

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD COMPOSICIONAL Y SANITARIA DE LA LECHE
CRUDA PRODUCIDA EN LOS MUNICIPIOS DE PASTO, PUPIALES Y GUACHUCAL**

DANNY ALEXANDER RODRIGUEZ HERNANDEZ

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
SAN JUAN DE PASTO**

2016

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD COMPOSICIONAL Y SANITARIA DE LA LECHE
CRUDA PRODUCIDA EN LOS MUNICIPIOS DE PASTO, PUPIALES Y GUCHUCAL**

DANNY ALEXANDER RODRIGUEZ HERNANDEZ

**Trabajo de grado en modalidad pasantía presentado como requisito para optar al Título de
Ingeniero Agroindustrial.**

Asesor:

HENRY JURAD GÁMEZ Zoot., Esp., M.Sc., Ph.D.

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
SAN JUAN DE PASTO**

2016

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado son Responsabilidad exclusiva del autor”.

Artículo 1° del acuerdo N° 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de Aceptación:

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

San Juan de Pasto, Junio de 2016.

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida

A mis padres Senidia Hernández y José Rodríguez por ser el apoyo incondicional en todos los
ámbitos de mi vida.

A mi abuela Florida Maya por toda su sabiduría inculcada durante todas mis etapas de formación.

A la memoria de mi abuelo José María Hernández

A toda mi familia.

AGRADECIMIENTOS

EL autor expresa sus agradecimientos a:

Henry Jurado Gámez, Zoot. Esp. M.Sc Ph.D. Profesor Universidad de Nariño. Facultad de
Ciencias Pecuarias.

Gema Zambrano, Zoot. M.Sc. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuárias.

A todos los miembros que hacen e hicieron parte del Programa de Mejoramiento Genético
Meg@lac.

Laboratorio en conservación y calidad de alimentos. Facultad de Ingeniería Agroindustrial

Iván Andrés López, Ing. Universidad de Nariño. Facultad de Ingeniería Agroindustrial

Camilo Pantoja, Ing. Universidad de Nariño. Facultad de Ingeniería Agroindustrial

Dolly Revelo, M.Sc. Profesora Universidad de Nariño. Departamento de Biología.

Gustavo Guerrero, M.Sc. Profesor Universidad de Nariño. Facultad de Ingeniería Agroindustrial.

Liliana Bravo Rosas, secretaria Académica FIA. Por su colaboración, amabilidad y apoyo para
este proyecto

Facultad de Ingeniería Agroindustrial

A todas las personas que de una u otra forma contribuyeron a la culminación de este trabajo.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. PROBLEMÁTICA Y JUSTIFICACIÓN.....	19
2. OBJETIVOS.....	22
2.1 Objetivo General.....	22
2.2 Objetivos Específicos	22
3. MARCO TEÓRICO	23
3.1 La Leche	23
3.2 Calidad de la leche.....	25
3.3 Calidad composicional	26
3.3.1 Sólidos Totales (ST).	29
3.3.2 Grasa.	29
3.3.3 Proteína.	30
3.3.4 Sólidos No Grasos (SNG).....	32
3.4 Factores que afectan la calidad composicional.....	32
3.4.1 Factores Nutricionales	32
3.4.2 Factores No Nutricionales	32
3.4.3 Mastitis.....	36
3.4.4 Recuento de Células Somáticas (RCS).....	39
4. METODOLOGÍA	45
4.1 Localización.....	45
4.2 Tamaño de la muestra.....	46

4.2.1 Toma, identificación y envío de muestras.	47
4.3 Análisis de muestras	48
4.3.1 Análisis composicional.	49
4.3.2 Análisis sanitario.....	50
4.4 Socialización de resultados.....	55
4.5 Análisis estadístico	55
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	56
5.1 Análisis calidad composicional	57
5.2 ANÁLISIS CALIDAD SANITARIA	80
5.3 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	90
CONCLUSIONES	93
RECOMENDACIONES	94
REFERENCIAS	95
ANEXOS.....	101

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición de la leche (por cada 100 gramos).....	23
Tabla 2. Requisitos para la leche cruda	26
Tabla 3. Valores de calidad composicional promedio año 2014.....	28
Tabla 4. Composición de la leche cruda en varias razas bovinas.....	33
Tabla 5. Cambios en la composición de la leche asociados a elevados conteos de células somáticas	35
Tabla 6. Características climáticas principales de los tres municipios lecheros	46
Tabla 7. Número de animales en cada finca en los tres distritos lecheros del Trópico Alto de Nariño.....	47
Tabla 8. Relación entre el grado lineal y el RCS.....	54
Tabla 9. Numero de muestras por distrito y finca	56
Tabla 10. Clasificación leche cruda según su calidad composicional.....	57
Tabla 11. Estadística descriptiva para Grasa por finca en cada distrito lechero.	58
Tabla 12. Diferencias con respecto a las variables de calidad composicional y sanitaria entre los tres distritos	60
Tabla 13. Estadística descriptiva para Grasa por distrito lechero.....	61
Tabla 14. Estadística descriptiva para Proteína por finca en cada distrito lechero	63
Tabla 15. Estadística descriptiva para Proteína por distrito lechero.....	65
Tabla 16. Estadística descriptiva para ST por finca en cada distrito lechero	67
Tabla 17. Estadística descriptiva para ST por distrito lechero	70
Tabla 18. Estadística descriptiva para SNG por finca en cada distrito lechero.....	72

Tabla 19.	Estadística descriptiva para SNG por distrito lechero	74
Tabla 20.	Estadística descriptiva para Densidad por finca en cada distrito lechero.....	75
Tabla 21.	Estadística descriptiva para densidad (g/mL) por distrito lechero	77
Tabla 22.	Estadística descriptiva para RCS (CS/mL) por finca en cada distrito lechero	81
Tabla 23.	Estadística descriptiva para RCS (CS/mL) por distrito lechero	82
Tabla 24.	Estadística descriptiva para Log ₂ RCS por finca en cada distrito lechero	84
Tabla 25.	Estadística descriptiva para LOG ₂ RCS por distrito lechero.....	84

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Cambios en la producción de leche, porcentaje de grasa y proteína en el ciclo de lactancia. Tomado de Calvache. 2012.....	34
Figura 2. Localización satelital y coordenadas geográficas de los distritos lecheros del Trópico Alto de Nariño. Tomado de Informe Final 48-1 Meg@Lac (2009).....	45
Figura 3. Recolección de muestras	48
Figura 4. Análisis Calidad Composicional	49
Figura 5. Análisis Calidad Sanitaria	53
Figura 6. Socialización de resultados.....	55
Figura 7. Análisis del porcentaje de Grasa por finca para todos los distritos	59
Figura 8. Análisis del porcentaje de Grasa por distritos	60
Figura 9. Análisis del porcentaje de Proteína por finca para todos los distritos	64
Figura 10. Análisis del porcentaje de Proteína por distrito lechero.	65
Figura 11. Análisis de ST por finca para todos los distritos	68
Figura 12. Análisis del porcentaje ST por distritos.....	71
Figura 13. Análisis del porcentaje de SNG por finca para todos los distritos	73
Figura 14. Análisis del porcentaje de SNG por distrito	74
Figura 15. Análisis de la Densidad (g/mL) por finca para todos los distritos	76
Figura 16. Análisis de Densidad (g/mL) por distrito	78
Figura 17. Análisis del Log2RCS por finca para todos los distritos.....	85
Figura 18. Análisis Log2RCS por distrito	86

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. Análisis estadístico para Grasa	102
ANEXO 2. Análisis estadístico para SNG.....	103
ANEXO 3. Análisis estadístico para Proteína	104
ANEXO 4. Análisis estadístico para ST	105
ANEXO 5. Análisis estadístico para Densidad.....	106
ANEXO 6. Análisis estadístico para RCS	107
ANEXO 7. Correlación de RCS respecto a ST, Grasa, proteína, SNG y Densidad	108
ANEXO 8. Promedio de parámetros de calidad composicional y sanitaria por finca y distritos.....	109

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue realizar la caracterización de la calidad composicional y sanitaria de la leche cruda producida en tres distritos lecheros Pasto, Pupiales y Guachucal del Departamento de Nariño. Donde Guachucal aportó 332 muestras (53,7%), Pupiales 181 (29,3) y Pasto 105 (17%). Para determinar la calidad composicional, se midió porcentaje de Grasa, Proteína, Sólidos No Grasos (SNG) y Densidad utilizando el equipo de análisis directo Lactoflash; mientras que Sólidos Totales (ST) se calculó por fórmula matemática. Para determinar la calidad sanitaria, se midió el Recuento de Células Somáticas (RCS), para lo cual se utilizó el método directo conocido como Portachek®. Según la evaluación de calidad sanitaria, se obtuvo que en la finca El Común (131.764 CS/mL) de Guachucal tiene el menor RCS de células somáticas, mostrando una buena calidad sanitaria, mientras que un 73% del total de las fincas muestreadas tienen RCS por encima de 400.000 CS/mL, evidenciando una deficiente calidad sanitaria. La evaluación de calidad composicional mostró que Guachucal (12,22 %ST, 3,85 %grasa y 2,94 proteína) presenta la mejor calidad composicional con respecto a Pasto (11,81 %ST, 3,56 %grasa y 2,92 %proteína) y Pupiales (11,74 %ST, 3,43 %grasa y 2,92 %proteína), a pesar de que estos cumplen con los parámetros exigidos en el Decreto 616, están por debajo del promedio Nacional y Regional. Además, los tres distritos tienen elevados RCS, los cuales superan los 400.000 CS/mL, evidenciando una baja calidad sanitaria. La baja calidad composicional de Pasto y Pupiales junto con la baja calidad sanitaria presentada en los tres distritos demuestra una desventaja competitiva frente a otras regiones del país.

ABSTRACT

The aim of this study was to carry out the characterization of the compositional and sanitary quality of raw milk produced in three milk districts, Pasto, Pupiales and Guachucal of Nariño department. Guachucal contributed 332 samples (53,7%), Pupiales 181 (29,3%) and Pasto 105 (17%). In order to define the compositional quality, it was measured the fat percentage, protein, non-fat solids (SNG) and density, using the direct analysis equipment Lactoflash, while total solids (ST) were calculated with mathematic formula. For determinate the sanitary, it was measured the somatic cell count (RCS), for which it was used the direct method known as Portachek®. According with the sanitary evaluation, it was obtained that the El común farm (131.764 CS/mL) on Guachucal, had the lowest RCS of somatic cells, showing a good sanitary quality, meanwhile the 73% of the total of the sampled farms has RCS above 400.000 CS/ ml, showing a deficient sanitary quality. The compositional quality study shown that Guachucal (12,22 %ST, 3,85 %fat and 2,94 protein) has the best compositional quality with respect to Pasto (11,81 %ST, 3,56 %fat and 2,92 %protein) y Pupiales (11,74 %ST, 3,43 %fat y 2,92 %protein). Despite of the Decree 616 compliance, these farms are above the National and Regional average. Furthermore, these districts have high RCS, which exceed 400.000 CS/mL, showing low quality. The low compositional quality of Pasto and Pupiales, together with the low sanitary quality in the three districts, show a competitive disadvantage considering other regions in the country.

GLOSARIO

Calidad de la leche: Es definida como la propiedad o conjunto de propiedades inherentes a esta, que permiten juzgar su valor. Según la resolución 000017 de 2012 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, la calidad de la leche se divide en: sanitaria, higiénica y composicional.

Calidad Composicional: Según la resolución 000017 de 2012, es la condición que hace referencia a las características físico-químicas de la leche. Su valoración se realiza por sólidos totales o proteína y grasa, y se expresa en porcentaje por fracciones de décima.

Calidad sanitaria: Está relacionada con la ausencia de peligros biológicos, químicos o físicos que podrían estar presentes en la leche debido a enfermedades del animal. Según la resolución 0017 de 2012 se tiene en cuenta indicadores como células somáticas, mastitis bovina, microorganismos zoonóticos (*Brucella abortus*, *Mycobacterium bovis*, etc.) y peligros químicos relacionados con estados de enfermedad (residuos de antibióticos, antiparasitarios, entre otros).

Infección intramamaria: Respuesta inflamatoria a la invasión de patógenos representada en pérdidas potenciales de la producción de leche en los cuartos afectados de la glándula mamaria.

Mastitis: Inflamación de la glándula mamaria y resulta primordialmente de la invasión de microorganismos patógenos a través del canal del pezón. Se caracteriza por alteraciones físicas, químicas y, casi siempre, bacteriológicas de la leche y por modificaciones patológicas del tejido glandular.

Mastitis Subclínica: Presencia de microorganismos patógenos en la leche y una respuesta inflamatoria que solo puede ser detectada a través de pruebas de laboratorio (CMT y RCS).

Mastitis Clínica: Es el resultado de la respuesta inmune del animal de suficiente intensidad hacia una infección intramamaria produciendo signos de inflamación que son

físicamente observables.

Recuento Células Somáticas (RCS): Es el conteo de células del animal que son excretadas en la leche principalmente leucocitos (neutrófilos, linfocitos, macrófagos) y células epiteliales de descamación, son métodos frecuentemente empleados para detectar inflamación.

Portacheck: Es una prueba de conteo rápido de células somáticas y fue desarrollado para la detección de la mastitis subclínica.

INTRODUCCIÓN

Según la FAO-FEPALE (2012), la cadena agroindustrial láctea en América Latina hace una importante contribución a la economía de la región, a la producción y exportación de productos de origen animal de alto valor alimenticio y a la seguridad alimentaria y nutricional de poblaciones urbanas y rurales. Su importancia socioeconómica es cada vez mayor debido a la mayor demanda de leche y derivados lácteos en los países en desarrollo.

Hoy en día, existen normas internacionales como las emitidas por el Codex Alimentarius (Código Alimentario) y nacionales como el Decreto 616 de 2006, por el cual se establecen los requisitos que debe cumplir la leche; además, la NTC 399 dirigida a los productos lácteos y la leche cruda; la Resolución 2674 de 2013 por la cual se regula factores de riesgo por el consumo de alimentos; y la Resolución 000017 de 2012 en la cual se establece el sistema de pago de la leche cruda al productor, de acuerdo con los requisitos de calidad higiénico-sanitaria y composicional, donde el precio base de la leche es asociado al peso (gramo de proteína y grasa) y no al volumen (litro) como lo contemplaba la anterior Resolución 000012 de 2007. (MADR 2007; MADR 2012; NTC 2002; MSPS 2013; MPS 2006)

La calidad composicional hace referencia a las características físico-químicas de la leche. Su valoración se da por sólidos totales o proteína y grasa, además son importantes la lactosa, los minerales, las vitaminas y componentes fisicoquímicos más específicos de la leche. La calidad higiénica está relacionada con la ausencia de peligros biológicos, químicos o físicos y la calidad sanitaria que se asocia a la ausencia de mastitis, que puede afectar la calidad de la leche y de esta manera no sea apta para el consumo humano (Cubillos *et al.*, 2005; Dauqui *et al.*, 2010; Magariños, 2000).

Actualmente, el indicador de la sanidad de la ubre y la calidad sanitaria de la leche es el Recuento de Células Somáticas (RCS), este brinda información indirecta sobre los cambios en la

composición físico-química, debido a que las vacas que producen leche con altos RCS es más deficiente en componentes deseables como proteína, grasa y azúcar y por ende contiene más suero y enzimas que atacan los componentes de la leche, de manera que la calidad composicional se ve afectada con la mastitis, por lo tanto el RCS es una herramienta útil para el diagnóstico del estado sanitario de los animales y la calidad de leche que producen (Chamorro e Igua 2009). Estudios realizados por Arciniegas *et al.*, (2007), en 19 fincas del municipio de Guachucal y Benavides y Pito (2002), en siete plantas procesadoras de leche en el municipio de Pasto, encontraron valores promedio de RCS de 425.316 CS/mL y 1`486.386 CS/mL, respectivamente, evidenciando deficiencias en el manejo y calidad de la leche.

En este sentido el Programa de Mejoramiento Genético (Meg@Lac) (2009), afirma que es indispensable que existan Investigaciones encaminadas a caracterizar la producción de leche en el Departamento de Nariño, con el propósito de ofrecer mayores posibilidades de desarrollo, en procura de mejorar los ingresos de los productores y contribuir así a la estabilidad social de la región, con más razón si se tiene en cuenta que más del 80 % de los productores son minifundistas.

En el presente estudio, se evaluó la calidad composicional y sanitaria de la leche cruda producida en los distritos lecheros de Pasto, Pupiales y Guachucal, con el fin de caracterizar la leche en el Departamento de Nariño.

1. PROBLEMÁTICA Y JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, la calidad de la leche es uno de los pilares fundamentales de las industrias lecheras mundiales, ya que constituye una ventaja competitiva fundamental para alcanzar y mantener un lugar protagónico en el proceso de producción, transformación y comercialización de la leche, tras la búsqueda de satisfacer las necesidades de los consumidores y las exigencias de los actuales y futuros mercados (Cubillos *et al.*, 2005).

La cadena láctea, debido a su importancia socioeconómica, es uno de los sistemas agropecuarias más importantes de Colombia, por su relevancia en la generación de empleo rural y la producción de leche para procesamiento industrial (Mota *et al.*, 2014).

