



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# **Caracterización de la leche producida y transformada en sistemas de producción doble propósito del pie de monte Araucano bajo esquemas de calidad total en el Departamento de Arauca**

**Carlos Valmores Vásquez Viáfara**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Departamento de Producción Animal  
Bogotá, Colombia

2021



# **Caracterización de la leche producida y transformada en sistemas de producción doble propósito del pie de monte Araucano bajo esquemas de calidad total en el Departamento de Arauca**

**Carlos Valmores Vásquez Viáfara**

Tesis o trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Magister en Producción Animal**

Director (a):

Germán Afanador Téllez, DVMZ, MSc., Ph.D.

Línea de Investigación:

Gestión Empresarial

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Departamento de Producción Animal

Bogotá, Colombia

2021



*A mi madre Ruth, que me dio la vida, a la memoria de mi padre Carlos, que me enseñó el valor de la misma, a mi compañera, esposa, amiga y confidente Sonia, mi amor eterno y a mi hija Laura, quien me motiva a ser cada día mejor*



## **Agradecimientos**

### **A mi director de tesis; doctor German afanador Téllez**

Por su infinita vocación paciencia y dedicación en compartir sus conocimientos y ponerlos al servicio de los demás.

### **Al gobernador de Arauca; José Facundo Catillo Cisneros**

Por creer y apoyar a los profesionales araucanos que estamos vinculados al sector agropecuario en el departamento.

### **Al exsecretario de Agricultura departamental: Renzo Jesús Martínez Prada.**

Por haber creído en el proyecto y en mí, como profesionales Arauquiteños.



## Resumen

El objetivo de esta tesis fue investigar el significado de la calidad de la leche bovina en sistemas de doble propósito del Piedemonte Araucano. Este fue construido en cuatro categorías: tecnológicas (A), higiénicas (B), de seguridad (C) y de sostenibilidad (D). El estudio fue realizado entre 351 fincas seleccionadas mediante un muestreo no probabilístico con información recolectada a pie de finca. Se seleccionaron 17 variables y se usó un análisis de conglomerados (cluster bietápico) para la definición de nichos, comparados con pruebas de ANOVA y las diferencias promedias por Tukey y Tambane. Una regresión binaria logística fue aplicada para valorar el impacto de las variables asociadas con cada categoría de calidad y su relación con la viabilidad de la finca. El nivel de calidad de la leche fue del 60,6% con diferencias entre cuartiles de 21,4 puntos, reflejando su heterogeneidad. Las categorías de calidad AB presentaron diferencias con las categorías de calidad CD (34,8 % vs 76.0%, respectivamente). El análisis de conglomerados determinado por la proporción del número de variables implementadas en cada categoría y las variables de la categoría D y el número de vacas en fincas mostró: nicho 1, 76.0%, nicho 2, 93% y nicho 3, 55%. El análisis del nivel de calidad en el contexto de los nichos y el ordenamiento municipal mostró valores mayores para el nicho 1 (72.4%) y el municipio de Saravena (68.7%) ( $p < 0.05$ ). El efecto del nicho analizado a través de variables cuantitativas mostró un menor tiempo de la finca hasta la transformación del producto en quesos, un mayor número de vacas por hectárea y un menor conteo de células somáticas ( $p < 0.05$ ). El uso relativo de variables por categorías de calidad mostró un promedio de uso mayor y porcentaje global para el nicho 1 ( $p < 0.05$ ). Las categorías AB y CD fueron diferentes entre el nicho 1 y el nicho 3 ( $p < 0.05$ ). Altos porcentajes de apropiación fueron observados para las variables de las categorías CD: grupo racial, ordeño manual, sal mineral, vitaminas y control de endo y ecto- parásitos con valores superiores al 93% en el nicho 1 comparado con el nicho 3 ( $p < 0.05$ ). La caracterización funcional de los nichos presentó diferencias significativas para las variables UGG/ha y producción de leche (l/vaca/día) siendo menor y mayor respectivamente en el nicho 3 ( $p < 0.05$ ). El recuento de células somáticas se asoció a la concentración de grasa de la

- X Caracterización de la leche producida y transformada en sistemas de producción doble propósito del pie de monte Araucano bajo esquemas de calidad total en el Departamento de Arauca
- 

leche a concentraciones mayores de 600.000 células/ml ( $p < 0.05$ ), con un efecto directo sobre la concentración de sólidos totales ( $p < 0.05$ ). La relación significativa entre la viabilidad y las categorías de calidad fue significativa para el global y para las categorías asociadas con la seguridad y sostenibilidad de la producción ( $p < 0.001$ ). En particular para estas categorías se observaron efectos significativos en el coeficiente B del análisis de regresión binaria para las variables uso de cantinas, UFS/ha, vacas/ha y el grupo racial. El análisis del exponencial del coeficiente B y de su intervalo de confianza mostró la plasticidad de la relación entre la viabilidad del sistema de producción de doble propósito y las variables de calidad descritas

**Palabras claves: bovinos, leche, categorías de calidad, nichos, viabilidad, sistemas doble propósito, Piedemonte Araucano.**

## Abstract

The objective of this thesis was to investigate the meaning of the quality of bovine milk in dual-purpose systems of the Piedemonte Araucano. This was built in four categories: technological (A), hygienic (B), safety (C) and sustainability (D). The study was carried out among 351 farms selected through non-probability sampling with information collected at the farm level. 17 variables were selected and a conglomerate analysis (two-stage cluster) was used to define niches, compared with ANOVA tests and mean differences for Tukey and Tamhane. A binary logistic regression was applied to assess the impact of the variables associated with each quality category and their relationship with the viability of the farm. The level of quality of the milk was 60.6% with differences between quartiles of 21.4 points, reflecting its heterogeneity. The AB quality categories presented differences with the CD quality categories (34.8% vs 76.0%, respectively). The cluster analysis determined by the proportion of the number of variables implemented in each category and the variables of category D and the number of cows on farms showed: niche 1, 76.0%, niche 2, 93% and niche 3, 55%. The analysis of the level of quality in the context of the niches and the municipal order showed higher values for niche 1 (72.4%) and the municipality of Saravena (68.7%) ( $p < 0.05$ ). The effect of the niche analyzed through quantitative variables showed a shorter time from the farm to the transformation of the product into cheese, a higher number of cows per hectare and a lower somatic cell count ( $p < 0.05$ ). The relative use of variables by quality categories showed a higher average use and overall percentage for niche 1 ( $p < 0.05$ ). Categories AB and CD were different between niche 1 and niche 3 ( $p < 0.05$ ). High percentages of appropriation were observed for the variables of the CD categories: racial group, manual milking, mineral salt, vitamins and endo and exo-parasites control with values higher than 93% in niche 1 compared to niche 3 ( $p < 0.05$ ). The functional characterization of the niches presented significant differences for the variable's UGG / ha and milk production (l / cow / day) being lower and higher respectively in niche 3 ( $p < 0.05$ ). The somatic cell count affected the concentration of milk fat at concentrations greater than 600,000 cells / ml ( $p < 0.05$ ), with a direct effect on the concentration of total solids ( $p < 0.05$ ). The significant relationship between viability and the quality category was significant for the global and for the categories associated with the safety and sustainability of production ( $p < 0.001$ ). In particular, for these categories, significant effects were observed in the coefficient B of the analysis of binary regression for

the variables: use of canteens, UFS / ha, cows / ha and the racial group. The analysis of the exponential of the coefficient B and its confidence interval showed the plasticity of the relationship between the viability of the dual-purpose production system and the quality variables described.

**Keywords:** Cattle, milk, quality categories, niches, viability, dual-purpose systems, Piedemonte Araucano

# Contenido

	Pág.
<b>Resumen</b> .....	<b>IX</b>
<b>Lista de figuras</b> .....	<b>XV</b>
<b>Lista de tablas</b> .....	<b>XVI</b>
<b>Lista de Símbolos y abreviaturas</b> .....	<b>XVIII</b>
<b>1. Introducción</b> .....	<b>19</b>
<b>2. Capítulo 1. Revisión de Literatura</b> .....	<b>23</b>
2.1 Los sistemas de producción de leche bovina .....	24
2.1.1 Sistemas de producción bovina de doble propósito del trópico bajo .....	25
2.2 Innovaciones tecnológicas en sistemas de producción bovina de doble propósito	29
2.3 La producción de leche bovina en sistemas de producción doble propósito .....	30
2.4 El concepto de calidad en los productos de origen animal .....	32
2.4.1 Calidad y parámetros de calidad de la leche bovina .....	34
2.5 Bibliografía .....	45
<b>Capítulo 3. Caracterización de la calidad de leche producida y transformada en sistemas bovinos de doble propósito del Piedemonte Araucano</b> .....	<b>60</b>
Resumen .....	60
Abstract .....	61
3 Introducción .....	63
3.1 Materiales y Métodos .....	64
3.1.1 Población y selección de las fincas .....	65
3.1.2 Localización, aspectos geográficos, ambientales y de manejo .....	66
3.1.3 Información recolectada en las fincas .....	68
3.1.4 Descripción muestreo y pruebas de calidad de la leche.....	68
3.1.5 Descripción del sistema y sus componentes.....	69
3.1.6 Procesamiento y análisis estadístico de la información.....	74
3.2 Resultados y Discusión .....	77
3.2.2 Análisis por áreas tecnológicas para los sistemas de producción de doble propósito.....	77
3.2.3 Análisis de conglomerados o nichos de producción.....	78
3.2.4 Análisis de regresión para variables de la finca .....	90
3.3 Bibliografía .....	96

XIV **Caracterización de la leche producida y transformada en sistemas de producción  
doble propósito del Pie de monte Araucano bajo esquemas de calidad total**

---

<b>4</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>103</b>
4.1	Conclusiones .....	103
4.2	Recomendaciones .....	104

## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 2 - 1</b> Mapa condición climática Departamento de Arauca .....	66
<b>Figura 2-2</b> Esquema calidad total de la leche a través de cuatro categorías en sistemas de producción bovina de doble propósito del Piedemonte Araucano.....	73
<b>Figura 2- 3</b> Medida de cohesión de silueta y separación-calidad del conglomerado .....	79
<b>Figura 2- 4</b> Conglomerados e importancia de variables .....	80

## Lista de tablas

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1-1.</b> Investigaciones sobre calidad composicional de la leche bovina en sistemas de doble propósito en Colombia.....	39
Tabla 2 -1 Número de fincas por municipio incluidas en el estudio .....	65
<b>Tabla 2 -3.</b> Número de fincas por zona de vida incluidas en el estudio .....	67
<b>Tabla 2- 4</b> Categorías de calidad de la leche en sistemas de doble propósito del Piedemonte Araucano.....	70
<b>Tabla 2- 5</b> Categorías de calidad de la leche en sistemas de producción de doble propósito del Piedemonte Araucano .....	77
<b>Tabla2- 6.</b> Matriz de correlación entre áreas tecnológicas (categorías AB) e inocuidad y sostenibilidad (categorías CD) .....	78
<b>Tabla 2- 7.</b> Efecto del nicho de calidad y el municipio sobre el porcentaje de variables de calidad en sistemas de producción de doble propósito del Piedemonte Araucano.....	81
<b>Tabla 2- 8.</b> Efecto del nicho de calidad y de variables cuantitativas de calidad en sistemas de producción de doble propósito del Piedemonte Araucano.....	82
<b>Tabla 2- 9.</b> Uso relativo de variables de calidad de la leche, % por categorías tecnológicas (AB) y no- tecnológicas (CD) en nichos de producción de sistemas de doble propósito del Piedemonte Araucano .....	87
<b>Tabla 2- 10.</b> Área y caracterización funcional de la finca por nichos de producción en sistemas de doble propósito del Piedemonte Araucano .....	88
<b>Tabla 2- 11.</b> Unidades de trabajo y variables asociadas a la producción de leche por nichos de producción en sistemas doble propósito del Piedemonte Araucano.....	89
<b>Tabla 2- 12.</b> Efecto del recuento de células somáticas (RCS,No/10 <sup>3</sup> ) sobre características de la leche producida en sistemas de doble propósito del Piedemonte Araucano .....	89
<b>Tabla 2- 13.</b> Regresión logística para el global de categorías de calidad en la leche en sistemas de doble propósito del Piedemonte Araucano .....	90
<b>Tabla 2- 14</b> Regresión logística para las categorías de calidad de la leche relacionada con áreas tecnológicas y no- tecnológicas en sistemas de doble propósito del Piedemonte Araucano.....	91
<b>Tabla 2- 15.</b> Regresión logística para las categorías de calidad de la leche relacionada con áreas no- tecnológicas en la variable uso de cantinas en sistemas de doble propósito del Piedemonte Araucano .....	92
<b>Tabla 2- 16.</b> Regresión logística para las categorías de calidad de la leche relacionadas con áreas no- tecnológicas en la variable UFS/Ha en sistemas de doble propósito del Piedemonte Araucano.....	92

---

<b>Tabla 2- 17.</b> Regresión logística para las categorías de calidad de la leche relacionadas con áreas no- tecnológicas en la variable vacas/ha en sistemas de doble propósito del Piedemonte Araucano .....	93
<b>Tabla 18</b> Regresión logística para las categorías de calidad de las leches relacionadas con áreas no- tecnológicas en la variable grupo racial en sistemas de doble propósito del Piedemonte Araucano .....	93
<b>Tabla 2- 19.</b> Valores referenciales de la calidad de la leche cruda de acuerdo a su composición. ....	95

## Lista de Símbolos y abreviaturas

<b>Abreviatura</b>	<b>Término</b>
PBA	Proyecto Bovino Arauca
DP	Doble Propósito
BPG	Buenas Prácticas Ganaderas
UFS	Unidades Funcionales
Ha	Hectárea
LT	Lechería Tropical
UGG	Unidades Gran Ganado
UTA	Unidades de Trabajo

# 1. Introducción

Colombia es el cuarto productor de leche bovina en Latinoamérica con un volumen aproximado para el año 2016, de 6.505.631.854 millones, superado sólo por Brasil, México y Argentina (Consejo Nacional Lácteo, 2020). A nivel mundial, el país ocupa el lugar número 15 dentro de la clasificación global de producción de leche bovina. La producción de leche bovina tiene una influencia significativa en el desarrollo social y económico de la ruralidad colombiana con una tendencia de crecimiento exponencial en los últimos 20 años. Un crecimiento tecnológico significativo de los diferentes componentes de la producción a nivel de la finca y la cadena de producción han soportado este incremento en volumen, redundando en la seguridad nutricional y calidad de vida de las comunidades rurales y urbanas donde se generan los procesos de producción, transformación y comercialización de la leche y sus derivados (Corporación Colombiana Internacional [CCI], 2013). La producción de leche cruda en Colombia alcanzó en el 2019 los 7.301 millones de litros manteniendo una tendencia incremental en los últimos cuatro años (Federación Colombiana de Ganaderos [FEDEGAN], 2019). De este volumen el 60%, más de 4000 millones de litros de leche provienen de sistemas de producción de doble propósito, actividad económica que es realizada fundamentalmente por pequeños y medianos productores (Espinal et., al 2005). Adicionalmente, la producción de leche bovina genera 618.000 empleos en el país, de los cuales 520.000 corresponden a sistemas de doble propósito comparado con 98.000 del sistema de lechería especializada (Industria y Comercio 2012); (Mojica, et. al 2007)

El departamento de Arauca cuenta con un inventario ganadero de 1.187.948 cabezas distribuidas en 10.905 predios (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2020). Los datos más recientes de la composición del hato ganadero departamental datan del año 2011 y muestran que el 57% corresponde a sistemas de cría, un 22% a sistemas de doble propósito, un 19% a sistemas de ceba y un 2% a sistemas de lechería tropical (Henao et al. 2013). La producción de leche bovina se concentra en la microrregión del Piedemonte

## 20 Caracterización de la leche producida y transformada en sistemas de producción doble propósito del pie de monte Araucano bajo esquemas de calidad total en el Departamento de Arauca

---

Araucano, en los municipios de: Arauquita, Fortul, Tame y Saravena, con una alta proporción de tipologías de producción extensiva, donde predomina el ordeño manual y el producto es destinado al consumo directo familiar, la comercialización en centros de acopio y transformación en queso en la finca, en queseras locales artesanales y su distribución para consumo directo en las cabeceras municipales. El sistema se caracteriza por la estacionalidad de la producción con un período de alta oferta entre los meses de abril a julio y una baja producción en los meses de diciembre a marzo.

La calidad de la leche es esencial para la inmersión del producto en el mercado desde lo local hasta un mercado regional; sin embargo, en el país se desconoce en gran parte el estatus higiénico-sanitario de la leche cruda disponible a nivel de la finca y entre ellos el de la producción de leche bajo el sistema del doble propósito, en consideración a que la leche es comercializada por litros, en forma cruda por pequeños y medianos productores (Patiño, 2012). En particular, en el Piedemonte Araucano se desconocen las características de calidad del producto y su relación con el proceso de producción en términos de su composición química y de características higiénicas y sanitarias, por lo que es limitado el conocimiento de los requerimientos tecnológicos necesarios para el mejoramiento de la productividad y sostenibilidad de la producción de leche con esquemas que incluyen las expectativas de los consumidores con un enfoque de calidad total.

La leche en Arauca es comercializada por volumen y no de acuerdo a la resolución 0017 del 2011, de pago por calidad y las características de producción están en consecuencia al margen de políticas, programas y normas de orden Nacional, como son: la aplicación de las buenas prácticas ganaderas y de normatividad vigente, entre ellas la aplicación del decreto 616 del 2006, para la producción, transporte, comercialización y transformación de la leche. Estos aspectos constituyen una desventaja para la sostenibilidad y competitividad del sector, no sólo en la producción y comercialización de la leche cruda, sino también en su transformación a productos lácteos, que, si bien pueden tener una ventaja comparativa por su valor cultural y tradicional agregado, se minimizan por las expectativas de los consumidores, con respecto a su calidad.

En este contexto, la política nacional para la autosuficiencia y sostenibilidad económica busca insertar las innovaciones tecnológicas según la vocación de la producción construyendo de esta forma nuevas capacidades que apuntan a la competitividad regional

generando empleo y fortaleciendo la capacidad de emprendimiento de los pequeños y medianos productores con la creación de nuevas empresas que mejoren las condiciones de vida de sus habitantes (Jurado et al., 2018). Igualmente, se requiere del desarrollo de conglomerados de producción que caractericen la gran variedad de condición de producción y la comercialización de la leche (Bohórquez et al., 2012). En este sentido, el Conpes (2010) propone para el sector lácteo fomentar la obtención de la certificación oficial en buenas prácticas ganaderas (BPG), sellos de calidad para productos regionales que cumplan con la normatividad correspondiente (denominación de origen, sello verde, sello ecológico, entre otros), encaminados a la captura de nuevos mercados, el posicionamiento de los productos y la mejora de los ingresos de los productores.

En particular, la competitividad y sostenibilidad del sector lácteo en el Piedemonte Araucano requiere de un análisis detallado de la calidad por componentes tecnológicos, de calidad higiénica del producto, de inocuidad y de sostenibilidad a nivel del sistema de producción finca; debe incluir el análisis de innovaciones tecnológicas relacionadas con diferentes componentes del sistema de producción de doble propósito. El desarrollo de este estudio se convierte en una herramienta fundamental estratégica para la toma de decisiones cotidianas y su análisis en perspectiva no sólo a nivel de la finca, sino en toda la cadena de producción.

La investigación realizada en esta tesis desarrolla la hipótesis que existen diferencias en la calidad de la leche bovina asociada a categorías relacionadas con la inclusión de innovaciones tecnológicas en sistemas de producción de doble propósito, lo cual tipifica los sistemas de producción local e influye en la viabilidad de las unidades de producción localizadas en el Piedemonte Araucano. El objetivo general de la investigación fue la caracterización de la leche producida y transformada en quesos artesanales en sistemas de producción doble propósito del Piedemonte Araucano bajo esquemas de calidad total y los objetivos específicos fueron: construir desde el enfoque de la innovación tecnológica el conocimiento de los sistemas de doble propósito a partir de la caracterización de la calidad de leche de acuerdo a los niveles tecnológicos de producción y analizar los componentes estructurales y tecnológicos de las fincas y su influencia en la calidad de la leche bajo un esquema de calidad total.

El documento se presenta por capítulos y es el resultado del análisis de la información obtenida a través del Proyecto Bovino Arauca (PBA), el cual está inmerso en el marco del

22 Caracterización de la leche producida y transformada en sistemas de producción doble propósito del pie de monte Araucano bajo esquemas de calidad total en el Departamento de Arauca

---

Convenio de Cooperación 559 de 2013, celebrado entre la Gobernación del Departamento de Arauca, la Federación de Comités de Ganaderos de Arauca y la Universidad Nacional de Colombia, cuyo objeto fue el “Desarrollo de un programa de gestión tecnológica para la innovación social y productiva de la carne y la leche en sistemas de producción bovina de la región de los Llanos de Colombia”, particularmente para este trabajo se analizan los sistemas de doble propósito localizados en la microrregión del Piedemonte Araucano. En el capítulo 2, se hace una revisión del estado del arte sobre la tipificación de los sistemas de producción de doble propósito y los desarrollos del enfoque de calidad total en la leche y en el capítulo 3 se presenta la caracterización de la calidad de leche en el Piedemonte Araucano de acuerdo a los niveles tecnológicos de producción y los requerimientos del mercado con un enfoque de calidad total. En el capítulo 4 se presentan conclusiones y recomendaciones de la investigación.

## 2. Capítulo 1. Revisión de Literatura

El desarrollo de la ganadería bovina en Colombia y en general en América Latina se ha caracterizado por la implementación de un modelo extensivo con un impacto estructural sobre los recursos naturales a partir de procesos de deforestación de los bosques, por la incorporación de gramíneas para pastoreo. De otra parte, la ganadería se desarrolla en sistemas fundamentalmente de sequía que requieren el desarrollo de modelos que permitan optimizar el uso del agua, con una visión más integral de la biomasa disponible, el almacenamiento y utilización del recurso vital, la protección de cuencas, la valoración de requerimientos hídricos y el desarrollo de germoplasma forrajeros con tolerancia a la sequía o a la inundación.

En el trópico bajo los recursos más abundantes para la producción bovina son la tierra, la mano de obra y su uso evoluciona con los procesos de especialización de la producción que hacen que se localicen en tierras de mejor calidad y alto precio, con una dotación de infraestructura vial, de transporte adecuada y un fácil acceso a los mercados locales y regionales. De otra parte, las inversiones en infraestructura física y equipos están soportadas en la necesidad de una mayor expresión del potencial genético de los animales, para lo cual se acude a la suplementación estratégica alimenticia durante los ciclos y estadios funcionales del proceso de producción (Rivas y Holman, 2002). Esta tendencia ha evolucionado hacia el desarrollo de códigos de buenas prácticas en el manejo de las praderas, incentivando el uso de gramíneas y leguminosas forrajeras que dan un espacio a la disponibilidad de biomasa forrajera de buena calidad, evitando el sobrepastoreo y recuperando bosques y áreas degradadas, pero manteniendo más o menos constante el área promedio de las fincas, a la vez que incrementa su productividad (Holman et al., 2002). Como indicadores de esta dimensión económica están la distribución y uso de la tierra expresada en términos del área total de la finca, el área total en pastos, el área de cultivos, el área de descanso, el área de bosques y la productividad de la tierra; el área de pastos mejorados, el uso de leguminosas y de buenas prácticas sanitarias en el

componente tecnológico, mientras que en el componente económico se encuentran indicadores de rentabilidad tales como: el costo unitario del producto, la composición de balances ingresos-egresos, el costo por factor de producción, la disponibilidad de crédito, el valor agregado de los productos, el mercadeo y comercialización de los mismos.

