiento al profesor, MSc. Daniel Felipe Torres Ruda, por compartir tanto conocimiento durante la carrera, gracias por ese aporte a mi formación académica y gracias por impulsarme para realizar mi trabajo de grado de la mejor manera.

De igual manera agradezco a los productores de leche de mi vereda “Potrero de Rodríguez” por ser partícipes de mi trabajo y recibir un poco de mi conocimiento para que sus producciones mejoren.

Agradezco a esa personita incondicional Mónica Virgüez, por estar ahí dándome ánimo cuando más lo necesitaba, gracias por ayudarme a ser paciente y saber hacer las cosas.

Agradezco a mis compañeros, profesores y a mi compañera Camila Sánchez, gracias por esa amistad tan sincera, gracias por esa motivación necesaria para cumplir nuestros deberes académicos.

Y finalmente a toda mi familia y demás personas que me apoyaron en mi formación académica. A esas personas que no creyeron en mí, gracias, eso me hizo más fuerte.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción.....	12
1 Objetivos.....	14
1.1 Objetivo general.....	14
1.2 Objetivos específicos.....	14
2 Marco teórico.....	15
2.1 Sistema de producción de bovinos de leche.....	15
2.1.1 Fundamentos de la producción láctea a nivel global.....	15
2.1.2 Principios de la ganadería de leche en Colombia.....	15
2.1.3 Prácticas y principios de lechería en Santander.....	16
2.1.4 Aspectos relevantes de la ganadería de leche en Molagavita.....	17
2.2 Calidad de la leche.....	17
2.2.1 Calidad composicional de la leche.....	18
2.2.2 Calidad microbiológica de la leche.....	18
2.2.3 Calidad fisicoquímica de la leche.....	19
2.3 Leche bovina.....	19
2.3.1 Composición de la leche bovina.....	20
2.3.2 Factores que influyen sobre la calidad de la leche.....	22
2.3.3 Criterios de análisis de calidad de leche.....	25
2.3.4 Métodos para el análisis de calidad de leche.....	28
2.4 Estrategias de aprendizaje para mejora en la calidad de la leche.....	33

2.4.1 Buenas prácticas de ordeño-BPO.....	33
2.4.2 Buenas prácticas ganaderas-BPG.....	34
2.5 Marco legal.....	34
3 Metodología.....	35
3.1 Area de estudio.....	35
3.2 Selección de predios y toma de datos.....	38
3.3 Recolección de muestras.....	39
3.4 Análisis automatizado en laboratorio.....	41
3.5 Prueba TRAM en laboratorio.....	41
3.6 California Mastitis Test.....	42
3.7 Sensibilización BPG y BPO.....	42
3.8 Análisis estadístico.....	43
4 Resultados y discusión.....	44
5 Conclusiones.....	74
6 Recomendaciones.....	74
Referencias bibliográficas.....	76
Apendices.....	94

Listado de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Especificaciones técnicas del analizador LactoScan Combo.	32
Tabla 2. Guía para la clasificación de leche según algunos parámetros de calidad fisicoquímica, composicional y microbiológica.	32
Tabla 3. Distribución de las fincas por categoría según su tamaño en hectáreas y porcentaje correspondiente.	45
Tabla 4. Género del productor encargado en finca y porcentaje.	46
Tabla 5. Sistema de pastoreo.	46
Tabla 6. Fertilización y riego de pasturas.	48
Tabla 7. Disponibilidad de herramienta.	49
Tabla 8. Modalidad, número y hora de ordeño.	50
Tabla 9. Recipientes de almacenamiento.	51
Tabla 10. Tipo de suplemento, alimento durante el ordeño y porcentaje de fincas que lo implementan.	52
Tabla 11. BPO y porcentaje de implementación.	53
Tabla 12. Uso de peróxido y porcentaje de fincas que lo implementan.	54
Tabla 13. Prácticas de bienestar animal y porcentaje de implementación.	55
Tabla 14. Frecuencia de desparasitación y vitaminización.	55
Tabla 15. Distribución de animales por etapa productiva y tipo de finca.	57
Tabla 16. Razas implementadas y porcentaje según la categoría de finca.	58
Tabla 17. Uso de I.A y monta natural en las fincas de estudio.	60

Tabla 18. Análisis de la producción de leche, finalidad, manejo de registros y duración del ordeño.	61
Tabla 19. Ingresos generados en las distintas producciones.	62
Tabla 20. Costos generados en las distintas producciones.	63
Tabla 21. Ganancias y rentabilidad de la producción.	63
Tabla 22. Variables composicionales de la leche bovina.	65
Tabla 23. Variables fisicoquímicas de la leche bovina.	68
Tabla 24. Parámetros de evaluación CMT.	72
Tabla 25. Parámetros de evaluación CMT.	72

Listado de Figuras

	Pág.
Figura 1. Area de estudio, Molagavita-Santander.	36
Figura 2. Área de estudio, Vereda Potrero de Rodríguez.	37
Figura 3. Distribución de la cantidad de bovinos.	56
Figura 4. Relación vacas en producción: Hembras vacías.....	57
Figura 5. Cantidad de fincas que implementan las distintas razas.....	58
Figura 6. Comparación de días abiertos de cada finca con el estándar ideal (100 días).....	59
Figura 7. Nivel de producción en las distintas fincas.	61
Figura 8. Promedio de componentes principales de la leche, solidos totales y adición de agua. 65	65
Figura 9. Promedio de componentes de solidos totales de la leche, SNG y grasa.....	66
Figura 10. Promedio de componentes de solidos no grasos en la leche, proteína y lactosa.	67
Figura 11. Promedio de sales presentes en la leche de predios estudiados.....	68
Figura 12. Promedio de medición de punto crioscópico en la leche de predios estudiados.	69
Figura 13. Densidad de la leche de las fincas estudiadas.	70
Figura 14. Valores promedio de muestreo, prueba TRAM.	71
Figura 15. Valores promedio de CCS.	71
Figura 16. Predios y aplicación de BPO.	74

Listado de Apéndices

Apéndice A. Encuesta a productores. 91

Apéndice B. Folleto de Buenas Prácticas de Ordeño-BPO..... 92

Resumen

Título: Evaluación de calidad de leche bovina en predios de diferentes niveles tecnológicos en la vereda potrero de Rodríguez, zona nororiental del municipio de Molagavita, Santander¹

Autor: Milton Bladimir Camacho Niño²

Palabras Clave: Calidad de la leche, tecnología agrícola, parámetros fisicoquímicos, higiene y sanidad, producción lechera.

Descripción: La presente investigación tiene como objetivo evaluar la calidad de la leche bovina en predios de diferentes niveles tecnológicos en la vereda Potrero de Rodríguez, ubicada en la zona nororiental del municipio de Molagavita, Santander. Para ello, se realizó un estudio comparativo entre fincas que utilizan tecnologías avanzadas y aquellas que emplean métodos tradicionales en la producción de leche. Se llevaron a cabo muestreos de leche para analizar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, incluyendo contenido de grasa, proteínas, sólidos totales, y la presencia de patógenos. Adicionalmente, se evaluaron prácticas de manejo y condiciones higiénico-sanitarias en cada predio. Los resultados evidenciaron diferencias significativas en la calidad de la leche producida, mostrando una mejor calidad en los predios con mayor nivel tecnológico. Estos hallazgos destacan la importancia de la implementación de tecnologías en la producción lechera para mejorar la calidad del producto final. La investigación concluye que la adopción de mejores prácticas tecnológicas puede contribuir a elevar los estándares de calidad de la leche en la región, beneficiando tanto a productores como a consumidores. Este estudio proporciona una base sólida para futuras investigaciones y para la formulación de políticas públicas que fomenten la modernización del sector lechero en áreas rurales.

Abstract

¹ Trabajo de grado.

² Instituto Proyección Regional y Educación a Distancia IPRED. Programa de zootecnia.
Director: Laura Vanessa Álvarez Palomino. MS(c). Medica Veterinaria Zootecnista.
Codirector: Daniel Felipe Torres Ruda. MSc. Zootecnista.

Title: Evaluation of Bovine Milk Quality on Farms with Different Technological Levels in the Potrero de Rodríguez Village, Northeastern Zone of Molagavita Municipality, Santander.

Author: Milton Bladimir Camacho Niño

Keywords: Milk quality, agricultural technology, physicochemical parameters, hygiene and sanitation, dairy production.

Description: This research aims to evaluate the quality of bovine milk on farms with different technological levels in the Potrero de Rodríguez village, located in the northeastern zone of Molagavita municipality, Santander. A comparative study was conducted between farms using advanced technologies and those employing traditional methods in milk production. Milk samples were collected to analyze physicochemical and microbiological parameters, including fat content, proteins, total solids, and the presence of pathogens. Additionally, management practices and hygienic-sanitary conditions on each farm were evaluated. The results showed significant differences in the quality of milk produced, with better quality observed on farms with higher technological levels. These findings highlight the importance of implementing technologies in milk production to improve the final product's quality. The research concludes that adopting better technological practices can contribute to raising milk quality standards in the region, benefiting both producers and consumers. This study provides a solid foundation for future research and for formulating public policies that promote the modernization of the dairy sector in rural areas.

¹ Degree work

² Institute for regional projection at a distance IPRED. Zootechnics program. Director: Laura Vanessa Álvarez Palomino. MS(c). Veterinary Zootechnician. Co-director: Daniel Felipe Torres Ruda. MSc. Zootechnician

Introducción

La calidad de la leche se puede describir en dos puntos principales: composicional e higiénico-sanitario. La calidad composicional se enfoca en el cumplimiento de los estándares de composición fisicoquímica evaluados en términos de sólidos totales, grasa y proteína para determinar si los alimentos son aceptables o no para el consumo y si pueden considerarse parámetros adecuados de la materia prima para productos lácteos; en lo que se refiere al segundo tipo de calidad, higiénico, se refiere a la cantidad de microorganismos presentes en la leche cruda que se transfieren a los productos derivados y reducen la vida útil del producto final (Martínez & Gómez, 2013).

La evaluación de la calidad de la leche bovina es fundamental para garantizar la seguridad alimentaria y la salud pública, la falta de una evaluación adecuada puede tener consecuencias negativas para los consumidores, los productores y la industria láctea en general, Johnson et al. (2017) describen que la falta de evaluación de la calidad de la leche bovina puede resultar en pérdidas económicas significativas para los productores debido a la disminución del precio de la leche en el mercado. En línea con esta idea, González et al. (2016) enfatizan que la evaluación de la calidad de leche bovina es crucial para el control de la seguridad alimentaria y la prevención de enfermedades transmitidas por alimentos.

Los productores de leche en Colombia enfrentan muchos retos en términos de calidad y competitividad. A pesar de que la producción de leche ha sido parte fundamental de la economía rural durante décadas, muchos productores aún carecen de los recursos y conocimientos necesarios para producir leche de alta calidad. Según cifras del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), (2019) en Colombia hay cerca de 306.000 productores de leche, de los cuales solo el 12% cuenta con tecnología avanzada para la producción a gran escala.

En el municipio de Molagavita, Santander, la producción de leche es una actividad económica importante para muchos productores rurales, sin embargo, existen pocos estudios que evalúen la calidad de la leche producida en la región, especialmente en predios con diferentes niveles tecnológicos. De acuerdo con Martínez (2018), la calidad de la leche en Colombia varía significativamente entre regiones, dependiendo de factores como el clima, la alimentación y las prácticas de manejo en las fincas. Por ello, es importante evaluar cómo estos factores influyen en la calidad de la leche en la zona nororiental del municipio de Molagavita.

La evaluación de la calidad de la leche en predios de diferentes niveles tecnológicos puede proporcionar información valiosa sobre las prácticas de producción de los pequeños productores de leche en la región; según González & Álvarez (2019), la adopción de nuevas tecnologías para la producción está relacionada con una mayor capacidad de producción y aumento en la calidad de la leche.

Por lo tanto, es importante determinar ¿Cuál es el nivel tecnológico de los predios ganaderos de la vereda potrero de Rodríguez, zona nororiental del municipio de Molagavita? Y su relación con la calidad de la leche producida, a partir de la caracterización de predios productores de leche teniendo en cuenta su capacidad técnica, económica y productiva, así como la evaluación de la calidad de la leche mediante análisis composicionales, fisicoquímicos y microbiológicos.

1 Objetivos

1.1 Objetivo general

Evaluar la calidad composicional y microbiología de la leche producida en el nororiente del municipio de Molagavita, Santander, acorde al nivel tecnológico de los predios.

1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar los predios de producción de leche en el municipio de Molagavita, Santander acorde su capacidad técnica, económica y productiva.
- Determinar la calidad composicional, fisicoquímica y microbiológica de la leche producida en predios de la vereda potrero de Rodríguez, zona nororiental de Molagavita, Santander.
- Diseñar planes de capacitación de buenas para los predios lecheros de la vereda potrero de Rodríguez, zona nororiental de Molagavita, Santander.
- Desarrollar planes de capacitación para la implementación de buenas prácticas de ordeño (BPO) en predios lecheros de la vereda potrero de Rodríguez, zona nororiental de Molagavita, Santander.

2. Marco teórico

2.1 Sistema de producción de bovinos de leche

2.1.1 Fundamentos de la producción láctea a nivel global

La producción de leche desempeña un papel esencial en la nutrición y en la economía mundial. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) la producción de leche es vital para la dieta humana y la subsistencia económica de millones de personas en todo el mundo (FAO, 2020). La mejora de la calidad y la sostenibilidad en la producción lechera son aspectos que se han tenido en cuenta a nivel mundial. Smith et al. (2018) enfatizan que la mejora de la calidad de la leche implica la implementación de prácticas apropiadas en el manejo, la nutrición y la salud de los animales, así como la adopción de tecnologías avanzadas en la producción y el procesamiento de la leche. La sostenibilidad ambiental también es fundamental en la ganadería lechera. De acuerdo con el Banco mundial, (2020), la producción lechera sostenible requiere prácticas agrícolas y ganaderas que minimicen el impacto ambiental, como la gestión eficiente de los recursos naturales y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

2.1.2 Principios de la ganadería de leche en Colombia

La ganadería de leche en Colombia se rige por una serie de principios fundamentales que buscan garantizar la sostenibilidad y calidad de esta industria; según datos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (MADR), uno de los principios fundamentales es el cuidado y bienestar del ganado, en este sentido se debe promover el acceso a una alimentación balanceada y adecuada para el ganado, así como también se busca asegurar su salud mediante la aplicación de vacunas y controles sanitarios periódicos (Ministerio de

Agricultura y Desarrollo Rural, 2019). Otras de las estrategias en la implementación de sistemas de producción de ganado de leche ha sido el uso de sistemas silvopastoriles, y manejos estratégicos. Arciniegas & Flórez, (2018) describen que la implementación de sistemas silvopastoriles en la ganadería colombiana es una alternativa sostenible tanto desde el punto de vista ambiental como productivo, además, la ganadería de leche en Colombia se ha enfocado en la implementación de prácticas de manejo sostenible de los recursos naturales. Según la Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN) el gremio ha promovido la conservación de los suelos y el uso eficiente del agua en las fincas lecheras, esto ha implicado la adopción de técnicas de pastoreo rotacional y la implementación de sistemas de riego eficientes (FEDEGAN, 2022).

2.1.3 Prácticas y principios de lechería en Santander

La ganadería de leche en el departamento de Santander, Colombia, se rige por principios fundamentales que buscan promover la sostenibilidad y eficiencia en la producción. González et al. (2018) destacan que la implementación de prácticas agroecológicas en sistemas ganaderos contribuye a una gestión más eficiente de los recursos naturales y a la conservación del medio ambiente, enfatizando que la adopción de sistemas silvopastoriles en esta región ha mostrado beneficios significativos en términos de productividad y bienestar animal. En línea con estos principios, Giraldo et al. (2020) hacen hincapié en la importancia de la alimentación balanceada para el ganado lechero en Santander, señalando que el suministro adecuado de nutrientes es esencial para garantizar un buen rendimiento y calidad de la leche. Asimismo, destacan que la utilización de forrajes nativos y la promoción de pastos mejorados son estrategias clave para optimizar la disponibilidad de alimento y minimizar los impactos ambientales. Por otro lado, Ramírez et al. (2019) destacan la necesidad de implementar buenas prácticas de manejo

sanitario en la ganadería de leche en Santander ya que la prevención y control de enfermedades a través de la vacunación y la atención veterinaria oportuna son aspectos cruciales para mantener la salud y bienestar de los animales, sin dejar de mencionar una adecuada higiene en el ordeño y manipulación de la leche con el fin de garantizar su inocuidad.

2.1.4 Aspectos relevantes de la ganadería de leche en Molagavita

La ganadería de leche en Molagavita se basa en una serie de principios esenciales. Según Gutiérrez et al. (2020) en la ganadería de leche se destaca la importancia de la sostenibilidad como uno de los pilares fundamentales. Esto implica el uso eficiente de los recursos naturales, la implementación de prácticas de conservación del suelo y del agua, así como el manejo adecuado de los residuos orgánicos generados por la actividad ganadera. Por otra parte, (García et al. 2018) enfatizan la necesidad de promover el bienestar animal como otro principio clave en la ganadería de leche, brindando a las vacas un ambiente cómodo, acceso a pasturas de calidad y un manejo adecuado de la alimentación y la salud animal. García et al. (2018) resaltan la importancia de establecer prácticas de control y aseguramiento de la calidad en la producción lechera, destacando que estas medidas son indispensables para garantizar la seguridad alimentaria y nutricional de la población.

2.2 Calidad de la leche

La calidad de la leche es un tema importante para la industria láctea y los consumidores, donde la composición química, las características físicas y microbiológicas son factores clave que influyen en la calidad de la leche (Jayarao et al., 2004). La presencia de residuos de medicamentos veterinarios en la leche también puede afectar su calidad (Santos et al., 2013), así como un elevado recuento de células somáticas (CCS), que es uno de los indicadores de calidad más importantes, ya que refleja la salud de la ubre de la vaca, la cual está relacionada

con procesos inflamatorios en la ubre, afectando negativamente la producción de leche (Schukken et al., 2003). Otro factor que influye en la calidad de la leche es la higiene durante el proceso de ordeño y de almacenamiento (Oliver et al., 2010). Debido a que la relación entre el operador y su técnica de ordeño puede dar lugar a la contaminación cruzada, lo que podría tener un impacto negativo en la calidad de la leche, se han establecido normativas por parte de entidades reguladoras como el ICA para supervisar y promover prácticas de ordeño seguras y controladas (Vásquez et al., 2007).

2.2.1 Calidad composicional de la leche

La leche bovina es un alimento altamente nutritivo, con una composición que incluye proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas y minerales. Según López & Gomez, (2019), la calidad composicional de la leche bovina influye en su valor nutricional y en sus propiedades tecnológicas. La proporción de caseína y suero en la leche es fundamental para determinar su calidad composicional, ya que la caseína es la principal proteína de la leche bovina, responsable de su estructura y propiedades funcionales (Martin & Diana, 2020). Además, la presencia de ácidos grasos en la leche bovina también influye en su calidad composicional. A criterio de García & Gomez, (2018), los ácidos grasos saturados, insaturados y poliinsaturados presentes en la leche bovina contribuyen a su valor nutricional y características sensoriales. La presencia de vitaminas como la A, D y E, así como minerales como el calcio (Ca) y el fósforo (P), son aspectos clave de la calidad composicional de la leche bovina, según indican investigadores en el campo (Martínez & Castillo, 2021).

2.2.2 Calidad microbiológica de la leche

La calidad microbiológica de la leche bovina es de gran importancia para garantizar su seguridad y durabilidad (Martínez et al., 2018). La presencia de microorganismos en la leche

puede poner en riesgo la salud del consumidor, ya que algunos de estos pueden ser patógenos (Alonso, 2015). Por otro lado, es fundamental llevar a cabo un estricto control y monitoreo de la calidad microbiológica de la leche en todas las etapas de producción, incluyendo su obtención en granja hasta la mesa del consumidor final, contando con medidas de higiene adecuadas durante el ordeño, el almacenamiento y el transporte de la leche (González et al., 2019). Se ha demostrado, que el enfriamiento rápido de la leche después del ordeño puede contribuir significativamente a reducir la carga microbiológica y prolongar su vida útil Rodríguez et al., 2016). Por lo tanto, es crucial implementar prácticas adecuadas de manejo y conservación para mantener la calidad microbiológica de la leche bovina (Pérez et al., 2020).