En Colombia, la calidad de la leche y las actuales políticas agropecuarias para el sector lácteo son de gran importancia, tal como lo manifiestan los documentos Conpes 3376, 3675 y los tratados de libre comercio (TLC), los cuales promueven a desarrollar estrategias que permitan disminuir los costos de producción, incrementar la competitividad, productividad, proteger la salud de las personas y fortalecer la calidad en el sector lácteo para obtener la aceptación de la leche en nuevos mercados y más exigentes. Por lo tanto, el gobierno colombiano por medio de la Resolución 000017 del 20 de enero de 2012 emanada por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR, 2012), estableció el sistema de pago de la leche cruda al proveedor de acuerdo con los requisitos de calidad composicional e higiénico-sanitaria que debe cumplir la leche destinada al proceso industrial.

Dicha resolución asegura a los productores un pago equitativo de la leche que suministran a la industria compradora de acuerdo con la calidad real del producto; además, mediante el pago diferenciado por calidad se generan beneficios económicos a los productores, lo cual es necesario para lograr un mejoramiento efectivo de la composición de la leche y de sus condiciones higiénico-sanitarias (Magariños, 2000). Sin embargo, existen varios factores que influyen

negativamente en la calidad de la leche, entre ellos, la inadecuada aplicación de Buenas Prácticas Ganaderas (BPG's), que trae como consecuencia alta probabilidad de mastitis y por ende aumentos en los costos de producción.

La mastitis puede ser clínica cuando los signos son evidentes, o subclínica en ausencia de signos visibles, esta última es de tipo dominante de infección intramamaria, si bien no puede ser detectada visualmente, ni en la ubre ni en la leche, ya que ambas tienen apariencia normal, puede ser detectada mediante test que denotan la presencia de los microorganismos como el California Mastitis Test (CMT) o por un aumento en el Recuento de Células Somáticas (RCS). La mastitis subclínica disminuye la producción de leche, baja la calidad de la leche y por ende disminuye el precio, ocasionando pérdidas en las bonificaciones por calidad sanitaria, además esta infección puede transmitirse a las otras vacas del hato por mal manejo en la rutina de ordeño (Philpot y Nickerson 2002).

Zambrano (2012) asegura que en el Trópico Alto de Nariño, la ganadería especializada de leche requiere resolver sus limitantes productivas y competitivas, con el fin de garantizar la sostenibilidad de la actividad ganadera, que en esta región es desarrollada por medianos y pequeños productores de los cuales el 93% tienen una producción igual o menor a 100 litros diarios de leche, efecto de la tenencia de minifundio, por lo tanto se evidencia un débil desarrollo tecnológico en todos los eslabones de la cadena y de modo más marcado en el primario, por la baja calidad higiénica-sanitaria y composicional de la leche. Además existe la amenaza de los indiscriminados tratados de libre comercio (TLC) con Estados Unidos y la Unión Europea, países en donde priman las leyes del mercado y los principios de éste se tornan impositivos, por tal razón afectará, según la Sociedad de Agricultores y Ganaderos de Nariño-Sagan, alrededor de 30.0000 familias que derivan su sustento de la producción de leche (Burgos *et al.*, 2006 y Zambrano, 2012).

En consecuencia, y debido al valor de calidad de la leche en Nariño, es de suma importancia que exista un sistema de información en cuanto a la calidad de la leche (composicional, sanitaria e higiénica), para promover el desarrollo, a través de la investigación y transferencia de tecnologías, con el objetivo de constituir una cadena láctea sostenible, de acuerdo con la realidad ambiental y socioeconómica de los distritos lecheros en el departamento de Nariño (Burgos *et al.*, 2006). De esta manera se favorece a la industria, debido a que las plantas procesadoras tienen mayor tiempo de almacenamiento de la leche antes de los procesos, también tiene un efecto positivo sobre la elaboración y conservación de productos elaborados. Finalmente, permitirá aumentar la confianza del consumidor en los productos lácteos, lo que en definitiva, aumenta el consumo y de esta manera el bienestar económico de todos los actores que intervienen en cada eslabón que componen la cadena láctea.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Evaluar la calidad composicional y sanitaria de la leche cruda producida en los municipios de Pasto, Pupiales y Guachucal.

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar la calidad composicional de la leche cruda producida en los municipios de Pasto, Pupiales y Guachucal, mediante análisis de grasa, proteína, sólidos no grasos (SNG) y densidad.
- Determinar la calidad sanitaria de la leche cruda producida en los municipios de Pasto, Pupiales y Guachucal, mediante recuento de células somáticas RCS.
- Socializar los resultados y la importancia de los datos obtenidos en cuanto a calidad composicional y sanitaria de los municipios de Pasto, Pupiales y Guachucal a los miembros del Programa de Mejoramiento Genético, Meg@lac.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 La Leche

Motta *et al.*, (2014), afirman que la leche es una emulsión de materia grasa en una solución acuosa que contiene variedad de nutrientes, unos en disolución y otros en estado coloidal; por lo tanto la leche tiene la propiedad de ser una mezcla física y química, formada por agua, grasa, proteínas, azúcares, minerales, vitaminas, enzimas y algunos materiales celulares de la glándula mamaria. La composición de la leche varía considerablemente con la raza, el estado de lactancia, la alimentación, la época del año, entre otros factores (Tabla 1).

Tabla 1. Composición de la leche (por cada 100 gramos)

Nutriente	Cantidad(g)
Agua	88
Proteína	3.2
Grasa	3.4
Lactosa	4.7
Minerales	0.72

Nota: Tomado de Wattiaux, 2009.

Según el Decreto 616 de 2006 (MPS, 2006) , la leche es el producto de la secreción mamaria normal de animales bovinos, bufalinos y caprinos lecheros sanos, obtenida mediante uno o más ordeños completos, sin ningún tipo de adición, destinada al consumo en forma de leche líquida o a elaboración posterior. Para Veisseyre (1988), la leche es un líquido blanco, opaco, más denso que el agua, de sabor ligeramente azucarado y de olor poco acentuado. Señalando además que la leche es el alimento puro más próximo a la perfección, ya que su principal proteína, la caseína, contiene los aminoácidos esenciales, como fuente de minerales calcio y fósforo, además contribuye significativamente a los requerimientos de vitamina A y

tiamina (vitamina B1) y riboflavina (vitamina B12). Por otra parte, los lípidos y la lactosa constituyen un importante aporte energético. De manera que la leche de vaca es un alimento de primera necesidad, de gran demanda por su alto valor nutricional que se refleja en sus componentes, por lo cual es considerada un alimento ideal para el ser humano en sus diferentes etapas de desarrollo y en un sustituto perfecto de la leche materna en lactantes.

En Colombia la producción de leche es la actividad económica más representativa dentro del sector agropecuario después de la producción de carne. Según FEDEGAN (2014), la producción para el año 2014 fue de 6.717 millones de Litros, de los cuales hubo un acopio industrial de 3.057 millones de Litros. En Nariño donde se desarrolló el presente estudio, según el DANE-ENA (2014), se registraron 255.261 vacas, de las cuales el 41.2% están en ordeño, produciendo 909.699 Litros de leche, de estos el 6.9% es consumida en finca, el 5.2% se procesa en finca y el 87.7% es vendida (38% a la industria y el 61% a intermediarios). Según Cano *et al.*, 2003, Nariño cuenta con importantes distritos lecheros como Pasto, Pupiales y Guachucal; estos, representan el mayor inventario ganadero en el departamento, donde Pasto, Guachucal y Pupiales cuentan con 21.162, 13.992 y 10.973 cabezas de ganado y una producción lechera promedio de 60.588, 50.598 y 36.120 litros/día respectivamente. Así las cabezas de ganado representan el 19.1% del total de cabezas de ganado del departamento y la producción lechera de los tres distritos representa el 29.1% del total de la producción.

Debido a la importancia que juega la ganadería y en especial la industria láctea en Nariño, es importante que existan estudios de caracterización de la leche en el departamento; ya que por medio de estos se promueve la formación de profesionales vinculados al sector lácteo otorgando una visión más amplia de la cadena láctea a nivel nacional y regional, además de brindar herramientas en la toma de decisiones para el mejoramiento de la cadena láctea, lo que en definitiva fortalecerá todos los eslabones del sector lácteo en el departamento.

3.2 Calidad de la leche

La calidad de la leche hace referencia a las propiedades físico-químicas, sensoriales y condiciones higiénico-sanitarias, estas propiedades o condiciones influyen sobre el valor nutricional y rendimiento industrial. Por lo tanto se deben tener en cuenta referentes de calidad, como la composición química y su relación con el aporte nutricional, su caracterización como materia prima para el procesamiento industrial, la inocuidad como una garantía de protección de la salud de los consumidores, aspectos éticos relacionados con el bienestar animal y la protección del medio ambiente, también las preferencias organolépticas de los consumidores, además de los requerimientos comerciales de las plantas pasteurizadoras y procesadoras de leche (Cubillos *et al.*, 2005).

Para lograr una leche de calidad, se deben cumplir una serie de normas y procedimientos recomendados. Se debe tener en cuenta cuatro principios básicos para una explotación pecuaria eficiente: animales de buena calidad, alimentación adecuada, estricta sanidad y buen manejo. Los tres primeros influyen directamente en la calidad composicional y los dos últimos, en la calidad higiénico-sanitaria. (Fernández *et al.*, 2010).

En Colombia, la Resolución 000017 de 2012 (MADR, 2012) por la cual se establece el sistema de pago de la leche cruda al proveedor, define la calidad de la leche en tres aspectos: calidad composicional, calidad higiénica y calidad sanitaria, de acuerdo a la región donde se produce. Esto debido a que los sistemas de producción se clasifican en la lechería especializada, propia de zonas de trópico alto y el sistema doble propósito, ubicado principalmente en zonas de trópico bajo; de manera que la calidad composicional de la leche es variable de acuerdo a las zonas donde se produce (Cabrera, 2006), por lo tanto en el país existen dos regiones lecheras, la Región 1 que corresponde al grupo de departamentos orientados a la producción especializada (Cundinamarca, Boyacá, Antioquia, Quindío, Risaralda, Caldas, Nariño, Cauca, y Valle del

Cauca), y la Región 2 que abarca los departamentos cuyas ganaderías se orientan al doble propósito (Cesar, Guajira, Atlántico, Bolívar, Sucre, Córdoba, Chocó, Magdalena, Norte de Santander, Santander, Caquetá, Tolima, Huila, Meta, Orinoquia, y Amazonia).

Así mismo el Ministerio de la Protección Social por medio del decreto 616 de 2006 (MPS, 2006) plantea los parámetros físico-químicos que debe presentar la leche cruda para consumo y producción (Tabla 2).

Tabla 2. Requisitos para la leche cruda

Parámetro/Unidad	Leche cruda	
Grasa % m/v mínimo	3.00	
Extracto seco total % m/m mínimo	11.30	
Extracto seco desengrasado % m/m mínimo	8.30	
Índice lactométrico	8.40	
	Min	Max
Densidad 15/15 °C g/mL	1.030	1.033
Acidez expresado como ácido láctico % m/v	0.13	0.17
Índice °C	-0.530	-0.510
Crioscópico	-0.550	-0.530

Nota: Tomado de Decreto 616. 2006.

3.3 Calidad composicional

La calidad composicional es la condición que hace referencia a las características fisicoquímicas de la leche. Según Cubillos *et al.*, (2005), la calidad composicional de la leche está constituida por el contenido de sólidos totales en donde se encuentran la grasa, la proteína, la lactosa, los minerales, las vitaminas y componentes fisicoquímicos más específicos de la leche, los cuales determinan su valor nutricional y su capacidad como materia prima para el

procesamiento, de manera que el rendimiento de los derivados lácteos está en función del contenido de nutrientes de la leche; es así como, el rendimiento quesero depende del contenido y tipo de caseínas que posee la leche; el de la mantequilla del contenido de grasa; y el de los productos deshidratados del contenido de sólidos totales, determinando a su vez el valor nutricional y las propiedades funcionales de los nutrientes presentes en el producto terminado. Este referente de la calidad varía en función de aspectos de tipo genético (raza), fisiológico (edad, etapa de la lactancia y estado sanitario de las vacas) y ambiental (alimentación, clima y sistema de manejo).

En la Resolución 000017 de 2012 (MADR, 2012), la calidad composicional es un aspecto importante, debido a que se tiene en cuenta el precio base asociado a la cantidad de gramos de sólidos totales, grasa y proteína contenidos en un litro de leche cruda, los cuales son liquidados de acuerdo con el valor del gramo vigente de cada componente según la región (proteína \$ 18.27, grasa \$ 6.09 y sólidos totales \$ 6.46). Por lo tanto la grasa y la proteína que componen los sólidos totales, son consideradas como los indicadores más importantes de la calidad composicional de la leche, debido a que su concentración y características determinan el rendimiento y propiedades de gran variedad de productos lácteos (Benavidez *et al.*, 2014).

En Colombia, las concentraciones de proteína en la leche varían entre 2,6% y 3,4%. Los promedios de proteína son altos en las leches provenientes de ganaderías del trópico bajo, mientras que en las de trópico alto (Antioquia, Altiplano Cundiboyacense, Nariño) son bajos. Sin embargo, en las regiones se presentan variaciones y es posible encontrar hatos en el trópico alto con concentraciones altas de proteína o hatos del trópico bajo con concentraciones bajas de proteína. (Benavidez *et al.*, 2014)

Según Agronet (2014), en Colombia la calidad composicional promedio es de 3,65% de grasa, 3,1% de proteína y 12,17% de sólidos totales; y para la Región 1 donde se encuentra

Nariño, es de 3,6% de grasa, 3,1% de proteína y 12,07% en sólidos totales (Tabla 3).

Tabla 3. Valores de calidad composicional promedio año 2014

VARIABLE CALIDAD		Promedio año 2014
	%Proteína	3,1
Nacional	% Grasa	3,64
	% Sólidos totales	12.17
	%Proteína	3,1
Región 1	% Grasa	3,6
	% Sólidos totales	12,07
	%Proteína	3,3
Región 2	% Grasa	3,7
	% Sólidos totales	12,5

Nota: Adaptado Agronet 2014

Martínez y Gómez (2013), analizaron 179 muestras evaluadas en invierno y verano en Sucre, obteniendo en verano un promedio de 12,79% para sólidos totales, 3,47% de grasa, 2,85% de proteína y una densidad de 1,030 g/mL, mientras que en invierno encontraron un promedio de 13.11% para sólidos totales, 3,56% de grasa, 3,13% de proteína y una densidad de 1,032 g/mL. En el norte de Antioquia, Pérez (2011), realizó un estudio en 7 fincas de los asociados de la Cooperativa Colanta, encontrando que la grasa y la proteína eran de 3,09% y 3,95% para raza Holstein, mientras que para Jersey eran de 3,34% y 5,11%.

En un estudio llevado a cabo por Benavidez *et al.*, (2014), en la Asociación de Productores de Leche del municipio de Pupiales (ASOPROLECHE) en 90 fincas afiliadas,

reportaron un promedio de grasa de 3.3%, proteína 2,9%, sólidos totales de 11,3% y una densidad de 1,025 g/mL.

Según un estudio realizado por Cubillos., *et al* (2005); en 19 fincas del alto del Chicamocha en Boyacá, encontraron que los promedios de sólidos totales, grasa y proteína son de 12%, 3,5% y 3% respectivamente, también una densidad promedio de 1,0308 g/mL.

3.3.1 Sólidos Totales (ST).

Según Cubillos., *et al* (2005), una leche que tenga mayor contenido de sólidos totales, tiene más valor económico, pues dará mayor rendimiento en los procesos industriales y será más nutritiva, ya que abarca la proteína y la grasa. Existe una correlación negativa entre el contenido de sólidos de la leche y la producción. Las razas especializadas en producción de leche, la producen con menor contenido de sólidos que las de doble propósito o las razas criollas. El contenido de sólidos también varía con la fase de lactancia, siendo mayor al inicio y final de esta. Normalmente se espera tener valores de 11.5 a 12.0% para las razas de alta producción y de 12.0 a 13.0% para las de baja producción.

3.3.2 Grasa.

Cubillos., *et al* (2005), afirma que la grasa es el componente más variable de la leche, ya que el contenido de grasa puede variar por factores como la raza, la alimentación y por el estado sanitario de la ubre, debido a que se presentan disminuciones significativas cuando se presentan procesos inflamatorios o infecciosos. La grasa influye sobre las características sensoriales del producto y sus derivados, tales como aroma, color y sabor. También tiene mucha importancia en el rendimiento quesero. El valor normal es de 3.4 a 3.8% para la raza Holstein y de 4.0 a 5.5% para razas menos especializadas en producción de leche.

Fernández *et al.*, (2010), mencionan que la grasa se encuentra en pequeños glóbulos suspendidos en agua. Cada glóbulo se encuentra rodeado de una capa de fosfolípidos que evitan

que los glóbulos se aglutinen entre sí, repeliendo otros glóbulos de grasa y atrayendo agua. Mientras la estructura se encuentre intacta, la leche permanece como una emulsión. La mayoría de los glóbulos de grasa se encuentran en la forma de triglicéridos formados por la unión de glicerol con ácidos grasos.