## **2.1 Los sistemas de producción de leche bovina**

Un sistema de producción de leche bovina es definido como el conjunto de actividades desarrolladas por el productor a nivel de unidad de producción o finca orientadas hacia una producción de lechería especializada o de doble propósito (Loaiza, 2012). En los sistemas de lechería especializada la vaca es ordeñada sin la presencia del ternero, siendo estos destetados a los pocos días de nacidos. En estos sistemas se suplementa con alimentos concentrados comerciales, la producción de leche por vaca es relativamente alta durante un ciclo de producción de 305 días por año, predominado razas puras con genes provenientes de razas europeas especialmente, Holstein (Holmann et al., 2006). En contraste, el sistema de doble propósito se define en el trópico alto como un sistema dedicado como mínimo en un 80% a la producción de leche, mientras que en el trópico bajo esta dedicación es del 50%. El resto de la producción es orientada a la obtención de terneros destetos o la realización de ciclos completos de producción de carne (Conpes 3676, 2010).

Los sistemas de producción de bovinos crecen y se desarrollan en diferentes escenarios ambientales a partir de recursos naturales que les permite a los animales expresar su potencial de producción en términos de carne y leche. Estos escenarios ambientales para la producción son sensibles y han sido afectados por procesos de degradación y agotamiento de los recursos naturales y por lo tanto es necesario hacer un uso eficiente, eficaz y efectivo de dichos recursos (Gil y Vilches, 2003). En el proceso de crecimiento y desarrollo cotidiano de los sistemas de producción, la tecnología y la innovación tecnológica con una visión sistémica ha sido pieza fundamental para su competitividad y sostenibilidad definida a nivel de la unidad de producción, con un esquema logístico y operativo que integra diferentes contextos sociales, económicos y ambientales, en función de las exigencias y expectativas de los consumidores por sus productos: carne y leche.

### **2.1.1 Sistemas de producción bovina de doble propósito del trópico bajo**

Los sistemas de producción bovina de doble propósito del trópico bajo se fundamentan en el uso de pasturas naturales o artificiales que en general operan de forma armónica con el ambiente (Morillo y Urdaneta, 1998). Este sistema presenta diferentes gradualidades de intensificación y ubicación en contextos socioeconómicos diversos, sobresaliendo la configuración de un sistema de producción mixta que cubre el 78% del inventario de hembras lecheras y que aporta alrededor del 40% de la oferta regional de leche en América Latina y el Caribe (Rivas y Holman, 2002). Adicionalmente, el sistema de producción de doble propósito es un sistema de manejo de la producción donde simultáneamente se obtiene leche y carne de manera rentable en una unidad de producción (Contexto Ganadero, 2013). En este contexto, este sistema tiene como pilar de la producción, el componente genético que en general corresponde a cruces de la raza cebú con razas especializadas de leche compitiendo con sistemas especializados, localizados en el Trópico de altura, pero con unos requerimientos de capital menores (Rivas y Holman, 2002). Su análisis estructural y funcional se fundamenta en aspectos económicos, pero su visión es limitada en aspectos ecológicos y sociales, los cuales son fundamentales para un desarrollo competitivo y sostenible de este tipo de producción bovina tropical. Pérez et al, (2002) analiza estos componentes a través de indicadores que incluyen la dimensión social: las condiciones de vida, el nivel educativo del productor y su familia, el nivel de salud, el índice de pobreza y el nivel de participación ciudadana; en la dimensión económica: el acceso y disponibilidad de créditos, los costos de producción, los rendimientos de carne y leche por hectárea, la comercialización y en la dimensión ambiental: el nivel de utilización de fertilizantes y otros agroquímicos, el grado de toxicidad de estos insumos, el manejo de los desechos y la conservación del suelo.

Los sistemas de producción bovina de doble propósito en el trópico bajo presentan diferentes esquemas de manejo orientados a mejorar la rentabilidad, incorporar evaluaciones del impacto ambiental y elaborar diferentes alternativas tecnológicas que produzcan un menor impacto en los ecosistemas (Urdaneta et al., 2004). Entre estas

alternativas tecnológicas están las prácticas de fertilización, el ajuste de cargas animales por unidad de superficie, la división de los potreros, el uso de suplementación estratégica alimenticia, el manejo de leguminosas, el establecimiento de bancos de proteína, entre otras (Chacón, 2005). En estos sistemas se produce conjuntamente carne y leche, lo cual frecuentemente va asociado con la cría de todos los terneros (machos y hembras) mediante un proceso de amamantamiento directo (Cortez et al., 2003). Este sistema se caracteriza por su tecnología tradicional, su alto grado de adaptabilidad a los recursos naturales de la región y por su importancia socioeconómica, como generador de dos productos básicos de la seguridad alimentaria; igualmente, por utilizar recursos de bajo costo de oportunidad, particularmente tierra y en menor escala, mano de obra (Rivas, 1992). Según Garavito (2012) en el trópico bajo se concentran las razas cebuínas, que han mostrado una excelente adaptación a las difíciles y complejas condiciones de este entorno. Adicionalmente, los cruzamientos de *B. Taurus* x *B. Indicus* han mostrado una excelente expresión en condiciones adversas, especialmente por la resistencia del cebú a la presencia de ecto y endo parásitos (garrapatas principalmente) (Herrera y Arguedas, 2014), que encuentran en estos pisos térmicos condiciones ideales para su manifestación, limitando la expresión productiva de los animales. Las razas criollas, por su parte, se convierten en alternativa de cruzamiento por su adaptación, no sólo a las condiciones del medio, sino por su mayor eficiencia de producción, de acuerdo con la disponibilidad y calidad de las pasturas. En el doble propósito, el precio de la leche es relativamente más alto comparado con el precio de la carne y el sistema permite una mayor flexibilidad en el mercado ajustado a las variaciones en los precios relativos de la carne y la leche. Igualmente, el sistema requiere muy pocas inversiones comparado con los sistemas de carne especializados, genera empleo en las labores de ordeño y provee un flujo de caja diario y la leche para el consumo familiar (Sere y Vaccaro, 1984).

En particular, en Colombia este tipo de ganadería se viene desarrollando en zonas entre 0 – 1.000 m.s.n.m. en la región Caribe; en la parte oriental el Piedemonte del Meta y Arauca y el Piedemonte Amazónico; en la zona occidental, el Valle del Cauca y en la zona central, el Valle del Magdalena (Pinzón, 2007). Según Fedegan (2018), la ganadería doble propósito aporta el 55% de la leche producida en Colombia, demostrando la importancia de esta forma de producción, que se desarrolla mayoritariamente bajo un sistema de

producción de pastoreo extensivo. Para Holmann et al., (2003), este tipo de explotación ha sido una alternativa para el ganadero, dada la importancia económica de la leche en el sistema, si se tiene en cuenta que buena parte de los ingresos en las fincas de doble propósito se derivan de la producción y venta de leche, y como segunda fuente de ingresos la venta de terneros destetos; de otra parte, esta es una actividad ejercida en su gran mayoría por medianos y pequeños productores (Arango et al., 1989). De acuerdo con Holmann (1998), las principales limitaciones para aumentar la productividad en estos sistemas de producción son la baja cantidad y la pobre calidad del forraje disponible, el potencial genético de los animales y el manejo.

El sistema tiene diferentes grados de intensificación, pero su nivel tecnológico es bajo (Gallardo et al., 2010). La práctica del ordeño es llevada a cabo una vez por día con la presencia del ternero. Al ternero se le permite mamar al comienzo del ordeño o simplemente permanece cercano a la vaca y algunas veces se le deja un cuarto, pero en otros casos, el productor deja una leche residual en cada uno de los cuartos en cantidades que oscilan entre el 15 y 20% del total (Ugarte y Preston 1976) En general, el ternero permanece con la vaca hasta las horas de la tarde y los animales caminan largas distancias diariamente para acceder al ordeño. Los terneros son alojados en la noche, frecuentemente sin acceso a alimento y agua. Las condiciones higiénicas del ordeño son extremadamente pobres, una alta proporción (más del 50%) ordeña sobre la tierra, sin ninguna fuente de agua disponible, no se lavan las ubres, ni se filtra la leche. En este contexto, la calidad inicial de la leche también se ve afectada por las altas temperaturas ambientales presentando serios problemas de orden sanitario y de salud pública, limitando el acceso de la leche a los mercados (Holmann et al., 2003).

El número de vacas mantenidas en el hato y la proporción de machos al año de edad indican la importancia fundamental para el productor del ternero desteto. Las mayores inversiones de capital que el productor realiza las hace en tierra y en ganado. Al respecto, Ramírez et al (2013) señalan que estos sistemas por lo general, se desarrollan en áreas marginales cuyos suelos son poco fértiles y donde se cultivan gramíneas forrajeras sujetas a un manejo extensivo. El uso de pastos de corte es marginal y muy pocos productores aplican fertilización en sus fincas, pero algunas formas de control de malezas y manejo de las praderas se observan cuando se realiza un pastoreo rotacional. La calidad nutricional

de esta biomasa es relativamente baja y en efecto algunos productores utilizan suplementos alimenticios estratégicos para suplir la deficiencia de energía y proteína del sistema, en fases fisiológicas críticas. Igualmente, el uso de sales minerales busca cubrir la demanda para superar la prevalencia de deficiencias de minerales en el suelo. El uso de suplementos estratégicos se usa en vacas de leche recién paridas y en animales en la etapa de ceba. Los animales recién destetos y en la fase de levante están expuestos a las fluctuaciones en la disponibilidad de nutrientes de las praderas y continuamente sufren de fluctuaciones en las tasas de crecimiento y la valoración de su condición corporal (Proyecto Bovino Arauca [PBA], 2017). El nivel de educación de los propietarios y mayordomos y en general de la mano de obra disponible también presenta grandes contrastes. El tamaño de las fincas es variable, algunas se localizan en áreas marginales donde la calidad de los suelos y la accesibilidad o topografía es limitada por las características del paisaje. Los sistemas de monta son naturales y la identificación del ganado es variable con diferentes aproximaciones a la valoración de la producción, a través de registros (PBA, 2017).

La información sobre la economía de la producción del sistema doble propósito es escasa y el sistema se caracteriza por bajo comportamiento (bajas entradas y bajas salidas), de tal forma que los indicadores económicos son complejos de establecer a nivel de finca. Las bajas entradas hacen más sensible la valoración de los factores de producción: tierra, capital y trabajo y en algunos análisis muestran en concordancia con estos factores y su precio en el mercado, que los ingresos netos pueden ser negativos, ya que se requiere de un escalamiento de la producción para alcanzar los puntos de equilibrio; sin embargo, las ventajas del flujo de caja y la seguridad a la inversión muestran unos retornos importantes en la economía familiar de los productores. (PBA, 2017). Los sistemas de doble propósito han demostrado a través de los años su gran flexibilidad, con una gran adaptabilidad, lo cual le ha permitido lograr una tendencia hacia la producción de leche o carne de acuerdo a las fluctuaciones del mercado y a los cambios de políticas que se implementan a nivel nacional (Bermúdez, 2005). Muchos productores son exitosos y han crecido en riesgos cero, pero también es cierto que en la mayoría de las fincas no se cuenta con sistemas de registros e información adecuados, los cuales analizados periódicamente permitirían definir los resultados operacionales y económicos de la gestión de producción durante un ciclo anual.

Gamarra (2004) plantea que una de las ventajas, de los sistemas de doble propósito es que permite manejar una mayor liquidez financiera al ganadero en comparación a la ceba. En el proceso de engorde de animales los ingresos solo son recibidos al final del periodo, mientras que los ingresos por ordeño y venta de animales son obtenidos con mayor periodicidad (semanal o mensual) en el sistema de producción de doble propósito tradicional. Los ingresos provenientes de la leche suelen constituir alrededor del 50% de los ingresos totales (Pinzón, 2007) y Holmann et al (2003) constataron que este tipo de ganadería es más rentable en las regiones del trópico bajo de Colombia (Orinoquía y el Caribe), e indican la necesidad que en el país se establezcan estrategias diferenciadas de investigación y transferencia de tecnología para explotar en forma más eficiente las ventajas comparativas con una transición a ventajas competitivas de las cadenas de producción de carne y leche bovina en cada región natural.

## **2.2 Innovaciones tecnológicas en sistemas de producción bovina de doble propósito**

Los mayores desarrollos tecnológicos han sido orientados a mejorar la distribución estacional de la biomasa forrajera, como también de su valor nutricional (Centro de Investigación de Agricultura Tropical [CIAT], 1983). La inclusión de leguminosas forrajeras incluyendo arbóreas han sido parte fundamental del proceso debido al costo de la fertilización nitrogenada con fertilizantes sintéticos y las dificultades de almacenar suplementos proteínicos en ambientes de alta humedad (Paterson, 1982). Igualmente, las leguminosas han jugado un papel importante en la oferta forrajera durante el período seco (CIAT, 1983). El pastoreo ha sido la base fundamental de la producción debido a la dificultad de producir forrajes conservados. El uso de subproductos agroindustriales como suplementos para el pastoreo rotacional ha soportado en buena medida la intensificación a nivel local de la producción de carne y leche en sistemas de doble propósito. Las deficiencias de minerales han sido cubiertas con suplementos ajustados a las necesidades locales de los mismos.

Los desarrollos tecnológicos de sistemas de doble propósito en regiones tropicales han permitido producir carne y leche a bajo costo, con un valor agregado en la generación de empleo (Rivas y Holmann, 2002). Los sistemas de doble propósito se caracterizan el uso de forrajes mejorados introducidos como principal fuente alimenticia para cubrir los requerimientos de mantenimiento y producción de leche de los animales. En este sistema, el ternero permanece como se ha indicado con la vaca, durante un período variable de tiempo y durante el ordeño (Gallegos-Sánchez, 1990; Juárez et al., 1999).

### **2.3 La producción de leche bovina en sistemas de producción doble propósito**

La producción de leche en los sistemas de doble propósito se localiza en zonas apartadas de las grandes ciudades, donde los productores no cuentan por lo general, con tanques de enfriamiento para preservar la calidad del producto. En estos sistemas es común que el ternero estimule la bajada de la leche y después del ordeño es permitido que amamante, la madre por un tiempo limitado (Orihuela, 1990). El amamantamiento restringido produce efectos importantes tanto en las vacas como en los terneros; es así como este tipo de manejo del ordeño incrementa la producción de leche (Everitt y Philips, 1971; Knowles y Edwards, 1983; Mejía et al., 1998; Bar-Peled et al., 1995) y cuando el ternero consume la leche residual después del ordeño, incrementa el grado de vaciado de la ubre y su posterior llenado con una mayor producción de leche (Sandoval-Castro et al., 2000). Sin embargo, cuando los terneros consumen la leche residual, el contenido de grasa de la leche en ordeños mecánicos puede ser reducido (Sandoval- Castro et al., 1999; Margerison et al., 2002). Los ordeños se realizan una vez por día debido a la carencia de refrigeración para el acopio de la leche. El ordeñar una vez por día conduce a una menor producción de leche, comparado con animales ordeñados dos veces por día (Davis et al., 1999). Una mayor disponibilidad de leche vendible y una disminución de la mortalidad en los terneros y la incidencia de mastitis ha sido observada cuando se ordeña con el ternero durante el ciclo de lactancia (Álvarez y Saucedo 1982, Preston y Vaccaro 1989, Preston, 1984).

Estos sistemas de producción se caracterizan por una reducida incidencia de mastitis, la cual es explicada por factores mecánicos debido al amamantamiento (Rigby et al., 1976), el mejoramiento del vaciado de la ubre e inhibidores en la saliva del ternero (Rigby et al., 1976; Mejía et al., 1998). Sin embargo, es importante señalar que el amamantamiento restringido incrementa la exposición del canal de la teta a bacterias y el tiempo en que el canal permanece abierto predispone en algunos ambientes sucios, a la presencia de mastitis.

La producción de leche en los sistemas de doble propósito hace referencia a la leche vendible, excluyendo la consumida por el ternero. Este indicador muestra una producción de leche de 3 a 4 L por vaca por día (menos de 1000 kg por lactancia). La longitud de la lactancia es pobremente documentada y variable; es afectada por la mortalidad de los terneros. Las vacas cesan la producción por una limitada disponibilidad de biomasa forrajera o por la escasez de mano de obra. La producción de carne por hectárea se localiza entre 45 a 192 kilos, mientras la producción de leche se localiza en un rango de 182 a 746 kilos de leche (Sere y Vaccaro, 1984).

En particular, la producción de leche bovina en el departamento de Arauca se centra en la región del Piedemonte Araucano, en los Municipios de: Arauquita, Fortul Tame y Saravena, con altitudes entre 100 y 900 msnm, en su totalidad está dado por sistemas de producción doble propósito de ganadería extensiva, donde predomina el ordeño manual, el producto es destinado al consumo directo, comercialización en centros de acopio, queseras locales y transformación en queso en la parcela en menor medida. El avance en la producción de leche se ha desarrollado a través del mejoramiento de los ganados criollos cebuínos con cruces de razas *Bos Taurus* como Holstein, Pardo Suizo y Normando, esta actividad se ha realizado de manera independiente y de acuerdo a los conocimientos empíricos de los productores ganaderos; sin embargo, las apuestas productivas de las entidades territoriales en el desarrollo del sector lácteo se han analizado estratégicamente (Plan de Desarrollo Departamental, 2012-2015).

## **2.4 El concepto de calidad en los productos de origen animal**

El concepto de calidad ha ido evolucionando dentro de la industria de producción de alimentos de origen animal, a raíz de los cambios en el conocimiento científico, en los métodos analíticos y en las expectativas de los consumidores. El consumidor mismo ha desempeñado siempre un papel importante dentro de las diferentes definiciones de calidad dado, después de los 50's, según Hammond (1952), Kramer y Twigg (1962), Bosticco (1989) y (Nardone y Valfre, 1999).

Los alimentos de origen animal, como una parte esencial de la dieta humana, han de ser: - inocuos, de ahí de bajo riesgo; rápidos y fáciles de preparar; - fácilmente digerible; - bajo en calorías (bajo en grasa, pero rico en ácido grasos esenciales); - ricos en compuestos de polímeros de alta calidad (especialmente proteínas); - ricos en nutrientes esenciales (vitaminas, minerales, etc.) (Valfre y Moretti, 1991). En forma asimilable en esa dirección se debe de considerar la calidad como todas las características de los productos alimenticios valorados por el consumidor. Esta implica necesidades declaradas e implícitas de los consumidores. Por tanto, es un concepto integral y polifacético, con la integración de la seguridad, rasgos sensoriales y nutricionales, trazabilidad, o consideraciones sociales (de interés público en la gestión del medio ambiente, bienestar animal, etc) (Valfre y Moretti, 1991). Sin embargo, la Seguridad y la Salud son las dos principales expectativas de los consumidores de los países desarrollados (Hocquette y Gigli, 2005).

Las características del producto son atributos concretos percibidos por el consumidor, las motivaciones de compra son entonces entidades abstractas que motivan el comportamiento de los consumidores a través de una amplia gama de productos. Las dimensiones de la calidad pueden ser definidas como las caracterizaciones de los productos específicos que los consumidores formulan basados en las características del producto, y que creen que indican la utilidad del producto en cumplimiento de motivaciones de compra (Gruner y Homburg, 2000). Estos datos nos permiten identificar los siguientes parámetros de calidad: propiedades higiénicas, vinculadas a la presencia en los alimentos de origen animal de compuestos indeseables (metales pesados, las micotoxinas, etc.),

residuos de plaguicidas utilizados en la agricultura, aditivos y residuos de fármacos, etc.; - propiedades químicas, por su composición química; - propiedades nutricionales, que son debidas a factores dietéticos y nutricionales (valor de la calidad y el tipo de proteína y grasa); - las propiedades sensoriales (sabor, color, textura, etc.); propiedades tecnológicas, ajustada según su aptitud para procesamiento y conservación (Valfre y Moretti, 1991).

La calidad es un concepto complejo y puede ser definida como las características que satisfacen a los consumidores y a los ciudadanos. El concepto de calidad puede dividirse en rasgos de calidad intrínseca (que son las características del propio producto) y rasgos de calidad extrínseca (que son más o menos asociados al producto, por ejemplo, el precio, un factor determinante de la compra, o cualquier marca o etiqueta de calidad). La calidad también puede ser genérica para el mercado de masas o corresponde a nichos de mercado específicos. La importancia relativa de las diferentes características de calidad varía con la cultura humana y tiempo, pero con una tendencia general a una mayor contribución a la salud, la seguridad y a las características de calidad extrínseca (Hocquette et al., 2005)

Los análisis de las características de calidad inicialmente se centraron en la inocuidad y atributos organolépticos de los alimentos, hoy los consumidores, buscan alimentos funcionales, que ayuden a una dieta sana, que involucra aspectos como los impactos ambientales de los procesos de producción, el bienestar animal entendido como el manejo y trato a los animales, el comercio justo y los productos con denominación de origen, entre otros. En la actualidad estos atributos son buscados por grupos de consumidores en países como Estados Unidos y Europa (Hocquette y Gigli, 2005).

La calidad de los productos de origen animal depende en primera medida de la fisiología, pasando por crecimiento y desarrollo de la cría, sujetos fundamentalmente a la calidad y composición de los recursos alimenticios suministrados. El manejo de los rebaños también puede afectar la calidad de los productos. La calidad también depende de las innovaciones tecnológicas de proceso aplicadas a la transformación de los productos, lo ideal es anticipar las propiedades finales de los productos alimenticios por cualquier método basado en la física, la bioquímica o cualquier otra herramienta (Scollan et al., 2006). De

esta manera, un papel estratégico en el diseño y desarrollo de productos lo realizan las innovaciones tecnológicas emergentes.

La suma de diferentes parámetros de calidad explica la calidad total de los alimentos de origen animal. La calidad total puede considerarse comprendida entre un mínimo de calidad, que representa el valor necesario para que el producto pueda ser considerado apto para el consumo humano bajo las leyes y regulaciones existentes, y un valor de máxima calidad, en el que cada parámetro está en el mayor nivel de acuerdo a las normas vigentes y expectativas del consumidor (Valfre y Moretti,1991), aunque es necesario entender que se hace cada vez más difícil definir el concepto de calidad por el creciente número de atributos intrínsecos asociados a la calidad y los consumidores más exigentes, más informados y con mayor poder adquisitivo.

#### **2.4.1 Calidad y parámetros de calidad de la leche bovina**

La leche es una compleja mezcla de distintas sustancias, presentes en suspensión o emulsión y otras en forma de solución verdadera y presenta sustancias definidas: agua grasa, proteína, lactosa, vitaminas, minerales; a las cuales se les denomina extracto seco o sólidos totales (Gómez y Mejía, 2005).

En Colombia la calidad de la leche cruda se encuentra en un proceso de mejoramiento continuo desde la finca, pasando por los procesadores, hasta las instancias gubernamentales, que buscan alinearse a los tratados de libre comercio establecidos con países productores de leche y sus subproductos lo que ha incrementado el interés del país por mejorar la calidad fisicoquímica y microbiológica de la leche. En el ámbito legislativo, la resolución 616 del 2006, establece los parámetros regulatorios para la producción comercialización de leche y productos lácteos en el territorio nacional, (Decreto 616, 2006), por otra parte se establece el sistema de pago por calidad que deben atender los agentes compradores de leche cruda para el pago a sus proveedores, normatividad que soportada por un sistema de laboratorios de análisis de leche bajo la coordinación de CORPOICA

(hoy AGROSAVIA) y sistema de vigilancia y control a través de la Unidad de Seguimiento de Precios de la Leche – USP y de la Superintendencia de Industria y Comercio. Este sistema propende por un mayor reconocimiento de la calidad higiénica, sanitaria y composicional. A través de la resolución 0017 del 2012 (Conpes 3675, 2010) se garantiza la inocuidad de la leche siguiendo los lineamientos del Codex Alimentarius, el cual es instrumentado por el Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos (HACCP, sigla en inglés).