2.2.3 Calidad fisicoquímica de la leche

La calidad fisicoquímica de la leche bovina es de gran importancia e impacto en la industria láctea. Según Chávez et al., (2018) la composición de la leche bovina influye sobre la calidad en aspectos como la acidez (oD), el pH, la densidad (g/ml), la conductividad (S/cm) y el punto criogénico (°C).

2.3 Leche bovina

La leche es un fluido producido por las glándulas mamarias de las hembras mamíferas y es el único alimento proporcionado a las crías durante sus primeros días de vida, suministrando nutrientes esenciales como energía, proteínas, vitaminas y otros compuestos necesarios para su crecimiento y desarrollo, se reconoce como uno de los alimentos más complejos en la naturaleza y juega un papel crucial en la dieta humana en sus diversas formas, que incluyen productos lácteos como queso, mantequilla, helado, yogur, entre otros (Jarama, 2011). Según el decreto 616 de 2005, La leche es el resultado de la secreción mamaria normal de animales bovinos, bufalinos y caprinos lecheros saludables. Se obtiene a través de uno o varios ordeños completos, sin la adición de

sustancias externas, y está destinada tanto para el consumo en forma de leche. Líquido como para su posterior procesamiento. (Ministerio de la Protección Social, 2006).

2.3.1 Composición de la leche bovina

A partir de lo mencionado por Bonzano, (2012) la composición de la leche varía según diversos factores, como la raza del animal, su alimentación y el momento de lactancia. La leche es un producto altamente nutritivo y fácilmente digerible, contiene principalmente agua, que representa el 88% del volumen total. Además, contiene aproximadamente un 3.2% de proteínas, un 3.4% de grasas, un 4.5% de lactosa, y un 0.72% de vitaminas y minerales.

2.3.1.1 Agua. En palabras de Abril & Pillco, (2013) el agua es el componente más abundante y crucial de la leche, formando la fase continua en la que se disuelven todos los demás componentes. Su función principal es asegurar una distribución uniforme de estos componentes, facilitando su absorción por el organismo de los mamíferos.

2.3.1.2 Componentes grasos. La materia grasa de la leche se compone de un 97 a 98% de triglicéridos, entre 0.8 y 1.0% de fosfolípidos, y alrededor de 1.0% de sustancias no saponificables, diglicéridos y ácidos grasos libres, entre otros. Estos porcentajes pueden variar en función de los cambios en la cantidad de otros componentes. La proporción de grasa en la leche fluctúa entre 3.2 y 6%, siendo este el componente con mayor variabilidad, la cual se debe principalmente al sistema de producción y a las diferentes razas de ganado (Quispe, 2014).

2.3.1.3 Proteína. Son macromoléculas esenciales para realizar todas las actividades celulares y actúan como herramientas moleculares que facilitan diversos procesos dentro del organismo de los mamíferos. Entre sus funciones, se destacan como anticuerpos y en el transporte de sustancias en el cuerpo (Jiménez, 2005). En la leche, el contenido proteico depende principalmente de la alimentación y la raza del ganado, oscilando entre un 3 y un 4%. Este

contenido se clasifica en tres grupos:

- Las caseínas, que constituyen el queso propiamente dicho, representan el 78%.
- Las proteínas séricas o del suero, que constituyen el 20%.
- La proteína del glóbulo graso, que representa el 2%.

La proteína más importante de la leche es la caseína, que es la más abundante y no se encuentra en otros alimentos, con tres tipos principales (α , β y κ -caseína). También están presentes la albúmina y la globulina, en un 5% y un 11% respectivamente (Jiménez, 2005).

2.3.1.4 Lactosa. Tal como describe Alfaro et al. (2014) el carbohidrato más representativo y predominante en la leche es la lactosa, un disacárido compuesto por galactosa y glucosa, sintetizado por los mamíferos en las glándulas mamarias; la lactosa constituye entre el 4.7% y el 5.2% de la leche, siendo el componente presente en mayor proporción y caracterizado por su menor variabilidad.

2.3.1.5 Minerales. Casi todos los minerales del suelo, de los cuales se alimenta la vaca, están presentes en la leche, encontrándose en un rango del 0.70 al 0.90 %. Estos niveles pueden variar debido a diversos factores endógenos o exógenos. Los minerales principales presentes en la leche incluyen calcio, sodio, cloro, potasio y fósforo, que se analizan en las fracciones de cenizas. En concentraciones más bajas se encuentran otros minerales como hierro, yodo, cobre, manganeso y zinc (Bonzano, 2012).

2.3.1.6 Vitaminas. Gonzales, (2013) relata que, las vitaminas presentes en la leche son compuestos orgánicos de naturaleza diversa. Además de las vitaminas liposolubles A, D, E y K, también se encuentran el complejo B y la vitamina C. La leche contiene todas las vitaminas conocidas necesarias para el crecimiento y desarrollo de los mamíferos en cantidades reducidas. Es especialmente rica en riboflavina y constituye una buena fuente de vitamina A y tiamina. Sin

embargo, su contenido de niacina y ácido ascórbico es limitado. Además, las vitaminas son susceptibles a la degradación debido a diversos factores, como la exposición a la luz y los procesos térmicos utilizados en la industria láctea.

2.3.2 Factores que influyen sobre la calidad de la leche

La calidad de la leche bovina está determinada por varios factores que impactan su composición. Smith et al, (2018) encontraron que las vacas alimentadas con dietas ricas en gramíneas y leguminosas producen leche con un mayor contenido de ácidos grasos saludables, como los omega-3. Además, se ha demostrado que una alimentación equilibrada con suplementos nutricionales puede mejorar la calidad de la leche (Wang et al., 2019). Otro factor importante es el manejo higiénico de la granja y del ordeño. Según la Organización Mundial de la Salud Animal (OMSA), (2020) la limpieza adecuada de los equipos de ordeño y las instalaciones, así como una buena higiene del operador, son fundamentales para prevenir la contaminación bacteriana y mantener una alta calidad de la leche. El bienestar animal también tiene un impacto directo en la calidad de la leche. Johnson & García, (2018) encontraron que las vacas que reciben un trato amable y están libres de estrés producen leche con un mayor contenido de proteínas y un menor CCS, lo cual son indicadores de buena calidad.

2.3.2.1 Alimentación. La alimentación de los bovinos tiene un impacto significativo en la calidad de la leche que producen. Tal y como menciona Torres et al, (2016) una alimentación equilibrada y adecuada puede aumentar la concentración de ácidos grasos insaturados de la leche, lo que mejora su perfil lipídico y beneficia la salud humana. Por otro lado, la inclusión de forrajes ricos en carotenoides, como el pasto fresco o el ensilado de maíz, puede incrementar los niveles de vitamina A en la leche (Vargas et al., 2018). La suplementación con aditivos nutricionales también puede tener un efecto positivo en la calidad de la leche, a decir de Duarte et al, (2015), la

adición de grasas protegidas en la dieta de las vacas puede mejorar la composición lipídica de la leche, aumentando la concentración de ácidos grasos beneficiosos, como el ácido linoleico conjugado (CLA). Además, la proporción y el equilibrio de los nutrientes presentes en la dieta también pueden influir en la producción de proteínas lácteas; una adecuada relación energía-proteína en la ración de las vacas puede favorecer una mayor síntesis de caseínas en la leche, mejorando su rendimiento quesero (Samková et al., 2017).

2.3.2.2 Prácticas de ordeño. Las prácticas de ordeño desempeñan un papel crucial en la calidad de la leche. Desde el punto de vista de Molina et al, (2019) la técnica de ordeño afecta directamente la calidad higiénica de la leche; un ordeño deficiente o inadecuado puede aumentar el riesgo de contaminación bacteriana, lo que a su vez puede comprometer la calidad y seguridad del producto final. Asimismo, la frecuencia y la duración de las sesiones de ordeño también pueden influir en la calidad de la leche. Según Britten et al, (2017) un ordeño demasiado frecuente o prolongado puede causar estrés en las glándulas mamarias, afectando negativamente la producción y composición de la leche. Por otro lado, un ordeño irregular o insuficiente puede ocasionar problemas de salud mamaria, dada la acumulación de leche residual, entre otros (Britten et al, 2017). El tratamiento y manejo post-ordeño también son factores clave para mantener la calidad de la leche. Entre ellos, se destaca el enfriamiento rápido del producto, el cual es esencial para prevenir el crecimiento bacteriano y preservar la calidad microbiológica; además, el almacenamiento adecuado y las buenas prácticas de manipulación-BPM contribuyen a evitar la contaminación y el deterioro de la leche (Munguti et al., 2020).

2.3.2.3 Enfermedades. Las enfermedades en las vacas lecheras pueden tener un impacto significativo en la calidad de la leche que producen. Levison & Miller, (2017) mencionan que las enfermedades como la mastitis pueden resultar en la disminución de la calidad de la leche, debido

a cambios en la composición y propiedades físicas del producto. La presencia de células somáticas, bacterias y subproductos de la infección en la leche de vaca afecta su sabor, olor y textura, así como su contenido nutricional. Hovinen et al, (2018) afirman que ciertas enfermedades como las metabólicas o respiratorias, pueden alterar la salud general de la vaca y, en consecuencia, su capacidad para producir leche de calidad. Estos trastornos pueden afectar la ingesta de alimento, el metabolismo y la eficiencia de conversión de nutrientes, impactando directamente la composición y calidad de la leche.

2.3.2.4 Genética. La calidad de la leche de vaca puede verse influenciada por la genética. Visscher et al, (2018) han demostrado que la genética tiene un impacto significativo en la calidad de la leche, encontrando una relación entre ciertos genes y la composición de la leche, incluyendo componentes como la grasa, la proteína y la lactosa. Además, Bovenhuis et al, (2017) también informan sobre la influencia de la genética en la calidad de la leche. En este estudio se identificaron polimorfismos en genes relacionados con las proteínas de la leche, como la beta-lactoglobulina y la lactoferrina, que muestran diferencias significativas en la composición y propiedades de coagulación de la leche.

2.3.2.5 Factores ambientales. Los factores ambientales desempeñan un papel crucial en la calidad de la leche producida por las vacas. En opinión de Pertíñez et al, (2016) el manejo adecuado de la temperatura y la humedad en las instalaciones ganaderas es fundamental para preservar la calidad de la leche, ya que las altas temperaturas y niveles elevados de humedad pueden favorecer el crecimiento de bacterias y hongos, que a su vez pueden contaminar la leche y afectar su calidad. Silva et al, (2018) exponen la importancia de una buena ventilación en los establos para mantener una calidad óptima de la leche; la acumulación de gases, vapores y partículas en el ambiente puede afectar negativamente tanto la composición de la leche como la

salud de las vacas. El acceso a pastizales frescos y limpios tiene un impacto positivo en la calidad de la leche, las vacas que tienen la oportunidad de alimentarse en pasturas de buena calidad presentan una mejor composición de ácidos grasos en la leche, lo cual es beneficioso para la salud humana (Britten et al., 2017).

2.3.3 Criterios de análisis de calidad de leche

La calidad de la leche bovina es una preocupación central para la industria láctea y los consumidores. Los criterios de evaluación comprenden tanto aspectos composicionales como físicos. En cuanto a la composición, se valoran parámetros como el contenido de grasa, proteína, lactosa y sólidos totales, siendo estos indicativos de su valor nutricional y aptitud para la elaboración de productos lácteos; por otro lado, los aspectos físicos incluyen la densidad, la viscosidad y la conductividad eléctrica, siendo esta última una medida de la presencia de impurezas como sangre o mastitis en la leche (Holt & De Kruif, 2003).

2.3.3.1 Análisis composicional. La leche bovina contiene varios componentes, como la grasa, proteína, lactosa y sólidos totales. Según Hansen & Ferrão, (2020) el contenido de grasa en la leche bovina es uno de los parámetros más importantes y varía dependiendo de factores como la raza, la alimentación y el estado de lactancia de la vaca. La proteína es otro componente esencial, y su concentración influye en la calidad y el valor nutricional de la leche; la lactosa, un azúcar presente en la leche, es fundamental para su sabor y textura, y su contenido puede variar según la especie animal y la etapa de lactancia (Holroyd, 2013). Además, los sólidos totales, que incluyen todos los componentes disueltos y suspendidos en la leche, son indicativos de su densidad y consistencia (Holroyd, 2013).

Sólidos totales. Los sólidos totales son una medida de todos los componentes de la leche que no son agua. Smithers, (2008) describe que los sólidos totales de la leche bovina varían

típicamente entre el 12% y el 15% en peso. Estos sólidos incluyen la grasa, los sólidos no grasos, la proteína, la lactosa y las sales minerales.

Grasa. Entre los componentes de la leche bovina se encuentra uno de los más variables y es la grasa, esencial para proporcionar energía y sabor. Tal como describe Fox et al., (1998) la grasa constituye aproximadamente el 3% - 5% de la leche bovina, pero este valor puede variar significativamente dependiendo de factores como la raza y la dieta del ganado.

Sólidos no grasos. Son una fracción importante de la leche bovina, que incluye proteínas, lactosa, sales minerales y agua (Smithers, 2008).

Proteína. Esencial para el crecimiento y reparación de tejidos, y representa aproximadamente el 3% - 4% de la leche (Fox et al., 1998).

Lactosa. Un carbohidrato presente en la leche; es una fuente importante de energía y representa aproximadamente el 4% - 5% del contenido de la leche bovina (Smithers, 2008).

Agua. Es el componente más abundante y constituye aproximadamente el 87% - 88% del total de la leche (Fox et al., 1998).

Sales minerales. Estas incluyen calcio, fósforo, potasio y magnesio, son esenciales para la salud ósea y la función metabólica (Smithers, 2008).

2.3.3.2 Análisis físico. Entre los principales parámetros evaluados se encuentran la densidad, la viscosidad, el punto de congelación y la conductividad eléctrica. La densidad, que generalmente varía entre 1.028 y 1.038 g/cm³ a 20 °C, ayuda a identificar la dilución con agua (Walstra et al., 2005). La viscosidad, influenciada por el contenido de grasa y proteínas, afecta el comportamiento de la leche durante procesos industriales como la pasteurización (Fox et al., 1998). El punto de congelación, aproximadamente -0.53 °C, se utiliza para detectar la adulteración con agua, ya que su alteración indica adiciones externas (Holt et al., 2013). Además, la

conductividad eléctrica, que aumenta con la presencia de iones como el sodio y el cloruro debido a infecciones como la mastitis, es un indicador útil de la salud de las vacas lecheras (Kitchen, 1981).

Densidad. Walstra et al, (2005) afirman que la densidad de la leche es una medida de su masa por unidad de volumen y se utiliza para detectar adulteraciones, como la adición de agua. La densidad típica de la leche bovina oscila entre 1.028 y 1.038 g/cm³ a 20 °C. Este parámetro es crucial porque la adición de agua disminuiría la densidad, mientras que la adición de sólidos la aumentaría. La densidad se mide comúnmente usando un lactodensímetro o un picnómetro.

Viscosidad. Definida como la resistencia de la leche a fluir y está influenciada por el contenido de grasa y proteínas. La viscosidad afecta la manipulación de la leche durante el procesamiento y su textura en productos finales como yogures y quesos; puede variar significativamente con la temperatura y la concentración de sólidos. Este parámetro se mide usando viscosímetros como el viscosímetro de Brookfield (Fox et al., 1998).

Punto de congelación. Este generalmente oscila alrededor de -0.53 °C, es una medida crítica para detectar adulteraciones con agua. La adición de agua eleva el punto de congelación, por lo que cualquier desviación significativa de este valor puede indicar adulteración. La medición se realiza mediante crioscopia, una técnica que determina el punto de congelación con alta precisión (Holt & De Kruif, 2003).

Conductividad eléctrica. Se interpreta de la concentración de iones en la leche, tales como sodio y cloruro, los cuales aumentan en casos de mastitis, una infección de la glándula mamaria. Este aumento en la conductividad permite la detección temprana de la enfermedad, lo que es vital para el manejo de la salud del ganado y la calidad de la leche (Kitchen, 1981).

pH. Catalogado como un indicador importante de frescura y calidad. El valor típico del pH

de la leche bovina fresca es aproximadamente 6.7, los cambios en el pH pueden señalar la presencia de contaminantes o el inicio de procesos de deterioro, como la fermentación láctica, que disminuyen el pH, o la presencia de bacterias coliformes que lo aumentan. El pH se mide utilizando pH-metros, dispositivos que determinan la acidez o alcalinidad de la leche con alta precisión (Varnam & Sutherland, 2001).

Índice de refracción. Este parámetro se utiliza para determinar la concentración de solutos en la leche. El índice de refracción se mide usando un refractómetro y puede proporcionar información sobre la pureza y la concentración de sólidos disueltos en la leche. Es una técnica rápida y no destructiva que complementa otras mediciones como la densidad y el contenido de sólido (Chigerwe & Hagey, 2014).

2.3.4 Métodos para el análisis de calidad de leche

La determinación de la calidad de la leche de vaca es crucial para garantizar que sea segura para el consumo humano y cumpla con los estándares de la industria láctea. De acuerdo con Balteanu et al., (2016) las pruebas fisicoquímicas son útiles para evaluar la calidad de la leche ya que permiten medir la concentración de ciertos componentes como: grasas, proteínas y lactosa entre otras; las pruebas microbiológicas se enfocan en la detección de patógenos y bacterias no deseables, como *E. coli* y *Staphylococcus aureus*, que pueden afectar la seguridad e higiene de la leche. Las pruebas sensoriales también son importantes para evaluar la calidad de la leche, ya que permiten detectar características organolépticas como sabor, aroma y textura. Según Álvarez et al, (2017) la evaluación sensorial puede ser una herramienta efectiva para detectar cambios en la calidad de la leche durante el almacenamiento y transporte.

2.3.4.1 Métodos de campo. La evaluación de la calidad de la leche bovina en campo es un aspecto crucial para garantizar la producción de lácteos seguros y de alta calidad. García et al,

(2020) mencionan que existen varios métodos para evaluar la calidad de la leche en el contexto de la producción primaria, estos métodos incluyen prueba California Mastitis Test-CMT, prueba de grados Brix o la prueba de alcohol. Por otro lado Pérez et al., (2019) señalan que la importancia de la precisión y fiabilidad de los métodos de evaluación dependen en gran medida de la formación adecuada del personal, así como de la implementación de protocolos estandarizados.

California Mastitis Test. El CMT es una herramienta ampliamente utilizada en la industria láctea para evaluar la calidad de la leche y detectar la presencia de mastitis en vacas lecheras. Borkowski et al, (2018) mencionan que el CMT es una prueba rápida y económica que se basa en la reacción de la leche con una solución ácida que permite identificar cambios en la composición celular asociados con la inflamación mamaria. El CMT ha demostrado ser eficaz para detectar mastitis subclínica, la cual es una forma temprana de la enfermedad que no presenta signos visibles en la leche ni en la ubre, sumado a esto Pyörälä, et al, (2018) hacen referencia que el CMT es sensible para identificar casos de mastitis subclínica y puede ayudar a los productores a tomar medidas preventivas para mejorar la calidad de la leche y la salud de las vacas; el CMT ha sido reconocido por su utilidad en la detección temprana de mastitis contagiosa, lo cual es importante para prevenir la transmisión de la enfermedad dentro del hato. Ruegg, (2018) señala la importancia del CMT como método para identificar rápidamente las vacas afectadas, facilitando la implementación de estrategias de control para reducir la propagación de la infección.

Prueba de grados Brix. La medición de los grados Brix es una técnica comúnmente utilizada en la industria láctea para evaluar la calidad de la leche de vaca. Rodríguez & Ramírez, (2017) dicen que los grados Brix son una medida de la concentración de sólidos solubles en una solución y se expresan en términos de porcentaje (%), en el caso de la leche, los grados Brix pueden proporcionar información valiosa sobre su contenido de sólidos totales y su calidad general

sirviendo como indicadores confiables de la calidad nutricional de la leche (Rodríguez & Ramírez, 2017). Adicionalmente, se han utilizado como base para identificar la adulteración de la leche de vaca con agua. Al evaluar muestras de leche con diferentes niveles de dilución, los investigadores encontraron que los grados Brix disminuían proporcionalmente con el incremento de agua añadida, esto puede ser una herramienta efectiva para detectar prácticas fraudulentas en la industria láctea (Zhu, 2018).