Cubillos., *et al* (2005), señala que la grasa puede sufrir dos tipos de alteraciones conocidas como rancidez hidrolítica y oxidativa. La rancidez hidrolítica se produce por la hidrólisis de los principales componentes de la grasa láctea, los triglicéridos de ácidos grasos, en glicerol y ácidos grasos libres. Este rompimiento se presenta por acción de las lipasas que pueden ser endógenas o de origen microbiano. El incremento del nivel de ácidos grasos libres genera el sabor típico de la mantequilla rancia. Para prevenir este defecto es necesario evitar el rompimiento de los glóbulos grasos por agitaciones demasiado fuertes en la leche cruda, y obtener leches con bajos recuentos de bacterias, principalmente psicrótrofas, las cuales producen lipasas termoestables que soportan las temperaturas de pasteurización. La rancidez oxidativa se presenta por reacción de los ácidos grasos con el oxígeno, principalmente a nivel de las insaturaciones, con formación de peróxidos, hidroperóxidos y radicales libres; este tipo de 19 reacciones son autocatalíticas, lo que hace que una vez iniciadas son prácticamente incontrolables. Las leches o sus derivados con este defecto presentan sabores metálicos, lo cual causa gran rechazo por parte del consumidor. Para evitar este defecto es necesario evitar la incidencia directa de la luz sobre la leche y productos lácteos, no utilizar recipientes ni implementos de cobre o de hierro para el manejo de la leche, también es importante desplazar el aire por CO₂ o N₂ de los espacios de cabeza de los empaques y recipientes que contienen productos lácteos, principalmente en los de vida útil larga.

3.3.3 Proteína.

La concentración de proteína en la leche varía de 3% a 4%. El porcentaje de proteína varía con la raza de la vaca y en relación con la cantidad de grasa en la leche, debido a que existe

una estrecha relación entre la cantidad de grasa y la cantidad de proteína en la leche; cuanto mayor es la cantidad de grasa, mayor es la cantidad de proteína (Fernández *et al.*, 2010).

Las proteínas son los componentes más importantes de la leche desde el punto de vista nutricional e industrial y constituyen más del 95% de la fracción nitrogenada. Las proteínas lácteas se pueden clasificar en caseínas (80%) y proteínas del suero (20%) (Cubillos., *et al* 2005).

Cubillos., *et al* (2005), asegura que las caseínas son las proteínas más importantes desde el punto de vista industrial, pues son las que se transforman en queso, las que le confieren estabilidad al calentamiento a la leche, las que dan la consistencia característica al kumis y al yogurt e imparten muchas de las propiedades funcionales de la leche. Sin embargo en las leches mastíticas y en el calostro, se presenta un descenso en la relación caseína - proteínas totales, por este motivo estas leches no son aptas para los procesos industriales de transformación, ya que coagulan con el calentamiento y no constituyen un buen sustrato para el cuajo. Por lo tanto, es más importante considerar el contenido de caseína que el de proteína total; las leches con mayor contenido de caseína dan mayor rendimiento en la fabricación de quesos, mayor estabilidad al calentamiento, mayor cuerpo y consistencia en los productos fermentados.

Según Agudelo *et al.*, (2005), en las proteínas del suero se encuentran la albúmina y la globulina. La albúmina es la proteína de la leche que sigue en cantidad a la caseína, con una cifra aproximada de 0.5%. Mientras que la caseína es relativamente estable a la acción del calor, las albúminas se desnaturalizan con facilidad al calentarlas. Por esta razón durante el proceso de calentamiento a altas temperaturas se destruye gran parte de la proteína sérica. Las globulinas de la leche, son proteínas de alto peso molecular que se encuentran preformadas en la sangre. Son las proteínas que más fluctuaciones experimentan en el transcurso de un período de lactación.

Los anticuerpos o inmunoglobulinas que se encuentran en el calostro son proteínas que se encuentran en el torrente sanguíneo, y hacen parte del sistema inmunológico cuya función es

neutralizar y ayudar a destruir bacterias, así como otras partículas extrañas que hayan invadido el cuerpo (Agudelo *et al.*, 2005).

3.3.4 Sólidos No Grasos (SNG).

Los SNG se obtienen restando la grasa del contenido de sólidos totales o también se puede obtener por fórmulas empíricas basadas en la densidad y el contenido de grasa. En los SNG están las proteínas, la lactosa y los minerales. Los SNG tienen una variabilidad algo menor que los sólidos totales y su valor oscila entre 8.4 y 9.2%. Valores por debajo de este rango pueden evidenciar leches muy pobres o con agua adicional y valores superiores hacen sospechar la adición de sólidos utilizados como correctores de densidad (cloruro de sodio, sacarosa o almidón) (Cubillos., *et al* 2005).

3.4 Factores que afectan la calidad composicional

Según Erazo y Zambrano (2009), en la composición de la leche influyen factores nutricionales y no nutricionales.

3.4.1 Factores Nutricionales

Alimentación. Tiene una influencia fundamental en la composición de la leche, ya que la ingestión de gran cantidad de alimentos, además de incrementar el rendimiento, aumenta poco, pero significativamente la proteína de la leche y generalmente la grasa disminuye, sin embargo la subalimentación, además de rebajar el volumen de leche, conduce a una reducción en la concentración proteica de la leche y a un incremento en la grasa. Por eso deben proporcionarse raciones equilibradas y debidamente calculadas (Erazo y Zambrano 2009).

3.4.2 Factores No Nutricionales

La Raza. Esta constituye uno de los factores más importantes a considerar en la composición de la leche, puesto que las concentraciones de grasa y proteína en la leche están relacionadas con la raza de las vacas. Los niveles medios de los componentes varían entre las

diferentes razas existiendo notables diferencias entre razas con relación a los componentes mayores de la leche, donde se distingue la raza holstein con niveles de sólidos más bajos si se compara con otras razas como la jersey, que registra la mayor composición (Tabla 4). (Calvache y Navas, 2012; Erazo y Zambrano, 2009).

Tabla 4. Composición de la leche cruda en varias razas bovinas

RAZAS	PORCENTAJES				
	GRASA	PROTEÍNA	LACTOSA	CENIZA	ST
Holstein	3.54	3.29	4.68	0.72	12.16
Pardo suizo	3.99	3.64	4.94	0.74	13.08
Ayrshire	3.95	3.48	4.60	0.72	12.77
Guernsey	4.72	3.75	4.71	0.76	14.04
Jersey	5.13	3.98	4.83	0.77	14.42
Shorthorn	4.00	3.32	4.89	0.73	12.9

Nota: Tomado de Walstra, P. *et al*, 2006.

Estado de lactancia. El estado de la lactancia afecta la producción y la composición de la leche. Un aumento en el rendimiento de leche es seguido por una disminución en los porcentajes de grasa y proteína en leche. Los cambios en los rendimientos productivos durante el ciclo de lactancia influyen de manera inversa a la composición. Generalmente, en el primer tercio de lactancia correspondiente con el pico de lactancia, se registran las menores concentraciones de grasa, proteína y sólidos de la leche, situación que se invierte al final de la lactancia (Figura 1) (Calvache y navas 2012 y Erazo y Zambrano 2009).

Época del año. Los porcentajes de grasa y proteína se incrementan durante el verano y bajan durante el invierno. Esta variación está relacionada con los cambios en la disponibilidad y

calidad forrajera (Erazo y Zambrano 2009).

Número de lactancias y edad. Los niveles de producción de leche aumentan con las sucesivas lactancias del animal, así en la tercera y cuarta lactancia se obtienen los mayores volúmenes de producción, lo que depende en gran medida de la edad en la que el animal empieza su vida reproductiva y el manejo de la misma durante su vida productiva. Mientras el contenido de grasa en la leche permanece relativamente constante, el contenido de proteína en leche gradualmente disminuye con el progreso de la edad. (Erazo y Zambrano 2009).

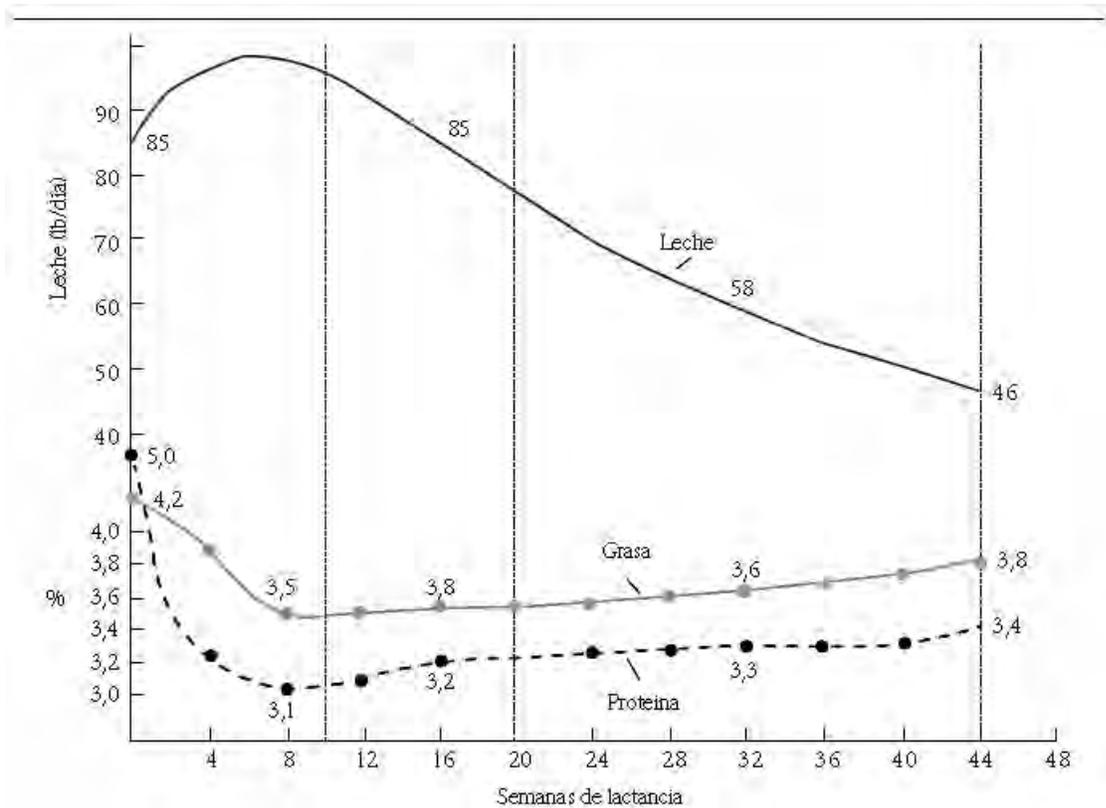


Figura 1. Cambios en la producción de leche, porcentaje de grasa y proteína en el ciclo de lactancia. Tomado de Calvache. 2012.

Salud de la ubre. La mastitis es la enfermedad que más afecta la producción y composición de la leche. En la Tabla 5 se indican los cambios que ocurren en la composición de la leche con altos conteos de células somáticas, ocurriendo una reducción en el contenido de grasa y caseína y un aumento en el contenido de suero de la leche. Estos cambios de las proteínas en unión con la lactosa, el contenido mineral y el pH de la leche, tienen como resultado bajos rendimientos en la producción de queso y alteraciones de las propiedades y en la industrialización de la misma (Philpot y Nickerson 2002).

Tabla 5. Cambios en la composición de la leche asociados a elevados conteos de células somáticas

Componente	Leche normal	Leche con elevados niveles de CCS
SNG	8.9%	8.8%
Grasa	3.5%	3.2%
Lactosa	4.9%	4.4%
Proteína	3.61%	3.2%
Proteína del suero	0.8%	1.4%
Sodio	570mg	1050mg
Cloruro	911mg	1470mg
Potasio	1500mg	1750mg
Calcio	1200mg	400mg

Nota: Tomado de Philpot, 2002.

Calidad Sanitaria: Según la resolución 000017 de 2012 (MADR, 2012), la calidad sanitaria es la condición que hace referencia a la vacunación de los animales para fiebre aftosa y brucelosis y la inscripción y certificación del hato libre de brucelosis, tuberculosis o ambas. Sin embargo, la calidad sanitaria de la leche involucra aspectos más amplios, como la ausencia de peligros biológicos, químicos o físicos que podrían estar presentes en la leche debido a enfermedades del animal.

La calidad sanitaria se puede medir mediante: la evaluación de enfermedades presentes en el animal que afecten la salud de las personas como brucelosis o la tuberculosis, el porcentaje de mastitis, el Recuento de Células Somáticas (RCS) y la presencia de residuos químicos en leche provenientes de los animales (Fernandez *et al.*, 2010).

Todos los alimentos tienen posibilidades de transmitir enfermedades, y la leche y sus derivados están entre esos alimentos. Los animales productores de leche pueden ser portadores de agentes patógenos para los seres humanos y estos pueden aumentar el riesgo de enfermedades transmitidas por los alimentos (ETA's). Además la leche se puede contaminar por residuos de medicamentos veterinarios, plaguicidas u otros contaminantes químicos. Por lo tanto, la aplicación de adecuadas medidas de control de la leche y los productos lácteos a lo largo de toda la cadena láctea, es esencial para garantizar la inocuidad de estos alimentos y su idoneidad para el uso al que se destinan (Fernandez *et al.*, 2010).

3.4.3 Mastitis.

Philpot y Nickerson (2002), definen a la mastitis como la inflamación de la glándula mamaria, que resulta de traumatismos o lesiones en la ubre, irritaciones químicas o generalmente de infecciones causadas por microorganismos, especialmente bacterias. La reacción inflamatoria es un mecanismo de protección para eliminar los microorganismos, neutralizar sus toxinas y ayudar a reparar los tejidos productores de leche para que la glándula pueda volver a funcionar

normalmente. La infección intramamaria se presenta cuando los microorganismos causantes de mastitis penetran el canal del pezón, multiplicándose en el tejido secretor de leche y liberando toxinas. La presencia de bacterias, toxinas y otros componentes provoca una serie de procesos inmunológicos en donde los leucocitos se mueven desde el flujo sanguíneo hacia la leche para destruir a los microorganismos invasores. Además, ingresan fluidos, suero de la sangre y del sistema linfático al cuarto infectado para diluir las toxinas bacterianas. Este movimiento de leucocitos y fluidos hacia el cuarto afectado establece la respuesta inflamatoria.

Duaqui *et al.*, (2010), aseguran que la mastitis es una enfermedad que se puede clasificar en contagiosa, la cual es causada generalmente por *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, y *Mycoplasma spp*, entre otros, originados en el interior de la ubre de otros animales infectados y se transmite a los animales sanos y por otro lado está la mastitis ambiental derivada de una infección que se origina del medio ambiente, generalmente causados por *Escherichia coli*, *Streptococcus* ambientales, *Klebsiellas*, *Enterobacter*, *Stafilococcus coagulasa negativos* (SCN), entre otros.

Mastitis clínica: Es aquella que se puede ver a simple vista y se caracteriza por anormalidades en la leche, tales como escamas o grumos. En la vaca enferma, el cuarto afectado puede estar caliente, inflamado y sensible (Fernández *et al.*, 2010). La mastitis clínica generalmente es causada por uno de los patógenos mayores, por ejemplo, estafilococos, estreptococos o coliformes. Sin embargo, en aproximadamente el 30% de los casos clínicos, no se detectan patógenos en las muestras cultivadas. En los hatos en que se ha controlado la mastitis contagiosa, la mayoría de los casos clínicos es causada por estreptococos o coliformes ambientales. Las prácticas de manejo como el sellado y el tratamiento en periodo de seca pueden erradicar *Streptococcus agalactiae* y reducir la prevalencia de *Staphylococcus aureus*, pero no controlan la enfermedad clínica causada por patógenos ambientales. El postsellado y el

tratamiento en periodo de secas son poco efectivos contra los estreptococos ambientales y no son efectivos contra las coliformes. Por eso, aun cuando se hayan controlado los patógenos contagiosos mediante el sellado y la terapia de vacas secas, puede haber una alta incidencia de la enfermedad clínica, especialmente la causada por patógenos ambientales (Philpot y Nickerson, 2002).

Mastitis subclínica: La mastitis subclínica es la forma más importante de mastitis, ya que causa las mayores pérdidas económicas, debido a que disminuye la producción de leche, baja la calidad de la leche y se pierden las bonificaciones por calidad sanitaria. Además, la mastitis subclínica es la forma más peligrosa de mastitis, su frecuencia es de 20 a 50 veces mayor a la mastitis clínica, por lo general precede a los síntomas clínicos, suele ser de larga duración, puede ser difícil de tratar con antibióticos, es difícil de detectar y sirve como reservorio para infectar al resto del hato. Esta forma de mastitis no puede ser detectada visualmente, ni en la ubre ni en la leche, ya que ambas tienen apariencia normal, como consecuencia del diagnóstico tardío de la enfermedad es difícil que los animales respondan positivamente al tratamiento, pero puede ser detectada mediante diversos test como el California Mastitis Test (CMT) que denotan la presencia de los microorganismos o por un aumento en el RCS. La frecuencia de la mastitis subclínica se ve reflejada en el RCS. Una baja prevalencia o frecuencia va acompañada de un bajo RCS y viceversa. La mastitis subclínica es responsable de una disminución del 5% en la producción de leche por cada 100.000 CS/mL que se incrementen en la leche (Philpot y Nickerson, 2002; Dauqui *et al.*, 2010).

Las especies de bacterias asociadas más frecuentemente con mastitis subclínica son los estafilococos, como *Staphylococcus aureus* y algunos estreptococos, como *Streptococcus uberis* y *Streptococcus agalactiae* (Philpot y Nickerson, 2002).