La calidad de la leche es definida por las características nutricionales y microbiológicas; las características nutricionales se definen como el porcentaje de los diferentes constituyentes químicos: proteína, grasa, lactosa, minerales, vitaminas, sólidos no grasos y sólidos totales, entre otros (Calderón, 2006). La calidad microbiológica se refiere a la concentración de las bacterias de la leche, presencia de microorganismos patógenos, de residuos de antibióticos y medicamentos (inhibidores); que pueden afectar la salud humana y los procesos de transformación de la leche. Conteos altos de bacterias y de células somáticas, producen alteraciones en las propiedades nutritivas y organolépticas de la leche y reducen la vida útil de los derivados lácteos (Calderón, 2006).

Méndez y Ávila, (2007) afirman que se entiende por calidad de la leche a la proveniente del ordeño de vacas sanas bien alimentadas, libre de olores, sedimentos, sustancias extrañas y con características como: cantidad apropiada de componentes sólidos (grasa, proteína, lactosa y minerales); con un mínimo de carga microbiana; libre de bacterias causantes de enfermedad (brucelosis, tuberculosis, patógenos de mastitis y toxinas); libre de residuos químicos e inhibidores y con un mínimo de células somáticas).

Para una mejor comprensión de la calidad de la leche cruda y de acuerdo a la resolución 0017 del 2012 se puede analizar la leche en su: calidad composicional, higiene y sanidad. La calidad higiénica es la condición que hace referencia al nivel de higiene mediante el cual se obtiene y manipula la leche, su valoración se realiza por el recuento total de bacterias y se expresa en unidades formadoras de colonia por ml. La calidad higiénica de la leche resulta de especial importancia, por tratarse del contenido microbiano que está presente en la leche cruda, el cual se transfiere en buena medida a los productos que se elaboran a partir de ella en la industria láctea y que inciden de manera representativa en

la vida útil tanto de la materia prima, como del producto lácteo terminado (Zambrano y Gras, 2008). Álvarez et ál., (2012) indican que la calidad higiénica de la leche cruda puede ser afectada debido a un manejo inadecuado de los equipos utilizados en el ordeño, condiciones de transporte o adulteración (grasas, sales, agua, entre otros), aumentando la carga bacteriana y propiciando propiedades indeseables de acidez, rancidez o agriado. Los conteos bacterianos altos en leche pueden afectar su calidad y aceptación por el consumidor. Organismos no patógenos pueden alterar incluso la calidad de la leche pasteurizada o descremada en polvo, crema y queso. Los factores que interceden con la calidad higiénica, en un muy alto porcentaje, son las actividades del hombre en el proceso, la raza, la individualidad de la vaca, el estado de salud, la época del año, el estado de lactancia, la presencia de medicamentos, las prácticas de alimentación y de manejo (Vásquez et al., 2007).

Las principales fuentes de contaminación de la leche son: el ambiente como fuente importante debido al gran número y diversidad de microorganismos que pueden contaminar desde la piel y durante el ordeño: pezones manos o pezoneras. Igualmente, los microorganismos presentes en el agua y en todo el entorno del ordeño. La diversidad y cantidad está relacionada con las condiciones higiénicas del proceso (Cabrera, et al., 2006). El agua utilizada para la limpieza de los equipos y utensilios de ordeño, la higiene del animal y del personal, debe ser lo más limpia posible. El agua puede ser una fuente importante de microorganismos psicrófilos (*Pseudomonas*) y por contaminación de esta, de bacterias coliformes (Cabrera et al., 2006).

De otra parte, el personal que participa en el ordeño puede jugar un importante papel en la contaminación de la leche sobre todo en sistemas donde se realiza el ordeño manual con prácticas inadecuadas como un nulo lavado de manos, humedecer las manos tocando la leche, uso de lazos contaminados con estiércol, exposición de heridas en manos y brazos, dan por responsable al ordeñador de la contaminación de la leche con microorganismos patógenos (*S. aureus*, *Leptospiras*, *E. coli*, Tuberculosis, *Streptococcus*, etc.) (Cabrera et al., 2006).

Un deficiente lavado y desinfectado de los equipos como cantinas baldes y demás utensilios del ordeño, aportan a la leche gran número de bacterias que pudieran sobrevivir a los procesos de lavado y desinfección, dentro de ellas las bacterias termoresistentes a temperaturas altas y a los desinfectantes Gaviria (2007). La infraestructura para el ordeño suele ser otro factor que afecta la calidad de la leche y tiene que ver con la ausencia de salas de ordeño, que eviten la exposición a la intemperie, ordeño en campo abierto u ordeño en corral; este último puede afectar de manera significativa la calidad de la leche al no aplicarse una rutina de limpieza y desinfección adecuada. En situaciones donde las vaqueras son usadas como sitios de ordeño es frecuente la presencia permanente de estiércol y humedad que se incrementa con los periodos de lluvia y colocan en un riesgo mayor de contaminación a la leche producida.

A través de la glándula mamaria, la leche puede ser afectada por diferentes microorganismos por medio del canal del pezón, microorganismos que se adhieran a la ubre y entran a través del esfínter, contaminación denominada ascendente. La vía descendente o hematófaga es propia de microorganismos que se movilizan por la sangre y a través de los capilares mamaros llegar a infectar la ubre (Cabrera et al., 2006). En general, la calidad higiénica por lo tanto está relacionada directamente con la cantidad y clase de microorganismos que pueden encontrarse en la leche cruda y que tienen un efecto directo sobre los productos que se elaboran a partir de ella, en cuanto a calidad de producto, rendimientos y vida de anaquel (Zambrano y Grass, 2008).

Desde el punto de vista sanitario, la leche se ve afectada por la presencia de mastitis subclínica en las vacas de ordeño que se determina a través del recuento de células somáticas, la presencia, de enfermedades como brucelosis y tuberculosis (Celis y Juárez, 2009). Las medidas de higiene y sanidad implementadas en los hatos lecheros como se ha descrito previamente tienen un efecto directo en la calidad microbiológica de la leche, cuanto mayor sean los cuidados aplicados a la obtención higiénica de la leche y a la sanidad de los animales productores de leche, menores serán los contenidos microbianos en la misma. A sí mismo, corrales libres de estiércol y lodo, salas de ordeño limpias, equipo de ordeño funcionando de manera adecuada y una rutina de ordeño correcta, resultarán en una baja incidencia de mastitis, lo cual se manifestará con bajos recuentos de células somáticas (Celis y Juárez, 2009).

La ausencia de prácticas de higiene en la rutinas de ordeño tales como el lavado, secado de los pezones y la desinfección antes y después del ordeño, favorecen el aumento de los Recuentos de Células Somáticas, Mesófilos, Coliformes y Staphylococcus, que incrementan los casos de mastitis y disminuyen la calidad del producto (Vásquez et al., 2007); de otro lado, el recuento de células somáticas es afectada de acuerdo a la época del año donde se presentan, como en épocas de lluvia una mayor presencia de estiércol barro y humedad, haciendo más difícil las prácticas de lavado y desinfectado de pezones, aumentando así la proliferación de los microorganismos que disminuyen la producción láctea y afectan la calidad del producto (Méndez et al., 2007).

#### ▪ 2.4.1.2 Calidad composicional de la leche y factores que la afectan

Calidad composicional es la condición que hace referencia a las características físico – químicas de la leche, su valoración se realiza de acuerdo al contenido en términos de cantidad en gramos para: sólidos totales, proteína y grasa. La calidad composicional, como se mencionó anteriormente, está determinada por múltiples factores como la alimentación, el clima, la fase de lactancia y la genética. Los factores que afectan la composición de la leche se pueden resumir en dos grandes agrupaciones: la genética y el ambiente. En el caso de la genética habría un efecto de la raza y vaca como individuo y además de una variabilidad entre vacas de una misma raza. Así mismo en la contraparte ambiental existe un efecto del momento de la lactancia, edad de las vacas, régimen de alimentación, enfermedades, intervalo entre ordeños y momento del ordeño (O'Mahony, 1988). Los sistemas de alimentación varían la composición de la leche en un corto tiempo y afectan principalmente las concentraciones de grasa y proteína. Las condiciones climáticas también afectan la calidad composicional ya que están directamente relacionadas con la disponibilidad de alimento, consumo voluntario y la humedad del mismo. En la etapa inicial de la lactancia, se presenta menor concentración de grasa y proteína. En general, la genética y el mejoramiento genético afectan positivamente las concentraciones de grasa y proteína de la leche (Calvache et al., 2012).

Estudios realizados por Bravo (2012) ponen de manifiesto que las concentraciones de grasa y proteína se ven afectadas sistémicamente por: rebaño-año, estación de parto y número ordinal de parto. El porcentaje de grasa se afecta solo con el efecto de rebaño-año, lo cual puede ser entendido como producto de los manejos nutricionales diferentes entre rebaños, no obstante, se podría haber esperado un efecto similar producido por los otros factores. Por su parte Martínez et al., (2010) demuestran que en sistemas pastoriles se puede mejorar el potencial en kg de grasa, proteína, lactosa y sólidos no- grasos de la leche cuando se trabaja con cruces de ganados Guzerat x Criollo.

En la tabla 1-1 se presenta un resumen de las investigaciones sobre la calidad composicional higiénica de la leche en sistemas de doble propósito en diferentes regiones de Colombia. El rango de expresión de las variables analizadas fue para la grasa entre: 3,44% a 3,94%; para la proteína entre 2,85% y 3,32% y para sólidos totales entre 11,44% y 13,11%.

**Tabla 1-1.** Investigaciones sobre calidad composicional de la leche bovina en sistemas de doble propósito en Colombia

Raza	Alimento	Tipo de ordeño	Grasa %	Proteína %	Sólidos Totales %	CCS ml	UFC	Estación	Fuente
Varias	Varias	Varios	3.92	ND	11.44	370315	ND	Verano	Rodríguez et al. 2015
Varias	Varias	Varios	3,58	3.1	11.9	582906	989746	Invierno	Romero et al., 2018
Varias	Varias	Varios	3.44	3,02	12.24	ND	2938991	Invierno	Calderón et al., 2006
			3.54	3,26	12.14	ND	ND	Verano	
Varias	Varias	Varios	3,56	3,13	13,11	ND	2980000	Invierno	Martínez y Gómez, 2013
			3,46	2,85	12,79	ND	1315000	Verano	
Varias	Varias	Varios	3,91	3,32	12,57	ND	ND	Transición	Espitia, 2016

Varias Varias Manual 3,94 2,98 11,47 385181 1039216 Invierno Rodríguez et al., 2014

---

Construcción propia

▪ 2.4.1.3. Calidad nutricional de la leche y factores que la afectan

Desde el punto de vista del valor nutritivo, las proteínas de la leche son de excelente calidad, suministrando todos los aminoácidos esenciales para la vida de los humanos y aunque compiten con la calidad de las proteínas de la carne sólo son superadas ligeramente en su valor biológico por las proteínas del huevo que son tomadas como referencia por la FAO (Zabala, 2005). La leche fresca contiene de 30 a 35 g de proteína por litro del líquido. Esta proteína tiene un alto valor nutritivo en términos de su valor biológico (0.9 vs.1.0 de la proteína del huevo). Este valor inferior se debe a una menor concentración de aminoácidos azufrados. Las principales proteínas de la leche incluyen: caseínas, lactoglobulinas y lactoalbúminas (82% caseínas y 12% proteínas del suero). El patrón de aminoácidos de la leche es similar al patrón requerido por los humanos con excedentes en el aminoácido lisina. La alta ingestión de calcio asociado con una alta ingestión de proteína como ocurre cuando se consume leche es compensada por pérdidas adicionales de calcio en la excreción del mineral (Heaney y Regalado,1998). Las proteínas de la leche están asociadas con una disminución de la presión arterial (FitzGerald et al., 2004), mientras las proteínas del suero disminuyen la agregación de plaquetas en humanos (Gill et al., 2000) y mejoran los perfiles lipídicos (Walsem et al., 2002). De otra parte, existen evidencias de péptidos derivados de la K-caseína y su actividad antitrombótica en estudios realizados *in vitro* e *in vivo* (Caen et al., 1992; Dit Sollier et al., 1996).

La grasa de la leche es única entre las diversas grasas y aceites para consumo humano, la mayoría de esa singularidad tiene que ver con su contenido de ácidos grasos de cadena corta que influyen en el crecimiento celular, al tiempo que fomenta la diferenciación y desalienta los cambios en el caso de células cancerígenas (Parodi, 1997). La grasa de la leche contiene muchos componentes que potencialmente tienen efectos benéficos para la salud animal y humana. A pesar de todo y de las muchas evidencias científicas, la

mentalidad actual es que la grasa de la leche está relacionada con enfermedades del corazón en humanos. Si bien es cierto que algunos ácidos grasos saturados presentes en la grasa de la leche pueden elevar los niveles de lipoproteínas de baja densidad (LDL, siglas en inglés) (Mensink et al., 2003), es muy probable que este incremento se compense en la práctica con una capacidad igual para hacer aumentar los niveles de lipoproteínas de alta densidad (HDL, por sus siglas en inglés). El volumen de estudios que demuestran que la grasa láctea, como parte de una dieta balanceada no es causal de enfermedad coronaria en humanos (CHD, por sus siglas en inglés) es tan grande, como para llenar muchos espacios de bibliotecas (Sánchez et al., 2020).

Schanbacher et al., (1998), en un estudio realizado en mujeres que consumían cuatro o más cucharaditas de margarina por día presentaban un mayor riesgo de enfermedad cardíaca comparada con mujeres que consumían margarina menos de una vez al mes. La ingestión de mantequilla, que no es una fuente importante de isómeros trans, no se asoció significativamente con riesgo de contraer esta enfermedad. Ascherio et al., (1994) analizó la ingestión de ácidos grasos trans y el primer infarto de miocardio; encontraron que el riesgo era casi completamente explicado por la ingesta de ácidos grasos trans de grasas vegetales parcialmente hidrogenadas. No hubo asociación significativa entre la ingesta de isómeros trans provenientes de la grasa de los rumiantes y la presencia de enfermedad cardíaca. Ascherio et al., (1996) demostraron que no existía asociación entre la ingesta de grasas saturadas y riesgo de enfermedad coronaria después del ajuste para la ingesta de fibra dietaria. Abbott et al., (1996) en un estudio realizado en Hawái observaron en humanos que consumieron menos de dos vasos de leche por día, presentaban el doble de la tasa de accidentes cerebro vasculares que los que consumieron dos o más vasos de leche.

Diferentes políticas públicas han promovido el rechazo por completo a la leche o al menos a consumir sólo productos lácteos sin grasa (Duyff, 2006); sin embargo, se ha ignorado que la grasa láctea contiene sustancias promotoras de la salud como ácidos grasos trans (ácido ruménico y ácido vaccénico) que poseen capacidad anti carcinogénica (Parodi, 1997; Belury, 2002) y anti-aterogénica (Parodi, 2004) atribuible a su capacidad para modular marcadores inflamatorios de la aterosclerosis. Se ha promovido entonces el consumo de grasas vegetales ricas en ácido linoleico, el cual ha sido demostrado ser

cancerígeno cuando se consume en grandes cantidades (Lands, 2008). Otro ácido graso importante, es el ácido butírico en su papel de inhibidor de la proliferación y promotor de diferenciación y apoptosis (Hague y Paraskeva, 1995), inactivación de la expresión génica del cáncer (Smith y German, 1995) y posiblemente metástasis e invasividad de tumores malignos (Parodi, 2004).

#### ▪ 2.4.1.4 Calidad tecnológica de la leche y factores que la afectan

La composición de la leche determina la aptitud para elaborar productos lácteos, de ahí la importancia de su estudio. Las proteínas constituyen uno de los componentes más importante a la hora de elaborar productos lácteos ya que contribuyen al rendimiento quesero, son responsables de la coagulación, intervienen directamente en la textura e influyen en la formación del olor y sabor del producto elaborado. El contenido en grasa, la lactosa, las vitaminas, los minerales y las enzimas de la leche también son muy importantes para la industria láctea (Jiménez et al., 2014). La composición del queso es influenciada por la composición de la leche especialmente en el contenido de grasa, proteína y calcio y la concentración del pH.

#### ▪ 2.4.1.5. Calidad microbiológica

La leche de vacas sanas es prácticamente estéril cuando es drenada de la ubre; sin embargo, tan pronto el líquido deja la ubre es contaminado por cargas microbianas presentes en el medio. La leche que se utiliza para la manufactura de los quesos debe tener una buena calidad microbiológica, con un conteo total bajo de bacterias y la ausencia de microorganismos patógenos. Igualmente, un conteo bajo de bacterias psicotróficas las cuales producen lipasas y proteasas resistentes al calor que pueden reducir y causar sabores indeseables en el queso madurado. Las bacterias ácido lácticas mesofílicas siempre están presentes en el ambiente de la leche, en la leche fresca con un bajo conteo, pero siendo la microflora predominante. Cuando la leche es enfriada durante el

almacenaje, el crecimiento de estas bacterias es restringido. En la manufactura de los quesos, las bacterias ácido lácticas son normalmente adicionadas a los iniciadores, pero durante la madurez del queso influyen de manera importante en la calidad, ya que está asociada con propiedades indeseables en quesos maduros (Fox et al., 2004).

Las bacterias patógenas deben estar ausentes de la leche destinada a la producción de quesos siendo fundamental que el queso sea producido a partir de leche pasteurizada. *Salmonella enterica*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* se encuentran en la leche cruda (Donnelly, 2004) y son eliminados durante la pasteurización. En quesos duros y semiduros se ha detectado la presencia de algunos de estos patógenos durante la maduración cuando son procesados a partir de leche cruda debido a la baja actividad de agua y un bajo pH (Bachmann y Spahr, 1995). Cuando los quesos blandos son producidos a partir de leche cruda, la ausencia de patógenos es una premisa y a partir de diferentes estudios de estrés de adaptación de bacterias patógenas (Gahan y Hill, 1999) se asume que los quesos semi- duros deberían ser ausentes de contaminación patógena.

El nivel total de bacterias en la leche cruda normalmente está en el rango de  $10^4$ - $10^6$  ufc/ml (Stepaniak et al., 1991). Cuando la microflora de la leche excede  $10^4$  ufc/ml, la flora está dominada por bacterias gram-negativas y psicotróficas lactosa-negativas. En leche recién extraída, 1-10% del recuento total de bacterias consiste en bacterias psicotróficas, mientras que estas dominan totalmente después de 2 a 3 días de almacenamiento. Suhren (1989) señala como factor crítico del tiempo de almacenamiento para la leche cruda entre 60 y 72 horas cuando la temperatura está entre 2 y 4 °C. El tratamiento térmico a menudo se aplica a la llegada de la leche a la planta de productos lácteos, cuando se necesita almacenar la leche cruda durante más de 2 días. Un aspecto importante en términos de la calidad sanitaria y tecnológica, es el recuento de células somáticas, como se ha mencionado anteriormente. Por ello se dedica un espacio específico para dicho tema.

#### ▪ 2.4.1.6. Conteo de células somáticas como indicador de calidad

La leche con un alto conteo de células somáticas (>500.000 células por mililitro de leche) reduce la producción de quesos (Auld et al., 1996) y estas leches se caracterizan por una alta actividad proteolítica, una baja concentración de grasa y caseína y un alto

contenido de proteínas del suero (especialmente suero-albúmina e inmunoglobulina). Las células somáticas contienen un activador de plasmina que convierte el plasminogeno a plasmina en la glándula mamaria (Lucey y Kelly, 1994). La plasmina totaliza un tercio de la actividad total proteasa en la leche con un alto contenido de células somáticas (Rham y Andrews, 1982). En este sentido, la producción de quesos se reduce de una manera importante cuando los conteos de células somáticas son mayores a 100,000 células somáticas por mililitro de leche. Barbano et al (1991) sugieren este límite superior de células somáticas en la fabricación de quesos dada su influencia no solamente sobre la actividad proteolítica, sino también sobre la composición del queso aumentando la humedad, disminuyendo los niveles de proteínas e incrementando como se señala la proteólisis (Cooney et al., 2000). Los quesos fabricados con leches con un alto número de células somáticas disminuyen su firmeza y elasticidad, son más pegajosos y tienen sabores desagradables (Grandison y Ford, 1986). Estos efectos son más notorios en leches que provienen de vacas situadas en el último tercio de lactancia con respecto al primer tercio de lactancia (Auld et al., 1996).

## **2.5. Pruebas de laboratorio para determinar la calidad composicional, higiénica y sanitaria de la leche**

**Recuento en Placas Estándar RCP:** El recuento en placa es uno de los métodos más utilizados para determinar cuál es el número de microorganismos viables en un medio líquido (Dubon, 2013), con esta técnica una cantidad conocida de leche es incubada durante 48 horas a 37°C, contándose después el número de colonias existentes, asumiendo que cada colonia ha tenido su origen en una bacteria (Reinemann, 2000).

**Recuento de células somáticas (RCS):** es una manera indirecta de medir la incidencia de mastitis. El recuento de células somáticas (RCS) es uno de los indicadores de la calidad de la leche. Cuando este índice se incrementa, lo hace en respuesta a bacterias patógenas como *Staphylococcus aureus*, que tienen como consecuencia el cambio en el recuento de

células somáticas de la leche. Se deben realizar cultivos periódicos de leche del tanque para identificar los tipos de patógenos de mastitis presentes en la leche.

**Recuento bajo microscopio directo:** este ha sido un método tradicional para estimar los RCS que a su vez realiza una evaluación morfológica de las células y de las especies de bacterias presentes, permitiendo que el analista pueda ofrecer información más precisa sobre la calidad del producto. Esta prueba constituye también el estándar por el cual el resto de las pruebas diagnósticas son calibradas. La precisión de este método depende del tamaño de la muestra, espesor de la película de leche sobre el portaobjetos utilizado y el número de campos sometidos al conteo (Houghtby et al., 1992).

## 2.5 Bibliografía

Abbott RD, Curb JD, Rodriguez BL, Sharp DS, Burchfiel CM, Yano K. (1996). Effect of dietary calcium and milk consumption on risk of thromboembolic stroke in older middle-aged men. The Honolulu Heart Program. *Stroke* ;27:813–8

Alvarez, FJ, y Saucedo, G. (1982). Sistemas de doble propósito para los trópicos húmedos. Seminario Sobre Sistemas de Producción con Bovinos en el Trópico Americano. Universidad Central de Venezuela, Venezuela, 113-136. <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2012000300005>

Álvarez, F. Herrera, H. Barreras S. (2012). Calidad de la leche cruda en unidades de producción familiar del sur de Ciudad de México. *Arch Med Vet*, v.44, p.237-242. <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2012000300005>

Arango, L, Charry, A., Vera, R. (1989). Panorama de la ganadería de doble propósito en la América Tropical. En: Seminario ganadería doble propósito noviembre de 1986 Bogota D.C. Memorias. Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT. Memoria histórica CIAT. Apartado Aéreo, 151123.

Ascherio A, Hennekens C, Willet WC, Sacks F, Rosner B, Manson J, Witteman J y Stampfer MJ (1996): Prospective study of nutritional factors, blood pressure, and hypertension among US women. *Hypertension*. 27, 1065–1072.

Ascherio, A., CH. Hennekens, JE. Buring, C. Master, MJ. Stampfer, y W. W. Willet. ( 1994). Trans-fatty acids intake and risk of myocardial infarction. *Circulation* 89:94–101. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.89.1.94>

Auldish MJ, Coats S, Sutherland BJ, Mayes JJ, McDowell GH, y Rogers GL. (1996). Effects of somatic cell count and stage of lactation on raw milk composition and the yield and quality of Cheddar cheese. *J Dairy Res* 1996, 63, 269-280.

Avilés L. Ku Vera y Gamboa, J. (2007). Follaje de árboles y arbustos en los sistemas de producción bovina de doble propósito. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.*, 15 (Supl.1): 251-264.

Bachmann and Spahr. (1995). The fate of potentially pathogenic bacteria in Swiss hard and semihard cheeses made from raw milk *J. Dairy Sci.*, 78 (1995), pp. 476-483.

Barbano, D.M. R.R. Rasmussen, J.M. (1991). Lynch Influence of milk somatic cell count and milk on cheese yield *J. Dairy Sci.*, 74, pp. 369-388.