2.3.4.2 Métodos de laboratorio. La calidad de la leche bovina es un aspecto crucial tanto para los productores como para los consumidores y es fundamental contar con métodos de evaluación precisos que permitan determinar la calidad de este producto lácteo en el laboratorio. Según un estudio realizado por Johnson et al, (2018) uno de los métodos utilizados para evaluar la calidad de la leche bovina en el laboratorio es la prueba de acidez y la prueba de alcohol, las cuales pueden ser utilizadas como herramienta para determinar la sensibilidad de la leche a aumentar su acidez y la cual puede asociarse al desarrollo bacteriano o al desarrollo de mastitis subclínica, una enfermedad que afecta la producción y calidad de la leche.

Prueba de acidez. La prueba de acidez es una herramienta fundamental en la evaluación de la calidad de la leche de vaca, esta prueba se basa en medir el grado de acidez presente en la leche, lo cual puede ser afectado por diversos factores como: la alimentación, la salud de la vaca y las prácticas de manejo; de acuerdo con Sánchez et al, (2019) la prueba de acidez es una forma confiable y eficiente para determinar la calidad de la leche, ya que los cambios en la acidez pueden indicar deterioro en la composición y frescura del producto, además se encontró una correlación significativa entre la acidez y la presencia de bacterias patógenas, lo que resalta la importancia de realizar esta prueba regularmente. Asimismo, Jadhav et al, (2017) demostraron que la prueba de acidez también está relacionada con la capacidad de coagulación de la leche; niveles adecuados de

acidez son esenciales para obtener productos lácteos de alta calidad, como queso y yogur.

Prueba de tiempo de reducción de azul de metileno (TRAM). Este procedimiento se basa en la reducción del color azul del metileno cuando los microorganismos presentes en la leche consumen el oxígeno, lo cual decolora el tinte. La rapidez con que se decolora la solución indica la carga bacteriana de la leche: una decoloración rápida sugiere una alta presencia de bacterias, mientras que una decoloración más lenta indica una menor contaminación (Ibrahim et al., 2023).

2.3.4.3 Métodos automatizados. El uso de sistemas automatizados ha cobrado gran importancia en la industria lechera, brindando beneficios significativos en términos de eficiencia y precisión (Hernández et al, 2020) comparado con los métodos tradicionales (Martínez et al., 2018). Por ello, el uso de nuevos equipos para la determinación rápida de componentes como la grasa, proteína, lactosa y el CSC se ha convertido en una herramienta valiosa en la industria lechera moderna (González et al., 2021). Además Vargas et al, (2020) coinciden en que los sistemas automatizados permiten una evaluación más rápida y precisa de la calidad de la leche bovina, contribuyendo a la toma de decisiones en cuanto a la gestión de la producción lechera.

LactoScan. El análisis con LactoScan es una técnica avanzada utilizada para evaluar la calidad de la leche bovina mediante la medición de varios componentes clave. Este dispositivo analiza parámetros como el contenido de grasa, proteína, lactosa, sólidos no grasos y densidad, utilizando tecnología de espectroscopía infrarroja. La precisión y rapidez del LactoScan lo convierten en una herramienta esencial para los productores de leche, permitiendo obtener resultados detallados en cuestión de segundos y asegurando así el cumplimiento de los estándares de calidad y seguridad alimentaria (Arief et al., 2020).

Tabla 1.*Especificaciones técnicas del analizador LactoScan Combo.*

ESPECIFICACIONES		
Parámetros	Rango de medición	Precisión
Grasa	0.01% a 45%	± 0.06 %
Solidos no grasos	3% a 40%	± 0.15 %
Densidad	1015 a 1160 kg/m ³	± 0.3 kg/m ³
Proteína	2% a 15%	± 0.15%
Lactosa	0.01 % a 20 %	± 0.20 %
Agua	0% a 70%	± 3.0 %
Temperatura	1°C a 40°C	± 1°C
Punto de congelación	- 0,4 a- 0,7°C	± 0.001°C
Sales	0,4 a 4%	± 0.05 %
pH	0 a 14	± 0.05 %
Conductividad	2 a 14 [mS/cm]	± 0.05 [mS/cm]
Solidos totales	0 a 50%	± 0.17%

Nota. Especificaciones que ofrece LactoScan. Adaptado de: (Milkotronic, 2018)

Tabla 2.

Guía para la clasificación de leche según algunos parámetros de calidad fisicoquímica, composicional y microbiológica.

Variables	Unidad	Excelente	Buena	Regular	Mala
Densidad	g/ml	> 1029	>1029	1028 - 1029	< 1028
Crioscopia	°C	-0,545 ^a - 0,531	-0,530 ^a - 0,511	-0,520 ^a - 0,501	< -0,5
Solidos totales	%	> 12,2	11,8- 12	11,3 - 11 8	< 11,3
Grasa	%	> 3,5	3,5 - 3,3	3,3 - 3	< 3,0
Solidos no grasos	%	> 8,7	8,7 - 8,4	8,4 - 8	< 8
Proteína	%	> 3,2	3,2 - 2,8	2,8 - 2,6	< 2,6

Nota. Adaptado de: (Calderón et al., 2006)

2.4 Estrategias de aprendizaje para mejora en la calidad de la leche

La implementación de BPO y BPG es fundamental para garantizar la calidad y seguridad de la leche bovina, García et al, (2017) resaltan la importancia del entrenamiento continuo y la capacitación en BPO para mejorar la higiene y la calidad bacteriológica de la leche, esto sugiere que los productores deben recibir capacitación constante sobre técnicas adecuadas de ordeño, manejo sanitario, y control de la mastitis, entre otros aspectos relevantes; además Smith & Johnson, (2017) señalan que la implementación de programas de educación y extensión agrícola puede ser efectiva para promover la adopción de BPG, lo que puede tener un impacto positivo en la calidad de la leche producida.

2.4.1 Buenas prácticas de ordeño-BPO

La implementación de BPO es fundamental para asegurar la calidad y la inocuidad de la leche bovina, según García & Requelme, (2011) el correcto manejo de la limpieza y desinfección de los equipos de ordeño reduce significativamente la carga bacteriana en la leche, lo que contribuye a mejorar su calidad; así mismo, Rivera et al., (2018) destacan la importancia de la higiene personal y el buen trato a las vacas durante el ordeño, ya que el estrés y el maltrato pueden afectar la composición y la calidad de la leche. Por otra parte, Guayaquil & Gutiérrez, (2019) resaltan la relevancia de la capacitación continua de los operarios en las técnicas de ordeño, enfatizando la importancia del control de la mastitis, lo que incide directamente en la calidad y la cantidad de leche producida. Es crucial implementar programas de formación y actualización para los trabajadores, como lo sugiere Arteaga et al, (2021) con el fin de fomentar buenas prácticas y optimizar los procesos de ordeño.

2.4.2 Buenas prácticas ganaderas-BPG

Las BPG desempeñan un papel crucial en la producción de leche bovina de alta calidad (Smith et al., 2018) . La implementación de prácticas adecuadas en todas las etapas del proceso lechero, desde el ordeño hasta el almacenamiento, es fundamental para garantizar la calidad e inocuidad de la leche; así mismo Brown & Jones, (2016) sostienen que las técnicas de ordeño adecuadas contribuyen significativamente a la calidad de la leche, al reducir la contaminación bacteriana y preservar la integridad de los componentes lácteos. González et al, (2019) indican que el empleo de BPO, como la estimulación pre-ordeño, puede aumentar la producción de leche y mejorar su composición, esto no solo influye en la calidad del producto final, sino también en la eficiencia y rentabilidad del sistema productivo.

2.5 Marco legal

Decreto N.º 616 del 28 de febrero de 2016, por la cual se establecen los requisitos que la leche destinada al consumo humano debe cumplir en todas las etapas de su producción, procesamiento, empaque, transporte, comercialización, venta, importación o exportación en el territorio nacional (Ministerio de la Protección Social, 2006).

Resolución N.º 5109 de 2005, por el cual se establecen las Normas para envase y roturado de recipientes para almacenamiento de leche cruda.

Decreto N.º 3075 de 1997, por el cual se establece que los alimentos considerados de mayor riesgo en salud pública son la leche y sus derivados lácteos; por lo tanto éstos deben cumplir con los requisitos establecidos para garantizar la protección de la salud al consumidor.

Decreto N.º 1880 de 2011, por el cual se establecen los requisitos para la comercialización de leche cruda para consumo humano directo en el territorio nacional.

Decreto N.º 3466 de 1982, en el cual se establece que cada productor es responsable de

la calidad e idoneidad de los bienes y servicios que ofrezcan.

Decreto N.º 3075 de 1997, por el cual se dictan las normas sanitarias de alimentos en la cadena láctea colombiana.

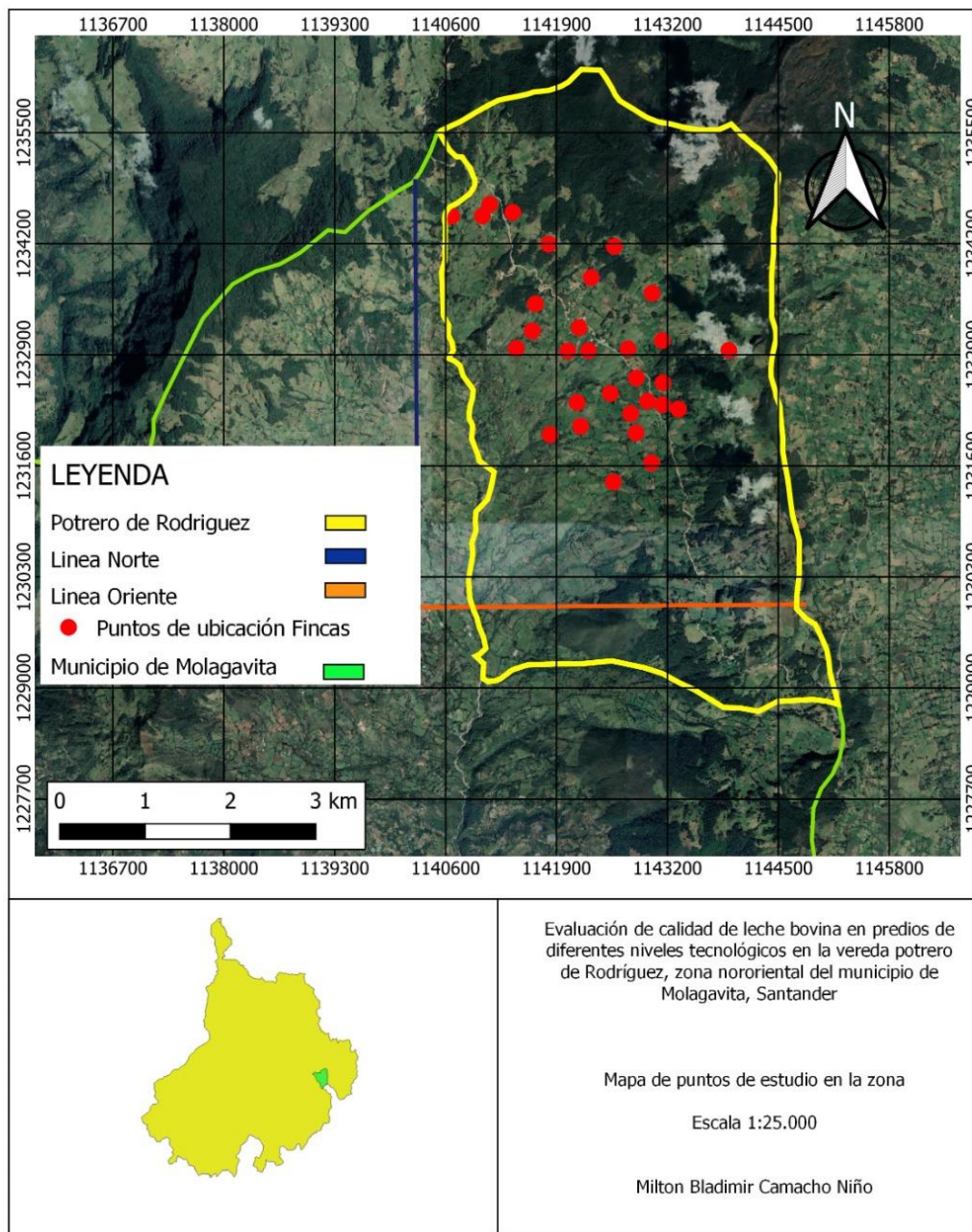
3. Metodología

3.1 Área de estudio

El trabajo de investigación se desarrolló en el municipio de Molagavita, Santander en la vereda potrero de Rodríguez, la cual está ubicada en el nororiente del municipio y en donde se presentan unas condiciones geográficas de terrenos montañosos y quebrados con topografías pendientes de 13% a 30%. La zona presenta condiciones ambientales donde la temperatura oscila entre 12°C y 20°C, la humedad relativa entre 50% y 75% La zona de influencia del trabajo presenta precipitaciones anuales de 1829 mm, una altura entre los 2030 y 3560 m.s.n.m., con una extensión aproximada de 2534 hectárea (Fajardo & Ochoa, 2009).

Figura 1.

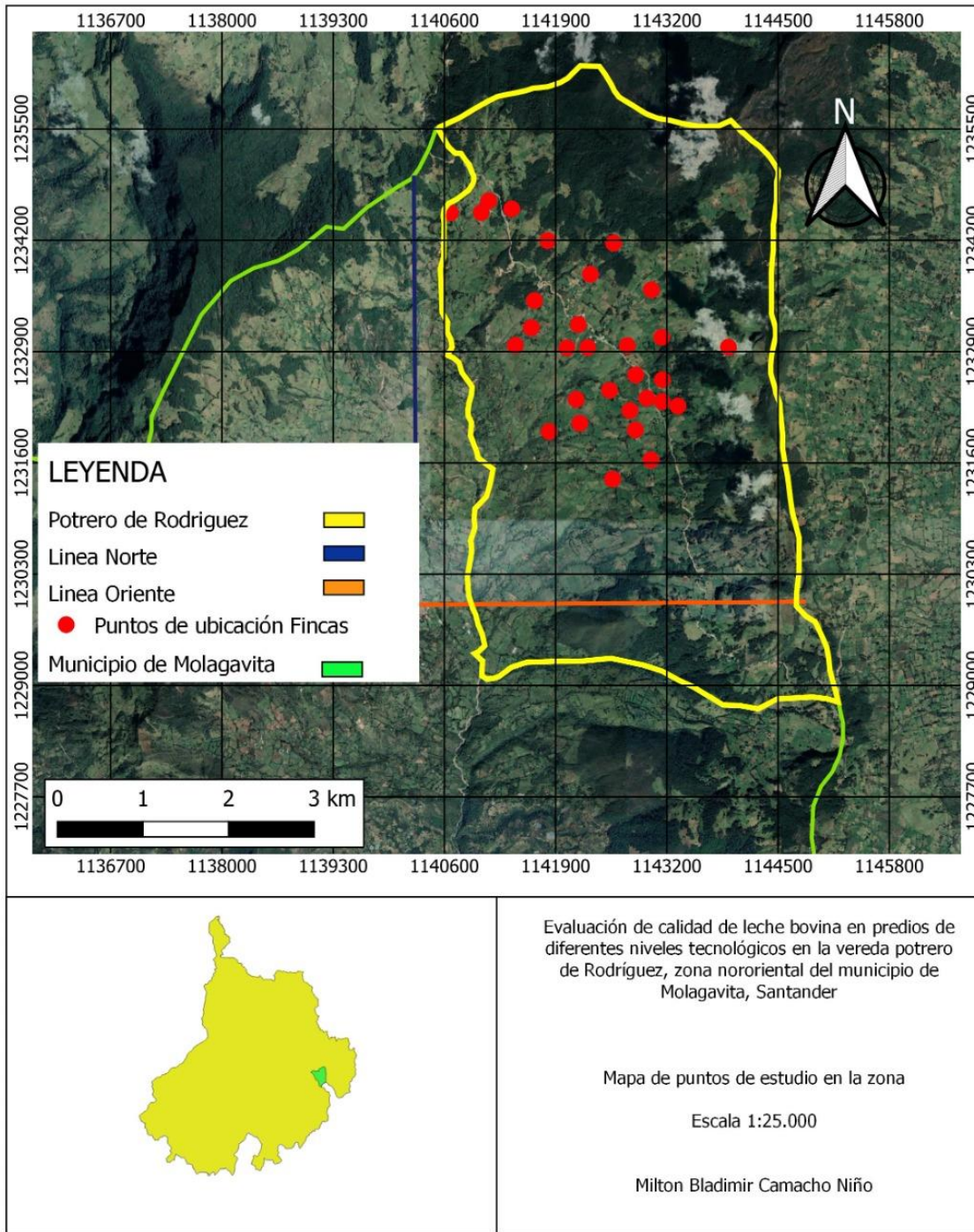
Área de estudio, Molagavita-Santander.



Nota. Municipio de Molagavita y Vereda Potrero de Rodríguez. QGIS Desktop

Figura 2.

Área de estudio, Vereda Potrero de Rodríguez.



Nota. Vereda Potrero de Rodríguez y predios de estudio. QGIS Desktop 3.22.10.

3.2 Selección de predios y toma de datos

Se seleccionaron 30 fincas dedicadas a la producción de leche; Para la selección, se utilizó un único criterio que requería que los productores tuvieran al menos tres animales en producción. Se integró una georreferenciación de cada uno de los predios, utilizando cartografía de puntos en la aplicación SW Maps para cada finca, con el propósito de recabar datos, como la altitud, para su posterior análisis estadístico. Este proceso permitió la creación de un mapa que identificó la zona con mayor potencial de producción láctea en la vereda. Para la caracterización técnica, se desarrolló una encuesta estructurada con el fin de recabar información sobre variables productivas, tales como las razas de ganado, la producción diaria de leche, los métodos de reproducción, el número de animales, la cantidad de leche recolectada mensualmente, la finalidad de la leche, entre otros aspectos relevantes. Además, se evaluaron variables técnicas, como la disponibilidad de maquinaria agrícola, la gestión de sistemas de riego, la subdivisión y fertilización de los potreros, el análisis del suelo y la delimitación de zonas para cada actividad dentro de la producción. Por último, se llevó a cabo un análisis económico que abarcó la recopilación de datos sobre los ingresos generados por las actividades productivas y la diversificación de su capacidad adquisitiva.

Ilustración 1.

Visita de predios y toma de datos.

**3.3 Recolección de muestras**

En cada una de las fincas se realizaron tres visitas. La primera visita tuvo como objetivo recolectar muestras de la leche producida en cada predio. Se tomaron tres muestras por predio: la primera, en un recipiente de 125 ml, fue enviada al laboratorio de biotecnología reproductiva y sanidad animal del servicio nacional de aprendizaje y su centro agroempresarial y turístico de los andes (SENA – CATA), ubicado en el municipio de Málaga, Santander, para análisis composicional; la segunda, de 15 ml, se destinó para realizar la prueba TRAM en el laboratorio de química de la Universidad Industrial de Santander, sede Málaga; y la tercera muestra, también de 15 ml, se reservó como muestra de respaldo en caso de que se presentaran errores en la prueba TRAM. Estas muestras, a medida que se recolectaban, se almacenaban en una cava hermética a 4 °C. Una vez recolectadas las 90 muestras, se conservaron en una nevera, también a 4 °C, hasta su traslado a los respectivos laboratorios. Es importante destacar que, para el transporte a cada

laboratorio, las muestras se volvieron a almacenar en la cava hermética.

Ilustración 2.

Recolección de muestras.

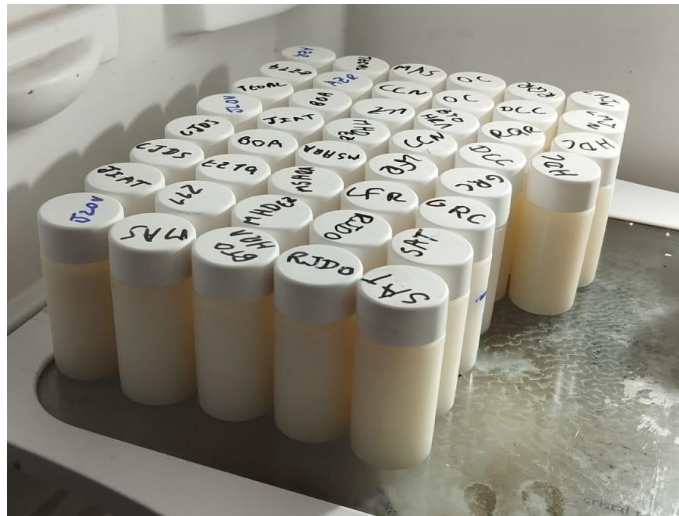


Ilustración 3.