En un estudio realizado en Antioquia por Ramírez *et al.*, (2011), donde se efectuaron 648

cultivos de muestras de leche, encontraron que un 20% de los cuartos están afectados con mastitis. Reportan que la prevalencia de mastitis subclínica por vaca fue del 39.5% y la de mastitis clínica fue del 1.7%. Además encontraron que el 23.9% de las muestras fueron negativas, el 34% positivas a *Streptococcus agalactiae* y el 10.2% positivas a *Estafilococo coagulasa negativo* (SCN).

Según un estudio realizado por Arciniegas *et al.*, (2007), en Guachucal, en donde se evaluaron 316 cuartos en 19 fincas. Reportaron que los causantes de mastitis subclínica son agentes infecciosos como el *Staphylococcus aureus*, principal agente infeccioso con 24% de los casos, seguido por *Streptococcus dysgalactie* con el 10.13%. Además, reportaron que los patógenos menores representados por los *Staphylococcus coagulasa negativos* (SCN) fueron los patógenos de mayor prevalencia presentándose en el 30.38% de los casos.

En pasto, Jurado *et al.*, (2003), evaluaron 120 animales provenientes de 10 hatos, encontrando que los agentes causantes de mastitis subclínica fueron el *Staphylococcus aureus* y *Staphylococcus epidermis* en 44.4 % y 39.68% de los casos respectivamente.

Según Duaqui *et al.*, (2010), se deben realizar medidas de tratamiento y control de este tipo de mastitis, ya que las vacas enfermas con mastitis subclínica establecen una fuente de infección para los animales sanos en el hato. Si no existe prevención y control en el tratamiento de esta enfermedad se generan grandes pérdidas económicas, cuyo resultado es la baja producción de leche y mala calidad de la misma, a la vez de la reducción en la rentabilidad de la explotación.

3.4.4 Recuento de Células Somáticas (RCS).

Las células somáticas son células del cuerpo del animal, principalmente glóbulos blancos. Cerca del 99% de todas las células presentes en la leche de un cuarto infectado son glóbulos blancos, distribuidos en macrófagos (60%), linfocitos (25%) y neutrófilos (15%), mientras que el

1% restante son células secretoras (epiteliales) de leche provenientes del tejido mamario. Por lo tanto el RCS se refiere al número de células que se encuentran presentes en la leche y se expresa por mililitro (RCS/mL). El RCS es el índice del nivel de la severidad relacionado tanto con la mastitis presente en el hato, como la calidad de la leche en casos subclínicos, este puede ser medido en la leche proveniente de cuartos individuales, vacas individuales, el hato completo o un grupo de hatos (Philpot y Nickerson, 2002; Dauqui *et al.*, 2010).

El RCS es un fenómeno biológico dinámico, sujeto a una gran variación debido a la continua interacción entre las células somáticas y los microorganismos causantes de mastitis en un cuarto infectado; las células somáticas tienen la función de combatir a los microorganismos infectantes mediante un proceso llamado fagocitosis que los envuelve y los destruye, también intervienen en la reparación del tejido secretor que ha sido dañado por la infección o lesión. Por lo general las células somáticas logran reducir el número de microorganismos, pero puede suceder que no eliminen a todos. En este caso, el RCS disminuirá por un tiempo, hasta que los microorganismos vuelvan a proliferar y el proceso se repita (Philpot y Nickerson, 2002, Dauqui *et al.*, 2010).

El RCS se ha constituido en un buen indicador del porcentaje de cuartos infectados con mastitis de tipo clínica o subclínica, por lo tanto, la mastitis es el factor que más afecta el nivel de células somáticas en la leche, ya sea de un cuarto individual, por vaca o del tanque.

Así, el monitoreo y control de las células somáticas puede hacerse individualmente en cada vaca o por muestreo de la leche en tanque. La diferencia entre ambos casos es que en el primero, se puede conocer el estado de salud de un animal y su calidad de leche; mientras que para el segundo caso sólo podrá derivarse información del estado de salud promedio de todo un hato y disminución de producción de leche. Cabe destacar que solo el 5 % de las vacas pueden aportar el 50 % del RCS total de la leche del hato (Philpot y Nickerson, 2002, Dauqui *et al.*,

2010).

Sin embargo, existen factores que puedan elevar el RCS. Se considera que la edad de la vaca es un factor asociado al aumento de células somáticas, esto se debe a que la probabilidad de infección es mayor debido a que la exposición a los organismos de mastitis es más prolongada, además el sistema inmunológico no es tan eficiente, por lo que hay una mayor respuesta celular a la infección. Según el periodo de lactación en que se encuentren las vacas, el RCS puede sufrir ligeras variaciones, en este caso se eleva luego del parto, es mínimo a mitad de lactancia pero se eleva al máximo en el secado. El RCS y la mastitis aumentan con condiciones ambientales de calor y humedad, esto debido a que en verano hay una disminución de producción de leche, existiendo una menor dilución de las células somáticas en la leche, lo cual evidencia un aumento ligero en los recuentos de células somáticas. El tamaño del hato y el nivel de producción también son factores que intervienen en el RCS, una sola vaca con alto RCS tendrá un mayor impacto sobre el RCS del hato, cuando este es pequeño que cuando es grande (Philpot y Nickerson, 2002, Dauqui *et al.*, 2010).

Según Philpot y Nickerson (2002), las glándulas mamarias que nunca han sido infectadas generalmente tienen un RCS de 20.000 a 50.000 CS/mL, también afirman que vacas con un RCS inferior a 200.000 CS/mL probablemente no estén infectadas, aquellas con un recuento superior a 300.000 CS/mL probablemente estén infectadas y vacas con RCS entre 200.000 CS/mL y 300.000 CS/mL son de difícil interpretación. Por su parte Dauqui *et al.*, 2010, dicen que en general, vacas con menos de 100.000 CS/mL están sin infección y de más de 300.000 CS/mL son vacas infectadas con patógenos mayores tales como *Staphylococcus aureus* o *Streptococcus agalactiae*, los cuales son patógenos contagiosos causantes de altos RCS.

Los altos RCS en presencia de mastitis ocasionan numerosos cambios en la composición química de la leche, principalmente disminución de algunos componentes como el calcio,

fósforo, proteína (caseína) y grasa; produciéndose un aumento en la producción de enzimas en leche, con lo cual se reduce la síntesis de proteína y lactosa, además de alteraciones en la caseína por la acción de los microorganismos y enzimas (proteolíticas y lipolíticas) que producen los leucocitos y bacterias contribuyendo al deterioro del producto. Estos efectos negativos sobre la calidad de la leche afectan a la industria láctea, principalmente debido al bajo rendimiento y disminución de la vida útil de los productos lácteos, como en el caso de la elaboración de quesos, puesto que se aumenta el tiempo de coagulación, disminuye la estabilidad del cuajo (cuajo débil) y por ende disminuye la calidad a causa de características organolépticas indeseables principalmente ocasionadas por la acción de enzimas proteolíticas y lipolíticas, además de alterar el valor nutricional de los derivados lácteos, lo que en definitiva influye de manera negativa en el precio de la leche por calidad. Por lo tanto, la mastitis y el alto RCS conllevan pérdidas económicas considerables debido a la merma en la producción de leche, baja calidad de los derivados lácteos, menor progreso genético del hato, los casos de mastitis clínica, los animales que tienen que descartar, las cuentas pagadas por drogas y la asistencia veterinaria, entre otros. (Philpot y Nickerson, 2002, Dauqui *et al.*, 2010). Sin embargo, con menores conteos de células somáticas existe relación con la reducción de casos de mastitis clínica, mayor producción de leche, mayores porcentajes de grasa y caseína, leche menos contaminada y una mejor conservación de los productos lácteos. Así, el mejoramiento de la calidad de la leche y el control de la mastitis garantiza menos riesgos de problemas de salud para el consumidor, mejores precios o incentivos para el productor, se incrementa el rendimiento en la elaboración de quesos y se alarga la vida de conservación de los productos lácteos, mayor conformidad y consumo de leche y derivados por parte de los consumidores, se mejora la salud de las vacas y la rentabilidad de la ganadería (Philpot y Nickerson, 2002, Dauqui *et al.*, 2010).

Existen diferencias en los estándares de calidad sanitaria de leche cruda en diferentes

países en el mundo. En estados unidos se considera 750.000 CS/mL como valor máximo, sin embargo, para Canadá es de 500.000 CS/mL, pero países como Australia, Noruega, nueva Zelanda y Suiza el valor máximo permitido es de 400.000 CS/mL. En Colombia todavía no está estipulado un valor máximo permitido, de manera que en la Resolución 000017 de 2012 no hay estándares de un valor máximo para el RCS, pero da la posibilidad a cada empresa de realizar bonificaciones voluntarias por este parámetro (Loaiza *et al.*, 2012; Dauqui *et al.*, 2010; MADR, 2012).

En un estudio realizado en Colombia por Loaiza *et al.*, (2012), analizaron los resultados de pruebas para calidad higiénica y sanitaria de 705.210.165 litros de leche cruda provenientes de diferentes plantas de acopio ubicadas en el trópico alto (Sabana de Bogotá, Altiplano norte de Antioquia, Viejo Caldas y norte del Valle), trópico medio (centro y occidente de Antioquia) y trópico bajo (Magdalena Medio y la Costa Atlántica). Encontrando que el 11.03% de la leche captada se encuentra en un nivel excelente de RCS (menor de 200.000 CS/mL), además encontraron que un 41.82% de la leche cumple con el estándar europeo (menor de 400.000 CS/mL) y poco menos del 76.76% de la leche del estudio cumpliría con el estándar de Estados Unidos (menor de 750.000 CS/mL). Determinado que los RCS en general son altos.

Por su parte Botina y Ortiz (2013), realizaron estudios en el corregimiento de Catambuco, municipio de Pasto, donde evaluaron tres puntos de comercialización de leche. Encontraron que los recuentos hallados son altos, el 93.32% de las muestras estaban por encima de los parámetros considerados normales para una leche proveniente de un animal sano (200.000 CS/mL), pero el 46.66% de las pruebas presentaron valores superiores a 1.160.000 CS/mL, lo cual se correlaciona con estados avanzados de mastitis del hato proveniente.

En Nariño Basante *et al.*, (2009). Evaluaron el Recuento de células somáticas (RCS) a través del sistema Portacheck® en 19 hatos del municipio de Guachucal. Encontraron que el

promedio del RCS para las fincas involucradas en este estudio, fue de 425.316 CS/mL (rango de 83.333 – 1.110.000 CS/mL). Determinando que un 26.32% de las fincas, fue igual o inferior a 200.000 CS/mL.

Chamorro e Igua (2009), en su estudio determinaron del recuento de células somáticas en la leche de hembras clasificadas genéticamente como bovinos elite en 15 fincas localizadas en el distrito lechero de Pasto, entre los meses de junio y noviembre del año 2009. Encontrando que el valor promedio de RCS, para los 71 animales del distrito lechero de Pasto, fue de 76.711 CS/mL, estimando claramente, que la muestra objeto de estudio presentó un buen estado sanitario de la ubre.

Estudios hechos por Benavides y Pito (2002), en siete plantas procesadoras de leche en el municipio de Pasto, encontraron valores promedio de RCS de 1`486.386 CS/mL, evidenciando deficiencias en el manejo y calidad de la leche.

4. METODOLOGÍA

4.1 Localización

El presente estudio, se realizó en los distritos lecheros de Pasto, Pupiales y Guachucal, departamento de Nariño, república de Colombia. En la Figura 1, se presentan las coordenadas geográficas de los tres distritos lecheros.



Figura 2. Localización satelital y coordenadas geográficas de los distritos lecheros del Trópico Alto de Nariño. Tomado de Informe Final 48-1 Meg@Lac (2009).

En la Tabla 6, se indican las principales características climáticas de cada cabecera municipal de los tres distritos.

Tabla 6. Características climáticas principales de los tres municipios lecheros

MUNICIPIO	ALTITUD	Temperatura
	m.s.n.m	media °C
Pasto	2527	14
Pupiales	2900	11
Guachucal	3087	4

4.2 Tamaño de la muestra

En el estudio se evaluaron 618 animales distribuidos en los distritos de Pasto, Pupiales y Guachucal (Tabla 7). Las fincas seleccionadas y por lo tanto el número de animales, obedece al cronograma de muestreo llevado a cabo por el programa de mejoramiento genético (Meg@Lac), en los meses en que se realizó este estudio.

Tabla 7. Número de animales en cada finca en los tres distritos lecheros del Trópico Alto de Nariño

DISTRITO	FINCA	ANIMALES (N° DE MUESTRAS)
GUACHUCAL	COFRADIA	57
	PARAISO	55
	MENPHIS	52
	LAS COLLAS	70
	LA MIRANDA	81
	EL COMUN	17
PUPIALES	EL ENSUEÑO	30
	EL PENAL	30
	SANTA RITA	30
	LAS LAJAS	30
	EL ENSUEÑO 2	61
PASTO	SAN FRANCISCO	29
	OJO DE AGUA	29
	BELLA SUIZA	33
	CASA FRIA	14

4.2.1 Toma, identificación y envío de muestras.

Las muestras se recolectaron con el apoyo en campo de los profesionales contralores lecheros de cada distrito lechero, pertenecientes al grupo de investigación Meg@Lac.

Los contralores siguiendo la normatividad y teniendo en cuenta los elementos de seguridad procedieron a la toma de la muestra de leche. Para llevar a cabo este proceso, se inició con la desinfección de las manos con una solución de alcohol al 70%, después se lava, enjuaga y desinfecta la ubre de la vaca con la misma solución de alcohol utilizando un algodón.

Finalmente, se ordeña completamente la vaca en un balde o un recipiente previamente lavado y desinfectado. Una vez ordeñada la vaca, se agita la leche en el balde para asegurar un reparto uniforme de la materia grasa y se toma la muestra en un recipiente debidamente rotulado

con la identificación de la vaca, finca, fecha y responsable de la recolección de la muestra y se lo depositó en una nevera portátil a 4°C hasta la llegada al laboratorio de Investigación en Conservación y Control de Alimentos de la Universidad de Nariño, tal como se aprecia en la Figura 3.



Figura 3. Recolección de muestras

4.3 Análisis de muestras

Una vez las muestras en el laboratorio, se procedió a realizar el análisis composicional y sanitario de las muestras recepcionadas.

4.3.1 Análisis composicional.

Para el análisis de la calidad composicional de la leche, se utilizó el equipo digital Lactoflash, el cual es un dispositivo de análisis económico para la determinación rápida y confiable de la grasa y densidad mientras que los parámetros como proteína, sólidos no grasos (SNG) y densidad son determinados por algoritmos de cálculo en el equipo.

Para realizar el análisis respectivo, previamente se realizó una limpieza y calibración del equipo, luego se homogenizó cada muestra agitándola suavemente, posteriormente se montó la muestra y se realizó la lectura del análisis. Una vez realizado el análisis, se registraron los valores de densidad, grasa, proteína y sólidos no grasos (SNG) (Figura 4).

Los sólidos totales (ST) se calcularon con la siguiente formula:

$$\%ST = \%SNG + \%GRASA$$



Figura 4. Análisis Calidad Composicional

4.3.2 Análisis sanitario.

Para el Recuento de Células Somáticas, se utilizó el método directo conocido como Portacheck®. El principio funcional del Portacheck®, se basa en el cambio de color en la fosa de

la tira de blanco a diferentes tonos de azul a morado, el cual esta correlacionado con el nivel de glóbulos blancos en la muestras de leche. El fundamento de esta reacción, se basa en la reacción enzimática de la esterasa contenida en los glóbulos blancos de la leche, los cuales son atrapados en el estrato especial del reactivo que también tiñe dicho sustrato. La enzima esterasa de los glóbulos blancos, se cataliza generando un color azul violeta, el cual es proporcional al conteo de células somáticas de la muestra (Arciniegas *et al.*, 2009).

Antes de realizar la prueba, se identificó la tirilla con la muestra correspondiente. Para esta prueba, se tomó una gota de la muestra colectada sobre una " tira" (diseñada para este fin), utilizando un gotero y se dejó absorber por completo en el pocillo de cada tira. Después, se adicionó tres gotas de "solución activadora" (incluida en el kit de prueba) y se dejó reposar las tiras por 45 minutos.

Para leer los resultados, se utilizó el lector digital, antes de hacer las lecturas se coloca una tira de calibración dentro del equipo hasta que aparezca el número control 543 que indica que el lector está listo para realizar los análisis correspondientes. Una vez listo el lector, se insertó cada tira rotulada e identificada para después hacer el registro de cada tira (Figura 5). Los resultados se interpretaron así:

- Si aparece por ejemplo un valor de 0.12, este número se lo multiplica por un millón (1.000.000)
- Si aparece LO, se interpreta un RCS de < 50.000 Células/mL
- Si aparece HI, se interpreta un RCS de > 3.000.000 Células/mL

Los valores obtenidos de RCS, fueron transformados mediante la expresión logarítmica en base 2, con el procedimiento indicado por Shook y Wiggans (1987) citado por Chamorro e Igua (2009), que expresa en la siguiente fórmula:

$$\text{Log}_2\text{RCS} = \text{Log}_2 \left[\frac{\text{RCS}}{100.000} \right] + 3$$

Este procedimiento permite convertir el RCS original a una escala lineal denominada logaritmo de RCS (Log_2RCS) que va de 0 a 9 (Tabla 8), con el fin de conseguir una distribución homogénea de los datos y así dar una mejor distribución en los valores de la calidad sanitaria (Philpot y Nickerson, 2002).