Bar-Peled U, Maltz E, Bruckental I, Folman Y, Kali J, Gacitua H, Lehrer A. (1995). Relationship between frequent milking or suckling in early lactation and milk production of high producing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 78: 2726 – 2736.

Belury M. (2002). Inhibition of carcinogenesis by conjugated linoleic acid: potential mechanisms of action. *J Nutr*, 132, 2995±2998.

Bermúdez, A. (2005). Manual de Ganadería de doble propósito. Gerencia de fincas agropecuarias. *Fusagri. Maracaibo-Venezuela*. 3(1), 10-11.

Bohórquez, N., Buitrago, A., Joya, M., Montaña, X., & Rivera, H. A. (2012). Análisis estructural de sectores estratégicos: sector productos lácteos. Documentos de investigación, Facultad de Administración, 135.

Bosticco, A., Tartari, E., Benatti G, y Zoccarato I. (1989). The Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) as animal feeding and its importance for depressed areas. *Agricoltura mediterranea* (Pisa), 119(1), 98-103.

Bravo Ordoñez, J. J. (2012). Apoyo técnico para el mejoramiento de pasturas y calidad higiénica de leche, dirigido a pequeños productores del resguardo indígena de Guachicono, Municipio de La Vega (Cauca). [Tesis de pregrado, Universidad del Cauca]. Repositorio institucional UNICAUCA.

<http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/800>

Cabrera, M. P., Villa, J. F., Murillo, G., y Suárez, L. F. (2006). Cómo obtener leche de buena calidad. <http://www.turipana.org.co/leche.htm>

Caen, J.P., Jolles, P., Fiat, A. M., Mazoyer, E., y Drouet, L. (1992). Anti-thrombotic activities of peptidic sequences of milk protein. *Cahiers de Nutrition et de Dietetique*.

Calderón, A., García, F., & Martínez, G. (2006). Indicadores de calidad de leches crudas en diferentes regiones de Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, 11(1), 725-737. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-02682006000100006](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-02682006000100006)

Calvache G, I y Navas P. (2012). Factores que influyen en la composición nutricional de la leche. *Revista de ciencias animales* 5:73-85.

Celis, M. & Juárez, D., 2009. Seminario de Procesos Fundamentales Físico-Químicos y Microbiológicos. Especialización y Maestría en Medio Ambiente. Microbiología de la leche., s.l.: Universidad Tecnológica Nacional.

Centro de Investigación de Agricultura Tropical [CIAT].(1983). Informe Anual del Programa de Pastos Tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical Cali Colombia.

Chacón, E. (2005). Programas de Desempeño Tecnológico en Recursos Alimentarios para la Producción con Rumiantes a Pastoreo. III Foro Nacional de la Leche CAVILAC, Caracas, Venezuela. 29 p. Mimeo.

Consejo Nacional de Política Económica y Social. 3675. (2010). Política Nacional para Mejorar la Competitividad del Sector Lácteo Colombiano.

Consejo Nacional Lácteo. (2020). Producción y comercialización de leche fresca – CNL. Producción de leche MADR. Medio.

[http://www.cnl.org.co/wpcontent/files//Produccion\\_de\\_leche\\_MADR.xlsx](http://www.cnl.org.co/wpcontent/files//Produccion_de_leche_MADR.xlsx)

Contexto Ganadero. (2013). Contexto Ganadero. Con el doble propósito de ser más productivos. Medio. <http://contextoganadero.com/reportaje/con-el-doble-proposito-de-ser-mas-productivos>

Cooney, y., Tiernan, D., Joyce, P., y Kelly, A. (2000). Effect of somatic cell count and polymorphonuclear leucocyte content of milk on composition and proteolysis during ripening of Swiss-type cheese. *Journal of Dairy Research*, 67(2), 301-307. doi:10.1017/S0022029900004076

Corporación Colombiana Internacional, C. (2013). Caracterización de la Comercialización de cuatro cuencas lecheras. Bogotá. CCI

Cortéz H., Aguilar C., Vera R. (2003). Sistemas bovinos doble propósito en el trópico bajo de Colombia. Modelo de simulación. *Archivos de zootecnia* 52(197), 25-34.

Davis, S.R., Farrar, V.C., Stelwagen, K. (1999). Regulation of yield loss and milk composition during once-daily milking: a review. *Livestock Production Science*, 59, 77-94.

Dit Sollier, C. B., Drouet, L., Pignaud, G., Chevallier, C., Caen, J., Fiat, A. M., y Jollès, P. (1996). Effect of  $\kappa$ -casein split peptides on platelet aggregation and on thrombus formation

in the guinea-pig. *Thrombosis research*, 81(4), 427-437.

[https://doi.org/10.1016/0049-3848\(96\)00015-1](https://doi.org/10.1016/0049-3848(96)00015-1)

Donnelly C. W. (2004). Growth and survival of microbial pathogens in cheese. En *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, P. F. Fox, P. L. H. McSweeney, T. M. Cogan, and T. P. Guinee, Eds., vol. 1, Elsevier, London, UK.

Dubón, L. M. (2013). Determinación de relación entre la viscosidad de la leche fluida de vaca y las pruebas de reductasa y recuento bacteriano en placa (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).

Duyff R L. (2006). *American Dietetic Association Complete Food and Nutrition Guide*, Hoboken, NJ, John Wiley & Sons.

Espinal G, C. F., Martínez C, H. J., & Peña M, Y. (2005). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Observatorio Agrocadenas Colombia Documento de Trabajo No . 61. Min. Agricultura y Desarrollo Rural, Obs. Agrocadenas Colombia.

Espitia P. (2016). Evaluación de la calidad composicional de la leche influenciada por el periodo de transición en vacas doble propósito en trópico bajo colombiano. [tesis de pregrado, Universidad de la Salle]. [https://ciencia.lasalle.edu.co/medicina\\_veterinaria/281/](https://ciencia.lasalle.edu.co/medicina_veterinaria/281/)

Everitt GC y Phillips DSM. (1971). Cría de terneros por succión múltiple y los efectos sobre el rendimiento de la vaca en la lactancia. *Actas de la Sociedad de Nueva Zelanda para la Producción Animal* 31: 22-40.

FEDEGAN. (2018). *Ganadería colombiana - Hoja de Ruta 2018-2022*. Bogotá DC: Federación Colombiana de Ganaderos

FitzGerald RJ, Murray BA, Walsh DJ (2004). The Emerging Role of Dairy Proteins and Bioactive: 394 Peptides in Nutrition and Health. *Journal of Nutrition* 134: 980S-988S. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.532.5726&rep=rep1&type=pdf>

Fox, P.F., McSweeney, P.L.H., Cogan, T.M., Guinee, T.P. (Eds.), 2004. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. Elsevier, London, UK.

Gaham C. G, O'Driscoll y Hill C. (1996). Acid adaptation of *Listeria monocytogenes* can enhance survival in acidic foods and during milk fermentation. *Applied Environmental Microbiology*. 62:3128-3132. PMID:68105.

Gallardo, L. F., Chalate, M. H., Purroy, V. R. y A. J. Vilaboa, (2010). Estudio y análisis del mercado de los productos del sistema bovinos doble propósito en el estado de Veracruz. Fundación Produce Veracruz.

Gallegos-Sánchez J. (1990). Efecto del retraso del amamantamiento en el restablecimiento de la función reproductiva en vacas *Bos taurus*. *Bos indicus* durante el período posparto". Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Centro de Ganadería. 87 p.

Gamarra J (2004). Eficiencia técnica relativa de la ganadería doble propósito en la Costa Caribe. Documentos de trabajo sobre Economía regional, (53).

Garavito O E. (2012). Análisis del modelo de asistencia técnica para pequeños productores de bovinos doble propósito Caso: Municipio de Los Palmitos, Sucre. [Tesis de Maestría]. [Bogotá, Colombia]. Universidad Nacional de Colombia.

Gaviria, B. C. (2007). Calidad higiénica y sanitaria de la leche cruda. Fondo Editorial Biogénesis, 115-122.

Gil D, Vilches A (2003). *Construyamos un futuro sostenible: diálogos de supervivencia* (Vol. 4). Ediciones AKAL. Madrid 238 pp

Gill, H.S.; Rutherford, K.J.; Cross, M.L. (2000). Bovine Milk: A Unique Source of Immunomodulatory Ingredients for Functional Foods. In *Functional Foods II—Claims and Evidence*; Buttriss, J.; Saltmarsh, M.; Eds.; Royal Society of Chemistry Press: Cambridge, England, 2000; 82–90 pp.

Gobernación de Arauca. Plan de Desarrollo Departamental 2012-2015. Es hora de resultados.

<https://www.arauca.gov.co/gobernacion/normatividad/ordenanzas/8864ordenanza-001e-de-2012/file>

Gómez, D. A. A., & Mejía, O. B. (2005). Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. *Revista Lasallista de investigación*, 2(1), 38-42.

<https://www.redalyc.org/pdf/695/69520107.pdf>

Grandison, A., & Ford, G. (1986). Effects of variations in somatic cell count on the rennet coagulation properties of milk and on the yield, composition and quality of Cheddar cheese. *Journal of Dairy Research*, 53(4), 645-655. <https://doi.org/10.1017/S0022029900033173>

Gruner, K. E., & Homburg, C. (2000). Does customer interaction enhance new product success?. *Journal of business research*, 49(1), 1-14.

[https://doi.org/10.1016/S0148-2963\(99\)00013-2](https://doi.org/10.1016/S0148-2963(99)00013-2)

Hague A and Paraskeva C. (1995). The short-chain fatty acid butyrate induces apoptosis in colorectal tumor cell lines. *Euro J Cancer Prev*, 4(5), 359 ± 364. <https://doi.org/10.1097/00008469-199510000-00005>

Hammond, J. (1952). *Animales de granja: su cría, crecimiento y herencia*. Animales de granja: su cría, crecimiento y herencia. (2ª edición).

Herrera, M. L., & Arguedas, E. B. (2014). Comparación de dos grupos raciales de bovinos en cuanto a incidencia de garrapatas (acari: ixodidae) y tórsalos (diptera: oestridae). *Nutrición animal tropical*, 8(2), 1-9.

Heaney, L. R., & Regalado Jr, J. C. (1998). *Vanishing treasures of the Philippine rain forest*. The Field Museum.

Henao, D., Fabian, C., Lozano, M., Mora, H., Montes, J., Juliana, V. Mónica, S. (2013). Plan Estratégico Departamental de Ciencia, Tecnología e Innovación. (Antropos Ltda, Ed.) (I). Bogotá. DC.

Hocquette, J. F., y Gigli, S. (2005). The challenge of quality. Indicators of milk and beef quality. EAAP Publication, 112, 13-22.

Hocquette, J. F., Richardson, R. I., Prache, S., Medale, F., Duffy, G., y Scollan, N. D. (2005). The future trends for research on quality and safety of animal products. Italian Journal of Animal Science, 4(sup3), 49-72. <https://doi.org/10.4081/ijas.2005.3s.49>

Holmann F, Rivas L, Carulla J, Rivera B, Giraldo L, Guzmán S, Martínez M, Medina A, Farrow A (2003). Evolución de los Sistemas de Producción de Leche en el Trópico Latinoamericano y su interrelación con los Mercados: Un Análisis del Caso Colombiano. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), International Livestock Research Institute 271 (ILRI) and System wide.

Holmann, F. y Lascano, C. (1998). Una nueva estrategia para mejorar los sistemas de producción de doble propósito en los tropicos: El consorcio Tropileche. Conferencia presentada en el primer Congreso Internacional de Ganadería de Doble Proposito. 5 – 8 de noviembre de 1998. Maracaibo, Venezuela.

<https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/72061/maracaibo.pdf?sequence=1>

Holmann, F., L. Rivas, J. Carulla, L. A. Giraldo, S. Guzmán, M. Martínez, B. Rivera, A. Medina, y A. Farrow. (2002). La producción de leche en Colombia: Un análisis comparativo entre sistemas de producción y regiones. Primer borrador. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali.

Houghtby GA Maturin LJ and Koeing EK. 1992. Microbiological count methods. In: Marshall, T.R. (editor), Standard Methods for the Examination of Dairy Products, 16th edition, Washington DC.

Holmann, F., Rivas, L., Carulla, J., Rivera, B., Giraldo, L. a., Guzmán, S., Farrow, a. (2006). Producción de leche y su relación con los mercados; caso colombiano. X Seminario de Pastos Y Forrajes, 149–156.

Industria y Comercio, M. (2012). Boletín N° 7. Bogotá. DC. Disponible en: [www.mincit.gov.co/mipymes/descargar.php?idFile=4132](http://www.mincit.gov.co/mipymes/descargar.php?idFile=4132).

Instituto Colombiano Agropecuario. 2020. (31 de Julio de 2020). Censo Nacional Pecuario. <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018.aspx>

Jiménez G, Sánchez R, Arce C, Rodríguez E. (2014). Factors affecting somatic cell count in dairy goats: a review. Spanish Journal of Agricultural Research, (1), 133-150.

Juárez, F.I., D.G. Fox, R.W. Blake and A.N. Pell. (1999). Evaluation of tropical grasses for milk production by dual-purpose cows in tropical México. J. Dairy Sci. 82:2136-2145. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75457-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75457-3).

Knowles, R.T. y Edwards, M.D. (1983). A comparison of the effects of restricted sickling and artificial raring systems on the dam and calf performance. Malaysian Agric. J., 54:1-9.

Kramer, A., & Twigg, B. A. (1962). Fundamentals of quality control for the food industry (No. TP370 K7).

Lands B. (2008). A critique of paradoxes in current advice on dietary lipids. Prog Lip Res, 47(2), 77±106. <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2007.12.001>

Loaiza, C. (2012). Diagnóstico de la cadena láctea del departamento de Caldas para la actualización del acuerdo de competitividad de la cadena láctea. Manizalez. Disponible en: [http://www.lapatria.com/sites/default/files/archivos/2014/Jul/diagnostico\\_de\\_la\\_cadena\\_la\\_ctea\\_de\\_caldas.pdf](http://www.lapatria.com/sites/default/files/archivos/2014/Jul/diagnostico_de_la_cadena_la_ctea_de_caldas.pdf)

Lucey, J., & Kelly, J. (1994). Cheese yield. *International Journal of Dairy Technology*, 47(1), 1-14. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.1994.tb01264.x>

Margerison, J. K., T. R. Preston, y C. J. Phillips. (2002). Restricted suckling of tropical dairy cows by their own calf or other cows' calves. *J. Anim. Sci.* 80: 1663-1670. <https://doi.org/10.2527/2002.8061663x>

Martínez Velázquez, G., Palacios Fránquez, J. A., Bustamante Guerrero, J. D. J., Ríos Utrera, Á., Vega Murillo, V. E., y Montano Bermúdez, M. (2010). Composición de leche de vacas Criollo, Guzarat y sus cruzas F1 y su relación con el peso al destete de las crías. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 1(4), 311-324. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1609-91172012000100008&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1609-91172012000100008&script=sci_arttext)

Martinez, M. M., y Gomez, C. A. (2013). Calidad composicional e higiénica de la leche cruda recibida en industrias lácteas de Sucre, Colombia. *Biotecnología en el sector Agropecuario y agroindustrial*, 11(2), 93-100.

Mejía, C.; T. Preston; P. Fajersson. (1998). Effects of restricted suckling versus artificial rearing on milk production calf performance and reproductive efficiency of dual purpose Mpwapwa cattle in a semi arid climate. *Lives. Res. Rural Devel.* 10 (1).

Méndez Mancera, V. M., & Osuna Ávila, L. E. (2007). Tesis de grado: Caracterización de la calidad higiénica y sanitaria de la leche cruda en algunos sistemas productivos de la región del alto del Chicamocha (Departamento de Boyacá). [https://ciencia.lasalle.edu.co/medicina\\_veterinaria/278/](https://ciencia.lasalle.edu.co/medicina_veterinaria/278/)

Mensink RP, Zock PL, Kester ADM and Katan MB (2003), 'Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials. *Am J Clin Nutr* , 77 , 1146 – 55.

Ministerio de la Protección Social. (2006). Decreto Numero 616 De 2006, Pub. L. No. Decreto 616 de 2006 Colombia. Disponible en:

[http://www.agronet.gov.co/www/docs\\_agronet/2006103010449\\_decreto\\_616](http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/2006103010449_decreto_616)

Mojica, F., Trujillo, R., Castellanos, D. L., y Bernal, N. (2007). Agenda Prospectiva de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Cadena Láctea Colombiana. Bogotá. DC.

<http://www.minagricultura.gov.co/archivos/lacteos.pdf>

Morillo F, y Urdaneta F. (1998). Sistemas de producción de doble propósito con bovinos para los Trópicos Americanos En: Memorias de la Conferencia Internacional sobre ganadería en los trópicos. Universidad de Gainesville, Florida. EUA. 20p.

Nardone, A., y Valfrè, F. (1999). Effects of changing production methods on quality of meat, milk and eggs. *Livestock Production Science*, 59(2-3), 165-182.

[https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(99\)00025-1](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(99)00025-1)

O'Mahony, F. (1988). Rural dairy technology: Experiences in Ethiopia. Dairy Technology Unit, International Livestock Centre for Africa. ILCA Manual No. 4. (On Line). 59.

[http://www.ilri.org/InfoServ/Webpub/Fulldocs/ILCA\\_Manual4/Toc.htm#TopOfPage](http://www.ilri.org/InfoServ/Webpub/Fulldocs/ILCA_Manual4/Toc.htm#TopOfPage)

Orihuela, A. (1990). Effect of calf stimulus on the milk yield of Zebu-type cattle. *Applied Animal Behaviour Science*, 26(1-2), 187-190.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/016815919090098X>

Parodi, P.W.F. (2004). Milk fat in human nutrition. *Australian Journal of Dairy Technology*, 59(1), 3.

Parodi, P.W.F. (1997). Cow's milk fat components as potential anticarcinogenic agents. *Journal of Nutrition*, 127: 1055-1060. <https://doi.org/10.1093/jn/127.6.1055>

Paterson, R. Y. C. S., y Samur, C. (1982). Pastoreo complementario de leguminosas en la producción de leche durante la época seca. *Producción Animal Tropical*, 7, 42-45.

Patiño, E. (2012). Detección de Salmonella spp., Escherichiacoli O157:H7 y Listeria monocytogenes, en muestras de leche bovina del sistema de producción doble propósito colombiano. Universidad Javeriana Tesis Maestría.

Pérez J, Rincón N, Materán M, Montiel N, Urdaneta F. (2002). Desarrollo Sostenible de tres comunidades agrícolas del estado Zulia. Revista Facultad de Agronomía (LUZ) 19 (2): 149-162.

Pinzón, G. (2007). Diseño de un sistema para mejorar el Rendimiento de una ganadería intensiva Doble propósito en la finca Sarvipai en el municipio de Yacopí, Cundinamarca. Tesis de especialización, Universidad de La Salle, Bogotá.

[https://ciencia.lasalle.edu.co/esp\\_gerencia\\_empresas\\_agropecuarias/18](https://ciencia.lasalle.edu.co/esp_gerencia_empresas_agropecuarias/18)

Preston, T.R. (1984). Restricted suckling: effects on cow and calf performance. En: Maximum livestock from minimum land. Agricultural University, Mymensingh, Bangladesh; pp. 54-66.

Preston, T. R., & Vaccaro, L. (1989). Dual purpose cattle production systems. New techniques in cattle production, 20-32.

Proyecto Bovino Arauca (PBA). (2017). Contextos, fundamentos y desarrollos en la implementación de un programa balance dietario para los sistemas de producción bovina tipificados en el departamento de Arauca.

Ramírez-Avilés L., J.C. Ku Vera y J.A. Alayón Gamboa. (2007). Follaje de árboles y arbustos en los sistemas de producción bovina de doble propósito. Arch. Latinoam. Prod. Anim., 15 (Supl.1): 251-264.

Reinemann, D.; G. Mein; D. Bray; D. Reid & J. Britt. (2000). Resolviendo los Altos Recuentos Bacterianos en Leche. Revista Científica J. Dairy Sci. 42 (1), 1-19.

Rham, O., & Andrews, A. (1982). Qualitative and quantitative determination of proteolysis in mastitic milks. *Journal of Dairy Research*, 49(4), 587-596.

<https://doi:10.1017/S0022029900022731>

Rigby C H, Ugarte J y Bocourte R (1976). Amamantamiento restringido. 7. Efectos sobre el desarrollo de mastitis provocada por *Staphylococcus aureus*. *Revista cubana de Ciencia Agrícola*. 10:37.

Rivas L, Hollmann F. (2002). Sistemas de doble propósito y su viabilidad en el contexto de los pequeños y medianos productores en América Latina Tropical. Veracruz, México. Roff, Derek. *Life History Evolution*. 10.1016/B978-0-12-384719-5.00087-3

Rivas, L. (1992). El sistema ganadero de doble propósito en América Latina Tropical. Trabajo presentado en el Simposio Internacional sobre Alternativas y Estrategias en Producción Animal. Universidad Autónoma de Chapingo, México.

Rodríguez, V., Calderon, A., y Vergara, O. (2014). calidad de leches crudas en tres empresas acopiadoras en Córdoba. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*. 6(1): 103-1015, 2014. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/586>

Rodríguez-Rodríguez, V. C., Acosta-Ruiz, A. F., y Calderón-Rangel, A. (2015). Calidad de leches crudas en sistemas doble propósito en Córdoba (Colombia), en condiciones de máxima y mínima precipitación. *Ciencia y Agricultura*, 12(2), 51-58.

[https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia\\_agricultura/article/view/4391/3733](https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_agricultura/article/view/4391/3733)

Romero, A., Calderón, A., y Rodríguez, V. (2018). Evaluación de la calidad de leches crudas en tres subregiones del departamento de Sucre, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA*, 43-50. <https://doi.org/10.24188/recia.v10.n1.2018.630>

Sandoval-Castro, C.A., Anderson, S. y Leaver, J.D., (1999). Influence of milking and restricted suckling regimes on milk production and calf growth in temperate and tropical environments. *Animal Science*, 69, 287–296.

Sandoval-Castro, C.A., S. Anderson y J.D. Leaver. (2000). Production responses of tropical crossbred cattle to supplementary feeding and to different milking and restricted suckling regimes. *Livest. Prod. Sci.* 66:13–23.

Sánchez, M. A., Murray, R. S., Montero, J., Marchini, M., Iglesias, R., & Saad, G. (2020). Importancia de la leche y sus potenciales efectos en la salud humana importance of milk and its potential effects on human health. *Actualización en Nutrición*, 21(2), 50-64.

Schanbacher, F. L., Talhouk, R. S., Murray, F. A., Gherman, L. I., y Willet, L. B. (1998). Milk borne bioactive peptides. *International Dairy Journal*, 8, 393–403.

Scollan, N., Hocquette, J., Nuernberg, K., Dannenberger, D., Richardson, I., y Moloney, A. (2006). Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science*, 74(1), 17–33.

Sere, C., y De Vaccaro. (1984). Milk production from Dual –Purpose Systems in tropical Latin America. *Milk production in developing countries*. A.J. Smith (Ed). University of Edimburg, Scotland, UK, Trowbridge: Redwood Burn LTD. 459-475 pp. 1985.  
[http://ciat-library.ciat.cgiar.org/ciat\\_digital/27153.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/ciat_digital/27153.pdf)

Smith J G and German J B. (1995). Molecular and genetic effects of dietary-derived butyric acid. *Food Technol*, 49(11), 87±90.

Stepaniak, L, Zakrzewski, E. y Sorhaug, T. (1991). Inactivation of heat-stable proteinase from *Pseudomonas fluorescens* P1 at pH 5 and 55°C. *Milchwissenschaft* 46, 139-42.

Suhren G. (1989). Comparison of different methods for the detection of bacterial proteolytic enzymes in milk. *Milchwissenschaft*. Vol 44, Num 8, pp 491-496

Ugarte J y Preston, T. R (1976) Leche residual en vacas amamantando o no sus terneros después del ordeño. La Habana. II Congreso Nacional de Ciencias Veterinarias. La Habana.