Recolección de muestra en finca.



3.4 Análisis automatizado en laboratorio

Se recolectaron 30 muestras debidamente rotuladas, las cuales fueron enviadas al laboratorio de biotecnología reproductiva y sanidad animal del SENA – CATA, ubicado en el municipio de Málaga, Santander, para realizar un análisis de calidad de la leche mediante el equipo automatizado LactoScan®. Este análisis determinó el contenido de proteína (%), grasa (%), lactosa (%), sólidos totales (%), sólidos no grasos (%), densidad (g/ml), pH, punto crioscópico (°C), conductividad (mS/cm) y sales (%).

Ilustración 4.

Análisis automatizado en laboratorio.

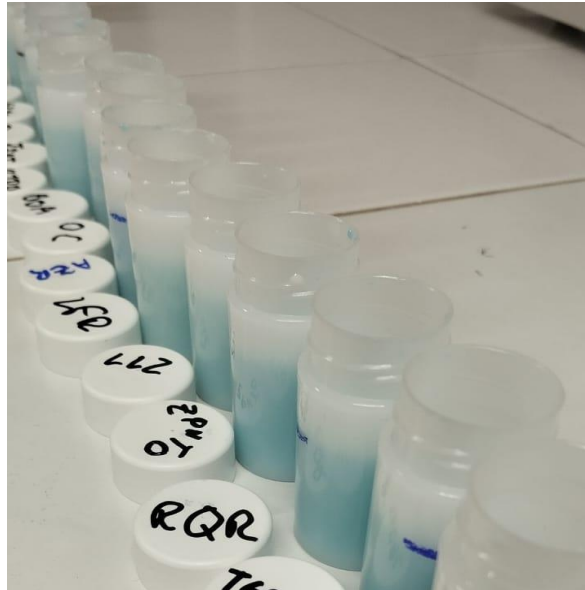


3.5 Prueba TRAM en laboratorio

Se realizó la prueba TRAM a 30 de las 60 muestras de 15 ml, correspondientes a los 30 predios seleccionados. Este procedimiento consistió en la preparación de una solución de azul de metileno al 0,1%, seguido por la adición de una cantidad específica de esta solución a cada muestra de leche. La mezcla resultante se incubó a 37 °C durante un periodo determinado, generalmente de 30 minutos a 6 horas. Durante este proceso, se observó el tiempo que la leche tardó en decolorarse, ya que el azul de metileno pierde su color debido a la actividad bacteriana. Es importante destacar que cuanto más rápida sea la decoloración, mayor será la carga bacteriana presente en la muestra.

Ilustración 5.

Prueba TRAM en laboratorio.

**3.6 California Mastitis Test**

En la segunda visita, se implementó el CMT en cada uno de los predios. De un total de 151 vacas en producción, se seleccionaron aleatoriamente 90 para realizar la prueba. Este procedimiento involucró el lavado y desinfección de la ubre, seguido por la extracción de aproximadamente 3-4 chorros de leche de cada cuarto de la ubre, los cuales se colocaron en los compartimentos de una raqueta de prueba CMT. Posteriormente, se añadió una cantidad igual de solución CMT California® (Lauril Éter Sulfato de Sodio al 5,4%) a cada compartimento y se mezcló suavemente. La reacción se evaluó visualmente después de 10 segundos: la presencia de una mezcla gelatinosa, un cambio de color o la formación de grumos indicarían la presencia de una infección mamaria.

3.7 Sensibilización BPG y BPO

En la tercera visita a cada uno de los productores de leche de la vereda Potrero de Rodríguez en Molagavita, Santander, quienes estuvieron involucrados en el trabajo de investigación, se les

proporcionó una capacitación completa en BPG y de ordeño. Previamente a la capacitación, se llevó a cabo una investigación preliminar para identificar las necesidades específicas de los productores y ajustar el contenido de la capacitación en consecuencia. Durante el evento, se promovió la participación de los productores mediante intercambios de conocimientos, lo que facilitó el intercambio de experiencias y fortaleció el proceso de aprendizaje. Además, se les entregó una cartilla que resume las BPO, así como un kit de limpieza y desinfección para el momento del ordeño. Este kit incluía solución yodada, toallas desechables y sellante de pezones; esto se realizó con el objetivo de que puedan continuar aplicando lo aprendido y mejorar la calidad de la leche y sus producciones.

Ilustración 6.

Capacitación de BPO a productores.



3.8 Análisis estadístico

Los datos recopilados en campo fueron tabulados utilizando el programa Microsoft Excel 2017®. Se llevó a cabo un análisis estadístico descriptivo para las variables cualitativas y cuantitativas que describían el comportamiento asociado a la capacidad técnica, económica y productiva. Respecto a las variables de calidad de la leche, se aplicó un modelo lineal para

determinar su comportamiento, categorizando los resultados según su nivel. Para la visualización de las distribuciones, se utilizaron gráficos generados con el programa SAS 9.0®.

4 Resultados y discusión

Objetivo 1: Caracterizar los predios de producción de leche en el municipio de Molagavita, Santander acorde su capacidad técnica, económica y productiva.

Se clasificaron las 30 fincas mediante una encuesta estructurada para recabar información sobre variables productivas. Esta incluía datos que permitían clasificar las fincas según su área, nivel tecnológico, características reproductivas, variables de producción y categorización geográfica y de recursos humanos.

Caracterización de predios acorde al área

El municipio de Molagavita abarca aproximadamente 2.534 hectáreas (Ha) (Fajardo & Ochoa, 2009) y alberga un promedio de 701 fincas dedicadas a la ganadería (Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), 2024), donde predominan las fincas pequeñas con áreas menores a 10 Ha. Entre estas, se destaca que las 30 predios incluidos en el estudio ocupan 191,8 Ha, lo que representa el 7,6% del área total del municipio y el 4,2% del total de predios ganaderos. De acuerdo con el tamaño del predio, las fincas se agruparon en categoría 1, 2 y 3, en la Tabla 3 se observa la proporción de predios para cada una de estas. El 66,7% de las fincas participantes en el estudio son predios entre 2 y 6 hectáreas. En contraste, las fincas de más de 6.1 y menos de 11 hectáreas representan solo el 16,7%, mientras que el 16,7% restante corresponde a predios con un área mayor a 11 hectáreas. Esta clasificación está basada en la relación tamaño-área, según lo categorizado por (Contreras & Rodríguez, 2016).

Tabla 3.

Distribución de las fincas por categoría según su tamaño en hectáreas y porcentaje correspondiente.

Categoría*	Tamaño de las fincas (Hectárea)	
	N.º Fincas	%
1	20	66,7
2	5	16,7
3	5	16,7
Total	30	100

Nota. Clasificación de fincas según su tamaño, siendo designadas como: 1: Pequeñas, 2: Medianas, 3: Grandes.

Caracterización técnica de predios

Una vez identificadas y caracterizadas las fincas objeto del estudio según su tamaño, resultó fundamental agruparlas en función de su infraestructura y manejo empleado encada una de ellas, esto incluyó la disposición del área de ordeño, los sistemas de pastoreo, el riego de potreros, los sistemas o recipientes utilizados en el proceso de ordeño, disponibilidad de maquinaria para actividades agropecuarias, suministro de sales y concentrados, suministro de vitaminas, desparasitación, implementación de BPO, prácticas de bienestar animal, número y horarios de ordeño así como intervalo de recolección de leche y hora.

Del total de productores a cargo de los predios se observó que el 53.3% son hombres, mientras que el 46.7% son mujeres. Esto indica una igualdad de género en el manejo de las producciones pecuarias.

Sin embargo, es importante destacar que a medida que aumenta el tamaño de las fincas, según su categoría, la proporción de hombres encargados de las producciones también aumenta. Esto se debe a que, cuanto más grande es una finca, mayores son las labores que deben realizarse.

Tabla 4.

Género del productor encargado en finca y porcentaje.

Categoría	N.º Fincas	Encargado de la producción (%)	
		Masculino	Femenino
1	20	40	60
2	5	60	40
3	5	100	0

En la tabla 5 se presenta la información correspondiente al análisis frente a los sistemas de manejo de las praderas.

Tabla 5.

Sistema de pastoreo.

Categoría	N.º Fincas	Sistema de pastoreo					
		Franjas*		Continuo		Rotacional	
			%		%		%
1	20	18	90	1	10	1	10
2	5	5	100	0	0	0	0
3	5	5	100	0	0	0	0

Nota. El predio no se encuentra dividido en franjas, los productores implementan cercas eléctricas para crearlas y rotar todos los días a los animales.

Se observó que, de las 30 fincas sujetas a encuesta, un 3,3% emplea pastoreo continuo, mientras que otro 3,3% correspondiente a una sola finca opta por el pastoreo rotacional; el

93,4% restante de las propiedades aplica el sistema de pastoreo por franjas, sin importar el tamaño del predio. Estas estrategias han sido reportadas como estrategia para maximizar la eficiencia en la utilización del pasto (Fynn et al., 2017).

La totalidad de los predios registra realizar el ordeño en el potrero, directamente donde se encuentran los animales. La ausencia de salas de ordeño puede estar relacionada con la baja capacidad económica de la zona. Esto ha sido reportado por quien estudio mostrando que las fincas con recursos financieros limitados tienden a emplear métodos tradicionales de ordeño al aire libre, ya que no han invertido en infraestructuras especializadas. Además, muchas de estas fincas carecen del espacio necesario para la construcción y mantenimiento de instalaciones como establos y salas de ordeño.

Así mismo, para temas de fertilización se encontró que del total predios un 83,33% maneja la bovinaza como método de orgánico, un 13,33% manejan gallinaza y el 3,33% restante prefiere el uso de pollinaza. Estudios realizados por Montenegro, (2008) han destacado la pollinaza como uno de los fertilizantes más eficaces, aunque el estiércol bovino destaca por su contenido elevado de nitrógeno y potasio; la gallinaza es reconocida por su riqueza en nitrógeno y fósforo.

En cuanto al riego de potreros, el 40% de las fincas, es decir, 12 de ellas, utilizan sistemas de riego con aspersores, mientras que el 60% restante no implementa ningún tipo de riego. Implementar sistemas de riego en pasturas puede mejorar la producción de forraje, sin embargo, la eficacia está asociada a la variabilidad climática y los costos de inversión, el riego inapropiado puede encarecer y reducir la producción, además de causar efectos negativos (Giorello et al., 2012).

Tabla 6.

Fertilización y riego de pasturas.

Categoría	N.º Fincas	Método de fertilización						Riego de potreros			
		Bovinaza	%	Gallinaza	%	Pollinaza	%	Si	%	No	%
1	20	17	85	3	15	0	0	7	35	13	65
2	5	5	100	0	0	0	0	1	20	4	80
2	5	3	60	1	20	1	20	4	80	1	20

En la gestión y operación de los predios, la disponibilidad de herramienta son factores cruciales para garantizar la productividad en las tareas diarias, la Tabla 7 presenta la disponibilidad de herramientas y maquinarias en diversos predios.

En cuanto a las herramientas agrícolas manuales, se incluyen el azadón, la pala, la pica, la paladraga, los martillos, la barra metálica, y postes metálicos o de madera y el 100% de los predios cuenta con estas. Las herramientas pecuarias, utilizadas para el manejo de bovinos, comprenden narigueras, manilas o sogas, termómetros, test de mastitis, mangas para palpar, jeringas, bombas de espalda; de los 30 predios un 60% cuenta con este tipo de herramientas. En lo relativo a la maquinaria agrícola eléctrica o mecánica, se listan tractores, guadañas, motosierras, aspersores, motocultores, ensiladoras, fumigadoras estacionarias y cercas eléctricas y solo 9 fincas correspondientes al 30% dispone de estas. Se observa que es fundamental contar con herramientas agrícolas manuales para las tareas básicas en todas las categorías. En lo que respecta a las herramientas pecuarias y la maquinaria agrícola, a medida que aumenta el área de las fincas, estas requieren la implementación de más elementos pecuarios y maquinaria avanzada. Singh & Ramachandran, (2020) destacan que las fincas o granjas tienden a adoptar más maquinaria y herramientas para mejorar significativamente la producción.

Tabla 7.*Disponibilidad de herramienta.*

Categoría	N.º Fincas	Disponibilidad de herramienta y maquinaria (%)		
		Agrícola manual	Uso pecuario	Maquinaria agrícola
1	20	100	62	30
2	5	100	67	33
3	5	100	69	45

Concerniente a tipo y número de ordeños, el 100% de los productores ordeñan manualmente, ya que no tienen muchos animales y son producciones familiares donde los habitantes de cada finca ayudan en el ordeño, en cuanto al ordeño con o sin ternero, un 63,3% opta por ordeñar con ternero. Además, del total de producciones un 70% realizan un solo ordeño, mientras que en el 30% restante realizan dos ordeños al día.

Los productores mencionaron que el ordeño con ternero ayuda a la bajada de la leche y a prevenir la mastitis; este es un método tradicional que se reporta desde hace más de medio siglo como lo menciona (Akbarian et al, 2020), el ternero estimula la bajada de leche al mamar unos segundos y luego se ordeña la vaca dejando una pequeña cantidad de leche para la cría. Por otro lado, el número de ordeños está relacionado con la producción de leche, según Fernández et al, (2004) el número de ordeños depende de la leche producida por cada vaca, una frecuencia irregular de ordeño reduce la secreción de leche, disminuye la calidad de esta y puede causar enfermedades tales como la mastitis.

Tabla 8.*Modalidad, número y hora de ordeño.*

Categoría	N.º Fincas	Modalidad de ordeño (%)			N.º de ordeños (%)		Hora promedio	
		Manual	Con ternero	Sin ternero	1	2	a.m.	p.m.
1	20	100	55	45	60	40	6:10	3:30
2	5	100	80	20	80	20	6:50	4:00
3	5	100	80	20	100	0	5:50	--

Referente al recipiente de recolección de la leche, se observó que las cantinas plásticas son el medio de almacenamiento más popular; de las 30 fincas encuestadas, un 83,3% las utilizan, probablemente debido a su menor costo, facilidad de uso y manejo. El 16,7% restante emplea recipientes metálicos.

Las cantinas plásticas suelen ser menos costosas de fabricar en comparación con las metálicas, aunque el precio del plástico puede variar según el tipo y los aditivos utilizados para fortalecerlo o hacer que sea resistente. En contraste, las cantinas metálicas, especialmente las de acero inoxidable de alta calidad u otras aleaciones, pueden ser más costosas debido al precio de la materia prima y los procesos de fabricación adicionales requeridos, como la fundición y el acabado (Peralta., 2005).

Tabla 9.*Recipientes de almacenamiento.*

Categoría	N.º Fincas	Recipiente de almacenamiento			
		Cantina plástica	%	Cantina metálica	%
1	20	15	75	5	25
2	5	5	100	0	0
2	5	5	100	0	0

Del total de predios, como se observa en la tabla 10, las fincas pequeñas tienden a utilizar concentrado, mientras que las fincas grandes prefieren la sal mineralizada. En total, el 63,3% de las fincas suministra concentrado, el 90% proporciona sal mineralizada, el 80% utiliza sal común y el 50% brinda otros suplementos a sus animales. En cuanto a la suplementación a los animales, se observó que el 53,3% lo hace durante el ordeño y el 46,7% restante en cualquier otra hora del día.

Algunos productores mencionaron el uso de concentrados altos en proteína, especialmente aquellos que destinan la leche a la producción de cuajada, lo cual es incorrecto. Según Naranjo (2009), las dietas con un alto suministro de concentrado que no estimulan la rumia en la vaca pueden resultar en una disminución del porcentaje de grasa (2,0 a 2,5%). Por otro lado, los productores que suministran sal mineralizada indicaron que esto ayudaba a reducir los días abiertos, en un estudio realizado por Sterling, (2019), se determinó que un lote de vacas suplementado con sal mineralizada mostró un rendimiento un 40% superior al de un lote al cual se le suministró sal marina, lo que representa mayores ingresos y una mejora en los índices productivos, como el intervalo entre partos, el porcentaje de nacimientos y la reducción de días abiertos.

Tabla 10.

Tipo de suplemento, alimento durante el ordeño y porcentaje de fincas que lo implementan.

Categoría	N.º Fincas	Tipo de suplementación (%)				Alimento durante el ordeño	
		Concentrado	Sal mineralizada	Sal común	Otros*	si	No
1	20	70	90	90	10	55	45
2	5	60	80	10	60	40	60
3	5	40	100	40	40	40	60

Nota. Incluye panela, residuos de alimentos o cosechas y melaza de caña.

La tabla 11 muestra que de un total de 30 producciones, un 75,7% implementan algunas de las BPO. Respecto al sitio de ordeño, dado que el 100% de los productores ordeñan en el campo, se debe buscar el lugar más limpio dentro del potrero para realizar el ordeño. De todos los productores, un 90% cumple con este requisito. En cuanto a la limpieza de utensilios, estos deben ser lavados con agua y jabón antes del ordeño. Aunque se sabe que los utensilios se lavan correctamente después del ordeño, lo mejor es revisarlos antes de usarlos para eliminar residuos, suciedad acumulada o malos olores que puedan contaminar la leche. El 100% de los productores tienen en cuenta este factor. En relación con la higiene personal, muchos productores están fallando, ya que solo un productor (3,3%) realiza el protocolo de lavado de manos antes, durante y después del ordeño. Es importante ser conscientes de que los animales deben ser tratados de buena manera para evitar el estrés y la disminución de la producción, por ello, el 90% de los ganaderos consideran este factor. Asimismo, el horario de ordeño es crucial, ya que los animales se adaptan a él, por esta razón, el 86,6% de los productores tienen una hora fija para ordeñar. Cabe destacar que una buena producción de leche depende de la salud de la ubre, un 60% de las

producciones realiza el protocolo de limpieza de pezones antes del ordeño y el sellado de estos después de ordeñar. Finalmente, en todas las fincas se filtra la leche después del ordeño y se lleva un registro de lo producido en el día, con el fin de mantener la rentabilidad en las producciones.

Tabla 11.

BPO y porcentaje de implementación.

Categoría	N.º Fincas	BPO (%)						
		Sitio de ordeño	Limpieza de utensilios	Higiene personal	Manejo	Horario fijo	Limpieza de pezones	Filtrado de la leche y registros
1	20	85	100	0	90	90	65	100
2	5	100	100	0	80	80	20	100
3	5	100	100	20	100	80	80	100

El peróxido de hidrógeno se emplea como agente antibacteriano en un método llamado “pasteurización en frío” para la conservación de la leche cruda. De las 30 fincas, el 80% utiliza peróxido para la conservación de la leche.

Se observó que las fincas que emplean este método lo hacen debido a que la empresa acopiadora de leche no realiza la recolección diariamente, o bien, porque realizan el ordeño en horas de la tarde y de esta manera logran conservar la leche para el día siguiente. Es importante destacar que en algunos predios donde se efectúan dos ordeños diarios, el método de conservación consiste en almacenar la leche en una cantina y sumergirla en un tanque de agua fría. La implementación del agua fría permite conservar la leche en buenas condiciones cuando la recolección del producto se realiza una vez al día (Hernández, 1974).

Tabla 12.

Uso de peróxido y porcentaje de fincas que lo implementan.

Categoría	N.º Fincas	Uso de peróxido (%)	
		Si	No
1	20	20	80
2	5	20	80
3	5	20	80

El bienestar animal abarca varios aspectos importantes. En cuanto a las instalaciones, es fundamental contar con recintos limpios, seguros y cómodos que incluyan áreas de descanso y acceso a agua limpia y fresca. Respecto a la nutrición, es esencial proporcionar una dieta equilibrada y adecuada a las necesidades de los bovinos, considerando la disponibilidad diaria de pasto. En términos de manejo, se deben emplear prácticas que minimicen el estrés y el sufrimiento de los animales. Para las enfermedades, es crucial implementar medidas de bioseguridad para prevenirlas, así como tratamientos y medicamentos en caso de síntomas. En relación con el ambiente, es importante proteger a las crías de condiciones climáticas extremas, como el calor excesivo, el frío y la lluvia. En la tabla 13 se refleja que el 93.3% de los productores se preocupan por mantener a sus animales en un entorno confortable, el 73.3% considera las necesidades nutricionales de sus animales, el 90% maneja a los animales de manera que aseguren su comodidad y buena producción, el 100% está atento a la salud de sus animales, reconociendo que un animal sano produce mejor, y el 50% se preocupa por mantener a los becerros en un ambiente protegido.