Figura 5. Análisis Calidad Sanitaria

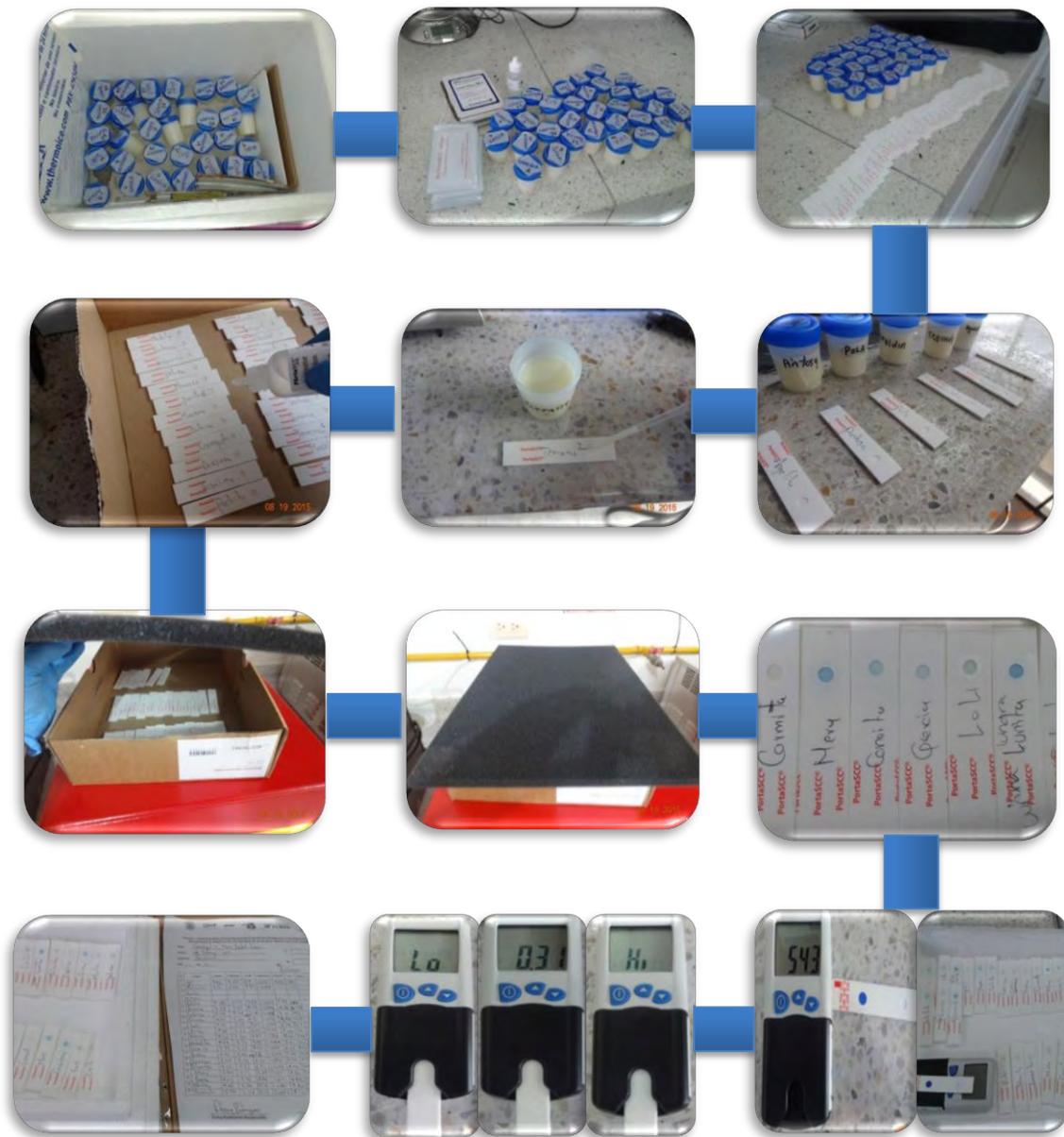


Tabla 8. Relación entre el grado lineal y el RCS

Grado lineal	RCS/mL	
	Valor medio	Rango
0	12.500	0 a 17.000
1	25.000	18.000 a 34.000
2	50.000	35.000 a 70.000
3	100.000	71.000 a 140.000
4	200.000	141.000 a 282.000
5	400.000	283.000 a 565.000
6	800.000	566.000 a 1.130.000
7	1.600.000	1.131.000 a 2.262.000
8	3.200.000	2.263.000 a 4.525.000
9	6.400.000	Más de 4.525.000

Nota: Tomado de (Philpot y Nickerson 2002).

4.4 Socialización de resultados

Finalmente, se realizó la socialización correspondiente a todos miembros del grupo de investigación Meg@Lac dando a conocer los resultados más relevantes de este estudio (Figura 6).



Figura 6. Socialización de resultados

4.5 Análisis estadístico

Las variables de calidad composicional y sanitaria fueron organizadas y presentadas mediante estadística descriptiva. Además, se determinó la relación entre el recuento de células somáticas y las variables composicionales de la leche mediante una correlación simple, tomando como variable independiente la primera. De igual manera, se realizó una comparación entre los municipios de producción mediante un análisis de varianza univariado y las diferencias fueron determinadas mediante la prueba de Tukey. Para realizar los análisis se utilizó el paquete estadístico SAS versión 9,1 (2007).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este estudio involucró a 15 fincas ganaderas manejadas bajo el sistema de lechería especializada en los distritos lecheros de Guachucal, Pasto y Pupiales en el departamento de Nariño. Las fincas de Guachucal aportaron 332 muestras, representando el 53.7% de los animales muestreados; las fincas de Pupiales aportaron 181 muestras, representando el 29.3% de animales muestreados y las fincas de Pasto aportaron 105 muestras, lo que representa el 17% del total de animales muestreados (Tabla 9).

Tabla 9. Numero de muestras por distrito y finca

DISTRITO	FINCA	TOTAL MUESTRAS	%
GUACHUCAL	COFRADIA	332	53.7
	PARAISO		
	MENPHIS		
	LAS COLLAS		
	LA MIRANDA		
PUPIALES	EL COMUN	181	29.3
	EL ENSUEÑO		
	EL PENAL		
	SANTA RITA		
	LAS LAJAS		
PASTO	EL ENSUEÑO 2	105	17
	SAN FRANCISCO		
	OJO DE AGUA		
	BELLA SUIZA		
TOTAL	CASA FRIA		100

En la Tabla 10 se indica una calificación de calidad Composicional y Sanitaria en diferentes regiones de Colombia (Calderón *et al.*, 2012).

Tabla 10. Clasificación leche cruda según su calidad composicional.

Variable	Excelente	Buena	Regular	Mala
Densidad (g/mL)	> 1,030	1,029-1,030	1,028 – 1,029	< 1,028
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
Sólidos totales	> 12,2	12,1 – 11,8	11,7 – 11,3	<11,3
Células somáticas				
RCS/mL*1000	<100	100 – 200	200 – 400	>400

Nota: Adaptado de Calderón *et al.*, 2006

5.1 Análisis calidad composicional

- **Porcentaje de Grasa**

Según la Tabla 11, las fincas con mayor porcentaje de grasa son: El Penal (4,42%), Las Collas (4,14%), El Paraíso (4,11%), Casa Fría (4,02%), Cofradía (4,01%) y el Común (3,78%), además, están por encima de la Región 1 (3.66%) donde pertenece Nariño y por encima del promedio Nacional (3.64%) (AGRONET, 2014); sin embargo, fincas como Santa Rita (2,64%) y Las Lajas (2,82%) presentan menor porcentaje de grasa, estando por debajo del 3% de grasa, límite mínimo considerado en el decreto 616 (MPS, 2006). Además, según la Tabla 10 el 73,3 % (11/15) de las fincas tienen una “excelente” composición, el 13.3% (2/15) de las fincas tienen calidad “buena” y el otro 13,3 % tiene mala calidad con respecto a grasa.

Tabla 11. Estadística descriptiva para Grasa por finca en cada distrito lechero.

% GRASA				
DISTRITO	FINCA	MEDIA	MEDIANA	DESVIACIÓN. STD
GUACHUCAL	COFRADIA	4.01	4.1	0.83
	EL COMUN	3.78	3.7	0.37
	EL PARAISO	4.11	4.23	0.61
	LAS COLLAS	4.14	4.19	0.60
	MENPHIS	3.5	3.41	0.90
	PASTO	BELLA SUIZA	3.55	3.48
CASA FRIA		4.02	4.12	0.63
OJO DE AGUA		3.49	3.55	0.72
SAN FRANCISCO		3.44	3.26	0.7
PUPIALES	EL ENSUEÑO	3.62	2.95	1.44
	EL PENAL	4.42	4.23	0.57
	LAS LAJAS	2.82	2.78	0.9
	EL ENSUEÑO 2	3.55	3.6	0.67
	SANTA RITA	2.64	2.35	1.4

Según la Figura 7, existen marcadas diferencias entre las fincas de los distritos, así mismo las fincas de mayor dispersión y por lo tanto una desviación estándar mayor son: El Ensueño (S=4,4), Santa Rita (S=1,4), La Miranda (S=1,31) y Bella Suiza (S=1,24). Mientras que la finca con menor dispersión, mayor homogeneidad y una menor desviación estándar fue El Común (S=0,37), perteneciente al distrito Guachucal (Tabla 12). Además, en la mayoría de las fincas se presentan asimetrías. Fincas como El Ensueño, La Miranda, Memphis y Ojo de Agua, son asimétricas por arriba, representando que el 50% de los datos están por debajo de la mediana, haciendo que los datos se concentren hacia la parte inferior de la distribución, mientras que fincas como Bella Suiza, El Paraíso y Las Lajas presentan asimetría por abajo. Además, se evidencia gran cantidad de datos atípicos y atípicos extremos, lo cual influye directamente sobre los promedios y la distribución de los datos (Figura 7).

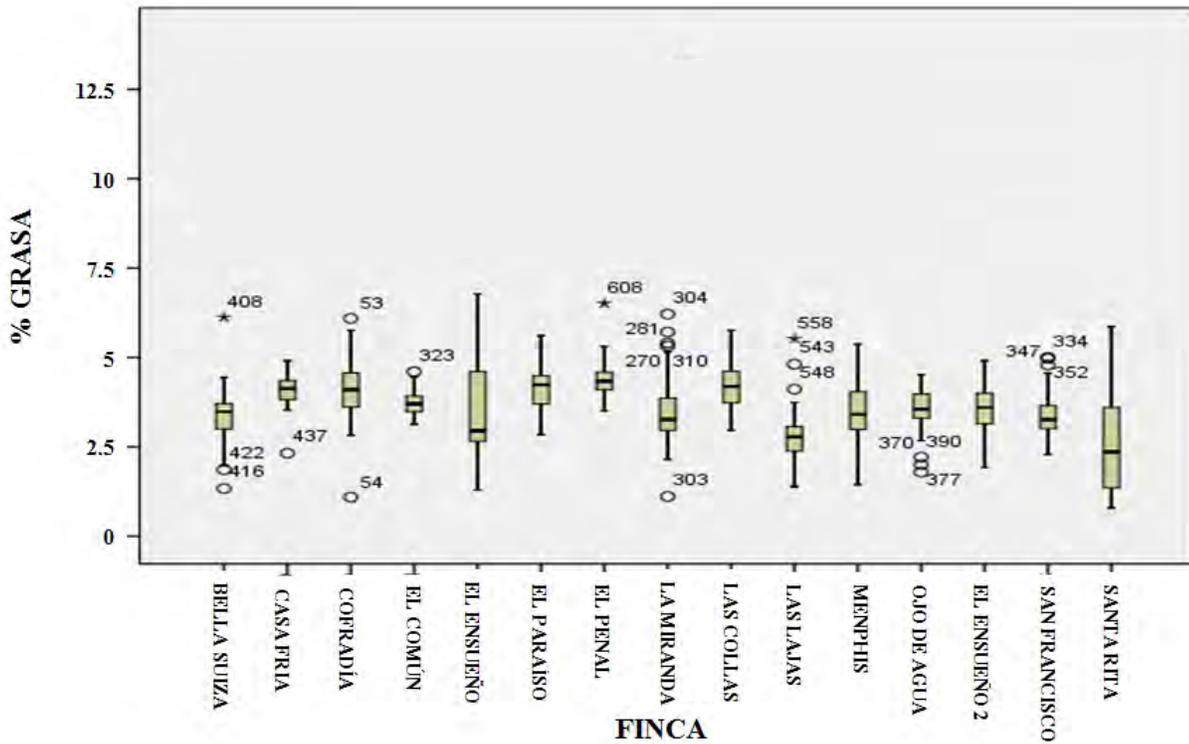


Figura 7. Análisis del porcentaje de Grasa por finca para todos los distritos

Según la Tabla 12, al comparar los promedios del porcentaje de grasa entre los distritos, no se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre Pasto y Pupiales, pero si entre estos y Guachucal. En la Figura 8, se observa que hay simetría en los tres distritos, a pesar de que en Guachucal presenta varios datos atípicos y atípicos extremos, existe homogeneidad en sus datos al igual que pasto. Sin embargo Pupiales presenta una ligera dispersión y por ende mayor desviación estándar ($S=1,15$) (Tabla 13), haciendo que sus datos exista mayor variabilidad.

Tabla 12. Diferencias con respecto a las variables de calidad composicional y sanitaria entre los tres distritos

Distrito	Porcentajes			SNG	Densidad (g/mL)	RCS/mL
	Grasa	Proteína	ST			
GUACHUCAL	3.855 a	2.943 a	12.22 a	8.37 a	1.029 a	564216.867 ab
PASTO	3.566 b	2.922 a	11.81 b	8.246 a	1.028 b	412761.905 b
PUPIALES	3.435 b	2.954 a	11.74 b	8.346 a	1,029 a	657292.818 a

Nota: Letras diferentes en la columna indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$)

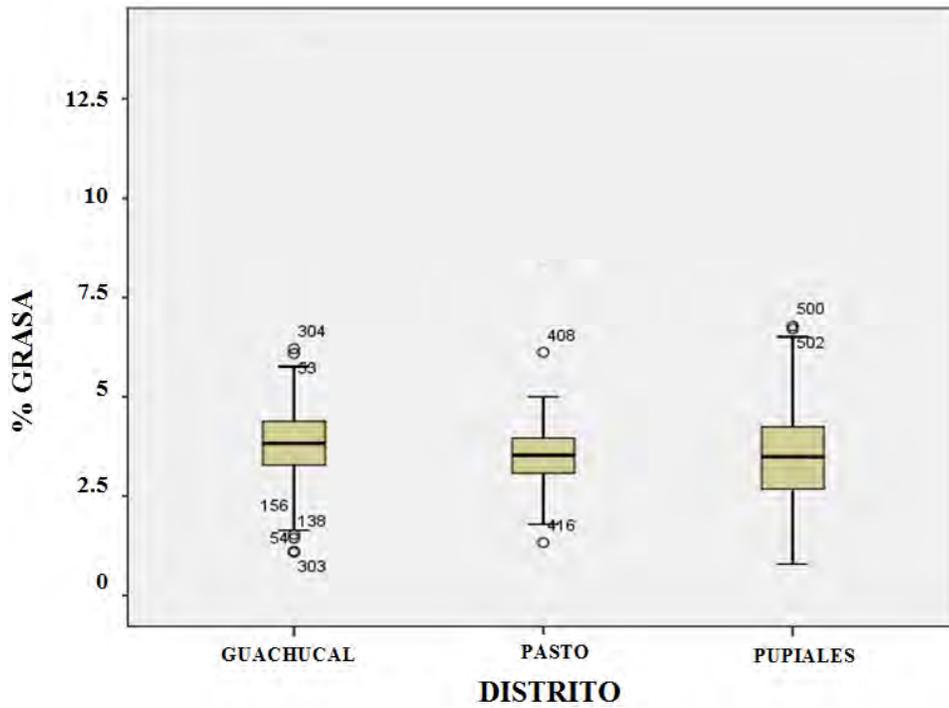


Figura 8. Análisis del porcentaje de Grasa por distritos

En general los distritos presentan una aceptable calidad composicional con respecto a grasa (Tabla 13), ya que los tres distritos presentan porcentajes de grasa por encima de lo establecido en Decreto 616 (MPS, 2006), que establece que la leche debe contener como mínimo un 3% de grasa. Sin embargo los distritos de Pasto (3,56%) y Pupiales (3,43%) están por debajo del promedio Nacional (3,64%) y por debajo de la Región 1 (3,66%) donde pertenece Nariño (AGRONET, 2014); solo el distrito de Guachucal (3,85%) está por encima del promedio Nacional y Regional. Sin embargo, según la Tabla 10, los distritos de Pasto y Guachucal presentan una “excelente” calidad composicional para grasa, así mismo Pupiales cuenta con una “buena” calidad composicional con respecto al porcentaje de grasa.