Urdaneta, F., Materán, M., Peña, M. E., y Casanova, Á. (2004). Tipificación tecnológica del sistema de producción con ganadería bovina de doble propósito (Bos Taurus x Bos Indicus). Revista Científica, 14(3), 0. <https://www.redalyc.org/pdf/959/95914310.pdf>

Valfre, F., Moretti, V.M., (1991). Characteristic, quality and control of animal products for human consumption. In: Proc. the Round Table. the Livestock Production Sector in Eastern Europe as Affected B y Current Change. EAAP Publ.57, pp. 144–148.

Vásquez, R., Méndez, O., y Vargas, (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, págs. 61-83

Vega Jurado, J., Britton Acevedo, E., De la Puente Sierra, P., y Negrete Escobar, I. (2018). Territorio inteligente: Un enfoque para el desarrollo regional en Colombia. El caso Caribe y Santanderes. Universidad del Norte.

Walzem, R. L., Dillard, C. J., y German, J. B. (2002). Whey components: millennia of evolution create functionalities for mammalian nutrition: what we know and what we may be overlooking. Critical reviews in food science and nutrition, 42(4), 353-375. <https://doi.org/10.1080/10408690290825574>

Zabala, P. (2005). Aspectos Nutricionales y Tecnológicos de la Leche. Dirección general de promoción agraria. Lima-Jesús María-Perú.

Zambrano, J., 7 Grass R. (2008). valoración de la calidad higiénica de la leche cruda en la asociación de productores de leche de Sotará – Asproleso, mediante las pruebas indirectas de resazurina y azul de metileno. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 6(2), 56-66. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v6n2/v6n2a08.pdf>

# **Capítulo 3. Caracterización de la calidad de leche producida y transformada en sistemas bovinos de doble propósito del pie de monte Araucano**

## **Resumen**

El objetivo de esta tesis fue investigar el significado de la calidad de la leche bovina en sistemas de doble propósito del Piedemonte Araucano. Este fue construido en cuatro categorías: tecnológicas (A), higiénicas (B), de seguridad (C) y de sostenibilidad (D). El estudio fue realizado entre 351 fincas seleccionadas mediante un muestreo no probabilístico con información recolectada a pie de finca. Se seleccionaron 17 variables y se usó un análisis de conglomerados (cluster bietápico) para la definición de nichos, comparados con pruebas de ANOVA y las diferencias promedias por Tukey y Tambane. Una regresión binaria logística fue aplicada para valorar el impacto de las variables asociadas con cada categoría de calidad y su relación con la viabilidad de la finca. El nivel de calidad de la leche fue del 60,6% con diferencias entre cuartiles de 21,4 puntos, reflejando su heterogeneidad. Las categorías de calidad AB presentaron diferencias con las categorías de calidad CD (34,8 % vs 76.0%, respectivamente). El análisis de conglomerados determinado por la proporción del número de variables implementadas en cada categoría y las variables de la categoría D y el número de vacas en fincas mostró: nicho 1, 76.0%, nicho 2, 93% y nicho 3, 55%. El análisis del nivel de calidad en el contexto de los nichos y el ordenamiento municipal mostró valores mayores para el nicho 1 (72.4%) y el municipio de Saravena (68.7%) ( $p < .0.05$ ). El efecto del nicho analizado a través de

variables cuantitativas mostró un menor tiempo de la finca hasta la transformación del producto en quesos, un mayor número de vacas por hectárea y un menor conteo de células somáticas ( $p < 0.05$ ). El uso relativo de variables por categorías de calidad mostró un promedio de uso mayor y porcentaje global para el nicho 1 ( $p < 0.05$ ). Las categorías AB y CD fueron diferentes entre el nicho 1 y el nicho 3 ( $p < 0.05$ ). Altos porcentajes de apropiación fue observado para las variables de las categorías CD: grupo racial, ordeño manual, sal mineral, vitaminas y control de endo y exo- parásitos con valores superiores al 93% en el nicho 1 comparado con el nicho 3 ( $p < 0.05$ ). La caracterización funcional de los nichos presentó diferencias significativas para las variables UGG/ha y producción de leche (l/vaca/día) siendo menor y mayor respectivamente en el nicho 3 ( $p < 0.05$ ). El recuento de células somáticas afectó la concentración de grasa de la leche a concentraciones mayores de 600.000 células/ml ( $p < 0.05$ ), con un efecto directo sobre la concentración de sólidos totales ( $p < 0.05$ ). La relación significativa entre la viabilidad y las categorías de calidad fue significativa para el global y para las categorías asociadas con la seguridad y sostenibilidad de la producción ( $p < 0.001$ ). En particular para estas categorías se observaron efectos significativos en el coeficiente B del análisis de regresión binaria para las variables uso de cantinas, UFS/ha, vacas/ha y el grupo racial. El análisis del exponencial del coeficiente B y de su intervalo de confianza mostró la plasticidad de la relación entre la viabilidad del sistema de producción de doble propósito y las variables de calidad descritas

**Palabras clave:** bovinos, leche, categorías de calidad, nichos, viabilidad, sistemas doble propósito, Piedemonte Araucano

## Abstract

The objective of this thesis was to investigate the meaning of the quality of bovine milk in dual-purpose systems of the Piedemonte Araucano. This was built in four categories: technological (A), hygienic (B), safety (C) and sustainability (D). The study was carried out among 351 farms selected through non-probability sampling with information collected at the farm level. 15 variables were selected and a conglomerate analysis (two-stage cluster)

was used to define niches, compared with ANOVA tests and mean differences for Tukey and Tambane. A binary logistic regression was applied to assess the impact of the variables associated with each quality category and their relationship with the viability of the farm. The level of quality of the milk was 60.6% with differences between quartiles of 21.4 points, reflecting its heterogeneity. The AB quality categories presented differences with the CD quality categories (34.8% vs 76.0%, respectively). The cluster analysis determined by the proportion of the number of variables implemented in each category and the variables of category D and the number of cows on farms showed: niche 1, 76.0%, niche 2, 93% and niche 3, 55%. The analysis of the level of quality in the context of the niches and the municipal order showed higher values for niche 1 (72.4%) and the municipality of Saravena (68.7%) ( $p < 0.05$ ). The effect of the niche analyzed through quantitative variables showed a shorter time from the farm to the transformation of the product into cheese, a higher number of cows per hectare and a lower somatic cell count ( $p < 0.05$ ). The relative use of variables by quality categories showed a higher average use and overall percentage for niche 1 ( $p < 0.05$ ). Categories AB and CD were different between niche 1 and niche 3 ( $P < 0.05$ ). High percentages of appropriation were observed for the variables of the CD categories: racial group, manual milking, mineral salt, vitamins and endo and exo-parasites control with values higher than 93% in niche 1 compared to niche 3 ( $p < 0.05$ ). The functional characterization of the niches presented significant differences for the variable's UGG / ha and milk production (l / cow / day) being lower and higher respectively in niche 3 ( $p < 0.05$ ). The somatic cell count affected the concentration of milk fat at concentrations greater than 600,000 cells / ml ( $p < 0.05$ ), with a direct effect on the concentration of total solids ( $p < 0.05$ ). The significant relationship between viability and the quality category was significant for the global and for the categories associated with the safety and sustainability of production ( $p < 0.001$ ). In particular, for these categories, significant effects were observed in the coefficient B of the analysis of binary regression for the variables: use of canteens, UFS / ha, cows / ha and the racial group. The analysis of the exponential of the coefficient B and its confidence interval showed the plasticity of the relationship between the viability of the dual-purpose production system and the quality variables described.

**Keywords:** Cattle, milk, quality categories, niches, viability, dual-purpose systems, Piedemonte Araucano

### 3 Introducción

La leche bovina ha sido ampliamente objeto de la investigación, pero muy pocos estudios se realizan en materia de calidad más allá de consolidar definiciones tecnológicas e higiénicas normativas alrededor del producto. El escenario de producción de leche bovina tiene una dinámica relacionada con el precio de la leche fresca y las oportunidades para su transformación, especialmente en condiciones tropicales hacia la producción de quesos artesanales.

La competitividad entendida como la habilidad para satisfacer las demandas del consumidor final en términos de atributos intrínsecos y extrínsecos que orientan su consumo, requieren del análisis en el sector primario de explotar las oportunidades para una mejor diferenciación de la leche. En una economía globalizada, la incorporación de innovaciones es fundamental para impulsar la competitividad en consideración a que los avances tecnológicos actuales y potenciales recrean un modelo tecnológico de producción. En particular, la innovación tecnológica en el sector de producción de leche bovina se caracteriza por trayectorias y dinámicas muy específicas atribuibles a la estructura de producción, los recursos naturales y las condiciones ambientales y sociales donde están situadas las fincas (Toro-Mujica et al., 2010).

La calidad de la leche bovina está relacionada con la calidad composicional e higiénica y la salud de la vaca en términos del número de células somáticas (Sckokai, et al., 2013). Sin embargo, la calidad de la leche es el resultado del trabajo sociológico, científico - tecnológico y es un parámetro fundamental para valorar la eficiencia económica del proceso de producción (Spreer, 2011). Otros autores enfatizan en la salud y el bienestar de los animales relacionando la unidad de producción con principios que aseguran la calidad e inocuidad del producto (Noordhuizen y Metz, 2005). De Boer (2003) plantea que existe una demanda pública para disminuir los efectos de contaminación ambiental producidos a nivel de la finca por el sistema de producción. Al respecto, Gilg y Battershill

(1998) explican la necesidad de producir productos estandarizados a nivel de la finca en contraste con una alta demanda por retomar sistemas alternativos de producción con mercados alternativos, como los quesos artesanales.

La microrregión del Piedemonte Araucano se destaca a nivel nacional por contar con unidades de producción con vocación hacia la producción de leche bovina con sistemas de doble propósito, con una alta informalidad, baja calidad higiénica de la leche y altos costos de transporte, pero con una tendencia a consolidar una lechería tropical basada en el uso del pastoreo (PBA, 2017). En general, los sistemas de doble propósito son usualmente soportados bajo un enfoque de bajas entradas basado en el uso de los recursos naturales y su interacción con un contexto natural, suministrando carne y leche (Yamamoto et al., 2007). Los objetivos de producción de este sistema dependen de las preferencias del productor, del régimen de lluvias, del consumo familiar, del mercado local y las proporciones de los ingresos generados por la venta de carne y leche, lo cual permite que exista una gran variedad de modelos de producción (Urdaneta et al., 2008). En estos sistemas de producción, la adopción y apropiación de niveles de tecnología están asociados con un incremento en la competitividad, sostenibilidad y viabilidad de las fincas (De-Pablos et al., 2018).

En este contexto, el objetivo de esta investigación es construir desde el enfoque de la innovación tecnológica, el conocimiento de los sistemas de doble propósito del Piedemonte Araucano a partir de la caracterización de la leche destinada a la transformación de quesos artesanales. En el estudio se analizan los componentes estructurales y tecnológicos de las fincas y su influencia en la calidad de la leche bajo un esquema de calidad total.

### **3.1 Materiales y Métodos**

La presente investigación se llevó a cabo en el marco del convenio de cooperación especial N° 559 de 2013, cuyo objeto fue: “Desarrollo de un programa de gestión tecnológica para la innovación social y productiva de la carne y la leche en sistemas de producción bovina

de la región de los llanos de Colombia”, denominado de forma abreviada Proyecto Bovino Arauca (PBA).

### 3.1.1 Población y selección de las fincas

La población bovina en estudio correspondió a fincas de sistemas de producción de doble propósito vinculadas al PBA y ubicadas en la microrregión del Piedemonte Araucano que comprende los municipios de: Saravena, Fortul, Tame y Arauquita, en donde la vocación ganadera hacia el doble propósito es por tradición su principal actividad económica. Este estudio se realizó en 351 fincas beneficiarias del PBA ubicadas en los municipios descritos

**Tabla 2 -1** Número de fincas por municipio incluidas en el estudio

Municipio	Número de fincas
Arauquita	75
Fortul	150
Saravena	48
Tame	78
Total	351

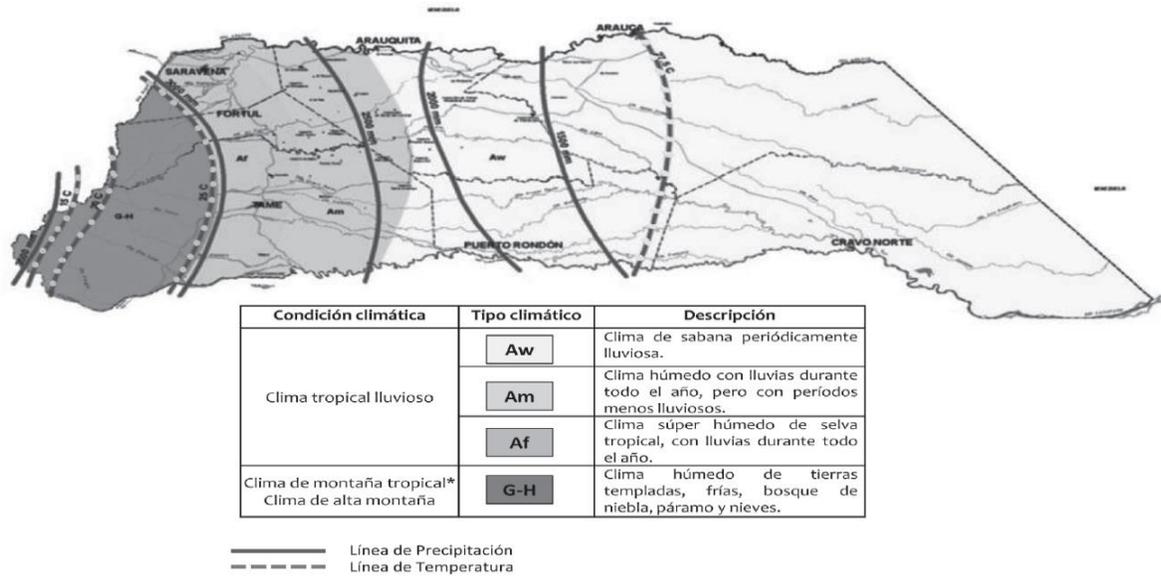
Se tuvieron como criterios de inclusión en el estudio, las fincas que cumplieran con los criterios descritos en el sistema información del PBA, el cual realizó un seguimiento a pie de finca del sistema de producción en una interacción directa con el propietario. La selección de fincas para el proyecto fue realizada por los Comités Municipales Ganaderos de los municipios descritos y el grupo de investigación del PBA de la Universidad Nacional de Colombia mediante un muestreo no probabilístico realizado al interior de propietarios adscritos a cada uno de los Comités, con una asimetría a nivel municipal en el número de fincas vinculadas al proyecto. En este proceso de selección se tuvo en cuenta: las facilidades de acceso a las fincas, la disponibilidad de los productores y administradores de formar parte de la muestra y de que las fincas tuvieran un carácter de finca intervenida tecnológicamente por el proyecto vs una finca monitoreada por el proyecto periódicamente. De otra parte, para alcanzar los objetivos planteados en el estudio se aplicaron otros criterios de inclusión como: la participación proactiva del productor intervenido, la cobertura municipal y territorial de la microrregión del Piedemonte Araucano, la permanencia del

productor al frente de la unidad de producción y la consistencia de la información suministrada durante el seguimiento del PBA. Se consideró que con esta estrategia de construcción colectiva de la investigación se alcanzaba la representatividad de la población ganadera de doble propósito localizada en la microrregión.

### **3.1.2 Localización, aspectos geográficos, ambientales y de manejo**

La microrregión del Piedemonte Araucano está determinada por un clima de montaña tropical y de alta montaña, donde existen dos grandes áreas de valor ambiental como son: la Sierra Nevada del Cocuy y la selva húmeda de los pisos Sub-andino y Alto-andino configurando una serie de laderas empinadas, cuando la cordillera oriental desciende (Figura 2-1).

**Figura 2 - 1** Mapa condición climática Departamento de Arauca



Como se observa en la tabla 2-3, la mayor cantidad de fincas en esta investigación se localizó en las zonas de vida AM (38,5%) y Af (40,2%) mientras el clima de sábanas (AW) representó el 18,8% de las fincas. La participación de las tierras templadas en su transición hacia el clima frío fue marginal (2,5%).

**Tabla 2 -3.** Número de fincas por zona de vida incluidas en el estudio

Zona de vida	No de Fincas
AW - de Clima Sabana -periódicamente lluviosa	66 (18.8%)
AM - Clima húmedo con lluvias durante todo el año, pero con períodos menos lluviosos	135 (38.5%)
Af - clima super húmedo de selva tropical, con lluvias durante todo el año	141 (40.2%)
G-H - clima húmedo de tierras templadas, frías, bosques de niebla, paramos y nieves	9 (2.5%)
Total	351

### **3.1.3 Información recolectada en las fincas**

La información presentada en este capítulo forma parte de las actividades desarrolladas por el Programa de Trazabilidad y Planeación Estratégica del PBA y fueron obtenidas mediante la realización de encuestas a pie de finca. El proceso de recolección de la información se realizó a través del personal de campo del PBA, en compañía del productor o encargado de la unidad de producción, con un enfoque participativo, el cual facilitó el intercambio de información y la creación de un entorno que fomentó la participación e interacción de diferentes actores, con las implicaciones que este tipo de procesos crea en materia de aprendizaje, confianza y el compartir innovaciones tecnológicas desarrolladas por los productores en las fincas (Bernet et al., 2006) o vinculadas por el proyecto a las fincas intervenidas. La información suministrada por los productores se manejó de manera confidencial.

La información se almacenó en el sistema de información del PBA denominado INNOVASOFT. Una de las dificultades en la realización de este tipo de investigaciones radica en que con frecuencia muchas de las fincas vinculadas al proyecto no llevaban ningún registro técnico y contable de la producción con especial referencia a variables físicas y de manejo de la producción. El proceso de recolección de la información se llevó a cabo con la ayuda de herramientas como formatos de encuestas dinámicas y estáticas durante los años 2014 a 2017, por la misma persona en cada unidad de producción.

### **3.1.4 Descripción muestreo y pruebas de calidad de la leche**

Las muestras de leche fueron tomadas una vez en las 351 fincas objeto de estudio entre el mes de octubre del 2017 hasta enero de 2018. Estas muestras fueron tomadas al azar a pie de finca al finalizar la rutina de ordeño incluyendo tres períodos de muestreo con 116 muestras por cada período y distribuidas así de acuerdo a su localización municipal (Araucuita 24, Saravena 16, Fortul 50, Tame 26). Los tres períodos de muestreo cubrieron la transición del invierno al verano a saber: muestreo 1:19/10/2017 al 16/11/2017; muestreo 2:18/11/2017 al 24/12/2017 y muestreo 3: 28/12/2017 al 31/01/2018.

Las muestras de leche fueron tomadas en las primeras horas de la mañana y para su recolección, la leche se homogenizó por medio de un agitador manual de acero inoxidable por un período de 1 minuto. Cincuenta (50) cm de las muestras de leche homogenizada fue depositada en un tubo Falcón, rotulada, sellada y almacenada temporalmente en una nevera portátil refrigerada a 4 °C y enviada a un container del PBA para su análisis, ubicado en el corregimiento de la Esmeralda, municipio de Arauquita. Las 351 muestras fueron evaluadas para las siguientes variables: grasa, proteína, sólidos totales, lactosa y Recuento de Células Somáticas (RCS). Los análisis se realizaron de acuerdo a los siguientes protocolos: el análisis composicional; se realizó a través de equipo analizador de ultrasonido Lactoscan, con calibración de fábrica, para lo cual se depositaron diez ml de leche en el depósito del equipo durante 1 minuto, siguiendo los protocolos de auto limpieza del equipo. El RCS se realizó con un equipo de análisis de ultrasonido Ekomilk Scan con calibración de fábrica, para lo cual se depositaron 5 ml de una solución surfactante Ekoprim previamente preparada y 10 ml de leche, después de un minuto se realizó la lectura del resultado.

### **3.1.5 Descripción del sistema y sus componentes**

Los sistemas de producción de leche bovina a nivel mundial se caracterizan por un proceso de intensificación de la producción y un rápido escalamiento a partir de los años 70's (Van der Ploeg, 1987). Este desarrollo fue el resultado de grandes inversiones en instalaciones para el ordeño y en equipos, el uso de forrajes conservados, alimentos concentrados comerciales y de otros factores de innovación tecnológica que hicieron que la práctica de producción de leche se reorganizara, dado el incremento en los volúmenes de producción. Desde hace más de tres décadas las más importantes medidas y características de la calidad leche bovina estuvieron asociadas con áreas tecnológicas. Posteriormente, los valores higiénicos fueron añadidos siguiendo la percepción del consumidor por el consumo de un producto inocuo. En la actualidad, se desarrolla el concepto de calidad total que incluye los anteriores aspectos más otros relacionados con el bienestar de los animales (el pastoreo, el no uso de antibióticos y tratamientos terapéuticos) y la sostenibilidad ecológica; sin embargo, la percepción de diferentes actores sociales no es la misma en el contexto de su impacto ambiental, la seguridad alimentaria, la seguridad nutricional y el

bienestar animal. En esta investigación se utilizaron cuatro categorías de calidad de la leche descritas por Mataró (2015).

Las 351 fincas se clasificaron en el contexto de las categorías: A, B, C y D relacionadas con un sistema de calidad de la leche bovina y su significado a nivel del consumidor (Tabla 2-4). Las variables funcionales (concentración de grasa leche (%), concentración de proteína en la leche (%), concentración de lactosa en la leche (%), estación de la producción, UFS/Ha, N° vacas/Ha, uso de cantinas, tipo de ordeño y el conteo de células somáticas) permitieron identificar la funcionalidad y la expresión del sistema de producción bovino de doble propósito en el mercado en concordancia con los desarrollos tecnológicos y de innovación implementados por los productores y las condiciones agroecológicas de producción, mientras que las variables estructurales (control de parásitos externos e internos, distancia al centro de transformación, grupo racial, suministro de vitaminas, suministro de forrajes conservados, suministro de sal mineral, y suministro de concentrados) incluyeron todos los elementos disponibles para el proceso de producción orientados a visualizar una expresión general del sistema de producción de doble propósito del Piedemonte Araucano.