Algunos productores mencionan la importancia del manejo de las crías, ya que serán futuras productoras. Existen distintos métodos para medir el bienestar animal, entre los cuales se encuentran: el desempeño biológico, los comportamientos típicos y ambiente natural y sus estados emocionales. Así, a medida que se cubren más de sus necesidades, se incrementan tanto su

bienestar como su nivel de producción (Tadich, 2011).

Tabla 13.

Prácticas de bienestar animal y porcentaje de implementación.

Categoría	N.º Fincas	Prácticas de bienestar animal (%)									
		Instalaciones		Nutrición		Manejo		Enfermedades		Ambiente*	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
1	20	95	5	85	15	90	10	100	0	40	60
2	5	80	20	60	40	80	20	100	0	0	100
3	5	100	0	40	60	100	0	100	0	40	60

Nota. Ambiente confortable para becerros.

En la tabla 14 se evidencian planes de desparasitación y vitaminización simultáneos donde los productores optan por realizar estas prácticas cada 2 a 6 meses para la vitaminización y entre 6 y 12 meses para desparasitar, un 46% del total de fincas proporciona vitaminas a sus animales entre los 4 y 6 meses y un 63,3% de productores desparasitan sus animales cada 6 meses. Hernández, (2009) visualizo que las vitaminas más implementadas son Catosal, Belamyl-R, Impulsor F.E, Vigantol, Compleland, Adefortex, Trivec y Fortemil. Respecto al tema de desparasitantes los más utilizados son Fenbendazol, Ganador, Ivomec y en los últimos meses se ha venido utilizando el CLOZAVAL para combatir el *Paramphistomum*, un trematodo que está afectando las producciones bovinas de carne y leche de clima frio y templado de la provincia.

Tabla 14.

Frecuencia de desparasitación y vitaminización.

Categoría	N.º Fincas	Vitaminización (%)			Desparasitación (%)	
		2*	4*	6*	6*	12*
1	20	55	15	5	55	45
2	5	0	60	40	100	0
3	5	0	40	60	60	40

Nota. Intervalo en meses en el cual se realiza esta práctica.

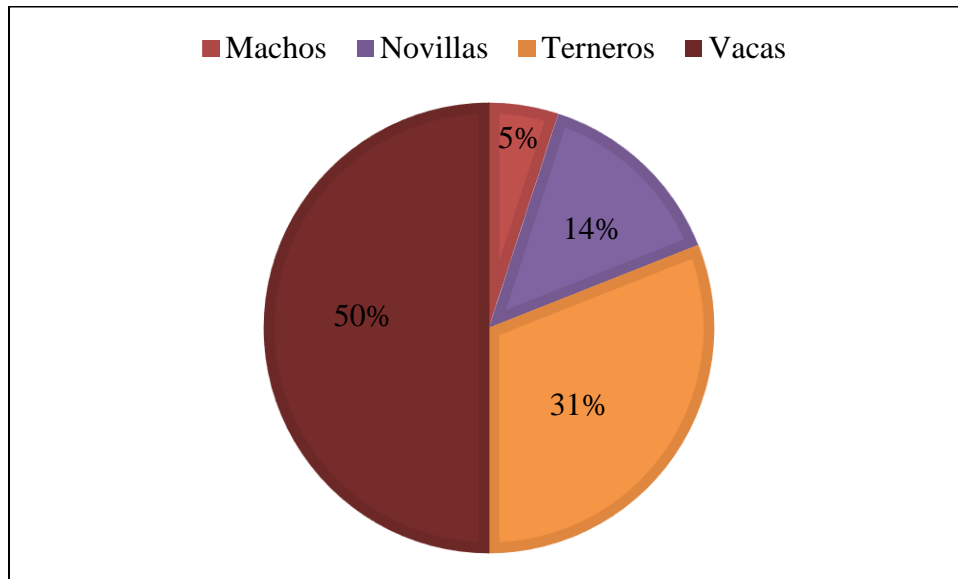
Caracterización productiva de predios

Los parámetros incluidos en este ítem son esenciales para evaluar la eficiencia productiva de cada finca. Esta clasificación abarca el número de animales y sus razas, así como el manejo reproductivo. También, se considera la cantidad de leche producida y su destino, la duración del ordeño y el manejo de registros en las distintas etapas del proceso.

El 100% de los predios encuestados tiene la ganadería de leche como actividad principal. Se encontraron 409 animales en 192 hectáreas, con una capacidad de carga promedio de 1,8 por hectárea. El 79,5% de los animales de las fincas son hembras, incluyendo vacas en producción, hembras vacías, novillas y becerros. El 20,5% restante corresponde a machos, de los cuales el 31% son crías y el 5% son 20 reproductores.

Figura 3.

Distribución de la cantidad de bovinos.

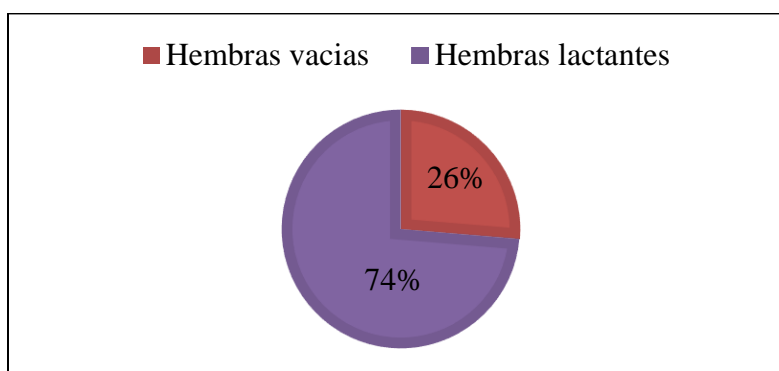


Del total de hembras de los 30 predios, el 50% de las hembras está destinado a la producción, de las cuales el 74% son lactantes y el 26% están vacías. Estos valores se aproximan a los mencionados por González, (2005), quien señala que en toda producción ganadera es deseable

mantener más del 80% de los vientres en producción y una baja tasa de vientres secos. Una meta ideal de rendimiento es lograr que solo el 16% de las vacas en producción estén secas.

Figura 4.

Relaciones vacas en producción: Hembras vacías.



La tabla 15 muestra la distribución de animales en las diversas categorías. En la primera categoría predominan las vacas lactantes con un 44.1% y un 31.4% de terneros, con una menor proporción de vacas 16.5%. En la segunda categoría los terneros con un 36.1% y un 34.9% de vacas lactantes son los más numerosos, seguidos de novillas 13.3% y un 9.6% de vacas. En la última categoría hay un equilibrio entre novillas con un 29.7%, un 28.3% de terneros y vacas lactantes con un 28.3%, finalmente un 9.4% de vacas y un 4,3% de reproductores.

Tabla 15.

Distribución de animales por etapa productiva y tipo de finca.

Categoría	N.º Fincas	Número de animales y proporción(%)											
		Total		Vacas		Novillas		Terneros		Vacas lactantes		Reproductores	
		N.º	%	N.º	%	N.º	%	N.º	%	N.º	%	N.º	%
1	20	188	100	31	16,5	5	2,7	59	31,4	83	44,1	9	4,8
2	5	83	100	8	9,6	11	13,3	30	36,1	29	34,9	5	6,0
3	5	138	100	13	9,4	41	29,7	39	28,3	39	28,3	6	4,3

De la tabla 16 y la figura 5 se puede concluir que, aunque la categoría 1 es la que cuenta con mayor número de fincas, la raza Normando tiene un alto porcentaje de implementación en tan solo 10 fincas (42.9%). Asimismo, las razas Pardo Suizo y Simmental tienen un alto grado de implementación, ya que, mientras en la categoría 1 solo hay 5 fincas, en las categorías 2 y 3 estas razas tienen un 50% de implementación. En conclusión, se puede afirmar que las razas más implementadas son Normando, Holstein y Gyr. Se observa una variedad de razas debido a que el estudio se llevó a cabo en fincas ubicadas entre los 2398 y los 3198 m.s.n.m.

Tabla 16.

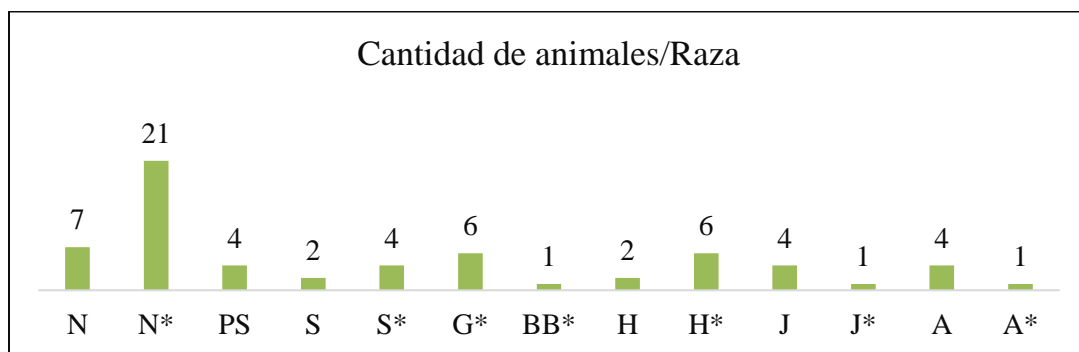
Razas implementadas y porcentaje según la categoría de finca.

Categoría	N.º Fincas	Razas implementadas (%)													
		N	N*	PS	S	S*	G*	BB*	H	H*	J	J*	A	A*	
1	20	57,1	66,7	50	50	50	66,7	100	0	66,7	50	0	75	100	
2	5	14,3	19	0	0	25	16,7	0	0	16,7	0	0	0	0	
3	5	28,6	14,3	50	50	25	16,7	0	100	16,7	50	100	25	0	

Nota. Las siglas mencionadas a continuación corresponden a N (Normando), PS (Pardo Suizo), S (Simmental), G (Gyr), BB (Brahman Blanco), H (Holstein), J (Jersey) y A (Ayrshire). * Cruce con otra raza, predomina la raza de la sigla mencionada.

Figura 5.

Cantidad de fincas que implementan las distintas razas.

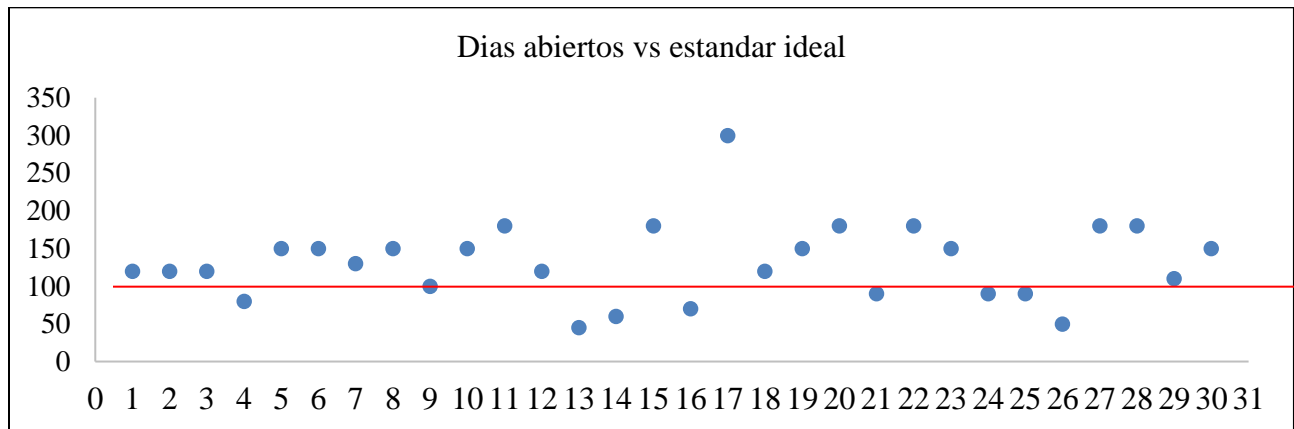


Nota. Las siglas mencionadas son las mismas utilizadas en la tabla 16.

En la figura 6 se observa que, del total de las fincas, un 30% tiene un indicador de días abiertos adecuado, ya que es menor o igual a 100 días. Según Hernández & Ortega, (2009) este indicador debe situarse alrededor de los 100 días, y su prolongación genera pérdidas económicas que afectan la productividad. Un 20% de las fincas tiene un indicador de días abiertos mayor a 100 y menor o igual a 120, lo cual aún puede considerarse aceptable. Del 50% restante, un 46,6% se encuentra en una situación compleja al superar los 120 días, y finalmente, un 3,3% se encuentra en un punto crítico, ya que los días abiertos se acercan a 365 días o un año.

Figura 6.

Comparación de días abiertos de cada finca con el estándar ideal (100 días).



Nota. La línea roja corresponde a la guía de 100 días.

Referente a este indicador, debe situarse alrededor de los 100 días, y su prolongación genera pérdidas económicas que afectan la productividad. Un 20% de las fincas tiene un indicador de días abiertos mayor a 100 y menor o igual a 120, lo cual aún puede considerarse aceptable. Del 50% restante, un 46,6% se encuentra en una situación compleja al superar los 120 días, y finalmente, un 3,3% se encuentra en un punto crítico, ya que los días abiertos se acercan a 365 días o un año. Los datos obtenidos indican que, de los 30 predios evaluados, solo 10 utilizan la Inseminación

artificial, mientras que un alto porcentaje de ganaderos (90%) opta por la monta natural como método de reproducción.

Algunos productores señalaron que recurren a la inseminación artificial (I.A) con la esperanza de obtener crías hembras y así mejorar su genética. Cabe resaltar que, debido al tamaño de los predios, a los productores les parece costoso el procedimiento de I.A. Hernández & Ortega, (2009) mencionan que la IA es sin duda la mejor técnica para el mejoramiento genético en las producciones bovinas, aunque se utiliza poco en pequeñas explotaciones.

Tabla 17.

Uso de I.A y monta natural en las fincas de estudio.

Categoría	N.º Fincas	Método de reproducción			
		Monta natural	%	Inseminación artificial	%
1	20	18	90	2	10
2	5	5	100	0	0
3	5	4	80	1	20

En la tabla 18 se evidencian bajos porcentajes de producción de leche, con un promedio de 4,3 litros por vaca al día. En los datos recolectados se observaron 151 vacas en lactancia y una producción total de 672 litros diarios. Del 100% de los productores, un 73,3% destina la leche a la venta a empresas acopiadoras, mientras que el 26,6% restante la utiliza para elaborar cuajada. En cuanto a manejo de registros el 100% de los productores registran diversas actividades de su finca, como la producción de leche, la fecha de monta o I.A, y la fecha de partos. Estos registros son mantenidos en libretas, hojas sueltas o en el mismo "Almanaque de la cabaña". En cuanto a la duración del ordeño, se observa un promedio de 6,8 minutos por vaca.

Algunos productores que elaboran cuajada mencionaron que es más rentable; otros la

transforman posteriormente en queso de hoja, y algunos prefieren esta opción por facilidad, dado que la recolección de leche no se realiza diariamente, por lo que optan por convertirla en cuajada. Asimismo, se observó que destinan entre 2 a 3 litros diarios para autoconsumo. Por otro lado, el tiempo promedio de ordeño es de 6,8 min/vaca, este se encuentra dentro del rango estipulado, Alais, (1985) menciona que el tiempo recomendado para el ordeño de una vaca es de 5 a 7 minutos. Si se excede este tiempo, se puede producir una retención natural de la leche y aumenta el riesgo de mastitis, lo cual resultaría en una notable reducción de los ingresos y ganancias.

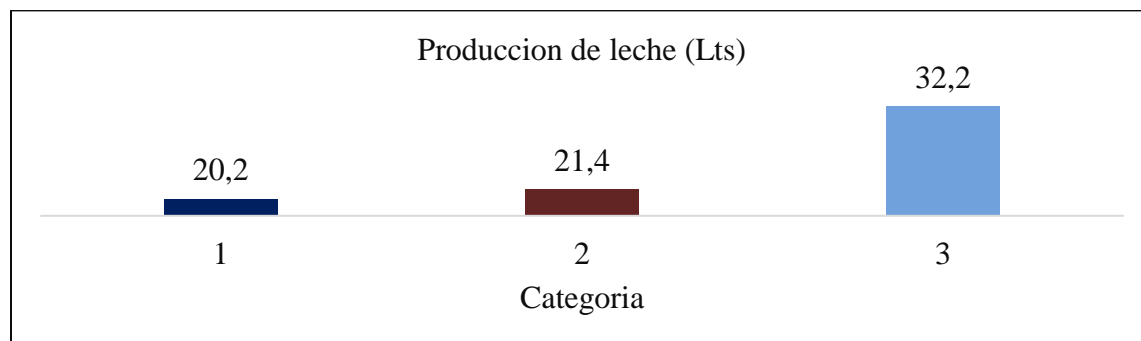
Tabla 18.

Análisis de la producción de leche, finalidad, manejo de registros y duración del ordeño.

Categoría	N.º Fincas	Producción láctea		Finalidad de la producción				Tiempo de ordeño
		\bar{X} animales en producción	\bar{X} producción por día	Venta	%	Transformación (cuajada)	%	Duración del ordeño (min)
1	20	4	20	13	65	7	35	7,3
2	5	6	22	4	80	1	20	6,6
3	5	8	32	5	100	0	0	6,6

Figura 7.

Nivel de producción en las distintas fincas.



La Figura 7 revela que del total de predios las fincas de categoría 1 y 2 tienen una producción de leche equilibrada, mientras que la categoría 3 presenta un nivel de producción más

alto debido a que son fincas más grandes.

Caracterización económica de predios

La rentabilidad de los sistemas de producción se fundamenta en el registro preciso de los ingresos generados por la finca, junto con los costos asociados a la producción y el mantenimiento. En el ámbito de las producciones agropecuarias, el análisis de la eficiencia económica se ve dificultado por la escasez de información técnica y económica específica de cada predio (Zambrano & Albornoz, 2014). Los ítems considerados para determinar los ingresos totales de las producciones por fincas en cada categoría se detallan en la tabla 19.

Se observa que el mayor ingreso proviene de la venta de leche y/o cuajada, en caso de transformación. Los ingresos por venta de lácteos representan el 86,3% del total de los ingresos, mientras que el 13,7% restante corresponde a la venta de terneros destetados.

Tabla 19.

Ingresos generados en las distintas producciones.

Categoría	N.º Fincas	Promedio de ingresos anuales		
		Venta de leche	Venta de crías	Total
1	20	\$ 13.089.600	\$ 1.843.105	\$ 14.932.705
2	5	\$ 13.867.200	\$ 2.464.057	\$ 16.331.257
3	5	\$ 20.865.600	\$ 3.278.797	\$ 24.144.397

De la tabla 20 se puede concluir que, del 100% de los gastos en las fincas, un 41,3% corresponde a la compra de alimentos como concentrados y sales. Otro 53,7% se destina a los gastos en operarios para labores de producción, y el 5% restante corresponde a la compra de medicamentos. Asimismo, la categoría dos es la que más gasta en medicamentos, destinando un 6,9% del total de sus gastos a la compra de calcio, vitaminas y antiparasitarios. Por otro lado, la categoría tres es la que más capital invierte en la compra de alimentos, con un 51,4% del total

de sus gastos. Finalmente, la categoría que más contrata operarios es la categoría uno, con un 58% del total de sus gastos.

Tabla 20.

Costos generados en las distintas producciones.