Tabla 13. Estadística descriptiva para Grasa por distrito lechero

%GRASA			
DISTRITO	MEDIA	MEDIANA	DESVIACIÓN.
			STD
GUACHUCAL	3.85	3.82	0.94
PASTO	3.56	3.53	0.91
PUPIALES	3.43	3.49	1.15

El promedio de grasa para Guachucal es superior a promedios de grasa obtenidos por Martínez y Gómez (2013), en Sucre, tanto en verano (3,47%) como en invierno (3,56%), pero Pasto tuvo similar promedio al encontrado en invierno, sin embargo Pupiales está por debajo de estos promedios; Guachucal también supera al promedio de grasa de 3,5% encontrados en el alto del Chicamocha en Boyacá, según lo reportado por Cubillos *et al.*, (2005). Sin embargo, en el norte de Antioquia, Pérez (2011), encontró que la grasa para la raza Holstein fue de 3,95%,

mientras que para Jersey fue de 5,11%, promedios superiores a los reportados en este estudio. En Pupiales Benavidez *et al.*, (2014), reportaron un promedio de grasa de 3,3%, inferior al encontrado en este estudio para los distritos de Pupiales, Pasto y Guachucal (3,43%)

- **Porcentaje de Proteína**

Las fincas con mayor porcentaje en proteína son El Ensueño 2 (3,16%), Bella Suiza (3,12%), Casa Fría (3,12%) y El Común (3,08%), las cuales son similares al promedio nacional (3,1%) y al promedio de la Región 1 (3,09%). El resto de fincas están por debajo del promedio nacional y regional, siendo Ojo de Agua (2,74%), San Francisco (2,77%) y el Ensueño (2,81%) las fincas de menor promedio en porcentaje de Proteína (Tabla 14). Según la Tabla 10, el 86,6 % (13/15) de las fincas tiene una calidad “regular” para proteína, mientras que el 13,3% (2/15) de las fincas tiene una “mala” calidad con respecto a proteína.

Tabla 14. Estadística descriptiva para Proteína por finca en cada distrito lechero

% PROTEÍNA				
DISTRITO	FINCA	MEDIA	MEDIANA	DESVIACIÓN. STD
GUACHUCAL	COFRADIA	2.88	2.9	0.16
	EL COMUN	3.08	3.07	0.22
	EL PARAISO	2.89	2.9	0.1
	LA MIRANDA	3.03	2.99	0.22
	LAS COLLAS	2.91	2.92	0.15
	MENPHIS	2.91	2.92	0.18
PASTO	BELLA SUIZA	3.12	3.09	0.48
	CASA FRIA	3.12	3.16	0.18
	OJO DE AGUA	2.74	2.71	0.16
	SAN FRNACISCO	2.77	2.78	0.11
PUPIALES	EL ENSUEÑO	2.81	2.75	0.19
	EL PENAL	2.9	2.88	0.13
	LAS LAJAS	2.84	2.81	0.16
	EL ENSUEÑO 2	3.16	3.15	0.23
	SANTA RITA	2.83	2.86	0.2

Según la Figura 9 y la Tabla 14 las fincas de mayor dispersión y por lo tanto una desviación estándar mayor son: Bella Suiza ($S=0,48$), El Común ($S=0,22$), La Miranda ($S=0,22$), El Ensueño 2 ($S=0,23$) y El Ensueño ($S=0,19$). Mientras que las fincas que presentan menor dispersión fueron El Paraíso ($S=0,1$) y San Francisco ($S=0,11$) (Tabla 14). En general las fincas son simétricas, sin embargo fincas como Ojo de Agua, Las lajas, La Miranda y El Ensueño son asimétricas por arriba (lo que representa que el 50 % de los datos están por debajo de la mediana). Mientras que fincas como Casa Fría, El Común, Las Collas y Menphis presentan asimetría por abajo (lo que representa que el 50% de los datos están por encima de la mediana). Además, existen diferencias entre las fincas de los distritos. Así mismo se presentan datos atípicos y atípicos extremos, lo cual influye directamente sobre los promedios y la distribución de

los datos (Figura 9).

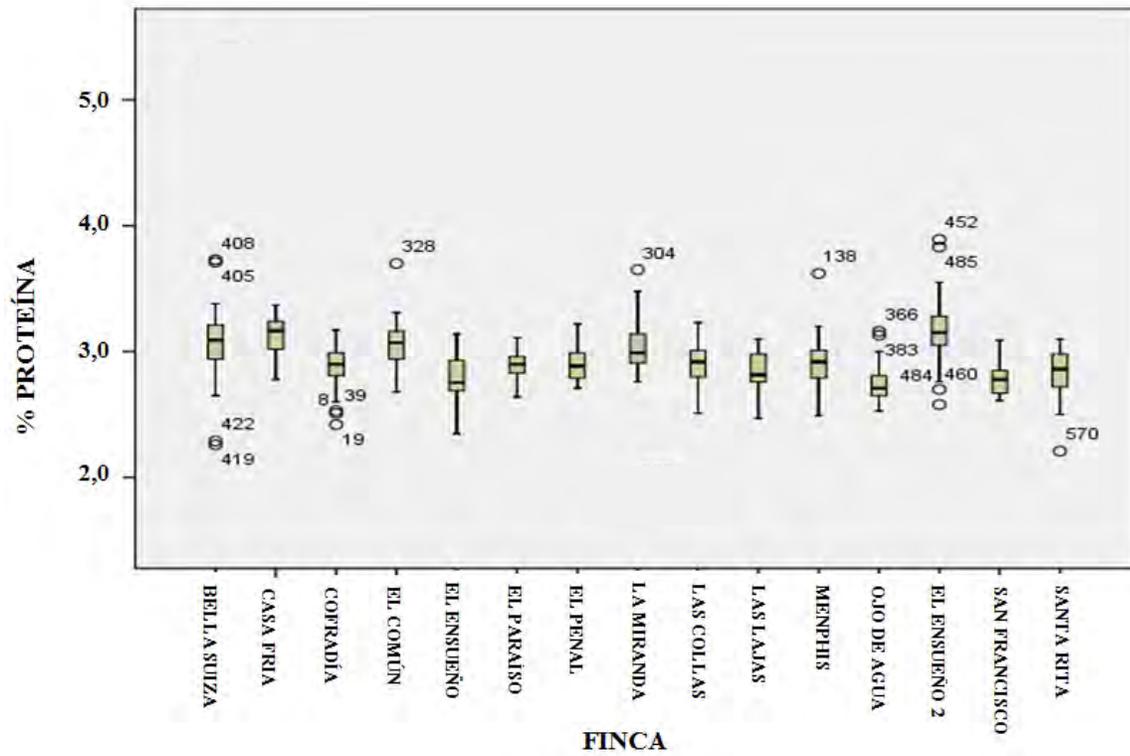


Figura 9. Análisis del porcentaje de Proteína por finca para todos los distritos

En la Tabla 15 se observa que los tres distritos presentan una “buena” calidad composicional para proteína según la Tabla 10, Sin embargo, los tres distritos presentan porcentajes de proteína por debajo del promedio Nacional (3,1%) y por debajo de la Región 1 (3,09%), donde pertenece Nariño (AGRONET, 2014). Benavidez *et al.*, (2014), en Pupiales reportaron un promedio de proteína de 2,9%, similar a los promedios encontrados en los tres distritos, tal como se aprecia en la Tabla 15. Así mismo Cubillos *et al.*, (2005) en el alto del Chicamocha en Boyacá, encontraron un promedio de 3% para proteína. Sin embargo, Martínez y

Gómez (2013), en Sucre, reportaron en verano un promedio 2,85% de proteína, por debajo del promedio para los distritos estudiados. Mientras que en invierno encontraron un promedio de 3,13% de proteína, por encima de los promedios de este estudio. En el norte de Antioquia, Pérez (2011) encontró un promedio de 3,09% proteína para raza Holstein, mientras que para Jersey fue de 3,34%. Promedios superiores a los tres distritos.

Tabla 15. Estadística descriptiva para Proteína por distrito lechero

%PROTEÍNA			
DISTRITO	MEDIA	MEDIANA	DESVIACIÓN.
			STD
GUACHUCAL	2.94	2.94	0.18
PASTO	2.92	2.83	0.34
PUPIALES	2.95	2.93	0.24

Según la Tabla 12, no existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los tres distritos, sin embargo en la Figura 10, se observa que hay simetría en Pupiales y Guachucal; a pesar de que este último presenta varios datos atípicos y atípicos extremos, presenta homogeneidad en el diagrama al igual que Pupiales. Pero, Pasto presenta mayor dispersión ($S=0.34$) (Tabla 15) y una ligera asimetría por la parte superior de los datos.

33,3% (5/15) de las fincas tienen una “excelente” composición, el 33.3% (5/15) de las fincas tienen calidad “buena”, el 26,1% (4/15) tiene calidad “regular” y solo Santa Rita tiene una “mala” calidad con respecto a ST.

Tabla 16. Estadística descriptiva para ST por finca en cada distrito lechero

		%ST		
DISTRITO	FINCA	MEDIA	MEDIANA	DESVIACIÓN. STD (S)
GUACHUCAL	COFRADIA	12,43	12,54	1,02
	EL COMUN	12,13	12,21	0,95
	EL PARAISO	12,5	12,54	0,73
	LA MIRANDA	11,77	11,51	1,61
	LAS COLLAS	12,58	12,5	0,82
	MENPHIS	11,95	11,81	1,0
PASTO	BELLA SUIZA	12,08	12,0	2,56
	CASA FRIA	12,45	12,63	0,94
	OJO DE AGUA	11,49	11,44	0,86
	SAN FRNACISCO	11,51	11,32	0,88
PUPIALES	EL ENSUEÑO	11,81	11,61	1,25
	EL PENAL	12,8	13,0	0,74
	LAS LAJAS	11,13	10,88	0,96
	EL ENSUEÑO 2	11,99	12,13	1,21
	SANTA RITA	10,96	11,0	1,52

Según la Figura 11, existen marcadas diferencias entre las fincas de los distritos, así mismo, las fincas de mayor dispersión y por lo tanto una desviación estándar mayor son: La miranda (S=1,61), Bella Suiza (S=2,56), El Ensueño 2 (S=1,25) y Santa Rita (S=1,52). Mientras que las finca con menor dispersión, mayor homogeneidad y una menor desviación estándar fueron El Paraíso (S=0,73), El Penal (S=0,74) y las Collas (S=0,82) (Tabla 16). Además, en la mayoría de las fincas se presentan asimetrías. La finca El Penal y El Comun y Bella Suiza presentan asimetría por abajo, haciendo que su mediana está por encima del promedio, además el

50% de los datos por encima de la median son similares. Mientras que fincas como San Francisco y Las Lajas tiene asimetría por arriba. Además, se evidencia gran cantidad de datos atípicos y atípicos extremos, lo cual influye directamente sobre los promedios y la distribución de los datos (Figura 11).

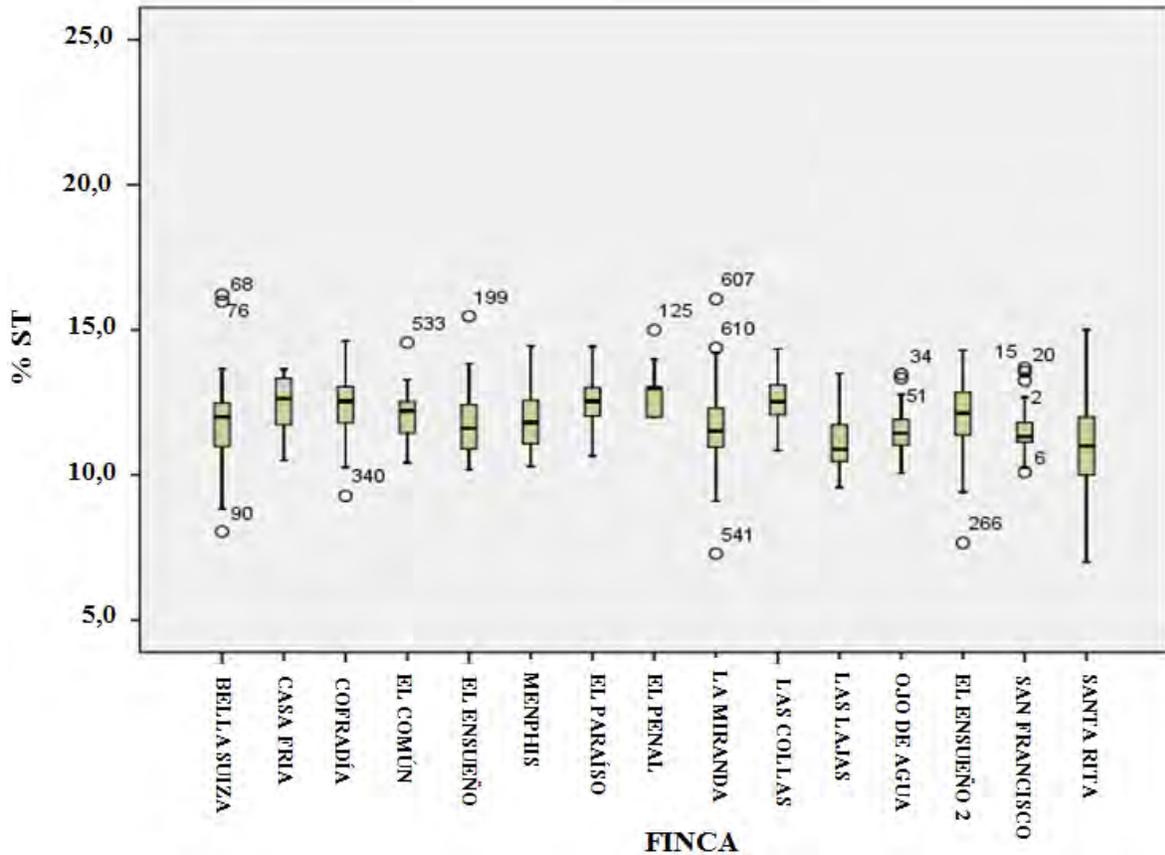


Figura 11. Análisis de ST por finca para todos los distritos

En general los distritos presentan una aceptable calidad composicional con respecto a ST (Tabla 17), ya que los tres distritos presentan porcentajes de ST por encima de lo establecido en Decreto 616 (MPS, 2006), que establece que la leche debe contener como mínimo un 11,3% ST a excepción de la finca de Santa Rita que cuenta con un porcentaje de 10,96%. Sin embargo los

distritos de Pasto (11,81%) y Pupiales (11,74%) están por debajo del promedio Nacional (12,17%) y por debajo de la Región 1 (12,07%) donde pertenece Nariño (AGRONET, 2014); solo el distrito de Guachucal (12,22%) está por encima del promedio Nacional y Regional. Sin embargo, según la Tabla 10, el distrito Guachucal (12,22%) presentan una “excelente” calidad composicional para ST; Pasto (11,81%) cuenta con una calidad “buena” y Pupiales tiene una “regular” calidad composicional con respecto al porcentaje de ST. Además el promedio de ST para Pasto, Pupiales y Guachucal son inferiores a los promedios obtenidos por Martínez y Gómez (2013), en Sucre, tanto en verano (12,79%) como en invierno (13,11%), lo cual podría ser debido a que las leches eran provenientes de ganado con cruces entre las razas cebuínas (Brahman, Gyr y Holstein) y Bos Taurus. Sin embargo, En Pupiales Benavidez *et al.*, (2014), obtuvieron un promedio de ST de 11,3%. Inferior al encontrado en Pupiales (11,74%). Cubillos *et al.*, (2005), en el alto del Chicamocha en Boyacá, encontraron que el promedio de sólidos totales es de 12%, inferior a Guachucal, pero superior a los encontrados en Pasto y Pupiales. Calderón *et al.*, (2006) reportan valores de ST en el municipio de Pasto de 11,99%, similar al encontrado en este estudio para Pasto (11,81%) y en Guachucal un promedio de 11,70% valor inferior al encontrado en Guachucal (12,22%) y Pasto (11,81%).