**Tabla 2- 4** Categorías de calidad de la leche en sistemas de doble propósito del Piedemonte Araucano

<b>Categoría A. Componentes tecnológicos</b>	
1. Concentración grasa	% de grasa leche
2. Concentración proteína	% de proteína leche
3. Concentración lactosa	% de lactosa
4. Nutrición y practicas alimenticias 1	0.No utilizados forrajes conservados; 1. Si utilizados forrajes conservados
5. Nutrición y practicas alimenticias 2	0.No usa concentrados comerciales; 1. Si usa concentrados comerciales
6. Estación de la producción	0.Verano; 1. Transición verano
<b>Categoría B. Componentes higiénicos</b>	
7. Conteo de células somáticas	Log 10 células somáticas/ml
<b>Categoría C. Seguridad del producto</b>	
8.. Utiliza cantinas	0.No; 1. Si
9. Distancia al centro de transformación	minutos

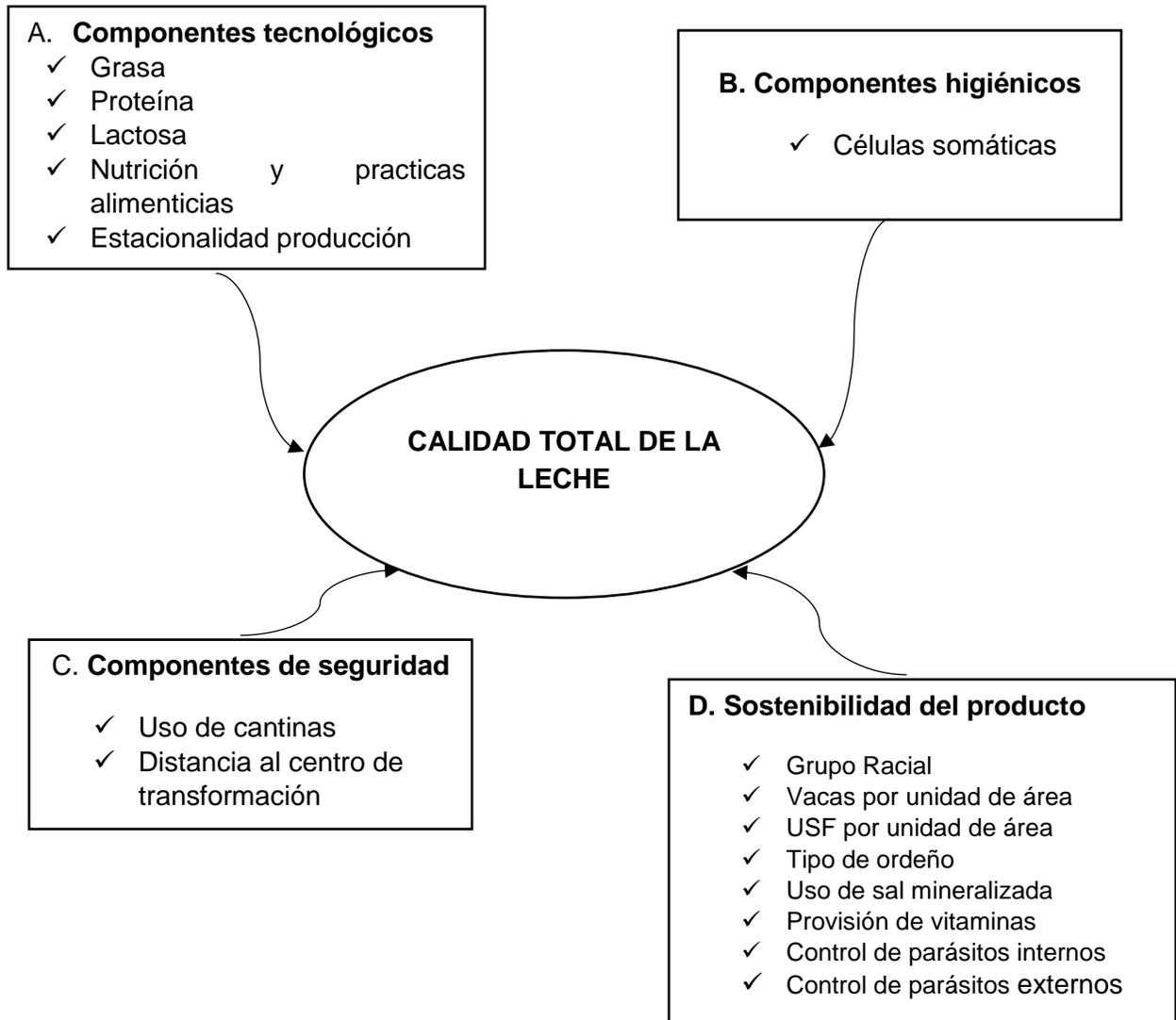
<b>Categoría D. Sostenibilidad del producto</b>	
10. Grupo racial	0.Taurus y cruces; 1. Indicus y cruces
11. Vacas por unidad de área	No de vacas /ha
12. UFS por unidad de área	UFS/ha
13. Tipo de ordeño	0.mecanico; 1. manual
14. Utiliza sal mineralizada	0.No utiliza sal mineralizada; 1. Si utiliza sal mineralizada
15. Provisión de vitaminas	0.No utiliza vitaminas; 1. Si utiliza vitaminas
16. Control de parásitos internos	0.No utiliza control de parásitos internos; 1. Si utiliza control de parásitos internos
17. Control de parásitos externos	0.No utiliza control de parásitos externos; 1. Si utiliza control de parásitos externos

El inventario de variables asociadas con cada una de las categorías se incorporó al sistema de información INNOVASOFT cuyo monitoreo y seguimiento se realizó a pie de finca. Para variables de tipo cualitativo consideradas en el sistema de calidad, la incorporación de las fincas se realizó de acuerdo metodologías referenciadas por Le Gal et al (2011) y Gouttenoire et al (2013).

Las variables de orden cuantitativo consideradas en el sistema de calidad fueron evaluadas a través de la inclusión de fincas intervenidas tecnológicamente por el PBA de acuerdo al comportamiento de las variables: concentración de grasa (> 3.68 %), concentración de proteína (> 3.18%) y conteo de células somáticas (<400.000 células por mililitro) que corresponden a los promedios obtenidos en Colombia en los estudios reportados previamente en la revisión de literatura, como el límite de la calidad tecnológica de la leche en RCS destinada a la elaboración de quesos. La viabilidad del sistema de calidad de la leche fue realizada entre la Universidad Nacional de Colombia y los Comités Municipales de Ganaderos en el marco del proyecto PBA con talleres participativos que definieron las fincas intervenidas por el proyecto. Para el paso final se construyó un índice del sistema de calidad calculado para cada finca y basado en las proporciones de las variables implementadas sobre el total de las variables identificadas para cada categoría (A, B, C y D) (Tabla 2-4). Las variables de innovación tecnológica asociadas a la calidad de la leche se codificaron con 1, si la finca fue intervenida por el proyecto y/o tenía implementada la variable en la finca y con 0 si correspondía a una finca monitoreada que no tenía implementada la variable en análisis en la finca. Este enfoque cuantitativo fue desarrollado con base en la metodología descrita por Torres et al (2015).

La figura 2-2 recrea el concepto de calidad total de la leche y representa a través de los cuatro componentes y sus respectivas variables combinando los conceptos convencionales de calidad como las representadas en la categorías A y B relacionadas con los parámetros composicionales y sanitarios enmarcado en el recuento de células somáticas, pero involucrando en este concepto integral las categorías C y D que surgen de la revisión literaria, pero que también tiene en cuenta factores, ambientales y socioeconómicos propios del área donde se desarrolla este estudio, en el caso de la variable C en el aspecto del uso de cantinas este garantiza un trato más seguro en términos de contaminación post- ordeño a la leche destinada para la elaboración de quesos, ya que no se cuenta con manejo de frío para el transporte de la materia prima láctea , así como la distancia desde el predio hasta el ordeño pues ese recorrido es crucial pues a mayor tiempo de llegada mayor el crecimiento de microorganismos incrementando el crecimiento bacteriano, la variable D son involucradas al concepto de calidad, también obedece a criterios estimados por el equipo multidisciplinario que involucro variables estructurales que sostienen los sistemas productivos en el tiempo y por ende el grupo racial es uno de ellos, las vacas por unidad de área, UFS por unidad de área la calidad y acceso al material forrajero disponible representan junto con la inclusión en la dieta de sales mineralizadas aspectos nutricionales que en situaciones críticas pueden afectar la calidad de la leche, en esta categoría se incluyó también el control que el productor le da a la presencia de ectoparásitos

**Figura 2-2.** Esquema calidad total de la leche a través de cuatro categorías en sistemas de producción bovina de doble propósito del Piedemonte Araucano.



Elaboración propia.

El número de variables promedio utilizadas por cada productor en su finca se constituyó en la variable dependiente (Z), mientras las variables independientes fueron obtenidas del sistema de información y agrupadas en las cuatro categorías referenciales planteadas para el sistema de calidad de la leche a saber: categoría A: área tecnológica; categoría B: área de higiene de la leche; categoría C: área de inocuidad de la leche y categoría D: área de sostenibilidad de la producción. En consecuencia,  $Z = (A, B, C, D)$  y como se observa en la

tabla 2-4 se incluyeron inicialmente en el análisis 17 variables asociadas a la calidad de la leche.

El impacto de las variables, su viabilidad y la evaluación de las categorías de calidad correspondió a la elaboración de un índice agregado de fincas intervenidas o que tenían implementadas estas variables con la verificación de factores de producción, económicos y sociales, para los cuales se realizó un seguimiento dinámico del PBA a pie de finca. La viabilidad de cada finca se realizó como se indicó previamente en concordancia con su clasificación (finca intervenida y finca con tecnología implementada vs finca monitoreada) durante tres años de realización del proyecto. Esta viabilidad fue calificada para cada finca con una variable Dummy (1= intervenida o con tecnología implementada, viable; 0= monitoreada, no viable).

### **3.1.6 Procesamiento y análisis estadístico de la información**

Una vez captada toda la información requerida sobre las fincas seleccionadas, se llevó a cabo su organización y clasificación en una base de datos análoga y digital en Excel. La información primaria fue verificada con información secundaria recolectada en el área de influencia del estudio. El procesamiento y análisis estadístico de la información contempló cinco etapas a saber:

#### **a) Construcción de la base de datos.**

Con las 351 fincas analizadas durante el período final del proyecto (2014-2015) se realizó una revisión de los informes técnicos y de gestión del proyecto con investigadores vinculados al mismo. El análisis incorporó una descripción funcional del animal a través del concepto de Unidad Funcional (UFS), el cual corresponde a una vaca madura de 500 kg, con un intervalo entre partos de 13 meses que produce 3.500 kg de leche por lactancia (40 g/kg de grasa, 80g/kg de sólidos no grasos), equivalente también a un requerimiento anual de energía metabolizable (EM) de la UFS para mantenimiento, crecimiento, gestación y actividad voluntaria definido en 35.600 MJ/año (Lalonde y Sikigara, 1997). Para la definición de la Unidad de Gran Ganado (UGG) se asumió un peso adulto de una hembra de 500 kg.

**b) Clasificación de las unidades de producción.**

Para cada finca se calculó el nivel tecnológico asociado a las variables consideradas en las categorías de calidad de la leche de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$NT_j = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ij}}{n_j} \times 100$$

Donde:

NT<sub>j</sub>: nivel tecnológico de la categoría j

x<sub>ij</sub>: variable seleccionada de la categoría j

n<sub>j</sub>: número total de variables seleccionadas en la categoría j

Para la clasificación de las unidades de producción se utilizó un análisis de conglomerados en dos fases (cluster bietápico), el cual descubre las agrupaciones naturales del conjunto de fincas incluidas en el estudio. Este tipo de análisis tiene unas características únicas con respecto a otros métodos de conglomerados tradicionales, entre los cuales sobresale: un procedimiento automático del número óptimo de conglomerados, la posibilidad de crear un modelo de conglomerados con variables tanto categóricas como continuas y la opción de trabajar con archivos de datos de un gran tamaño. La medida de distancia utilizada fue log-verosimilitud, el número óptimo de conglomerados fue determinado automáticamente y el algoritmo utilizado para hallar el número de conglomerados fue el Criterio Bayesiano de Swartz (BIC). La medida de silueta de cohesión y separación fue definida para evaluar la calidad de los conglomerados. Este modelo de conglomerados se encuentra disponible en el paquete estadístico SPSS 20.0.

**c) Caracterización estructural y funcional del sistema de producción de bovinos de doble propósito.**

La caracterización estructural y funcional del sistema bovino de doble propósito se realizó de acuerdo al número de variables implementadas en el contexto de los nichos de producción estimados en el numeral b. El análisis incluyó inicialmente las 17 variables reportadas en la tabla 2-4 y relacionadas en particular con las categorías asociadas con la calidad de la leche (A, B, C y D). En el análisis se incluyeron otras variables del sistema de información asociados a las categorías descritas y a otros componentes del sistema de

producción como el número de vacas en ordeño, unidades funcionales (UFS), área de la finca, área en pastos, UGG, vacas totales, terneros, hembras de reemplazo, novillos, total de animales, UTAs, producción de leche, mortalidad de la cría, ganancia de peso de la cría.

Las categorías asociadas a áreas tecnológicas (A, B) y las categorías asociadas a la inocuidad y sostenibilidad (C, D) fueron analizadas por nichos de producción usando una prueba de ANOVA de una sola vía, siendo las diferencias entre los promedios estimados por la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). La homogeneidad de las varianzas fue probada por la prueba de Levene y en caso de ser significativa se utilizó para evaluar la hipótesis alternativa en el análisis de los promedios, la prueba de Tamhane. La existencia de asociaciones entre las categorías tecnológicas fue verificada utilizando la correlación de Spearman.

Un análisis fue realizado mediante el uso de un modelo lineal para relacionar cinco (5) segmentos del recuento de células somáticas RCS ( $No/10^3$ ) propuesto Kirk (1981) con variables nominales o cualitativas disponibles en el sistema de información del PBA, para lo cual se dispuso de estadística descriptiva, análisis de varianza y la prueba de separación de medias de Tukey ( $p < 0.05$ ). Todos los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico SPSS versión 20.0.

#### **d) Viabilidad e impacto de las categorías y variables de calidad de la leche.**

Para analizar el impacto de las categorías y de las variables que la constituyen se utilizó un análisis de regresión binaria logística aplicada al impacto de estos dos niveles de análisis en términos de la viabilidad de cada finca. El modelo logístico fue

$$P(y) = \frac{1}{1 + e^{-\beta x + \varepsilon}}$$

Donde  $P(y)$  corresponde la viabilidad de las fincas (variable dependiente) que fue calificada de manera dicotómica (1/0) y  $x$  corresponde a la variable independiente asociada a la implementación de las variables de calidad de la leche (1= implementada-intervenida; 0= no implementada-monitoreada). La prueba de Hosmer y Lemeshow fue usada para evaluar

el ajuste del modelo. La relación de probabilidad y su intervalo de confianza al 95% fue calculado para cuantificar la asociación entre ambas variables.

## 3.2 Resultados y Discusión

### 3.2.2 Análisis por áreas tecnológicas para los sistemas de producción de doble propósito

El análisis de las 17 variables asociadas y distribuidas en cuatro categorías (A, B, C y D) de calidad la leche y agrupadas en áreas tecnológicas (A, B) y áreas no tecnológicas (C, D) se muestra en la tabla 2-5. El nivel promedio de calidad de la leche en el área de estudio fue del 60.6% y los valores de los cuartiles reflejan la heterogeneidad que existe en la calidad del producto a nivel de finca y transformada en un volumen significativo en la manufactura de quesos artesanales. El comportamiento de las categorías asociadas con la tecnología y las relacionadas con el contexto de producción fue desigual y significativo ( $p < 0.01$ ). En este sentido, las categorías relacionadas con la inocuidad y sostenibilidad de la producción (contexto de producción) presentaron el mayor valor de 76.0%. El comportamiento de las áreas tecnológicas (A, B) presentó un coeficiente de variación mayor (47.3% vs 20.7%).

Categorías de calidad de la leche en sistemas de producción de doble propósito del Piedemonte Araucano

**Tabla 2- 5** Categorías de calidad de la leche en sistemas de producción de doble propósito del Piedemonte Araucano

Categoría de calidad	Variables (n)	Nivel calidad %	Q1	Q3	CV
Sistema global	17	60.6±0.62	50	71.4	19.2
Categorías AB (tecnológicas)	7	34.8±0.88 <sup>b</sup>	20	40.0	47.3
Categorías CD (inocuidad-sostenibilidad)	10	76.0±0.83 <sup>a</sup>	66	78.0	20.7

a, b promedios con diferentes letras entre filas difieren significativamente ( $P < 0.01$ ).

Bajos coeficientes de correlación de Spearman fueron identificados al relacionar las categorías asociadas con áreas tecnológicas (AB) vs categorías asociadas con inocuidad

y sostenibilidad (CD) ( $r=0.105$ ,  $P<0.05$ ) (Tabla 2-6). A nivel global, las mayores relaciones se observaron con las categorías CD ( $r=0.837$ ,  $P<0.01$ ).

**Tabla2- 6.** Matriz de correlación entre áreas tecnológicas (categorías AB) e inocuidad y sostenibilidad (categorías CD)

<b>Categorías</b>	<b>AB</b>	<b>CD</b>	<b>Global</b>
AB. Áreas tecnológicas	1	0.105*	0.487**
CD. Inocuidad y sostenibilidad		1	0.837**
Global			1

\* $P>0.05$ ; \*\* $P<0.01$

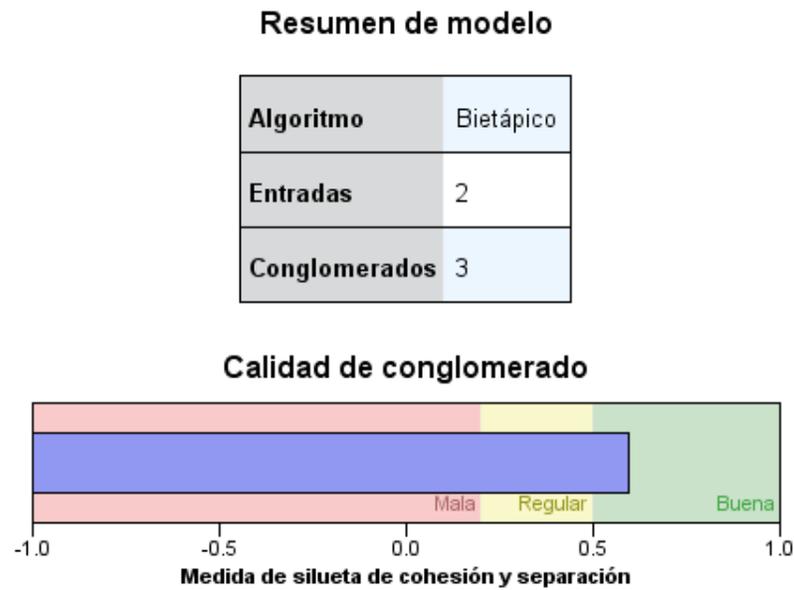
Al respecto, Ryschaway et al (2014) plantea la necesidad de establecer un enfoque sistémico con un carácter no-lineal en esta tipología de investigación participativa orientada a mejorar la sostenibilidad de los sistemas de producción. El análisis en este caso plantea una integralidad entre áreas tecnológicas y la inocuidad y sostenibilidad de la producción de leche bovina. Al respecto, Dubeuf (2014) también sugiere que la innovación tecnológica no es un proceso lineal y por lo contrario es un proceso muy interactivo, colaborativo, de construcción colectiva, transdisciplinario y requiere para su implementación de la participación y consenso diferentes actores sociales (Torres et al., 2014), a través de la participación e interacción de productores, investigadores, autoridades regionales y locales, que en particular en esta investigación plantea compensaciones entre el componente tecnológico tradicional para evaluar la calidad de la leche y la sostenibilidad del proceso de producción.

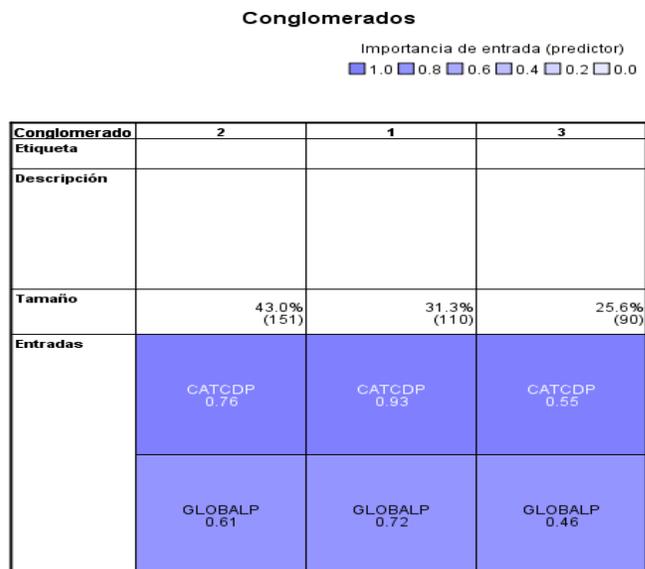
### 3.2.3 Análisis de conglomerados o nichos de producción

El análisis de conglomerados presentó un valor promedio de 0.6 para la medida de silueta de cohesión y separación que lo sitúa en la zona de bueno, lo cual significa que los datos evidencian de forma razonable, una fuerte estructura de los conglomerados definidos por el algoritmo (Figura 2-1). Las variables utilizadas para la definición de los conglomerados fueron: la variable global que representa la proporción del número de variables

implementadas en cada finca de acuerdo a las categorías de calidad de la leche descritas previamente con un valor máximo de 17 y la proporción correspondiente a las categorías CD asociadas a la inocuidad y sostenibilidad de la producción de leche. Estas permitieron definir tres conglomerados (nichos) y su importancia como predictores de entrada tuvieron un valor de 1 para la categoría CD y 0.79 para la variable global (Figura 2-3).

**Figura 2- 3.** Medida de silueta de cohesión y separación-calidad del conglomerado



**Figura 2- 4. Conglomerados e importancia de variables**

El tamaño más pequeño de los conglomerados fue de 90 fincas (25.6%) con un valor porcentual del 50% de variables implementadas para la categoría CD correspondiendo al conglomerado 3 (nicho 3). El tamaño de conglomerado más grande incluyó 151 fincas (43.0%) y presentó un valor porcentual del 76% de variables implementadas para la categoría CD, correspondiendo al conglomerado 2 (nicho 2). El conglomerado 1 (nicho 1) involucró 110 fincas (31.3%) y presentó un valor porcentual de 93% de variables implementadas. El cociente de tamaños (relación del conglomerado más grande con el más pequeño) fue de 1,68.

El efecto del nicho de calidad y el municipio sobre el porcentaje de variables de calidad asociadas a las categorías de referencia en sistemas de producción de doble propósito del Piedemonte Araucano se observan en la tabla 2-7. El nivel de calidad y el municipio presentaron diferencias significativas en este porcentaje ( $p < 0.01$ ). La interacción del nivel de calidad x municipio no presentó diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). El análisis de los promedios para el nivel de calidad mostró diferencias significativas entre los tres nichos (72.4% vs 61.2% vs 46.1%,  $p < 0.05$ ). El análisis del factor municipio mostró los mayores

porcentajes para el municipio de Saravena comparado con los municipios de Fortul y Tame ( $p < 0.05$ ).

**Tabla 2- 7.** Efecto del nicho de calidad y el municipio sobre el porcentaje de variables de calidad en sistemas de producción de doble propósito del Piedemonte Araucano

Municipio (M)	Nivel de calidad (N)				Valores de P		
	Nicho 1	Nicho 2	Nicho 3	Promedio	N	M	N x M
Araucuita	73.4±1.90	61.3±0.86	48.4±0.91	61.1±0.70 <sup>AB</sup>	**	*	ns
Fortul	70.5±0.74	60.8±0.67	44.7±1.01	58.7±0.50 <sup>B</sup>	SEM	0.620	
Saravena	73.4±0.92	61.2±1.79	46.4±3.55	68.7±1.50 <sup>A</sup>			
Tame	72.1±1.62	61.4±0.99	44.9±1.21	59.5±0.70 <sup>B</sup>			
Promedio	72.4±0.60 <sup>a</sup>	61.2±0.60 <sup>b</sup>	46.1±1.20 <sup>c</sup>				

Los valores dentro de una columna con diferentes letras mayúsculas y dentro de una fila con diferentes letras minúsculas difieren significativamente ( $P < 0.05$ )

El análisis de los efectos del nicho de calidad sobre el comportamiento de variables cuantitativas del sistema de categorías propuesto, se muestran en la tabla 2- 8, se observa que las variables: grasa de la leche, lactosa de la leche y UFS/Ha no presentaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). El porcentaje de proteína de la leche presentó una tendencia ( $p < 0.07$ ). El tiempo desde la finca al centro de transformación presentó diferencias significativas que fueron menores para el nicho 1 ( $P < 0.05$ ). El conteo de células somáticas fue también menor en este nicho, pero este fue comparable con el nicho 2 y diferente del nicho 3 ( $p < 0.05$ ). Los valores del conteo de células somáticas (log/ml) fueron menores para los nichos 1 y 2 (181.970 y 194.984) comparados con el nicho 3 (275.422). Sin embargo, cuando esta variable fue codificada con valores inferiores a 400.000 células por mililitro se observó que el 95,5% de las fincas del nicho 1 respondían a este umbral comparado con el 86,8% de las fincas del nicho 2 y 64,4% de las fincas del nicho 3, valores porcentuales que fueron diferentes entre sí ( $p < 0.05$ ). Las variables descritas fueron comparadas mediante la prueba de Tamhane en consideración a que las varianzas no fueron homogéneas y el estadístico de Levene fue significativo ( $p < 0.001$ ) (tabla 2-8).