Categoría	N.º Fincas	Promedio de costos anuales			
		Medicamentos	Alimentación	Operarios	Total
1	20	\$ 167.280	\$ 1.680.750	\$ 2.550.000	\$ 4.398.030
2	5	\$ 408.000	\$ 2.349.000	\$ 3.120.000	\$ 5.877.000
3	5	\$ 416.000	\$ 3.159.000	\$ 2.568.000	\$ 6.143.000

De la tabla 21 se puede concluir que, del 100% de las ganancias, la categoría que más obtiene es la 3, con el 46,16% del total, seguida de las categorías 1 y 2, que obtienen entre el 26% y el 28% de las ganancias. En cuanto a la rentabilidad, se tomó como referencia una ganancia de \$15.600.000, equivalente a 12 salarios mínimos mensuales legales vigentes (SMMLV). Los predios de las categorías 1 y 2 están obteniendo ganancias por debajo de este valor base, representando solo el 67% de las ganancias esperadas. En contraste, los predios de la categoría 3 están ganando un 15% más de lo esperado.

Tabla 21.

Ganancias y rentabilidad de la producción.

Categoría	N.º Fincas	Promedio de ganancias	Rentabilidad(%)
1	20	\$ 10.534.675	67,5
2	5	\$ 10.454.257	67,0
3	5	\$ 18.001.397	115,4

Objetivo 2: Determinar la calidad composicional, fisicoquímica y microbiológica de la leche producida en predios de la vereda potrero de Rodríguez, zona nororiental de Molagavita, Santander.

Los valores de la calidad de la leche bovina en los predios lecheros de la vereda Potrero de Rodríguez, Molagavita, Santander se agruparon según variables composicionales como sólidos totales, grasa, sólidos no grasos, proteína, lactosa, agua y sales. La calidad fisicoquímica se evaluó con conductividad, pH, punto criogénico y densidad, mientras que la calidad microbiológica se determinó a través del TRAM, el CMT y el CCS.

Calidad composicional

Los contenidos de grasa y sólidos totales muestran variación, mientras que otros componentes como proteína, lactosa y sales son más consistentes. Los sólidos totales tienen una variación moderada del 8.6%, indicando cierta consistencia en su contenido. El contenido de grasa muestra baja variación (2.5%), reflejando una relativa consistencia en las diferentes muestras. En contraste, el coeficiente de variación para los sólidos no grasos es alto (15.7%), lo que indica una notable variación entre muestras, similar a la proteína (15.6%) y la lactosa (15.9%). Finalmente, el agua tiene una variabilidad baja (0.3%), mientras que las sales presentan una variabilidad del 15.5%, evidenciando diferencias en su contenido entre las muestras de leche. Según la composición de la leche depende de diversos factores, como la raza de las vacas, el estado de lactancia, la alimentación (energía-proteína), el intervalo entre ordeños y las condiciones ambientales, entre otros.

En general, la calidad composicional de los predios es aceptable en lo que respecta a los sólidos totales (ST), como se observa en la Figura 8.

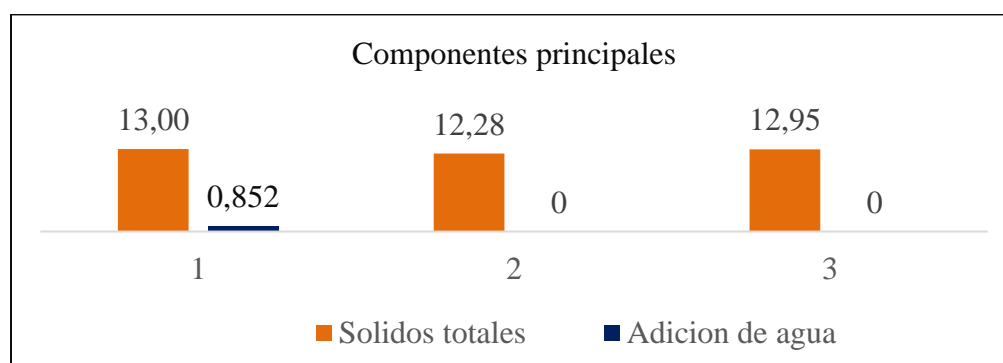
Tabla 22.*Variables composicionales de la leche bovina.*

Variable	Unidad	Mínimo	Máximo	Promedio	Error estándar	Coefficiente de variación
Sólidos totales	%	10,97	18,54	13	0,28	8,6
Grasa	%	2,17	11,75	4,52	0,33	2,5
Sólidos no grasos	%	6,79	9,41	8,35	0,10	15,7
Proteína	%	2,58	3,59	3,21	0,04	15,6
Lactosa	%	3,81	5,23	4,68	0,05	15,9
Agua	%	0	6,86	0,57	0,33	0,3
Sales	%	0,56	0,78	0,69	0,01	15,5

Nota. Resultados de las variables analizadas en el estudio.

Figura 8.

Promedio de componentes principales de la leche, sólidos totales y adición de agua.



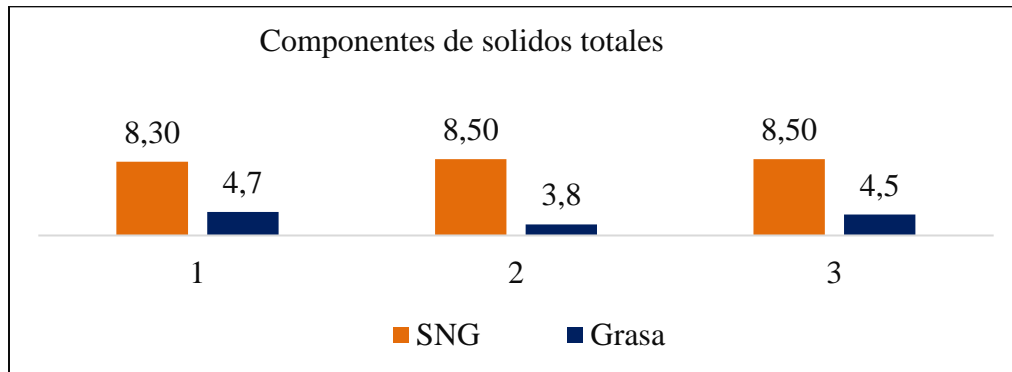
El 100% de los predios muestra porcentajes superiores al estándar establecido en el decreto 616 Ministerio de la Protección Social (2006), que establece un mínimo del 11.3% de ST en la leche. Esto significa que es una leche de excelente calidad superando los valores típicos para fincas tecnificadas y de alta producción. Según Agudelo & Bedoya (2005), el valor para sólidos totales suele oscilar entre el 12% y el 15% en producciones tecnificadas.

El agua constituye el componente primordial de la leche, representando aproximadamente el 87,6% de su contenido. Las variaciones observadas están asociadas tanto al contenido de sólidos

totales como a la adición de agua (Singh et al, 2015). Por lo anterior se llegó a la conclusión de que la categoría 1 correspondiente a fincas pequeñas está adicionando un 0,85% de agua, esto indica que por cada 5 litros de leche se están adicionando un promedio de 750 mL de agua.

Figura 9.

Promedio de componentes de solidos totales de la leche, SNG y grasa.

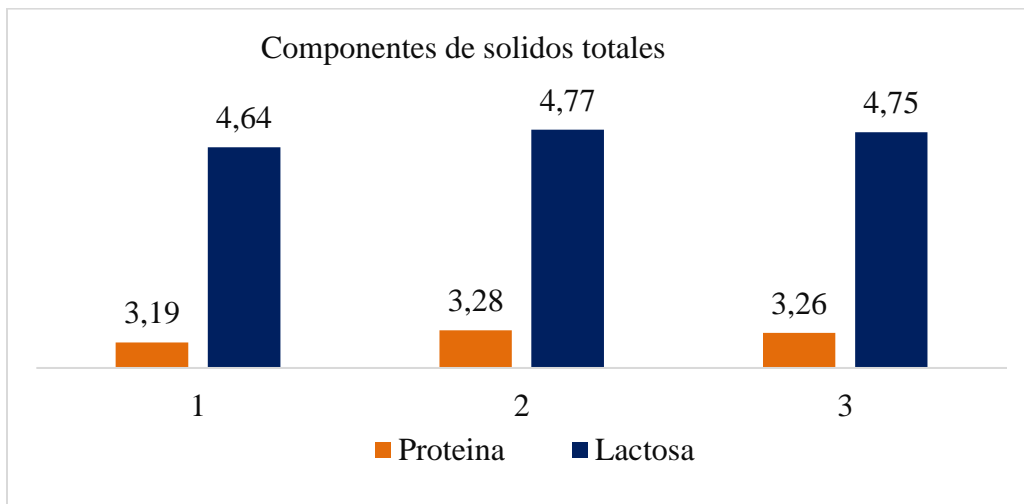


En la figura 9, se observa que de los 30 predios evaluados el 100% se encuentra dentro del rango aceptable para grasa, las fincas pequeñas tienen el mayor porcentaje con 4,7% seguido de las fincas grandes con un 4,5% y finalmente el índice más bajo es 3,8% para fincas medianas. Según el decreto 616 del Ministerio de la Protección Social (2006), la leche bovina debe tener un contenido mínimo de grasa del 3%.

El rango aceptable para sólidos no grasos en la leche bovina oscila entre el 8% y el 9%. Sin embargo, según el decreto 616 del Ministerio de la Protección Social (2006) el porcentaje mínimo aceptable de sólidos grasos es de 8,2%. Se observó que de los 30 predios estudiados, el 100% se encuentra en el rango establecido aunque en el caso de las fincas pequeñas se encuentran muy cerca del límite. Cabe resaltar que valores por debajo del 8,4% puede ser una señal de adición de agua a la leche, mientras que valores superiores hacen sospechar de la adición de correctores de densidad (Cubillos et al., 2005).

Figura 10.

Promedio de componentes de solidos no grasos en la leche, proteína y lactosa.



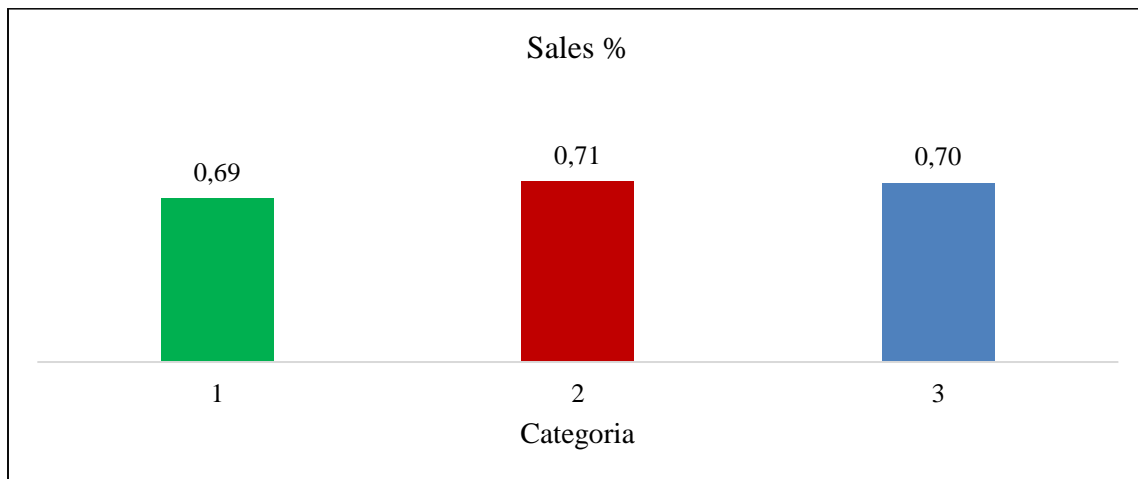
Según Ramírez, (2017), la leche de vaca tiene un promedio de 3,4% de proteína, aunque este valor puede variar según la raza. Por ejemplo, la Holstein presenta un 3,3% y la Jersey un 3,9%. En la Figura 10 se muestra que, de los 30 predios estudiados, el 100% se encuentra por debajo del valor mínimo.

Además, el Decreto 616 del , Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, (2019), la leche cruda de vaca debe contener al menos un 4,5% de lactosa. Hazard (2015) señala que el porcentaje de proteína en la leche varía según la raza, desde un 4,5% en la raza Ayrshire hasta un 5% en la raza Jersey, el 100% de los predios se encuentra por encima del valor mínimo establecido.

La leche bovina contiene aproximadamente un 0,8% de sales, y no se observan grandes variaciones entre razas, esta contiene alrededor de 20 minerales, destacándose el calcio y el fósforo (Hazard, 2015). Según los datos de la Figura 11, el 100% de los animales de los 30 predios muestran deficiencia de sales, lo que resalta la importancia de realizar suplementación.

Figura 11.

Promedio de sales presentes en la leche de predios estudiados.



Calidad fisicoquímica

La tabla 23 presenta las variables fisicoquímicas de la leche bovina analizadas en el estudio. Los resultados muestran que las variables de conductividad, punto criogénico, pH y densidad tienen coeficientes de variación relativamente bajos, lo cual indica que las mediciones son consistentes y hay poca variabilidad.

Tabla 23.

Variables fisicoquímicas de la leche bovina.

Variable	Unidad	Mínimo	Máximo	Promedio	Error estándar	Coefficiente de variación
Conductividad	mS/cm	7,11	9,35	8,11	0,09	5,99
Punto criogénico	°C	-0,64	-0,48	-0,55	0,01	-5,75
pH	-	6,36	6,91	6,61	0,02	1,33
Densidad	g/cm ³	17,73	34,1	29,76	0,59	10,72

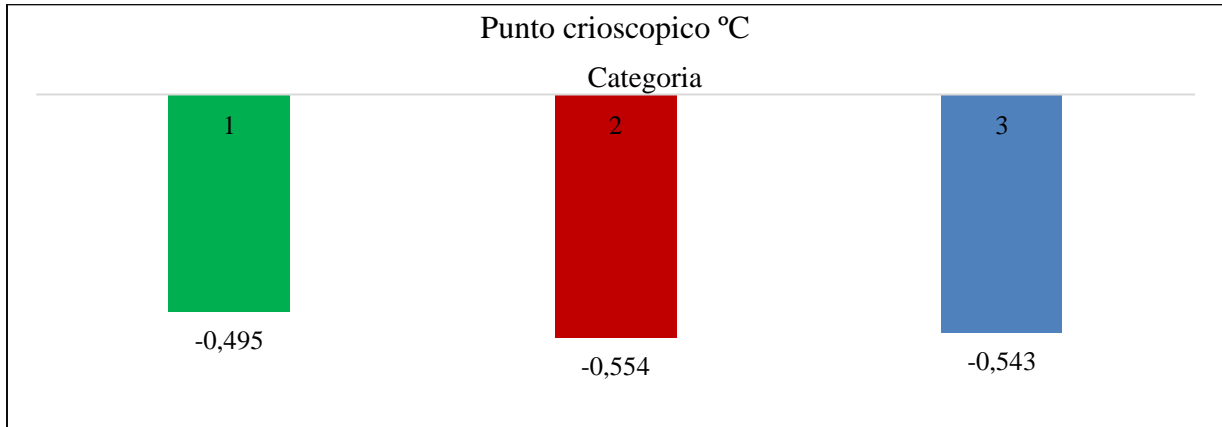
Nota. Resultados de las variables analizadas en el estudio.

El punto de congelación de la leche se mantiene constante, con un promedio de -0.539°C y un rango que oscila entre -0.513 y -0.565°C. Esta medida es crucial para detectar la adición de

agua, ya que, al congelarse a 0°C, el punto de congelación de la leche tiende a aproximarse al del agua (Bansal et al., 2017).

Figura 12.

Promedio de medición de punto crioscópico en la leche de predios estudiados.

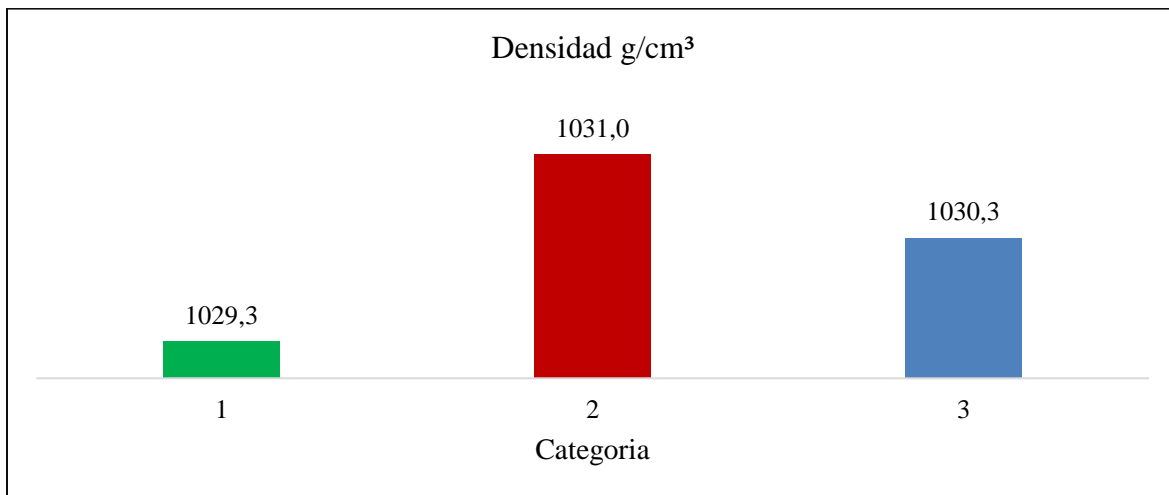


La Figura 12 muestra que el 100% de los predios se sitúa dentro del rango establecido de -0.513 a -0.565°C, sin embargo, la categoría 1 muestra diferencia, esto puede estar relacionado con la adición de agua.

La densidad de la leche puede variar entre 1.028 y 1.034 g/cm³ a una temperatura de 25°C. Este rango corresponde a la leche entera, mientras que una leche diluida tendrá valores inferiores a 1.028 g/cm³, (González, 2013). Entre todos los predios, el 100% se encuentra dentro del rango aceptable, cabe destacar que la categoría 1 tiene una densidad baja debido a su alto contenido de grasa (Figura 9). Martínez et al, (2019) mencionan que hay que tener en cuenta que una leche con mayor contenido en materia grasa tiene menor densidad, ya que la densidad de la grasa es inferior a la del agua.

Figura 13.

Densidad de la leche de las fincas estudiadas.



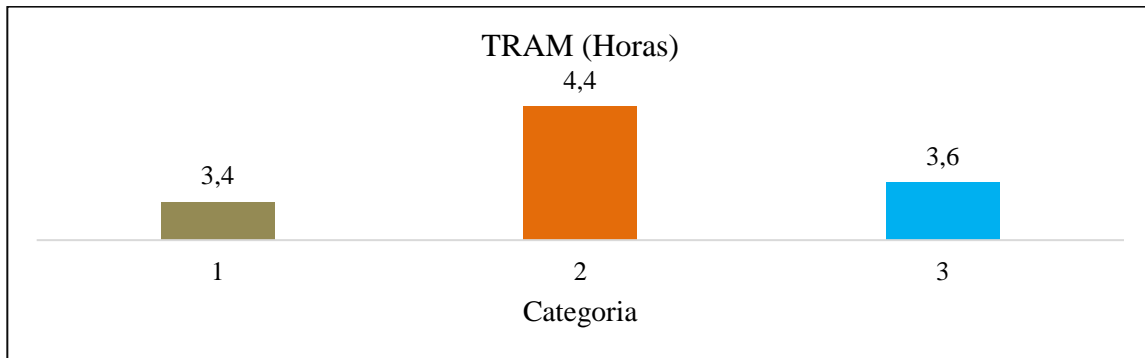
Calidad microbiológica

Los indicadores relacionados con la calidad microbiológica constituyen elementos fundamentales para la evaluación del estándar sanitario de la leche. Entre estos destacan el Tiempo de Reducción de Azul de Metileno-TRAM, el recuento de células somáticas-CCS, el CMT. Estas mediciones son importantes para asegurar calidad de la leche.

El promedio del TRAM se registró en 3,8 horas. De los 30 predios evaluados, las categoría 1 y 2 presentó un TRAM entre 3 y 4 horas sugiriendo una concentración aproximada de 5 a 10 millones de bacterias/mL, la categoría 2 develó un TRAM de 4,4 horas lo que indica una concentración aproximada de 3 a 5 millones de bacterias/mL. Según González, (2018) los principales factores que influyen en el TRAM son la limpieza del sitio de ordeño, la higiene durante el proceso de ordeño y la limpieza de la ubre.

Figura 14.

Valores promedio de muestreo, prueba TRAM.