Tabla 17. Estadística descriptiva para ST por distrito lechero

%ST			
DISTRITO	MEDIA	MEDIANA	DESVIACIÓN.
			STD
GUACHUCAL	12,22	12,20	1,15
PASTO	11,81	11,58	1,63
PUPIALES	11,74	11,94	1,31

Según la Tabla 12, al comparar los promedios del porcentaje de ST entre los distritos, no se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre Pasto y Pupiales, pero si entre estos y Guachucal. En la Figura 12, se observa que hay simetría en los tres distritos, a pesar de que en Guachucal presenta varios datos atípicos y atípicos extremos, existe homogeneidad en sus datos al igual que Pasto y Pupiales

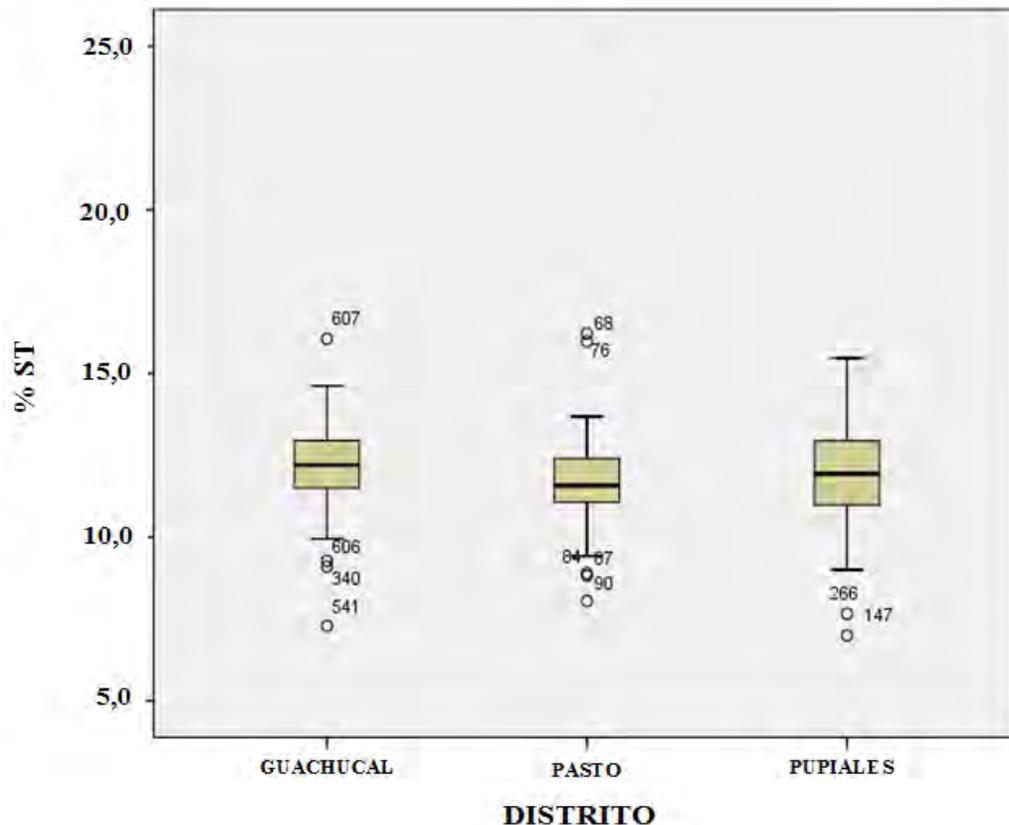


Figura 12. Análisis del porcentaje ST por distritos

- **Porcentaje de Sólidos No Grasos (SNG)**

Según la Tabla 18, las fincas que presentan mayor porcentaje en SNG son El Ensueño 2 (8,62%), Casa Fría (8,43%) y Bella Suiza (8,53%), en las cuales el porcentaje de SNG está por encima de lo establecido en decreto 616 (MPS, 2006) que establece que la leche debe contener como mínimo un 8,3% de SNG. Sin embargo, hay fincas como Ojo de Agua (8,0%), San Francisco (8,07%), La Miranda (8,23%) y Santa Rita (8,27%) que están por debajo del límite de 8,3% según el Decreto 616 (MPS, 2006). Según la Tabla 10, se presentó que el 40% (6/15) de las fincas tiene una “buena” calidad, mientras que el 60% (9/15) fincas presentan una calidad

“regular”.

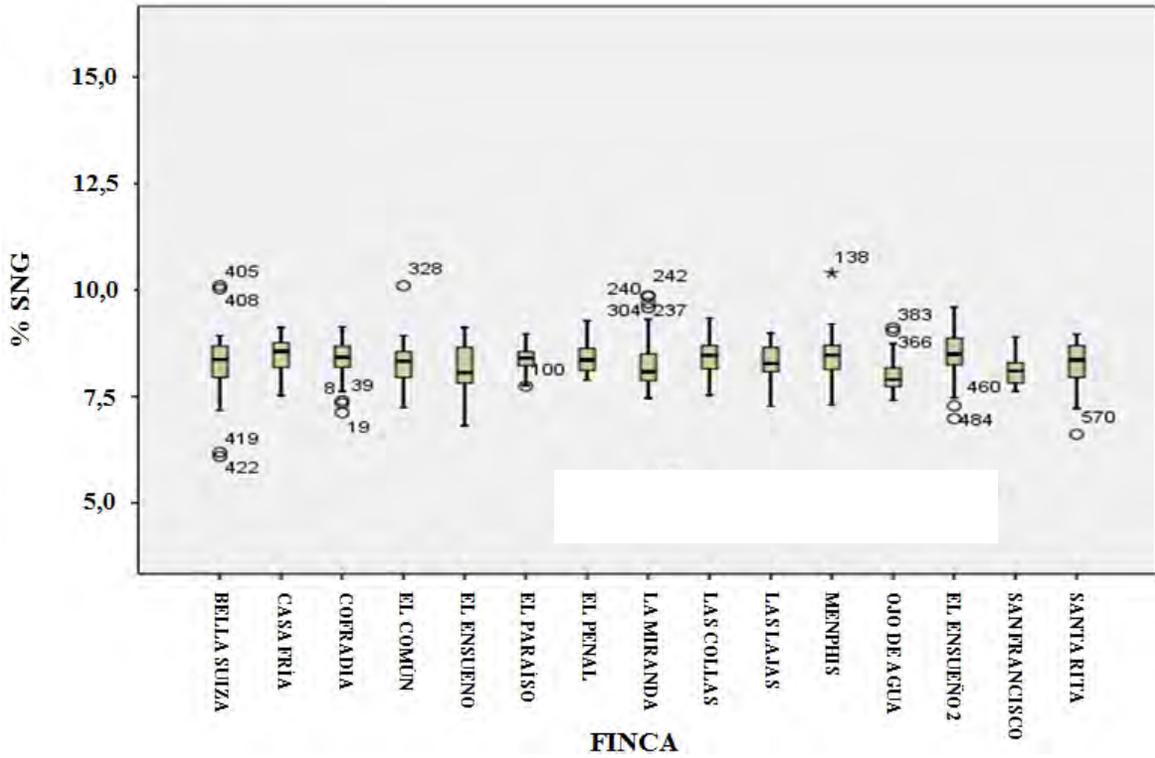
Tabla 18. Estadística descriptiva para SNG por finca en cada distrito lechero

		%SNG		
DISTRITO	FINCA	MEDIA	MEDIANA	DESVIACIÓN. STD
GUACHUCAL	COFRADIA	8.38	8.42	0.42
	EL COMUN	8.35	8.33	0.6
	EL PARAISO	8.39	8.4	0.26
	LA MIRANDA	8.23	8.08	0.66
	LAS COLLAS	8.44	8.46	0.40
	MENPHIS	8.45	8.47	0.5
PASTO	BELLA SUIZA	8.53	8.37	1.43
	CASA FRIA	8.43	8.56	0.48
	OJO DE AGUA	8	7.9	0.44
	SAN FRNACISCO	8.07	8.1	0.3
PUPIALES	EL ENSUEÑO	8.19	8.06	0.55
	EL PENAL	8.41	8.35	0.35
	LAS LAJAS	8.32	8.27	0.44
	EL ENSUEÑO 2	8.62	8.49	0.7
	SANTA RITA	8.27	8.35	0.56

Según la Figura 13, las fincas de mayor dispersión y por lo tanto una desviación estándar mayor son: Bella Suiza ($S=1,43$), El Común ($S=0,6$), La miranda ($S=0,66$), El Ensueño 2 ($S=0,7$) y El Ensueño ($S=0,55$). Mientras que las fincas que presentan menor dispersión, fueron El Paraíso ($S=0,26$) y San Francisco ($S=0,3$) (Tabla 18). En las fincas de los distritos existen diferencias significativas, además, fincas como Bella Suiza, Casa Fría y El Común presentan asimetría por abajo (lo que representa que el 50 % de los datos están por encima de la mediana). Mientras que fincas como El ensueño, La Miranda, Las Lajas presentan asimetría por arriba (lo que representa que el 50% de los datos están por debajo de la mediana). Así mismo se presentan datos atípicos y atípicos extremos, lo cual influye directamente sobre los promedios y la

distribución de los datos sobre todo en las fincas Bella Suiza y la Miranda.

Figura 13. Análisis del porcentaje de SNG por finca para todos los distritos



En la Tabla 10, se evidenció que no existe diferencias significativas ($p < 0,05$) en los tres distritos. En la Figura 14, se observa que hay simetría en los tres distritos, a pesar de que Pasto y Guachucal presenta varios datos atípicos y atípicos extremos, presenta homogeneidad en el diagrama al igual que Pupiales. Sin embargo, Pasto presenta mayor dispersión ($S=0,9$) (Tabla 19) y una ligera asimetría por arriba, lo cual representa que el 50 % de los datos están por debajo de la mediana.

Tabla 19. Estadística descriptiva para SNG por distrito lechero

% SNG			
DISTRITO	MEDIA	MEDIANA	DESVIACIÓN. STD
GUACHUCAL	8.37	8.4	0.5
PASTO	8.24	8.12	0.9
PUPIALES	8.34	8.36	0.57

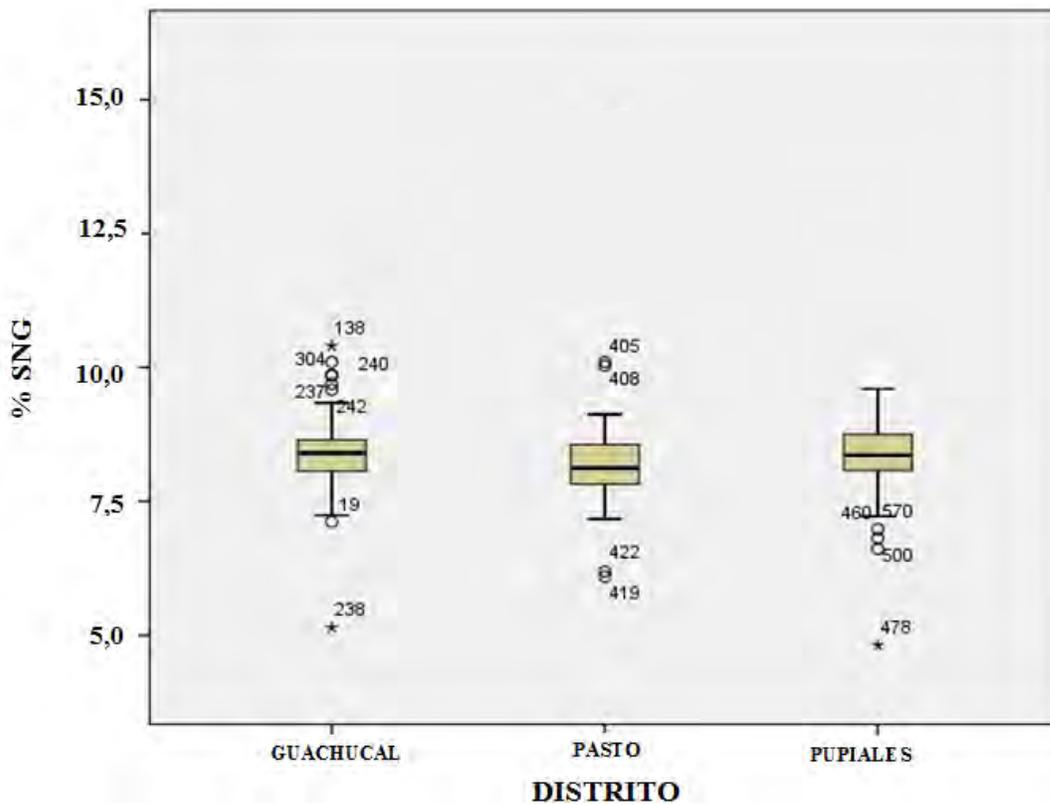


Figura 14. Análisis del porcentaje de SNG por distrito

- **Densidad (g/mL)**

Según la Tabla 20, las fincas con mayor densidad son Memphis (1,0304 g/mL), Las Lajas (1,0303 g/mL) y Santa Rita (1,0303 g/mL) en las cuales la densidad cumple con el rango (1,030-1,033g/mL) establecido en el Decreto 616 (MPS, 2006). Sin embargo el resto de fincas están por debajo del valor mínimo permitido para densidad. El 53,3 % (8/15) tiene una calidad “buena” para densidad, el 13,3 (2/15) tiene calidad “regular” y el 33,3% (5/15) tiene “mala” calidad para densidad (Tabla 10).

Tabla 20. Estadística descriptiva para Densidad por finca en cada distrito lechero

DENSIDAD (g/mL)				
DISTRITO	FINCA	MEDIA	MEDIANA	DESVIACIÓN. STD
GUACHUCAL	COFRADIA	1.0296	1.0296	0.00158
	EL COMUN	1.0269	1.265	0.00197
	EL PARAISO	1.0296	1.0295	0.00103
	LA MIRANDA	1.0271	1.0266	0.00328
	LAS COLLAS	1.0297	1.0298	0.00153
	MENPHIS	1.0304	1.0302	0.00225
PASTO	BELLA SUIZA	1.0278	1.0272	0.00442
	CASA FRIA	1.0269	1.0273	0.00171
	OJO DE AGUA	1.0285	1.0282	0.00182
	SAN FRNACISCO	1.0289	1.0287	0.00109
PUPIALES	EL ENSUEÑO	1.0291	1.0290	0.00300
	EL PENAL	1.0294	1.0289	0.00148
	LAS LAJAS	1.0303	1.0304	0.00200
	PUPIALESOCT	1.0276	1.0276	0.00165
	SANTA RITA	1.0303	1.0305	0.00256

Las fincas de mayor dispersión y por lo tanto una desviación estándar mayor son: Bella Suiza (S=0,0042) El Ensueño (S=0,00300) y la Miranda (S=0,00442), Mientras que las fincas que menos dispersión presentaron fueron El Paraíso (S=0,00103) y San Francisco (S=0,00109) (Figura 15) (Tabla 20). En la mayoría de las fincas presentan asimetrías. Fincas como Casa Fría presenta asimetría por abajo, mientras que fincas como Cofradía, El Penal, las Lajas y El Ensueño presentan asimetría por arriba. Además, existen marcadas diferencias entre las fincas de los distritos. Así mismo se presentan una gran cantidad de datos atípicos y atípicos extremos, en la mayoría de las fincas, con más presencia de puntos en La Miranda y Bella Suiza, lo cual influye directamente sobre los promedios y la distribución de los datos (Figura 15).

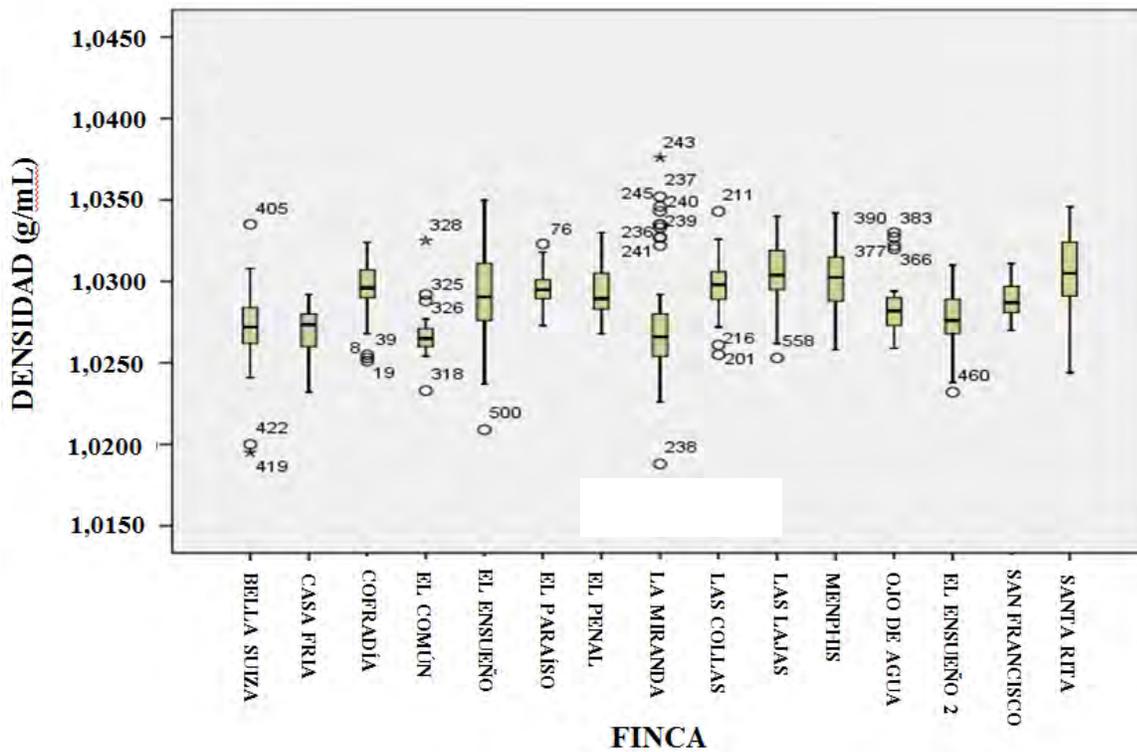


Figura 15. Análisis de la Densidad (g/mL) por finca para todos los distritos

Según la Tabla 10, en general los distritos presentan una “buena” calidad composicional con respecto a la densidad, sin embargo, los tres distritos presentan una densidad por debajo del rango establecido en el Decreto 616 (1,030-1,033 g/mL) (MPS, 2006). Además, Pasto presenta el menor promedio de densidad (1,0282 g/mL) (Tabla 21).

Estudios realizados en Sucre por Martínez y Gómez (2013), obtuvieron en verano un promedio de 1,030 g/mL, mientras que en invierno encontraron un promedio de 1,032 g/mL. También en un estudio realizado por Cubillos *et al.*, (2005), en el alto del Chicamocha en Boyacá, encontraron que la densidad promedio es de 1.0308 g/mL. Estos promedios de densidad son mejores a los encontrados en el presente estudio. Sin embargo, en un estudio llevado a cabo por Benavidez *et al.*, (2014), en el municipio de Pupiales, reportaron un promedio de 1,025 g/mL; valor muy inferior a los promedios reportados en este estudio.