La leche líquida colombiana alcanza promedios de 3,18% de proteína, 3,71% de grasa y un recuento de unidades formadoras de colonia de 650.573 (ENA 2017). Estos valores comparados a nivel de países como Nueva Zelanda y Uruguay señalan una gran brecha por ejemplo en el contenido de proteína de la leche que en estos países alcanza un valor de 3,82% y 3,37%, respectivamente. Como se observa esta brecha es mayor cuando se analizan promedios obtenidos en el sistema doble propósito del Piedemonte Araucano con un valor mayor de 2,96% para el nicho 2. Algunos estudios realizados en estos países de referencia señalan que para aumentar 0.1 los valores reportados se requieren de más de 10 años de mejoramiento continuo en el sistema de producción (New Zealand Dairy Statistics, 2018-2019).

**Tabla 2- 8.** Efecto del nicho de calidad y de variables cuantitativas de calidad en sistemas de producción de doble propósito del Piedemonte Araucano

<b>Variables</b>	<b>Unidades</b>	<b>Nicho 1</b>	<b>Nicho 2</b>	<b>Nicho 3</b>	<b>SEM</b>
Grasa leche	%	3.43	3.41	3.41	0.030
Proteína leche	%	2.91	2.96	2.95	0.070
Lactosa	%	4.38	4.43	4.42	0.010
Tiempo a la transformación	Min	24.40 <sup>a</sup>	37.2 <sup>b</sup>	37.3 <sup>b</sup>	1.424
UFS	UFS/ha	2.10	2.10	1.84	0.068
Nº vacas	Vacas/ha	1.65 <sup>a</sup>	1.54 <sup>ab</sup>	1.32 <sup>b</sup>	0.054
CSS log	No/ml	5.26 <sup>a</sup>	5.29 <sup>a</sup>	5.44 <sup>b</sup>	0.017
CSS<400.000 c/ml	% fincas	95.5±3.30 <sup>a</sup>	86.8±2.90 <sup>b</sup>	64.4±3.70 <sup>c</sup>	0.019

Los valores promedios con diferentes letras minúsculas (a, b, c) difieren significativamente (P<0.05)

La suma de las concentraciones de grasa y proteína representa más del 60% del contenido de sólidos totales de la leche. En consecuencia, el contenido de sólidos define las pautas

de pago de la leche por calidad y además determina el valor que tiene la leche cruda como materia prima para su transformación y producción de productos lácteos. El impacto de aumentar el contenido de proteína de la leche es mayor que el de aumentar la concentración de grasa, ya que ésta representa tres (3) veces más en términos de pago por calidad comparado con los contenidos de grasa (Anrique, 2011). Un consorcio lácteo que lidera los precios de calidad de la leche en la República de Chile tiene como objetivo para el 2020 alcanzar valores de la sumatoria de las concentraciones de grasa y proteína de la leche de 7,6%, valor que contrasta con el obtenido en el nicho 2 de 6,37%.

En general, la leche fresca bovina varía en composición, estructura y propiedades aun cuando provenga de un solo ordeño. Los glóbulos de grasa varían en tamaño y aún en composición; al igual que las micelas de caseína. Muchos factores son responsables de la variación natural de la composición de la leche entre los cuales se pueden analizar: los factores genéticos asociados a la raza, al individuo y el estado de la lactancia que empieza dos a tres días después del parto con el calostro (Sandoval et al., 1997). En esta investigación, se observa una respuesta homogénea en términos de composición (grasa, proteína y lactosa); sin embargo, la leche de los sistemas de doble propósito presenta niveles altos de sólidos totales, proteína y grasa cuando se comparan con sistemas especializados, esto debido a la presencia de cruces con un componente racial cebuino. En un estudio realizado por CORPOICA (2010) en la región Caribe en una muestra de 200 fincas, el 26,4% presentó concentraciones inferiores a 12,6% de sólidos totales, mientras que el 10,9% mostró concentraciones inferiores a 3,8% de grasa y el 15,9% concentraciones inferiores a 3,3% de proteína. En la presente investigación, realizada en el Piedemonte Araucano se observó ante estos umbrales, valores inferiores para los sólidos totales en un 92,3%, para la proteína en el 99,4% y para el contenido de grasa en el 83,4% de las fincas. Igualmente, Campabadal (1999) sugiere una relación inversa entre la producción de leche y el porcentaje de constituyentes del líquido (a mayor cantidad producida menores componentes), lo cual está asociado con un factor de dilución. En el presente estudio, la producción de leche residual por vaca por día se asoció de manera significativa con el porcentaje de lactosa y sólidos totales ( $r=-0.11$ ,  $p<0.039$  y  $r=-0.18$ ,  $p<0.001$ ,  $n=351$ , respectivamente), pero no con los porcentajes de proteína y la concentración de sólidos no grasos que presentaron una tendencia ( $p<0.10$ ). En conjunto este análisis muestra un escenario pesimista para un sistema de pagos por calidad de

leche cruda, en el área de influencia del proyecto (Resolución 017 de 2012 MADR). Análisis posteriores son necesarios y deben incluir: el ciclo de lactancia , la época del año , la condición corporal y la composición nutricional de la propuesta alimenticia .

Valores promedio de proteína de la leche por debajo de los encontrados en este estudio(2.91%), fueron reportados por Rodríguez et al, (2014) en época de invierno en leches analizadas en una empresa acopiadora en el departamento de Córdoba, así como niveles promedio de lactosa de 4,49% y valores por encima de 4.0% para grasa valores que están por encima de los encontrados en la presente investigación. Según Calvache (2012) los porcentajes de proteína y grasa en la leche se puede ver afectados por el estrés calórico, debido a que este fenómeno disminuye el consumo de materia seca en los animales. Al respecto, Fernández y Tarazona (2015) sugieren que las mejores opciones para el mejoramiento de la composición de la leche están centradas en el empleo de vacas de medio mestizaje y proporcionar suplementos alimenticios basados en el uso de sales minerales y melaza.

De otra parte, a pesar de que no se observa en la concentración de lactosa (%) una diferencia significativa, el mayor valor encontrado en el nicho 3 (4.42) fue inferior caracterizando la leche como mala cuando se analizan parámetros de calidad en el contexto colombiano (Alpina, 1992). El análisis para la proteína de la leche (%) mostró el mayor valor numérico para el nicho 2 (2.96), este valor fue categorizado como bueno en la clasificación de las leches destinados a procesos de transformación de quesos (Alpina, 1992).

La variable densidad presentó valores muy bajos (<1.030 g/ ml) en el 9,40% de las muestras (33 fincas), lo cual puede deberse a la adición de agua (Gerber 1994), lo cual no fue valorado en este estudio. Sin embargo, hay que reconocer que esta medida de evaluación de la calidad la leche a nivel de finca presenta una alta variabilidad, sin tener adulterantes. Al respecto Parra et al ( 1998) encontraron en el Piedemonte del Meta que el 18% de las cantinas presentó densidades inferiores al valor de 1.030 g/ ml.

El estado sanitario de la ubre, especialmente por la presencia de mastitis se incrementa con el contenido de células somáticas. La mastitis subclínica es una de las más persistentes y genéricas enfermedades de importancia en la valoración de la higiene de la leche y la calidad en los sistemas de producción bovina a nivel mundial (Coulon et al., 2002). La mastitis influye sobre el total de leche producida, la composición de la leche y su potencial de transformación tecnológica en quesos. En bovinos, el conteo de células somáticas es un adecuado predictor de esta entidad y por consiguiente es un importante componente en la evaluación de la calidad de la leche (Harmon, 1994). Algunos estudios muestran la asociación entre las células somáticas y cambios en la calidad de la proteína, composición de ácidos grasos, lactosa, concentración de minerales, incremento en la actividad enzimática y un alto valor de pH en la leche cruda (Auld et al., 1996). En el presente estudio, el conteo de células somáticas se asoció positivamente y significativamente con la concentración de grasa ( $r=0.306$ ,  $P<0.01$ ), mientras que para las concentraciones de proteína y lactosa estas relaciones fueron negativas, pero no significativas ( $r=-0.028$  y  $r=-0.035$ , respectivamente). En contraste, Vásquez et al, (2014) encontraron que un incremento de 100.000 CS, disminuye el contenido de grasa en 0,4 unidades porcentuales.

Con respecto a los umbrales inferiores de aceptación del conteo de células somáticas (células por mililitro) la literatura muestra históricamente para condiciones tropicales un límite de 650.000 para pequeños productores en la República de Kenia (Omore et al., 1999), mientras en consideración a la alta prevalencia de mastitis subclínica y la adopción de sistemas de control de calidad de la leche, el límite se sitúa en 350.000 células por mililitro, umbral que fue considerado importante para mantener un control de calidad la leche y salud de la glándula mamaria en condiciones tropicales (International Dairy Federation, 1990). Para este estudio se tomó como referencia las 400.000 células por mililitro, pero como se reportó previamente los tres nichos de producción se situaron por debajo de este umbral e incluyó el 77,2% de las fincas (271/351). De otra parte, muchos enfoques han sido evaluados para entender e interpretar el RCS. En los sistemas especializados se aplica un puntaje lineal para calcular las pérdidas en producción y económicas por efecto del conteo (Raubertas y Shook, 1982), la cual relaciona la transformación logarítmica en base 2 del RCS con la producción de leche. En este estudio, la leche vendible (l/vaca/día) presentó un coeficiente de correlación no significativo con el

RCS ( $r:-0.032, p<0.546$ ), lo cual sugiere que este tipo inferencia debe cubrir un muestreo individual de las vacas considerando factores como el número de partos (Kirk 1981).

En términos de calidad composicional y en un escenario de venta de leche cruda, el cálculo de precio por litro y de acuerdo a la RESOLUCIÓN NÚMERO 000017 DE 2012, la leche del presente trabajo sería liquidada según valores porcentuales de grasa(3.41%) y proteína(2.94%) en el nicho 2 representarían valores de \$ 245,861 y \$ 640,038, respectivamente, para un valor total de \$ 885,905/ litro, que estaría por debajo de lo que se paga por litro de leche al productor en la venta por volumen.

El uso relativo de variables asociadas a las categorías de calidad de la leche, el porcentaje por categorías tecnológicas (AB) y no tecnológicas (CD) en nichos de producción de sistemas de doble propósito del Piedemonte Araucano se observa en la tabla 2- 9. La distribución de las fincas en los tres nichos fue del 31,3% (110) para el nicho 1, 43,1% (151) para el nicho 2 y 25,6% (90) para el nicho 3. El promedio de uso de las 17 variables asociadas con las categorías de calidad presentó diferencias significativas ( $p<0.001$ ). Este fue mayor para el nicho 1 (10,1), comparado con el nicho 2 (8,56) y el nicho 3 (6,37) ( $p<0.05$ ). Los valores expresados en términos relativos muestran un porcentaje global de 72,1% para el nicho 1, 61,1% para el nicho 2 y 45,5% para el nicho 3 ( $p<0.05$ ). Las variables asociadas al área tecnológica (categorías AB) presentaron un uso mayor en los nichos 1 y 2 comparado con el nicho 3 (38,1% y 37,2% vs 26,9%). Para las variables del área tecnológica: grasa % y proteína % analizadas sobre umbrales de calidad mayores a 3,68% y 3,18% no se observaron diferencias significativas entre los tres nichos de producción. Como se analizó previamente el % de fincas fue numéricamente mayor para él % de grasa comparado con el % de proteína de la leche. El porcentaje de uso de forrajes conservados fue mayor para el nicho 1 comparado con el nicho 3 ( $p<0.05$ ). El uso de concentrados comerciales no presentó diferencias entre los tres nichos y el valor fue superior al 68,9%. El área de inocuidad y sostenibilidad de la producción (categorías CD) mostró diferencias entre los nichos de producción (93,2%, nicho 1 vs 75,8% nicho 2 y 55,4%, nicho 3, respectivamente). El análisis de cada una de las variables de esta área mostró que el uso de las cantinas fue mayor en el nicho 1 (72,7%) comparado con los nichos 2 y 3 ( $p<0.05$ ). El uso del grupo racial, *B.Indicus* y el ordeño manual también

predominaron en este nicho (93,6% y 98,1%, respectivamente,  $p < 0.05$ ). El uso de sal mineral fue mayor en los nichos 1 y 2 comparados con el nicho 3 ( $p < 0.05$ ), mientras que el uso de vitaminas fue diferente para el nicho 1 comparado con los otros dos nichos (96,3%,  $p < 0.05$ ). El control de endoparásitos fue mayor en los nichos 1 y 2 comparado con el nicho 3 (98,1% y 96,7% vs 54,4%,  $p < 0.05$ ), mientras que el control de ectoparásitos sobresalió en el nicho 1 comparado con el nicho 2 y el nicho 3 (100%, 69% y 38%, respectivamente,  $p < 0.05$ )

**Tabla 2- 9.** Uso relativo de variables de calidad de la leche, % por categorías tecnológicas (AB) y no- tecnológicas (CD) en nichos de producción de sistemas de doble propósito del Piedemonte Araucano

Variables	Nicho 1	Nicho 2	Nicho 3	SEM
Porcentaje	31.3% (110)	43.1% (151)	25.6% (90)	
Promedio de uso	10.10±0.079 <sup>A</sup>	8.56±0.068 <sup>B</sup>	6.37±0.088 <sup>C</sup>	0.086
Global, %	72.1±0.60 <sup>A</sup>	61.1±0.50 <sup>B</sup>	45.5±0.60 <sup>C</sup>	0.620
Categorías AB, %	38.1±1.50 <sup>A</sup>	37.2±1.30 <sup>A</sup>	26.9±1.70 <sup>B</sup>	0.881
Grasa >3.68, %	30.0±4.40	33.1±3.80	28.9±4.90	2.473
Proteína >3.18, %	0.9±1.50	4.6±1.30	1.1±1.70	0.845
Conservados, %	33.6±4.00 <sup>A</sup>	23.2±3.40 <sup>AB</sup>	13.3±4.40 <sup>B</sup>	2.280
Concentrados, %	75.5±4.20	74.8±3.60	68.9±4.70	2.358
Categorías CD, %	93.2±0.60 <sup>A</sup>	75.8±0.50 <sup>B</sup>	55.4±0.70 <sup>C</sup>	0.838
Usa de cantinas, %	72.7±4.50 <sup>A</sup>	43.0±3.90 <sup>B</sup>	32.2±5.00 <sup>B</sup>	2.669
Grupo racial, Indicus, %	93.6±4.10 <sup>A</sup>	58.9±3.50 <sup>B</sup>	53.3±4.60 <sup>B</sup>	2.485
Ordeño manual, %	98.1±2.70 <sup>A</sup>	88.7±2.30 <sup>B</sup>	88.4±3.00 <sup>B</sup>	1.559
Sal mineral, %	100±2.0 <sup>A</sup>	98±1.70 <sup>A</sup>	83±2.2 <sup>B</sup>	1.179
Vitaminas, %	96.3±4.50 <sup>A</sup>	83.4±3.00 <sup>B</sup>	44.4±3.90 <sup>C</sup>	2.356
Control endo, %	98.1±2.80 <sup>A</sup>	96.7±2.40 <sup>A</sup>	54.4±3.00 <sup>B</sup>	1.836
Control exo, %	100±3.7 <sup>A</sup>	69±3.2 <sup>B</sup>	38±41 <sup>C</sup>	2.426

a,b,c Los valores promedios con diferentes letras mayúsculas difieren significativamente ( $P < 0.05$ )

El área de la finca (ha) no presentó diferencias entre los nichos de producción ( $p>0.425$ ), al igual que el área disponible para pastoreo (ha) ( $p>0.553$ ). La caracterización funcional de los sistemas de doble propósito del Piedemonte Araucano en el contexto de los nichos de producción mostró que la variable asociada a la capacidad de carga del sistema (UGG/ha) presentó diferencias significativas entre los nichos de producción ( $p<0.01$ ). El análisis de los promedios para esta variable mostró que el nicho 1 fue mayor comparado con el nicho 3 (1.78 vs 1.50,  $p<0.05$ ) a la prueba de Tamhane, en consideración a que el análisis del estadístico de Levene fue significativo (2.796,  $p<0.062$ ). Las variables número de novillos y total de animales presentaron tendencias en el análisis ( $p<0.08$ ,  $p<0.06$ , respectivamente). Las demás variables consideradas en el análisis no presentaron diferencias significativas (Tabla 2- 10)

En estudios realizados en México (Cortez, 2015; Cuevas et al., 2015), Perú (Bartl et al., 2009) y Honduras (Lentes et al., 2010), la diversidad productiva estuvo asociada a diferencias en el tamaño de la finca con fincas menores a 35 ha que correspondería a pequeños productores. En contraste, en el presente estudio, los nichos de producción presentaron una dimensión similar (área de la finca y área de pastos) con fincas mayores a 97 ha.

**Tabla 2- 10.** Área y caracterización funcional de la finca por nichos de producción en sistemas de doble propósito del Piedemonte Araucano

Variable	Unidades	Nicho 1	Nicho 2	Nicho 3	SEM
Área de la finca	ha	97.8±8.53	112.4±7.28	104.8±9.43	4.776
Área de pastos	ha	83.1±7.27	93.5±6.21	89.1±8.04	4.068
UGG	UGG/ha	1.78±0.065 <sup>A</sup>	1.66±0.055 <sup>AB</sup>	1.50±0.072 <sup>B</sup>	0.036
Vacas ordeño	No	23.4±1.24	22.1±1.06	22.5±1.38	0.697
Vacas totales	No	101.6±6.90	111.6±5.89	89.1±7.63	4.172
Terneros	No	29.7±2.05	30.5±1.75	28.3±2.27	1.147
Hembras reemplazo	No	24.0±2.52	31.7±2.15	29.8±2.79	1.422
Novillos	No	22.7±2.45	26.1±2.09	18.5±2.71	1.381
Hembras reemplazo	No	38.1±3.99	27.9±3.46	32.5±3.99	2.078
Total animales	No	191.9±12.40	215.2±10.58	176.0±13.70	6.975

Los valores entre columnas con diferentes letras mayúsculas difieren significativamente ( $P<0.05$ )

El análisis de las unidades de trabajo y de variables asociadas a la producción de leche por nichos de producción en sistemas de doble propósito del Piedemonte Araucano se observa en la tabla 2- 11. Las variables UTA/UFS y UTA/UGG relacionadas con el uso de mano de obra en concordancia con la capacidad de carga presentaron una tendencia significativa ( $p < 0.08$  y  $p < 0.082$ , respectivamente). La producción de leche (l/vaca/día) presentó diferencias por efecto del nicho de producción ( $p < 0.007$ ). El análisis de los promedios mostró una producción mayor para el nicho 3 comparado con el nicho 1 (4,59 vs 4,07) a la prueba de Tamhane en consideración a que el análisis del estadístico de Levene fue significativo (4.900,  $p < 0.008$ ). Las demás variables consideradas en el análisis no presentaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ).

**Tabla 2- 11.** Unidades de trabajo y variables asociadas a la producción de leche por nichos de producción en sistemas doble propósito del Piedemonte Araucano

Variables Funcionales	Unidades	Nicho 1	Nicho 2	Nicho3	SEM
UTA	UTA /Ha	0.05±0.004	0.04±0.004	0.05±0.005	0.002
UTA	UTA/UFS	0.036±0.003	0.033±0.002	0.043±0.003	0.002
UTA	UTA/UGG	0.040±0.004	0.040±0.003	0.051±0.004	0.002
Producción leche	l/vaca/día	4.07±0.110 <sup>B</sup>	4.31±0.094 <sup>AB</sup>	4.59±0.121 <sup>A</sup>	0.062
Mortalidad-cría	%	7.00±0.400	8.0±0.400	7.20±0.500	0.002
Ganancia peso corporal- cría	kg/día	0.458±0.007	0.465±0.006	0.465±0.007	0.003

Los valores entre columnas con diferentes letras mayúsculas difieren significativamente ( $P < 0.05$ )

**Tabla 2- 12.** Efecto del recuento de células somáticas (RCS, No/10<sup>3</sup>) sobre características de la leche producida en sistemas de doble propósito del Piedemonte Araucano

	Intervalo Recuento Células Somáticas, No/10 <sup>3</sup>					SEM
	0 - 149	150 - 299	300 - 449	450- 599	> 600	
No muestras	132	111	65	15	28	
Densidad, mg/ml	1029±0.32	1028±0.35	1028±0.46	1028±0.95	1027±0.70	0.198
Grasa, %	3.22±0.063 <sup>B</sup>	3.41±0.069 <sup>B</sup>	3.52±0.090 <sup>AB</sup>	3.51±0.188 <sup>AB</sup>	4.00±0.138 <sup>A</sup>	0.040
Proteína, %	2.94±0.012	2.93±0.013	2.94±0.016	2.97±0.034	2.90±0.025	0.007
Lactosa, %	4.42±0.017	4.41±0.019	4.40±0.024	4.46±0.050	4.36±0.037	0.010
SNG, %	8.03±0.031	8.02±0.034	8.03±0.045	8.06±0.0.93	7.92±0.068	0.019

ST, % 11.2±0.09<sup>B</sup> 11.4±0.10<sup>AB</sup> 11.5±0.14<sup>AB</sup> 11.6±0.28<sup>AB</sup> 11.9±0.21<sup>A</sup> 0.060

Los valores entre columnas con diferentes letras mayúsculas difieren significativamente (P<0.05)

### 3.2.4 Análisis de regresión para variables de la finca

Para la regresión logística se utilizó el método introducir, mostrando para las pruebas ómnibus sobre el coeficiente del modelo, un valor de chi cuadrado de 18.792 (P<0.0001). Los valores de los coeficientes de determinación de Cox y Snell y Nagerkerke fueron de 0.052 y 0.073; es decir que la viabilidad fue explicada por las categorías asociadas a la calidad en el rango de 5.2% a 7.3%. El porcentaje global correctamente clasificado a partir de la ecuación de regresión fue del 69.8% (incluyó 10 fincas no viables + 235 fincas viables de 351 fincas incluidas en el estudio). La relación entre la viabilidad y las categorías de calidad fue significativa (p<0.0001) con un valor del coeficiente B de 4.380 ± 1.042, cuyo exponencial (79.8) muestra las veces en que el sistema es viable cuando las variables de calidad son implementadas en la finca. El intervalo de confianza del exponencial del coeficiente B osciló entre 10.34 a 615.3 mostrando la plasticidad de la relación entre la viabilidad y las variables evaluadas en las categorías de calidad de la leche (Tabla 2-13).

**Tabla 2- 13.** Regresión logística para el global de categorías de calidad en la leche en sistemas de doble propósito del Piedemonte Araucano

Variable	Coeficiente B	Error Estándar	Wald	gl	Sig.	Exp(B)	I.C. 95% para EXP (B)	
							Inferior	Superior
Categorías	4.380	1.042	17.66	1	0.0001	79.80	10.349	615.305
Constante	-1.853	0.623	88.833	1	0.003	0.157		

La regresión logística para las categorías AB y CD mostró para las pruebas ómnibus sobre el coeficiente del modelo un valor de chi- cuadrado de 30.819 (P<0.0001) (Tabla 2-14). Los valores de los coeficientes de determinación de Cox y Snell y Nagerkerke fueron de 0.084 y 0.118 es decir que la viabilidad fue explicada por las dos categorías en el rango de 8.4% a 11%. La prueba de Hosmer y Lemeshow mostró un valor de chi- cuadrado de 7.750 (p<0.458). El porcentaje global correctamente clasificado a partir de la ecuación de

regresión fue de 71.8% (incluyó 29 fincas no viable + 223 fincas viables de 351 fincas). La relación entre la viabilidad y las categorías de calidad AB no fue significativa ( $p > 0.435$ ). La relación entre la viabilidad del sistema y las categorías CD fue significativa ( $p < 0.0001$ ) con un valor del coeficiente B de  $4.074 \pm 0.797$ , cuyo exponencial (58.809 muestra cómo se indicó previamente, las veces en que el sistema es viable cuando las variables de las categorías CD son implementadas en la finca. El intervalo de confianza del exponencial del coeficiente B osciló entre 12.33 a 280.3 mostrando una plasticidad importante.