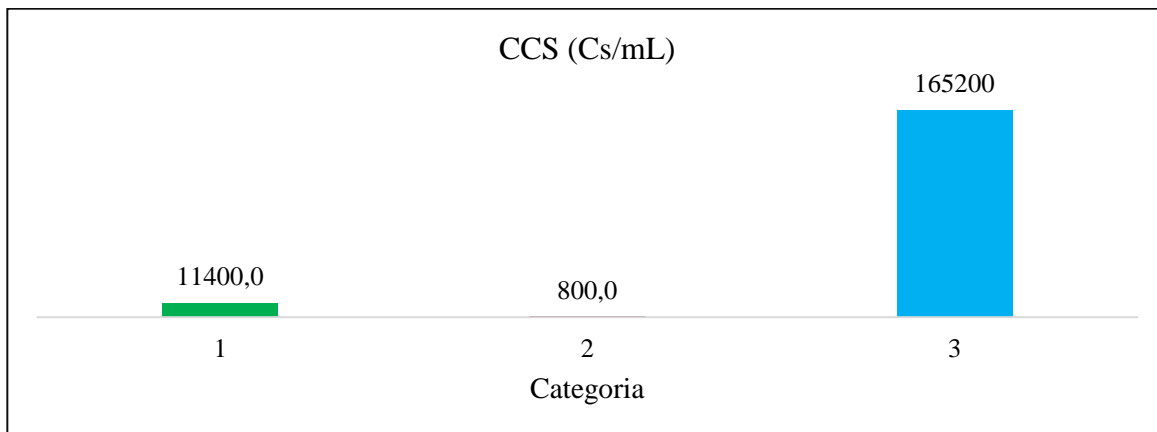


El CCS se define como el número de células por mililitro de leche, y sirve como un indicador útil de la concentración de leucocitos en la leche, lo que a su vez refleja la salud de la glándula mamaria (Rodríguez et al., 2016).

De los 30 predios examinados, los predios de categoría 1 y 2 presentaron valores inferiores a 100000 Cs/mL lo cual indica que no hay indicios de mastitis y el ubre de los animales de estas 25 fincas se encuentra sano, por otro lado las fincas de categoría 3 presentaron un valor cercano a 200000 Cs/mL lo cual advierte a los productores de presencia de mastitis o algún problema en el ubre de los animales.

Figura 15.

Valores promedio de CCS.



El CMT es una prueba de campo subjetiva y se utiliza en muchos predios para medir el grado de mastitis subclínica del hato (Carrión & Castillo, 2013). La tabla 24 muestra una clasificación guía, esta se basó en las indicaciones de la solución CMT California®.

Tabla 24.

Parámetros de evaluación CMT.

Parámetros de evaluación CMT California®	
-	Leche no cambia de consistencia y presenta color azul pálido
+	Leche ligeramente viscosa y de color azul pálido; desplaza fácilmente
++	Leche viscosa no mucoide y de color azul intenso; desplazamiento un poco lento

Del total de predios estudiados, el 6.6% (dos predios) presentó mastitis de grado ++, el 30% presentó mastitis de grado + y el 63.4% no mostró ningún tipo de mastitis. En los predios con mastitis de grado ++, el 40% de los animales (4 de 10) resultaron afectados. En los predios con mastitis de grado +, el 22% de los animales (11 de 50) se vieron afectados. En total, de los 151 animales examinados, solo el 9.9% presentó mastitis, lo que indica que, en términos de calidad de leche y prevalencia de mastitis, estos predios producen leche de alta calidad (Tabla 25).

Tabla 25.

Interpretación de CMT.

Interpretación de muestras de CMT				
Clasificación*	N.º Fincas	Total de animales	Animales afectados	%
+	9	50	11	22
++	2	10	4	40
-	19	91	0	0
Total	30	151	15	62

Nota: Clasificación tabla 24.

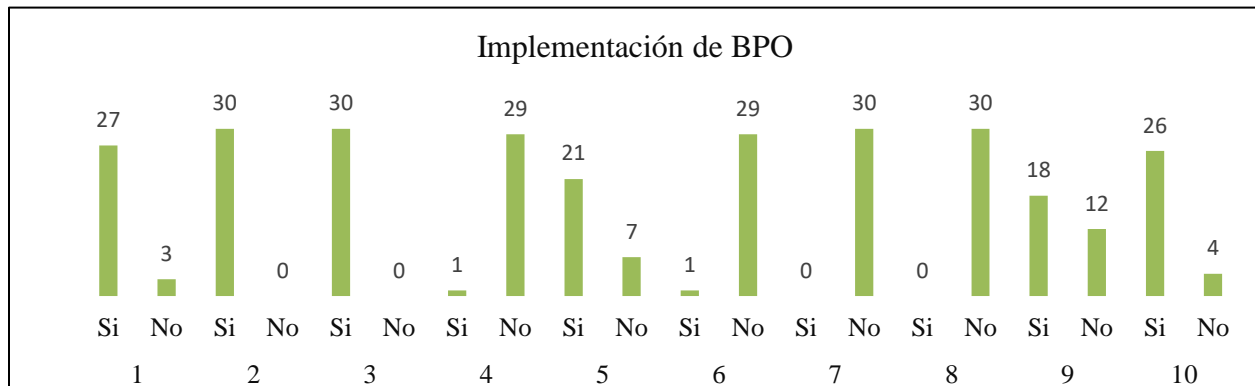
Objetivo 3: Diseñar planes de capacitación de buenas prácticas de ordeño (BPO) para los predios lecheros de la vereda potrero de Rodríguez, zona nororiental de Molagavita, Santander

Durante el estudio, se observó una baja implementación de BPO en los predios lecheros de la vereda Potrero de Rodríguez, Molagavita, Santander. Con el propósito de mejorar tanto la calidad como la eficiencia en la producción láctea, se han considerado ciertos aspectos de la encuesta (Apéndice A) relacionados con las BPO. Estos datos se utilizaron para desarrollar un folleto de fácil interpretación dirigido a los productores, con el fin de ayudar a corregir las deficiencias observadas.

En la figura 16 se observa que la mayoría de las fincas ha adoptado BPO, con varias de ellas alcanzando altos niveles de implementación. Entre las prácticas más adoptadas se encuentran la limpieza del sitio de ordeño y la limpieza de utensilios e implementos, ambas con una implementación del 100%. Otras prácticas muestran niveles de adopción moderados, como el manejo de los animales (90%), la limpieza de la ubre (60%) y el horario fijo de ordeño (86,66%). Sin embargo, algunas prácticas tienen una implementación baja o nula. Por ejemplo, solo el 3.33% de las fincas considera la higiene personal, el lavado de pezones se realiza en un solo predio y el secado y sellado de pezones no se implementa. La aplicación de las BPO en las fincas lecheras implica planificar y llevar a cabo a cabo diversas actividades que garantizan el cumplimiento de los requisitos mínimos para producir leche apta para el consumo humano (Burbano, 2018). Por ello, se creó un folleto que proporciona a los productores la información necesaria para realizar el ordeño de manera correcta (Apéndice B).

Figura 16.

Predios y aplicación de BPO.



Nota. La numeración corresponde a: 1. Manejo, 2. Sitio de ordeño, 3. Utensilios, 4. Higiene personal, 5. Duración del ordeño, 6. Lavado de pezones, 7. Secado de pezones, 8. Sellado de pezones, 9. Limpieza del ubre, 10. Horario fijo de ordeño.

Conclusiones

El análisis realizado en los predios lecheros de la vereda Potrero de Rodríguez, Molagavita, Santander, reflejó que la baja implementación de BPO afecta tanto la calidad como la eficiencia de la producción láctea. A pesar de que prácticas como la limpieza del sitio de ordeño y utensilios muestran una implementación del 100%, áreas como la higiene personal y el secado de pezones tienen una implementación baja o nula, lo cual influye negativamente en la calidad de la leche producida.

Durante el estudio se observó que la calidad de la leche bovina varía significativamente según los niveles tecnológicos y la implementación de BPO. Las prácticas adecuadas de ordeño y manejo de animales están directamente relacionadas con mejoras en los indicadores de calidad de la leche, tales como el contenido de sólidos totales, grasa, proteína y lactosa. Las fincas que han adoptado estas prácticas muestran mejores resultados en estos indicadores, reflejando la

importancia de la implementación de BPO en la producción láctea.

La rentabilidad de las fincas lecheras está estrechamente relacionada con la adopción de prácticas de manejo adecuadas y tecnologías mejoradas. Las fincas que invierten en mejores prácticas y tecnologías obtienen mayores ingresos y una mejor rentabilidad. Las diferencias observadas en la ganancia anual entre diferentes categorías de fincas destacan la importancia de la adopción de BPO y otras mejoras en el manejo productivo, sugiriendo que estas inversiones no solo mejoran la calidad de la leche, sino también la sostenibilidad económica de las fincas lecheras.

Recomendaciones

Para obtener una mejor exactitud en la calidad composicional de la leche bovina, se deben realizar nuevos estudios que incluyan variables adicionales como la acidez y el volumen de la leche a lo largo del periodo de lactancia. Estos estudios contribuirán a la estandarización y definición de valores de referencia específicos para la región de Molagavita, Santander.

Es crucial seguir con este tipo de investigaciones, utilizando los resultados obtenidos como base para definir valores de referencia de la leche bovina producida en condiciones de trópico alto. Estos valores pueden ser utilizados en futuros trabajos relacionados con la producción de lactoreemplazadores o sustitutos lácteos, mejorando así la calidad y consistencia de estos productos.

Se recomienda realizar otras investigaciones que involucren diferentes biotipos de bovinos, tanto de razas lecheras tradicionales como de razas adaptadas al trópico alto. Estas investigaciones ayudarán a estandarizar los parámetros de calidad de la leche bajo diversas condiciones de manejo y alimentación, proporcionando una base sólida para mejorar la producción lechera en la región.

Referencias bibliográficas

- Abril, A., & Pillco, V. (2013). Calidad fisicoquímica de la leche cruda de vaca que se comercializa en la ciudad de Cuenca. Universidad de Cuenca.
- Agudelo Gómez, D. A., & Bedoya Mejía, O. (2005). Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. *Revista Lasallista de Investigación*.
- Akbarian-Bafghi, M. J., Ghorbani, G. R., Ghabouli-Mehrabani, N., & Shemirani, H. (2020). Predicting mastitis infection in dairy cows using machine learning techniques. *Computers and Electronics in Agriculture*, 171.
- Alais, C. (1985). Principios de técnica lechera. *Ciencia de La Leche*.
- Alfaro, M., Hurtarte, A., & Valle, R. (2014). Implementación de un manual de ordeño higiénico en dos establecimientos lecheros y evaluación de su efectividad mediante análisis microbiológico en el departamento de Sonsonate. Universidad del Salvador.
- Alonso, J. , et al. (2015). Microorganismos patógenos presentes en la leche y sus productos derivados. *Revista de Microbiología Alimentaria*, 31(2), 75–82.
- Álvarez, A. B., Ricote, M. T., Molina, P., Muñoz, C., Fernández, L., Ramos, M., & Juárez, M. (2017). Changes in the sensory profile of fluid milk during storage and transportation. *Journal of Dairy Science*, 100(6), 4324–4332.
- Arciniegas-Torres, S. P., & Flórez-Delgado, D. F. (2018). Estudio de los sistemas silvopastoriles como alternativa para el manejo sostenible de la ganadería. *Ciencia y Agricultura*, 15(2), 107–116. <https://doi.org/10.19053/01228420.v15.n2.2018.8687>
- Arief, I., Wulandari, Z., Soenarno, M., & Murtini, D. (2020). Raw and pasteurized milk quality of D-farm milk processing unit at Faculty of Animal Science, IPB University. *Jurnal Ilmu-*

- Ilmu Peternakan, 30, 103–108. <https://doi.org/10.21776/ub.jiip.2020.030.02.01>
- Arteaga Solórzano, R. A., Armenteros Amaya, M., Quintana García, D., & Martínez Vasallo, A. (2021). Evaluación de las buenas prácticas en la elaboración de queso artesanal en Manabí, Ecuador. *Revista de Salud Animal*, 43(2).
- Balteanu, V. A., Olteanu, M., Andronie, L., & Radulov, I. (2016). Evaluating milk quality-physicochemical methods. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 22(2), 105–110.
- Banco mundial. (2020). Hacia una producción lechera sostenible: Desafíos y oportunidades para los países en desarrollo. <https://www.bancomundial.org/es/home>.
- Bansal, S., Singh, R., & Kulkarni, V. (2017). Quality evaluation parameters for milk and milk products: A review. *International Journal of Dairy Technology*, 70(4), 479–487.
- Bonzano, S. (2012a). Evaluación de la calidad fisicoquímica, higiénica de la leche cruda fría producida en establos con diferentes niveles tecnológicos en el norte del Perú. Universidad nacional de Trujillo.
- Bonzano, S. (2012b). Evaluación de la calidad fisicoquímica, higiénica de la leche cruda fría producida en establos con diferentes niveles tecnológicos en el norte del Perú. Universidad nacional de Trujillo.
- Borkowski, F. C., Santos, M. V., Santos, G. T., Leal, D. B. R., Zafalon, L. F., Maeda, E. M., & Porcionato, M. A. F. (2018). A comparison between the quality of milk produced by Holstein cows with and without subclinical mastitis in dairy herds in the northwest of Paraná state, Brazil. *Preventive Veterinary Medicine*, 155, 58–62.
- Bovenhuis, H., Van Arendonk, J. A. M., & Korver, S. (2017). Genetics of milk protein composition. In *Encyclopedia of Dairy Sciences* (3rd Edition) (Academic Press, pp. 321–

327).

- Britten, A., Rasmussen, M. D., Sehested, J., & Andersen, P. H. (2017). Effect of cluster design, milking procedures, and pulsation settings on the milk ejection response and milking efficiency in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(8), 6560-6571.
- Brown, E., & Jones, C. (2016). The impact of milking techniques on the quality of raw milk for dairies. *Journal of Applied Microbiology*, 120(3).
- Burbano Guerra, S. J. (2018). Proyecto Aplicado en la Implementación de Buenas Prácticas de Ordeño en Ganaderías del Municipio de Villagarzón, Putumayo. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.
- Calderón, A., García, F., & Martínez, G. (2006). Indicadores de calidad de leches crudas en diferentes regiones de Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, 11(1).
- Carrión Castillo, R. (2013). Mastitis subclínica y conteo de células somáticas. *Ergomix*.
- Chávez, M., Cerón, J., & Pescuma, M. (2018). Composición química de la leche de diferentes especies: Revisión. *Revista Argentina de Producción Animal*, 38(2), 139–152.
- Chigerwe, M., & Hagey, J. V. (2014). Refractometer assessment of colostral and serum IgG and milk total solids concentrations in dairy cattle. *BMC Veterinary Research*, 10(178).
- Contreras León, A. L., & Rodríguez Lozano, G. I. (2016). Medición de la eficiencia relativa de fincas ganaderas con servicio de asistencia técnica. *Revista Facultad de Ciencias Económicas*, 25(1), 117–128. <https://doi.org/10.18359/rfce.1776>
- Cubillos González, A., Piñeros Gómez, G., & Téllez Iregui, G. (2005). La calidad como factor de competitividad en la cadena láctea, caso cuenca lechera del Alto Chicamocha, Boyacá (Universidad Nacional).
- DANE. (2019). Censo Nacional Agropecuario 2014.

<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/censo-nacional-agropecuario-2014>.

Delgado-Pertíñez, M., López-Díaz, M. C., Vélez, M., Vargas, M., García-Carrasco, J. M., & León-Camacho, M. (2016). Effect of environmental factors on milk composition in Spanish Holstein cows. *Livestock Science*, 193, 19–26.

Duarte, J., Gruffat, D., Lemosquet, S., & Yañez-Ruiz, D. R. (2015). Effects of rumen-protected fatty acids on production and milk quality in dairy cows: a meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, 98(10), 7309–7321.

Fajardo Gonzalez, I. V., & Rincón Ochoa, B. E. (2009). Perfil socioeconómico del municipio de Molagavita, Santander. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.

<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/1127>

FAO. (2020). El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2020. In Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

FEDEGAN. (2022). Acciones que hacen a la ganadería compatible con el ambiente.

<https://www.fedegan.org.co/noticias/acciones-que-hacen-la-ganaderia-compatible-con-el-ambiente>.

Fernández, M., Menendez-Buxadera, A., & Caunedo, J. (2004). Relación entre el porcentaje de vacas en ordeño y la producción láctea total del rebaño. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 38, 361–367.

Fox, P., Uniacke-Lowe, T., McSweeney, P., & Mahony, J. O. (1998). Dairy chemistry and biochemistry.

Fynn, R. W., Kirkman, K. P., & Dames, R. (2017). Optimal grazing management strategies: evaluating key concepts. *African Journal of Range & Forage Science*, 34(2), 87–98.

- García, D., Murcia, H., & Gómez, C. (2018). Bienestar animal en sistemas de producción de leche bovina: una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 31(2), 101–115.
- García, & Gomez, M. (2018). Fatty acid composition of bovine milk and its nutritional significance. *Nutrition Research*, 30(1), 89–102.
- García, J. J., Almeida, A. M., Elgersma, A., López-Alonso, M., & Pellikaan, W. F. (2017). Welfare and productivity of dairy cows supplemented with autolyzed yeasts during the transition period. *Journal of Dairy Science*, 100(4), 3243–3255.
- García, J., López-García, A., Fernández, P. J., Casanovas, Y., & Ramos, M. (2018). Impact of continuous training on milking practices and its relationship with milk quality. *Journal of Dairy Science*, 100(1), 786–793.
- García, L., Martínez, J., & López, M. (2020). Métodos de evaluación de la calidad de la leche en la producción primaria: Revisión. *Revista de Producción Lechera*, 12(2), 45–58.
- García, N. B., & de Jesús Requelme, N. (2011). Buenas prácticas de ordeño y la calidad higiénica de la leche en el Ecuador. *La Granja*, 14(2), 45–57.
- Giorello, D., Jaurena, M., Boggiano, P., & Pérez Gomar, E. (2012). Respuesta al riego suplementario en pasturas y forrajes. 2o Seminario Internacional de Riego En Cultivos y Pasturas, 45–54.
- Giraldo, J. F., Ascuntar, L. R., & Vera, R. R. (2020). Producción de leche y carne en sistemas silvopastoriles intensivos en Santander, Colombia. *Livestock Research for Rural Development*, 32(7).
- Gonzales, G. (2013). Evaluación de algunos parámetros físico-químicos de la leche de ganado vacuno en dos hatos del eje carretero Yurimaguas-Santa Rosa (Km 17). Universidad nacional de la Amazonia Peruana.

- González, M. , et al. (2018). Importancia del control microbiológico en la producción de leche: revisión bibliográfica." *Revista de Investigación en Producción Animal*. 22(3), 127–136.
- González, C. A., Ayala, H. E., Villamil, L. F., & Mejía, L. H. (2018). Sistemas silvopastoriles como alternativa para la ganadería eficiente y sostenible. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 10(1), 107–120.
- González, E., López, R., & Ramírez, G. (2021). Impacto de los sistemas automatizados en la evaluación de calidad de leche bovina. *Revista de Investigación En Producción Lechera*, 12(1), 45–55.
- González, F., Rodríguez, M., & Martínez, G. (2019). Influence of pre-milking udder stimulation on milk yield and composition in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 102(3).
- González Fernández, D. (2013). Evaluación y ejecución de un plan de mejoramiento de la calidad de leche cruda del centro de acopio Ciledco (Sincelejo) con base en el decreto 616 de 2006.
- González, R. (2005). Índices reproductivos, cálculos e interpretación. *Manual de Ganadería Doble Propósito*. *Manual de Ganadería Doble Propósito*, 8, 553–557.
- González, R., Martínez, E., & Fernández, P. (2016). Quality Control of Bovine Milk. *Food Safety and Quality Journal*, 3(2), 87–94.
- González-Álvarez, J. et al. (2019). Factors affecting the quality of raw milk in smallholder dairy farms in Colombia. *Journal of Dairy Science*, 102(5), 4065–4074.
- Grajales Naranjo, M. M. (2009). Estandarización del proceso de elaboración del queso doble crema tipo mozzarella [Universidad Tecnológica de Pereira].
<https://hdl.handle.net/11059/1831>
- Guayaquil Madril, B. A., & Gutiérrez Lara, W. D. (2019). Elaboración de un manual de Buenas

- Prácticas de Manufactura (BPM) en la empresa láctea San Enrique en la parroquia Mulaló. Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).
- Gutiérrez, J., Barón, W., & Acosta, D. (2020). Análisis de sostenibilidad en la ganadería de leche en Molagavita, Colombia. *Ciencia y Agricultura*, 17(2), 59–74.
- Hansen, L., & Ferrão, M. F. (2020). Classification of Milk Samples Using CART. *Food Analytical Methods*, 13(1), 13–20. <https://doi.org/10.1007/s12161-019-01493-9>
- Hazard, S. (2015). Variación de la composición de la leche. *INIA Chile*, 2(22).
- Hernández, J. (1974). La refrigeración de la leche. Ministerio de Agricultura.
- Hernández, J., & Ortega, A. (2009). Manual de inseminación artificial en bovinos. In Universidad Nacional Autónoma de México. https://fmvz.unam.mx/fmvz/licenciatura/coepa/archivos/Manuales/50_Inseminacion_artificial.pdf
- Hernández, M., Vázquez, J., & Gutiérrez, R. (2020). Automatización de la evaluación de calidad de leche bovina: estado actual y perspectivas futuras. *Revista de Investigación Agropecuaria*, 46(3), 298–308.
- Holroyd, S. (2013). Review: The use of near infrared spectroscopy on milk and milk products. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 21, 3111. <https://doi.org/10.1255/jnirs.1055>
- Holt, C., Carver, J., Ecroyd, H., & Thorn, D. (2013). Invited review: Caseins and the casein micelle: their biological functions, structures, and behavior in foods. *J Dairy Sci.*
- Holt, C., & De Kruif, C. G. (Kees). (2003). *Advanced Dairy Chemistry—1 Proteins* (pp. 233–276). https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8602-3_5
- Hovinen, M., Pyörälä, S., Simojoki, H., Fitzpatrick, J., Eckersall, P. D., & Orro, T. (2018). Periparturient blood and milk immune parameters of inflammation in bovine clinical and

- subclinical mastitis. *Journal of Dairy Science*, 100(11), 10363–10367.
- Hovinen, M., Siivonen, J., & Taponen, S. (2018). Pasture-based automatic milking system improved health, production and fertility of dairy cows compared with tie-stall housing. *Journal of Dairy Science*, 101(2), 1745–1754.
- Ibrahim, T., Wattoo, F., Wattoo, D. M. H. S., & Hamid, S. (2023). Assessment of Fresh Milk Quality Through Quality Parameters: Assessment of Fresh Milk Quality. *Pakistan Journal of Health Sciences*, 21–25. <https://doi.org/10.54393/pjhs.v4i10.871>
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2024). Tabla de población bovina por municipio y por departamento 2024. Censos Pecuarios Nacional. <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018>
- Jadhav, S., Bhagwat, S., Pote, D., & Shinde, V. (2017). Detection of lactic acid bacteria in dairy samples by using acidity test. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(4), 541–545.
- Jarama, R. (2011). Estrés de calor en bovinos lecheros del Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Jayarao, B. M., Wolfgang, D. R., Morgan, M. J., & Griffin, D. D. (2004). Antimicrobial residue avoidance methods: Perceptions and practices of dairy producers and custom heifer raisers. *Journal of Dairy Science*, 82(2), 67–76.
- Jiménez, W. (2005). Valoración de la calidad microbiológica y físico-química de la leche de vaca de tres pequeños productores de Santa Ana mixtan del parcelamiento Nueva Concepción, Escuintla, Guatemala. Universidad de San Carlos.
- Johnson, R., Smith, A., & Garcia, L. (2017). Impact of Milk Quality Evaluation on Public Health

- and Dairy Industry. *Journal of Food Safety*, 42(3), 321–335.
- Kitchen, B. J. (1981). Review of the progress of dairy science: bovine mastitis: milk compositional changes and related diagnostic tests. *The Journal of Dairy Research*, 48(1), 167–188.
- Levison, L. J., & Miller-Cushon, E. K. (2017). Invited review: Pathogen control in the dairy industry: Farm management strategies to reduce mastitis and other diseases. *Journal of Dairy Science*, 100(6), 4197–4219.
- López, & Gomez, J. (2019). Quality compositional factors in bovine milk. *Journal of Dairy Science*, 123(4), 567–579.
- Martin, & Diana, A. (2020). Casein and whey ratio in bovine milk: implications for milk quality. *International Journal of Food Science*, 45(2), 201–215.
- Martínez, L. et al. (2018). Quality of raw milk for human consumption in Latin América: A systematic review. *Preventive Veterinary Medicine*, 160, 1–10.
- Martínez, R. , et al. (2019). Control de calidad microbiológica de la leche en la cadena de producción. *Journal of Food Science and Technology*, 12(4), 321–330.
- Martínez, & Castillo, R. (2021). Vitamin and mineral content in bovine milk and its impact on nutritional quality. *Journal of Nutritional Sciences*, 17(3), 301–315.
- Martínez, F., Rodríguez, A., & González, C. (2018). Evaluación de la calidad de leche bovina en sistemas tradicionales vs sistemas automatizados. *Revista de Producción Agropecuaria*, 32(2), 65–73.
- Martínez Miranda, M. M., & Gomez, C. A. (2013). Calidad composicional e higiénica de la leche cruda recibida en industrias lácteas de Sucre, Colombia. In *Biotecnología en el sector Agropecuario y agroindustrial* (Vol. 11, Issue 2, pp. 93–100).

Milkotronic. (2018). LactoScan combo Operation Manual.

https://autocellcount.com/uploads/files/COMBO_IM_EN.pdf

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019). Principios de la Ganadería Sostenible.

<https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Proyectos%20Normativos/Lineamientos%20de%20Ganader%C3%ADa%20Bovina%20Sostenible.Pdf#search=principios%20ganaderia%20sostenible>.

Ministerio de la Protección Social. (2006a). Decreto 616 de 2006, por el cual se expide el

Reglamento Técnico sobre los requisitos que debe cumplir la leche para el consumo humano que se obtenga, procese, envase, transporte, comercializa, expendia, importe o exporte en el país. <https://www.ica.gov.co/getattachment/15425e0f-81fb-4111-b215-63e61e9e9130/2006d616.aspx>

Ministerio de la Protección Social. (2006b). Decreto número 616 de 2006.

Molina-Coto, A., Rodríguez-Cruz, M., Orjuela-Rojas, K. E., & Barreto-Zambrano, C. Á. (2019).

Hygienic quality of raw cow's milk produced in small farms during dry and rainy seasons. *Revista MVZ Córdoba*, 24(3), 7171–7182.

Montenegro Hurtado, C. J. (2008). Evaluación de diferentes tipos de fertilización orgánica de pasto bestfor (*Lolium hybridum*) y valoración nutritiva en cuyes (*Cavia porcellus*) en etapa de levante.

Munguti, J. M., Cheruiyot, E. K., Bett, H. K., Kahi, A. K., & Ondiek, J. O. (2020). Effect of storage duration and temperature on the microbiological quality of raw cow milk at the smallholder producer level in Kenya. *African Journal of Food Science and Technology*, 11(5), 85–96.

Oliver, S. P., Boor, K. J., Murphy, S. C., & Murinda, S. E. (2010). Food safety hazards

associated with consumption of raw milk. *Foodborne Pathogens and Disease*, 7(9), 1081–1097.

OMSA. (2020). Buenas prácticas de higiene en la producción y suministro de leche: Enfoque en la seguridad alimentaria y el bienestar animal.

https://www.oie.int/fileadmin/Home/Esp/Food_Safety/Docs.

Peralta Toro, M. (2005). Estructuras metálicas móviles-establo portátil para ordeño mecánico.

<https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/52a7815f-7a12-4fb4-afb8-bd17127814f4/content>

Pérez, A., Segura, R., & Sánchez, E. (2019). Importancia de la capacitación y supervisión en la evaluación de la calidad de leche bovina en campo. *Revista de Sanidad Animal*, 8(1), 28–36.

Pérez, S., et al. (2020). Prácticas de manejo y conservación para preservar la calidad microbiológica de la leche bovina. *Investigación Agropecuaria*, 25(3), 201–210.

Puentes Triana, J. F. (2016). Reducción de los días abiertos mediante implementación de IATF en la Hacienda La Vittoriana. Universidad de La Salle.

<https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1043&context=zootecnia>

Quispe, J. (2014). Evaluación de la calidad de leche cruda para la época seca y húmeda, en el altiplano norte de la provincia Omasuyos del departamento de La Paz. Universidad mayor de San Andrés.

Ramírez Gutiérrez, S. I. (2017). Análisis estadístico de los parámetros de grasa en la leche.

Ramírez, I. C., Lizarazo, J. A., & Alfaro, P. M. (2019). Buenas prácticas de manejo sanitario en la cadena productiva de la leche en Santander. *Productividad y Desarrollo*, 16(2), 48–64.

Rodríguez, C., Vissio, C., Pujato, N., Reinoso, E., Odierno, L., & Bogni, C. (2016). Prevalence

- and Distribution of Mastitis Pathogens in Dairy Cows in Argentina. *Journal of Veterinary Science & Technology*, 7(4), 338.
- Rodríguez, F. D., Castro, N., Capote, J., López, M., Rivero, J. L. L., & Castillo, A. R. (2016). Effects of somatic cell count on milk composition. *Small Ruminant Research*, 136, 24–28.
- Rodríguez-Ramírez, R. et al. (2017). Determinación de los grados Brix como indicador de calidad nutricional en leches de vaca. *Revista de Investigaciones Médicas*, 35(2), 120–126.
- Ruegg, P. L. (2018). A 100-Year Review: Mastitis detection, management, and prevention. *Journal of Dairy Science*, 101(12), 10581–10597.
- Samková, E., Kala, R., Nebeská, P., Hanuš, O., & Šustová, K. (2017). The effect of energy-to-protein ratio in the diet on the yield and quality of milk in organic dairy farming. *Czech Journal of Animal Science*, 62(11), 446–452.
- Sánchez-Ortiz, A., Mendoza-Madrigal, Y., & Trasviña-Bañuelos, J. J. (2019). Importancia de la medición de acidez en la leche: revisión sistemática. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 10(4), 847–862.
- Santos, M. V., Maia, M. F., & Pereira, A. C. (2013). Overview on the occurrence of antimicrobials in milk. *Journal of Environmental Science and Health*, 48(2), 133–148.
- Schukken, Y. H., Wilson, D. J., Welcome, F., Garrison-Tikofsky, L., Gonzalez, R. N., & Hertl, J. (2003). Monitoring udder health and milk quality using somatic cell counts. *Veterinary Research*, 34(5), 579–596.
- Silva, D. A., Ferreira, R. M., Fialho, E. T., Araújo, A. F., & Monteiro-Júnior, C. (2018). Relationship between milk quality and environmental conditions in dairy farms in the state of Paraíba, Brazil. *Tropical Animal Health and Production*, 50(4), 913–918.
- Singh, A., & Ramachandran, A. (2020). Assessment of Hygienic Milking Practices and

- Prevalence of Bovine Mastitis in Small Dairy Farms of Peri-Urban Area of Jaipur. *Indian Journal of Community Medicine*, 45(Suppl 1).
- https://journals.lww.com/ijcm/fulltext/2020/45001/assessment_of_hygienic_milking_practices_and.7.aspx
- Singh, R., Singh, S., & Singh, S. (2015). Farm power and machinery availability on Indian farms. In *Agricultural Engineering Today* (Vol. 39, Issue 1, pp. 45–56).
- Smith, A., Brown, C., & Johnson, E. (2018). Evaluación de la calidad de la leche bovina: métodos de laboratorio. *Revista de Ciencia Láctea*, 10(2), 45–52.
- Smith, J., Brown, A., & Johnson, C. (2018). *Dairy Production Handbook*. In New York: Springer.
- Smith, J., Johnson, M., & Garcia, L. (2018). The Economic Impact of Milk Quality. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 4567–4578.
- Smith, J., Johnson, R., & Adams, M. (2018). Importance of milking practices in dairy cattle health and milk quality. *Journal of Dairy Science*, 101(12).
- Smith, R., & Johnson, T. (2017). Extension Programs Promote Adoption of Good Dairy Farming Practices in the United States. *Journal of Dairy Science*, 100(12).
- Smithers, G. W. (2008). Whey and whey proteins—From ‘gutter-to-gold.’ *International Dairy Journal*, 18(7), 695–704. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2008.03.008>
- Tadich, N. (2011). Bienestar animal en bovinos lecheros. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 24(3), 293–300.
- Torres, A., Castro-Carrera, T., Frutos, P., & Lerma, C. (2016). Effect of dietary supplementation with linseed oil or a blend of essential oils on milk fatty acid composition in cows. *Journal of Dairy Science*, 99(7), 5658–5667.

- Torres-Rivera, J. A., Márquez-García, M. A., Francisco-Jerónimo, A., Contreras-Medrano, V., Álvarez-López, F., Cipriano-Enríquez, M., & López-Sánchez, S. A. (2018). Evaluación de buenas prácticas en ranchos con modelo de producción sustentable en el centro de Veracruz. *Avances En Investigación Agropecuaria*, 22(1), 51–52.
- Vargas, P., Castillo, L., & Flores, M. (2020). Beneficios de la implementación de sistemas automatizados en la evaluación de calidad de leche bovina. *Revista de Tecnología Agroindustrial*, 28(3), 78–84.
- Vargas-Bello-Pérez, E., Vera, R., Aguilar, C., & Rojas, H. (2018). Effect of pasture and maize silage diets on the concentration and composition of vitamin A in dairy cow milk. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102(6), 1627–1633.
- Varnam, A., & Sutherland, J. P. (2001). *Milk and Milk Products: Technology, Chemistry and Microbiology* (ilustrada, reimpresa).
- Vásquez, F. C. M., Martínez, G. R., Mancera, V. M. M., Ávila, L. E. O., & Vargas, M. R. (2007). Análisis microbiológico y su relación con la calidad higiénica y sanitaria de la leche producida en la región del Alto de Chicamocha (departamento de Boyacá). *Revista de Medicina Veterinaria*, 14, 61–83.
- Villamil Sterling, J. M. (2019). Ensayos comparativos entre el uso de sal marina vs el uso de sales mineralizadas y su incidencia en los parámetros productivos y reproductivos del ganado bovino en el valle del patia departamento del cauca. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/28002>
- Visscher, P., Hayes, B., & Goddard, M. (2018). Impact of Genetic Variability on Dairy Cattle. *Annual Review of Animal Biosciences*, 6, 331–351.
- Walstra, P., Wouters, J. T. M., & Geurts, T. J. (2005). *Dairy Science and Technology*. CRC

Press.

Wang, T., Yan, T., Xin, H. S., Li, J. Y., & Chen, L. (2019). Effects of dietary energy source and level on milk production, composition, and rumen microbiota in lactating dairy cows. *The Journal of Agricultural Science*, 157(4), 257–267.

Zambrano, W., & Albornoz, G. (2014). Buenas prácticas en el ordeño en ganaderías doble propósito para producir una leche de calidad. *Buenas Prácticas En Ganadería Doble Propósito*, 163.

Zhu, Y. et al. (2018). Detection of milk adulteration using Brix measurement. *Food Control*, 91, 103–109.

Apéndice

Apéndice A. Encuesta a productores.

Evaluación de calidad de leche en predios de diferentes niveles tecnológicos en la zona nororiental del municipio de Molagavita, Santander



1. Datos generales						
Nombre del productor:		Edad:	Telefono:	Nombre del predio:		
Vereda:		Area:	Latitud:	Longitud:	Altitud:	Fecha:
2. Caracterización productiva de la finca						
Nº animales:	Nº Vacas:	Nº Novillas:	Nº Terneros:	Nº Vacas pcc:	Nº Machos R:	Raza/s:
Método reproductivo:		X Días abiertos:	Litros / día:	Manejo de registros: 1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>		Finalidad de la leche:
3. Caracterización técnica de la producción						
Establo: 1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>	Potreros: 1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>	Nº Potreros:	Fertilización de potreros: 1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>		Método de fertilización:	
Suministro de concentrados: 1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>		Cantidad / relación:		Tipo de concentrado:		Aplica vitaminas: 1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>
Suministro de silo: 1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>		Suministro de sales: 1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>		Tipo de sales:	Cantidad:	Suministro de pasto de corte: 1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>
Disponibilidad de maquinaria: 1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>		Tipo de maquinaria:		Sistemas de riego: 1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>		Manejo de estiércol: 1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>
Recolección diaria de leche: 1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>		Hora recolección:	Tipo de almacenamiento de leche:		Conservantes: 1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>	Tipo: Cantidad:
Análisis de calidad de leche: 1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>		Pruebas de mastitis: 1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>		Recuento de células somáticas: 1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>		Índice de refracción: 1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>
Acciones de bienestar animal: 1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>		Acciones:			Cultivos agrícolas: 1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>	Cuales:
4. Caracterización técnica del ordeño						
Tipo de ordeño:	Implementa BPO: 1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>	Limpieza del sitio de ordeño: 1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>		Sitio de ordeño:	Alimentación durante el ordeño: 1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>	Tipo de alimento:
Nº de maneas:	Lavado diario de maneas: 1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>		Limpieza diaria de utensilios: 1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>		Utensilios implementados en el ordeño:	
Lavado de pezones: 1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>		Secado de pezones: 1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>		Duración del ordeño / Vaca:		Sellado de pezones: 1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>
Filtrado de la leche: 1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>		Registros diarios de producción: 1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>		Ordeño con ternero: 1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>		Horario ordeño: Horario fijo: 1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>
5. Caracterización económica de la finca						
Ingresos venta de leche/mes:		Ingreso venta de cosechas/año:		Ingresos ventas de crías/año:		Costos de alimentación/mes:
Costos de medicamentos/año:		Intervalo de compra de medicamentos:			Operarios: 1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>	Costos en operarios:
Intervalo de pago de leche:		Precio del litro de leche:		Rentabilidad de la producción: 1. Sí <input type="checkbox"/> 2. No <input type="checkbox"/>		% de rentabilidad de la producción:
6. Observaciones						

Apéndice B. Folleto de Buenas Prácticas de Ordeño-BPO.

BUENAS PRÁCTICAS DESPUÉS DEL ORDEÑO

1. Colado de la leche recién ordeñada.
2. Lavado de los utensilios de ordeño.
3. Limpieza del sitio de ordeño.
4. Destino del estiércol y la orina.
5. Traslado de la leche y almacenamiento.
6. Registro de producción de leche.



RESOLUCIÓN No.115708 de 2021: Por la cual se establecen los requisitos para obtener la Autorización Sanitaria y de Inocuidad en

los predios productores de animales destinados a la producción de carne y/o leche para el consumo humano, (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2021).

Contacta con nosotros

Milton Bladimir Camacho Niño
Est Zootecnia.

Tel: 3178929781

Correo:
miltonbla0803@gmail.com

milton2185023@correo.uis.edu.co





ESTRATEGIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS DE ORDEÑO EN MOLAGAVITA SANTANDER



¡Compromiso con la calidad lechera!

BUENAS PRÁCTICAS DE ORDEÑO


La implementación de las buenas prácticas de ordeño implica la ejecución de actividades que cumplen los requisitos mínimos para obtener leche apta para el consumo humano y luego procesarla adecuadamente para la elaboración de derivados lácteos.

IMPORTANCIA DE LAS BUENAS PRÁCTICAS DE ORDEÑO

1. Se obtienen quesos y otros productos lácteos de mejor calidad.
2. Puede venderse a mejor precio.
3. Debemos cuidar la salud de nuestra familia y de la población que nos compra


BUENAS PRÁCTICAS ANTES DEL ORDEÑO

1. Limpieza del sitio de ordeño.
2. Arreado de la vaca con tranquilidad.
3. Horario fijo de ordeño.
4. Maneado de la vaca.
5. Lavado correcto de manos y brazos del ordeñador.
6. Preparación y lavado de los utensilios de ordeño.



BUENAS PRÁCTICAS DURANTE EL ORDEÑO

1. Ropa adecuada para ordeñar.
2. Lavado de pezones.
3. Secado de pezones.
4. Ordeñado de la vaca (suave y seguro).
5. Sellado de pezones.
6. Desatado de las extremidades posteriores (patas) y la cola de la vaca.



Decreto 616 de 2002: Por el cual se establecen los requisitos sanitarios y de higiene para la producción de leche bovina, incluyendo las buenas prácticas de ordeño, (Ministerio de la Protección Social, 2006).