**Tabla 2- 14** Regresión logística para las categorías de calidad de la leche relacionada con áreas tecnológicas y no- tecnológicas en sistemas de doble propósito del Piedemonte Araucano

Variable	Coeficiente B	Error Estándar	Wald	gl	Sig.	Exp (B)	I.C. 95% para EXP (B)	
							Inferior	Superior
Categoría (AB)	0.574	0.734	0.610	1	0.435	1.775	0.421	7.487
Categoría (CD)	4.074	0.797	26.149	1	0.001	58.80	12.3	280.3
Constante	-2.473	.622	15.799	1	0.0001	0.084		

La regresión logística para la variable uso de cantinas de la categoría C mostró para las pruebas ómnibus sobre el coeficiente del modelo un valor de chi- cuadrado de 8.282 ( $p < 0.004$ ) (Tabla 2-15). Los valores de los coeficientes de determinación de Cox y Snell y Nagerkerke fueron de 0.023 y 0.033 es decir que la viabilidad fue explicada por las dos categorías en el rango de 2.3% a 3.3%. La prueba de Hosmer y Lemeshow mostró un valor de chi- cuadrado de 0. El porcentaje global correctamente clasificado a partir de la ecuación de regresión fue de 68.1% (incluyó 0 fincas no viable + 239 fincas viables de 351 fincas). La relación entre la viabilidad y el uso de cantinas fue significativa ( $p < 0.004$ ). La relación entre la viabilidad del sistema y el uso de cantinas fue significativa ( $p < 0.004$ ) con un valor del coeficiente B de  $0.666 \pm 0.234$ , cuyo exponencial (1.946) muestra cómo se indicó previamente, las veces en que el sistema es viable cuando la variable uso de cantinas es implementada en la finca. El intervalo de confianza del exponencial del coeficiente B osciló entre 1.231 a 3.078 mostró una plasticidad importante. La relación entre la viabilidad y la variable tiempo al centro de acopio de esta categoría no fue significativa ( $p < 0.197$ ).

**Tabla 2- 15.** Regresión logística para las categorías de calidad de la leche relacionada con áreas no- tecnológicas en la variable uso de cantinas en sistemas de doble propósito del Piedemonte Araucano

Variable	Coeficiente	Error Estándar	Wald	gl	Sig.	Exp (B)	I.C. 95% para EXP(B)	
							Inferior	Superior
Uso cantinas	0.666	0.234	8.117	1	0.004	1.946	1.231	3.078
Constante	0.448	0.154	8.451	1	0.004	1.565		

La regresión logística para la variable UFS/Ha de la categoría D mostró para las pruebas ómnibus sobre el coeficiente del modelo un valor de chi- cuadrado de 5.546 ( $p < 0.019$ ) (Tabla 2-16). Los valores de los coeficientes de determinación de Cox y Snell y Nagerkerke fueron de 0.016 y 0.022 es decir que la viabilidad fue explicada por las dos categorías en el rango de 1.6% a 2.2 %. La prueba de Hosmer y Lemeshow mostró un valor de chi-cuadrado de 20.757 ( $p < 0.008$ ). El porcentaje global correctamente clasificado a partir de la ecuación de regresión fue de 68.1% (incluyó 0 fincas no viables + 239 fincas viables de 351 fincas). La relación entre la viabilidad y la variable UFS/ha fue significativa ( $p < 0.024$ ) con un valor del coeficiente B de  $0.225 \pm 0.100$ , cuyo exponencial (1.256) mostró como se indicó previamente, las veces en que el sistema es viable cuando la variable grupo racial es implementada en la finca. El intervalo de confianza del exponencial del coeficiente B osciló entre 1.030 a 1.533 mostrando una plasticidad importante.

**Tabla 2- 16.** Regresión logística para las categorías de calidad de la leche relacionadas con áreas no- tecnológicas en la variable UFS/Ha en sistemas de doble propósito del Piedemonte Araucano

Variable	Coeficiente	Error Estándar	Wald	gl	Sig.	Exp (B)	I.C. 95% para EXP(B)	
							Inferior	Superior
UFS/Ha	0.225	0.100	5.088	1	0.024	1.256	1.030	1.523
Constante	0.315	0.221	2.027	1	0.155	1.371		

La regresión logística para la variable Vacas/Ha de la categoría D mostró para las pruebas ómnibus sobre el coeficiente del modelo un valor de chi- cuadrado de 5.452 ( $p < 0.020$ ) (Tabla 2-17). Los valores de los coeficientes de determinación de Cox y Snell y Nagerkerke fueron de 0.016 y 0.022 es decir que la viabilidad fue explicada por las dos categorías en el rango de 1.6% a 2.2%. La prueba de Hosmer y Lemeshow mostró un valor de chi-



							Inferior	Superior
Grupo racial	0.534	0.259	4.249	1	0.039	1.706	1.027	2.835
Constante	0.601	0.135	19.814	1	0.0001	1.824		

La relación entre la viabilidad y las variables uso de vitaminas, control de parásitos internos y control de parásitos externos de esta categoría asociada a la sostenibilidad fueron significativas ( $p < 0.01$ ), pero el coeficiente fue negativo (-1.047, -1.831 y -0.763, respectivamente).

El análisis de la viabilidad de un sistema de calidad cualitativo a través de cuatro categorías referenciales (A, B, C, D) mostró que los valores del coeficiente de determinación de Cox y Snell para el análisis global del sistema, el segmentado para las categorías AB (áreas tecnológicas) y CD (áreas no tecnológicas) fueron menores a 0.21, lo cual no resulta razonable para variables dependientes cualitativas (Amara y Landry, 2005). Sin embargo, considerando el número de fincas involucradas en el estudio, se encontró que las variables asociadas a áreas no- tecnológicas presentaron diferencias significativas (categorías CD) sobre la viabilidad de los sistemas tradicionales tecnológicos de valorar la calidad de la leche bovina, con un mejor comportamiento del modelo (Oerlemans et al., 1972). Sobresalen en el análisis en la categoría C de inocuidad de la leche la variable uso de cantinas, mientras en la categoría D relacionada con la sostenibilidad del sistema las variables: UFS/Ha, el número de vacas por hectárea y el uso del grupo racial *Indicus*. Sin embargo, el número de fincas viables no fue mayor al 68%, mostrando una brecha importante por cerrar en el sistema de calidad de la leche del Piedemonte Araucano, con referencia a categorías asociadas a la inocuidad y sostenibilidad de la producción.

El modelo logístico fue seleccionado en este tipo de estudios por diferentes razones tales como: la variable dependiente tiene una respuesta binomial, con un tamaño amplio de la muestra, pero con una aparente debilidad sobre las distribuciones normales de las variables consideradas en las cuatro categorías de calidad de la leche. Este modelo también permite un estimado relativo de las potencias de cada categoría en su orientación hacia la innovación del producto. El modelo ha sido utilizado en estudios comparativos por diferentes autores en otros sectores de la economía (Reichstein y Salter 2006; Vega-

Jurado et al., 2009; Sternber y Lubart, 1999).

Con respecto a los hallazgos del modelo logístico, teóricamente estos estudios soportan la afirmación que la competencia en los mercados positivamente se ve estimulada por las actividades de innovación de procesos, producto y contexto (Blundell et al., 1995), lo cual le permite una mejora continua incremental del uso de las innovaciones con el objeto de retener el éxito en el mercado. En estudios realizados en Argentina se ha encontrado que una alta dedicación (mayor del 71%) a las fincas muestran una alta profesionalización del propietario (Gambuzzi, 2003).

A continuación, se esquematiza un modelo de valoración de la calidad con las variables tecnológicas y de calidad higiénica de la leche utilizado por la empresa Alpina (1992) , el cual sirve de referencia para comparar con los datos obtenidos en la presente investigación

**Tabla 2- 19.** Valores referenciales de la calidad de la leche cruda de acuerdo a su composición.

<b>Factor</b>	<b>Excelente</b>	<b>Buena</b>	<b>Regular</b>	<b>Mala</b>
Densidad (g/ml)	> 1.029	> 1.029	1.028 – 1,029	< 1.028
Lactosa %	> 5.3	5.3 – 4.9	4.9 - 4.6	< 4.6
Proteína %	> 3.2	3.2 – 2.8	2.8 – 2.6	< 2.6
Grasa %	> 3.5	3.5 – 3.3	3.3 – 3.0	< 3.0
Sólidos no grasos %	> 8.7	8.7 – 8.4	8.4 – 8.0	< 8.0

Adaptado de Alpina (1992)

La calidad de la leche caracterizada evaluada en el presente estudio con valores de solidos no grasos de 8.3%, una densidad de 1.028, se localiza en la leche de regular calidad . Para los niveles de lactosa 4,41% es considerada de mala calidad; sin embargo, al analizar los niveles de proteína del 2,94% y grasa 3,41% se define como una leche de buena calidad.

Se destaca el presente estudio se realizó en la época de transición al verano donde la disponibilidad y calidad de las pasturas es limitada (Guevara et al., 2019)

### 3.3 Bibliografía

Alpina S.A. (1992). Como se determina la calidad en leches Alpina. Boletín técnico. No 1. Sopo. Dirección de Mercadeo de Leche Alpina.

Amara, N., y Landry, R. (2005). Sources of information as determinants of novelty of innovation in manufacturing firms: evidence form the 1999 statistics Canada Innovation survey. *Technovation*, vol. 25, 245-259.

Anrique, R. (2011). Efecto de la alimentación en el contenido y producción de sólidos lácteos. (On line). Seminario: Sólidos lácteos, una mirada nutricional, genética y económica. Osorno. 16 de Marzo. <http://www.consorciolechero.cl/chile/docs/alimentacion-contenido-produccion-solidos-lacteos.ppt>> (05-04-2011).

Auldism MJ, Coats S, Sutherland BJ, Mayes JJ, McDowell GH, y Rogers GL. (1996). Effects of somatic cell count and stage of lactation on raw milk composition and the yield and quality of Cheddar cheese. *J Dairy Res* 1996, 63, 269-280.

Bartl K, Mayer A, Gómez C, Muñoz E, Hess H., Hollmann, F (2009). Economic evaluation of current and alternative dual-purpose cattle systems for smallholder farms in the central Peruvian highlands. *Agricultural Systems* 101, 152-161.

Bernet, T., Thiele, G., Zschocke, T. (2006). Participatory Market Chain Approach (PMCA) User Guide. Primera Edición. Centro Internacional de la Papa (CIP) Lima, Perú. 169p

Blundell, R., Griffith, R. y Reenen, JV. (1995). Modelos de datos de recuento dinámicos de innovación tecnológica. *The Economic Journal* , 105 (429), 333-344.

Campabadall C. (1999). Factores que afectan el contenido de sólidos de la leche. Memorias. II Seminario internacional sobre calidad de la leche. Colanta. Medellín, Colombia. 1999; p91-111

Calvache, I., & Navas, A. (2012). Factores que influyen en la composición nutricional de la leche. *Rev Cien Anim*, 5, 73-85..

CORPOICA. (2010). Informe de avance proyecto “Evaluación y mejoramiento de la calidad composicional, higiénica, sanitaria y residual de la leche bovina cruda en el sistema de producción doble propósito del trópico bajo colombiano”. 49 p.

Cortéz-Arriola J, Rossing WAH, Améndola-Massiotti RD, Scholberg JMS, Groot JCJ y Tiftonell P. (2015). Leverages for on-farm innovation from farm typologies? An illustration for family-based dairy farms in north-west Michoacán, Mexico. *Agricultural Systems* 135,66–76.

Coulon, J., y Priolo, A. (2002). La qualité sensorielle des produits laitiers et de la viande dépend des fourrages consommés par les animaux. *Productions animales*, 15(5), 333-342. <https://hal.inrae.fr/hal-02682779>

Cuevas, R., Espejel, G., Nieto C., Loaiza A, Meza A, Montes M. (2015). Factors that determine the level of human capital of the livestock extension agent in Mexico. *International Journal of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine* 3, 75 -84

Dairy NZ Farmer Information Service. New Zealand Dairy Statistics 2018-19. <https://www.dairynz.co.nz/publications/dairy-industry/new-zealand-dairy-statistics-2018-19/>

De Boer, I. (2003). Environmental impact of conventional and organic milk production. *Livest. Prod. Sci.* 80, 69 – 77. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(02\)00322-6](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(02)00322-6)

De-Pablos H., Montes, B., García M (2018). Sustainability in Smart Farms: Its Impact on Performance. *Sustainability*, 10(6), 1713. <https://doi.org/10.3390/su10061713>

Dubeuf, J. P. (2011). The social and environmental challenges faced by goat and small livestock local activities: Present contribution of research–development and stakes for the future. *Small Ruminant Research*, 98(1-3), 3-8.  
<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.03.008>

Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA). (2017). Colombia.  
[http://formularios.dane.gov.co/Anda\\_4\\_1/index.php/catalog/551](http://formularios.dane.gov.co/Anda_4_1/index.php/catalog/551)

Fernández, J., & Tarazona, G. (2015). Factores que Influyen en la Composición de la Leche en el Sector el Retorno, Parroquia Sabanilla, Cantón Zamora, Provincia de Zamora Chinchipe–Ecuador. *Revista Politécnica*, 36(2), 34-34.

Gambuzzi, E., Zehnder, R., & Chomicz, J. (2003). Análisis de sistemas de producción lechera. Estación Experimental Rafaela Centro Regional Santa Fe. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Gerber N. (1994). Tratado práctico de los análisis de la leche y del control de los productos lácteos. Gráficas ROA, España.

Gilg, A. y Battershill, M. (1998). Quality farm food in Europe: a posible alternative to the industrialised food market and to current agro-environmental policies: Lessons from France. *Food Policy*, 23(1); p25-40. [https://doi.org/10.1016/S0306-9192\(98\)00020-7](https://doi.org/10.1016/S0306-9192(98)00020-7)

Gouttenoire, L.; Cournut, S.; Ingrand, S. (2013). Participatory modelling with farmer groups to help them redesign their livestock farming systems. *Agron. Sustain. Dev.* 2013, 33, 413–424.

Guevara-Freire, D., Montero-Recalde, M., Rodríguez, A., Valle, L., & Avilés-Esquivel, D. (2019). Calidad de leche acopiada de pequeñas ganaderías de Cotopaxi, Ecuador. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(1), 247-255.

Harmon, RJ (1994). Fisiología de la mastitis y factores que afectan el recuento de células somáticas. *Revista de ciencia láctea*, 77(7), 2103-2112. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77153-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77153-8).

International Dairy Federation (1990). Milk: determination of total phosphorus content. IDF standard 42B. International Dairy Federation, Brussels.

Kirk, J. H. (1982). TI/59 program based on somatic cell counts for estimating subclinical mastitis loss. *Boy. Practitioner* 17:20.

Lalonde, L.G. Sukigara, T. (1997). LDPS2 User's Guide. Animal Production and Health Division. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Roma (Italia). Disponible en: <http://www.fao.org/fileadmin/templates/lead/pdf/user97.pdf>

Le Gal, P.Y.; Dugué, P.; Faure, G.; Novak, S. (2011). How does research address the design of innovative agricultural production systems at the farm level? A review. *Agric. Syst.* 104, 714–728. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2011.07.007>

Lentes P, Peters M, Holmann F. (2010). Regionalization of climatic factors and income indicators for milk production in Honduras. *Ecological Economics* 69, 539-552 <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.09.001>

MADR (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural). (2012). Resolución 017 del 2012. Disponible en: [www.minagricultura.gov.co](http://www.minagricultura.gov.co)

Mataró Nogueras. (2015). Defining “milk quality”: the construction of meaning. Tesis Maestría. Wageningen University and Research Center. <https://edepot.wur.nl/358401>.

Noordhuizen J.P.T.M y Metz J.H.M. 2005. Quality control on dairy farms with emphasis on public health, food safety, animal health and welfare. *Livestock Production Science*. Volume 94, Issues 1–2;51-59.

Oerlemans, T. W.; Tellings, M. M. J.; de Vries, H. (1972). World Dynamics: Social Feedback may give Hope for the Future. *Nature*, Volume 238, Issue 5362, pp. 251-255

Omore, AO, Muriuki, H., Kenyanjui, M., Owango, MO y Staal, SJ (1999). El subsector lácteo de Kenia: una evaluación rápida.

Parra AJL, Martínez SA, Castañeda PH, Vargas S. (1998). Mastitis y calidad de la leche en el Piedemonte del Meta y Cundinamarca. *Boletín de Investigación*. No 02. Villavicencio: Corpoica Pronatta.

Raubertas, R. F., and G. E. Shook. (1982). Relationship between lactation measures of somatic cell concentration and milk yield. *J. Dairy Sci.* 65: 419

Reichstein, T. y Salter, A. (2006). Investigating the sources of process innovation among UK manufacturing firms, *Industrial corporate Change*, 15, pp. 653-682

Ryschawy J., Joamnon A., Choisís JP., Gibón A., Le Gal PY. (2014). Participative assessment of innovative technical scenarios for enhancing sustainability of French mixed croplivestock farms. *Agricultural Systems* 129, 1-8.

Rodríguez, V., Calderon, A., y Vergara, O. (2014). Calidad de leches crudas en tres empresas acopiadoras en Córdoba. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*. 6(1): 103-1015, 2014. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/586>

Sandoval CA, Leaver JD, Anderson S. (1997). Manejo de la nutrición de la vaca y de la relación-vaca ternero. En: *Conceptos y metodologías de investigación en fincas con sistemas de producción animal de doble propósito*. Cali (Colombia): Centro Internacional de Agricultura Tropical; Consorcio TropicLeche. 285 p. Publicación CIAT; No. 296.

Sckokai, P., Soregaroli, C., & Moro, D. (2013). Estimating market power by retailers in a dynamic framework: the Italian PDO cheese market. *Journal of Agricultural Economics*, 64(1), 33-53. <https://doi.org/10.1111/j.1477-9552.2012.00368.x>

Spreer, E., (2011). *Technologie der Milchverarbeitung*. Behr, Hamburg.

Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1999). The concept of creativity: Prospects and paradigms. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity*. Cambridge: Cambridge University Press.

Toro-Mujica, P., García, A., Gómez-Castro, A.G., Acero, R., Perea, J., y Rodríguez-Estévez, V. (2010). Sustentabilidad en agroecosistemas. *Arch. Zootec.*, 59: 71-94.

Torres, G., Garcia, A., Rivas, J., Perea, J., Angon, E., y De Pablos-Heredero, C. (2015). Socioeconomic and productive characterization of dual-purpose farms oriented to milk production in a tropical region of Ecuador. The case of the province of Manabí. *Revista Científica-Facultad de Ciencias Veterinarias*, 25(4), 330-337.

Torres Y, Rivas J, De Pablos-Heredero C, Perea J, Toro-Mújica P, Angón E, García A (2014). Identificación e implementación de paquetes tecnológicos en ganadería vacuna de doble propósito. Caso Manabí-Ecuador. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 5, 393-407."

Urdaneta F, Peña, F., Rincon, R., Romero, J. y Rendon M. (2008). Management and Technology in Cattle Dual Purpose Systems (Taurus-Indicus). *Revista científica de veterinaria*. 18. 715-724.

Vásquez, J. A., Novoa, C. F., & Carulla, J. E. (2014). Efecto del recuento de células somáticas sobre la aptitud quesera de la leche y la calidad fisicoquímica y sensorial del queso campesino. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 61(2), 171-185.

Van der Ploeg, J.D. (1987). La ristrutturazione del lavoro agricolo, gli effetti del incorporamento sullo sviluppo agricolo. La Reda, Rome (1986) 320 pp.

Vega Jurado, J., Gutierrez, A. y Fernandez-Delucio. (2009). Does external knowledge sourcing matter for innovation? Evidence from the spanish manufacturing industry. *Industrial and Corporate Change*, 18 (4), pp. 637-670.

Yamamoto, W., Dewi, I.A., Ibrahim, M. (2007). Effects of silvopastoral areas on milk production at dual-purpose cattle farms at the semi-humid old agricultural frontier in central Nicaragua. *Agric. Syst.* 94, 368–375.

## **4 Conclusiones y recomendaciones**

### **4.1 Conclusiones**

Esta tesis construye desde el enfoque de la innovación tecnológica, el concepto de calidad de la leche a partir de formas o categorías en términos de componentes: tecnológicos (categoría A), higiénicos (categoría B), de seguridad del producto (categoría C) y sostenibilidad de la producción (categoría D).

Las variables asociadas a cada categoría deben ser interiorizadas por los productores, procesadores, profesionales y consumidores para entender el significado de la calidad de la leche bovina y las categorías agrupadas en áreas tecnológicas (A, B) relacionadas con la composición e higiene de la leche, las cuales presentaron un valor relativo menor comparado con áreas asociadas a la inocuidad y sostenibilidad de la producción (C, D) (34.8% vs 76%), lo cual señala la necesidad de establecer estrategias de adopción y apropiación de tecnologías que promuevan una mejor calidad composicional e higiénica de la leche en la microrregión del Piedemonte Araucano.

Para analizar los componentes estructurales y tecnológicos de las fincas y su influencia la calidad la leche se realizó un estudio de nichos de producción, el cual fue definido por el número global de fincas y el porcentaje de variables implementadas en relación con la inocuidad y sostenibilidad de la producción. Se definieron tres nichos con un mayor conglomerado de fincas en el nicho 2 con un 76% de las variables implementadas en 151 fincas. El nicho 1 presentó un valor de 93% incluyendo 110 fincas y el nicho 3 con un 50% de las variables implementadas y un total de 90 fincas.

El promedio de uso de las innovaciones tecnológicas fue mayor del 93,6% para el nicho 1 y estuvo asociado con el contexto de la producción al involucrar las variables: uso de

cantinas, uso del grupo racial *B. Indicus*, el ordeño manual, uso de sales minerales, suplementación de vitaminas y control de parásitos externos e internos.

La composición de la leche en grasa, proteína y lactosa fue homogénea entre los nichos de producción. El nicho 1 presentó para la categoría seguridad del producto, los mejores tiempos de la finca hasta centro de transformación de la leche en quesos, el número de vacas por hectárea y el conteo de células somáticas con valores inferiores a 400.000c/ml en el 95,5% de las fincas. Los mayores contenidos de grasa fueron observados para conteo mayores a 600.000 células por mililitro. La viabilidad de las fincas fue explicada por la seguridad del producto y su sostenibilidad a través de las variables uso de cantinas, UFS/ha, vacas/ha y el grupo racial.

## 4.2 Recomendaciones

El enfoque sistémico del significado de cada calidad de la leche bovina a nivel de finca debe incluir e identificar en posteriores estudios las implicaciones de las categorías referenciadas sobre la productividad, los costos de producción, la organización, las innovaciones del proceso y de productos, la gestión empresarial, las prácticas culturales, la gestión tecnológica, la diversificación, control de calidad de los productos, su viabilidad y vinculación a los mercados.

El carácter participativo de la investigación permite que estos procesos se realicen a nivel de los Comités Municipales de Ganaderos, los cuales cuentan con una infraestructura que permite hacer un seguimiento de los resultados obtenidos y su apropiación a través de la configuración de sistemas de conocimiento y su relevancia en la producción de quesos artesanales con importantes implicaciones sobre la competitividad y sostenibilidad del proceso de producción

Se recomienda construir un escenario de diferenciación del producto mediante la consolidación de los nichos de producción encontrados en sistemas de producción de doble propósito del Piedemonte Araucano orientados a consolidar el poder de negociación

de los quesos artesanales, la cultura de la producción, el factor humano y la protección y estado de los recursos naturales.