Tabla 21. Estadística descriptiva para densidad (g/mL) por distrito lechero

DISTRITO	DENSIDAD (g/mL)		
	MEDIA	MEDIANA	DESVIACIÓN.
			STD
GUACHUCAL	1.0290	1.0291	0.00251
PASTO	1.0282	1.0280	0.00284
PUPIALES	1.0290	1.0291	0.00238

En la Tabla 10 se observa que Guachucal y Pupiales son diferentes estadísticamente ($p < 0,05$) a Pasto. Según la Figura 16, hay simetría en los tres distritos, sin embargo Guachucal y

Pasto presentan varios datos atípicos y atípicos extremos tanto por arriba como por abajo lo que hace que se ve reflejado en su desviación estándar.

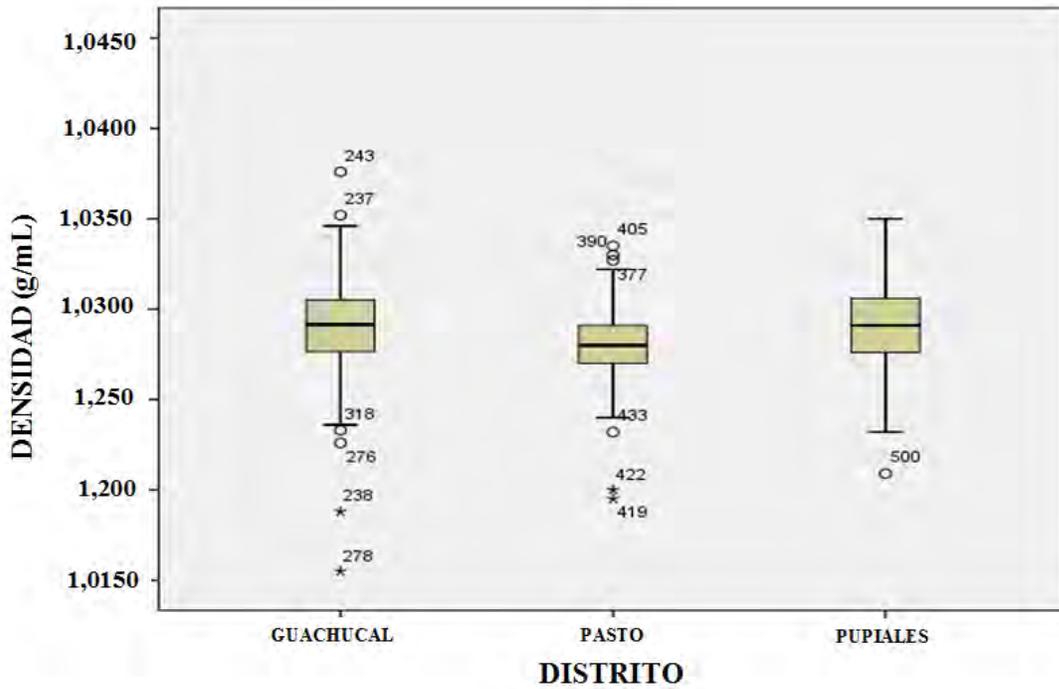


Figura 16. Análisis de Densidad (g/mL) por distrito

La variabilidad en los constituyentes y por lo tanto los datos atípicos y atípicos extremos que se presentan en el análisis respecto a los porcentajes de ST, Grasa, Proteína y SNG en fincas y distritos, se presentan por diversos factores que alteran la composición, estructura y propiedades de la leche cruda. La raza es uno de los más importantes a considerar, puesto que las concentraciones de grasa y proteína en leche están relacionadas con la raza de las vacas (Calvache y Navas, 2012; Erazo y Zambrano, 2009). En este estudio, los porcentajes de proteína para los tres distritos son bajos, esto probablemente se debe a que en Nariño predomina la raza Holstein, la cual tiene la tendencia a producir un mayor volumen de leche, pero es deficiente en sólidos totales, especialmente proteína; esta relación inversa entre la producción de leche y el

porcentaje de constituyentes de la misma se da al tener un mayor factor de dilución (Benavides *et al.*, 2014 y Pérez, 2011). Sin embargo, la baja composición en Sólidos Totales (Grasa y Proteína) (en algunos animales y fincas estudiadas) posiblemente ocurrió debido a que existe una relación inversa de los ciclos de lactancia en que se encuentren los animales, ya que determina en gran medida la producción y la composición de la leche. Un aumento en el rendimiento de leche es seguido por una disminución en los porcentajes de grasa y proteína (Calvache y Navas, 2012 y Erazo y Zambrano, 2009). También, los niveles de producción de leche aumentan con las sucesivas lactancias del animal, así en la tercera y cuarta lactancia se obtienen los mayores volúmenes de producción, lo que depende en gran medida la edad en la que el animal empieza su vida reproductiva y el manejo que se le da durante su vida productiva; mientras el contenido de grasa en la leche permanece relativamente constante, el contenido de proteína en leche gradualmente disminuye con el progreso de la edad (Erazo y Zambrano, 2009).

La salud de la ubre también es un factor importante a tener en cuenta, ya que una vaca con una infección intramamaria afecta la producción y composición de la leche. En las leches con mastitis subclínica y en el calostro, ocurre una reducción en el contenido de grasa y caseína y un aumento en el contenido de suero de la leche. Estos cambios de las proteínas en unión con la lactosa, el contenido mineral y el pH de la leche, tienen como resultado bajos rendimientos en la producción de queso y alteraciones de las propiedades en la industrialización de la misma (Botina y Ortiz, 2013; Philpot y Nickerson, 2002).

El factor ambiental al igual que la alimentación hace que los constituyentes varíen, ya que los porcentajes de grasa se incrementen durante el verano y bajan durante el invierno. Esta variación se relaciona con los cambios en la disponibilidad y calidad forrajera, ya que en época de verano o sequía la disponibilidad de forraje verde disminuye causando un aumento en el consumo de materia seca. Los forrajes que generalmente consumen los bovinos del Trópico Alto

de Nariño, son deficientes en proteína y energía. En cuanto a los minerales, existe exceso marcado de potasio y fuerte déficit de calcio y zinc lo que se evidencia en los bajos contenidos de sólidos totales (Programa de Mejoramiento Genético, 2009). Cuando hay un suministro en la suplementación de alimentos, se mejora el nivel nutricional, aumentando así la producción de ácidos grasos volátiles (AGV), generando una mayor disponibilidad de aminoácidos, elevando así la cantidad de nutrientes necesarios para la síntesis de leche y a la vez elevando el porcentaje de proteínas en la leche. Así, se considera que factores como la nutrición y en mayor medida la genética, son considerados como los más importantes, debido a que son los genes son los que permiten que el animal produzca leche de una determinada calidad y el medio ambiente provee las condiciones para que esto ocurra. (Programa de Mejoramiento Genético, 2009).

5.2 Análisis calidad sanitaria

- **Recuento de Células Somáticas RCS (CS/mL)**

Según la Tabla 22, en los análisis de RCS, se evidencia que en la gran mayoría de las fincas presentan un valor elevado de RCS. El Común (131.764 CS/mL) según la Tabla 10, presenta “buena” calidad sanitaria; Ojo de Agua (227.931 CS/mL), Cofradia (281.929 CS/mL) y Bella Suiza (371.515 CS/mL), presentan una calidad sanitaria “regular”, mientras que el resto de fincas las cuales representan un 73% del total, tienen recuentos por encima de 400.000 CS/mL, evidenciando una “mala” calidad sanitaria, así, fincas como el Ensueño (1.057.000 CS/mL), Santa Rita (929.000 CS/mL) y el Paraíso (723.636 CS/mL) tienen altos RCS.

Tabla 22. Estadística descriptiva para RCS (CS/mL) por finca en cada distrito lechero

RCS (CS/mL)				
DISTRITO	FINCA	MEDIA	MEDIANA	DESVIACIÓN. STD
GUACHUCAL	COFRADIA	281929.82	50000	543153.6
	EL COMUN	131764.70	50000	170485.9
	EL PARAISO	723636.36	510000	729526.4
	LA MIRANDA	566790.36	320000	681925.3
	LAS COLLAS	681571.43	400000	759377.4
	MENPHIS	684423.08	545000	666501.9
PASTO	BELLA SUIZA	371515.15	160000	558698.9
	CASA FRIA	427857.14	270000	508696.3
	OJO DE AGUA	227931.03	50000	360311.2
	SAN FRNACISCO	637241.38	360000	849818.9
PUPIALES	EL ENSUEÑO	1057000	1050000	1077219.1
	EL PENAL	549666.67	155000	824585.5
	LAS LAJAS	585333.33	320000	615689.9
	EI ENSUEÑO 2	415409.83	120000	593055.8
	SANTA RITA	929000	445000	1011814.2

Los estándares de calidad sanitaria son diferentes entre algunos países productores de leche. En Estados Unidos se considera 750.000 CS/mL como valor máximo, sin embargo para Canadá es de 500.000 CS/mL, pero países como Australia, Noruega, Nueva Zelanda y Suiza el valor máximo permitido es de 400.000 CS/mL. Según la resolución 000017 de 2012, en Colombia todavía no hay un valor estándar para RCS para calificar la leche con respecto a calidad sanitaria, sin embargo, se permiten bonificaciones voluntarias a considerar de cada empresa. (Loaiza *et al.*, 2012; Dauqui *et al.*, 2010; MADR, 2012).

Según la Tabla 23, en los análisis de RCS para los distritos se evidenció que Pupiales (657.292 CS/mL) y Guachucal (564.216 CS/mL) están por encima de lo establecido en la Unión Europea (400.000 CS/mL) (Loaiza *et al.*, 2012), también se reveló que existen diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) entre ellos (Tabla 12). Además, según la Tabla 10 se

evidenció una “mala” calidad sanitaria, sin embargo, están por debajo del valor máximo permitido en Estados Unidos (750.000CS/mL). Pasto al contrario con 412.761 CS/mL, presenta un valor similar a 400.000CS/mL, permitido en la Unión Europea, y catalogado como una calidad sanitaria “regular” según la Tabla 9 (Loaiza *et al.*, 2012).

Tabla 23. Estadística descriptiva para RCS (CS/mL) por distrito lechero

RCS (CS/mL)			
DISTRITO	MEDIA	MEDIANA	DESVIACIÓN. STD
GUACHUCAL	564.216,87	300.000	686899.6
PASTO	412.761,90	210.000	618003.1
PUPIALES	657.292,82	280.000	837439.1

Cubillos *et al.*, (2005), encontraron recuentos de 329.000 - 463.000 CS/ml en leche cruda del Alto Chicamocha (Boyacá) en sistemas de lechería especializada. Los resultados de este estudio en los tres distritos fueron más altos (oscilaron entre 412.761 CS/mL y 657.292 CS/mL), lo que permite inferir que los programas de control de RCS y mastitis en promedio, están mejor en el Alto Chicamocha que en el promedio de las fincas analizadas en este estudio. En Montería, Calderón *et al.*, (2006), en sistema doble propósito encontraron que el promedio del RCS para las muestras de leche fue de 345.133 CS/mL, valor que está por debajo de los encontrados en el presente estudio en los tres distritos, sin embargo Benavides y Pito (2002), encontraron valores promedio de RCS de 1.486.386 CS/mL, en el municipio de Pasto,

evidenciando deficiencias en Buenas Prácticas Ganaderas BPG's (inadecuada limpieza y desinfección en el ordeño) y calidad de la leche. Al contrario Cadena *et al.*, (2009). Determinaron un promedio de RCS de 76.711 CS/mL de las 71 hembras Holstein del distrito lechero de Guachucal, indicando un buen estado sanitario de la ubre en las vacas, debido a que fueron previamente seleccionadas por su desempeño productivo, reproductivo y conformación anatómica. Algunos hatos de Estados Unidos han registrado un promedio anual de RCS en la leche del hato inferior a 40.000 CS/mL. Por su parte en Suiza el promedio más bajo para RCS es de aproximadamente 100.000 CS/mL, mientras que Nueva Zelanda tiene un promedio de 200.000 CS/mL y Canadá de 267.000 CS/mL (Philpot y Nickerson, 2002).

Debido a la dispersión heterogénea que existe en los datos que representan al RCS en las fincas y distritos, los valores de RCS, fueron transformados mediante la expresión logarítmica en base 2, con el procedimiento indicado por Shook y Wiggans (1987) citado por Chamorro e Iguá (2009), que expresa en la siguiente fórmula:

$$\text{Log}_2\text{RCS} = \text{Log}_2 \left[\frac{\text{RCS}}{100.000} \right] + 3$$

Lo que permitió convertir el RCS original a una escala lineal denominada logaritmo de RCS presentada en la Tabla 24 para fincas y la Tabla 25 para distritos, con el fin de conseguir una distribución homogénea de los datos en las Figuras 17 y 18.

Tabla 24. Estadística descriptiva para Log₂RCS por finca en cada distrito lechero

Log₂RCS				
DISTRITO	FINCA	MEDIA	MEDIANA	DESVIACIÓN. STD
GUACHUCAL	COFRADIA	3,22	2,0	1,65
	EL COMUN	2,75	2	1,2
	EL PARAISO	4,8	5,35	1,99
	LA MIRANDA	4,56	4,69	1,75
	LAS COLLAS	4,77	5,0	1,89
	MENPHIS	5,1	5,44	1,57
PASTO	BELLA SUIZA	3,85	3,68	1,71
	CASA FRIA	4,2	4,41	1,73
	OJO DE AGUA	3,2	2,0	1,57
	SAN FRNACISCO	4,56	4,85	1,9
PUPIALES	EL ENSUEÑO	5,37	5,67	2,02
	EL PENAL	4,06	3,6	2,04
	LAS LAJAS	4,55	4,67	1,92
	EL ENSUEÑO 2	3,79	3,26	1,92
	SANTA RITA	5,06	5,29	2,07

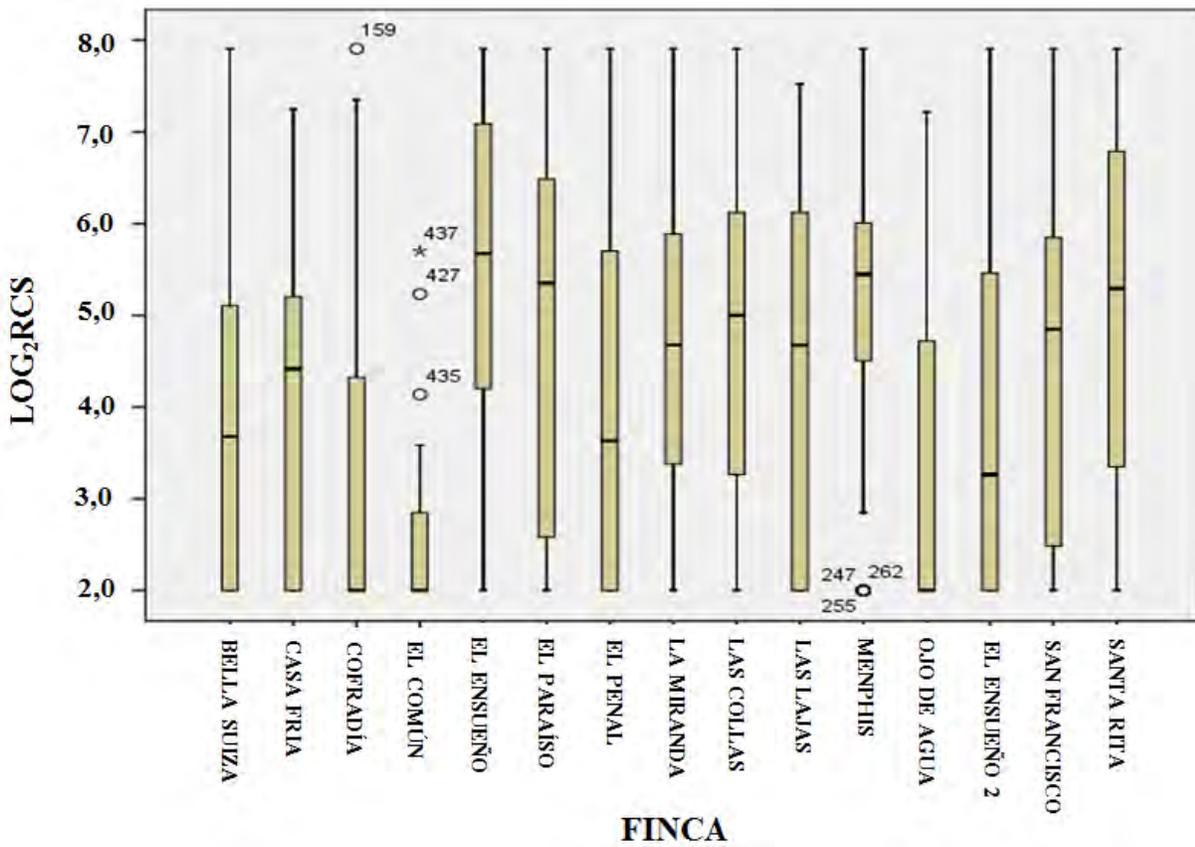
Tabla 25. Estadística descriptiva para LOG₂RCS por distrito lechero

LOG₂ RCS			
DISTRITO	MEDIA	MEDIANA	DESVIACIÓN. STD
GUACHUCAL	4,4	4,58	1,89
PASTO	3,91	4,07	1,78
PUPIALES	4,43	4,5	2,05

En la Figura 17, se observó que existen marcadas diferencias entre las fincas de los distritos. Existe una clara dispersión en las fincas, pero las fincas con mayor dispersión y por ende mayor desviación estándar son: El Ensueño (S=2,02), Santa Rita (S=2,07) y El Paraíso

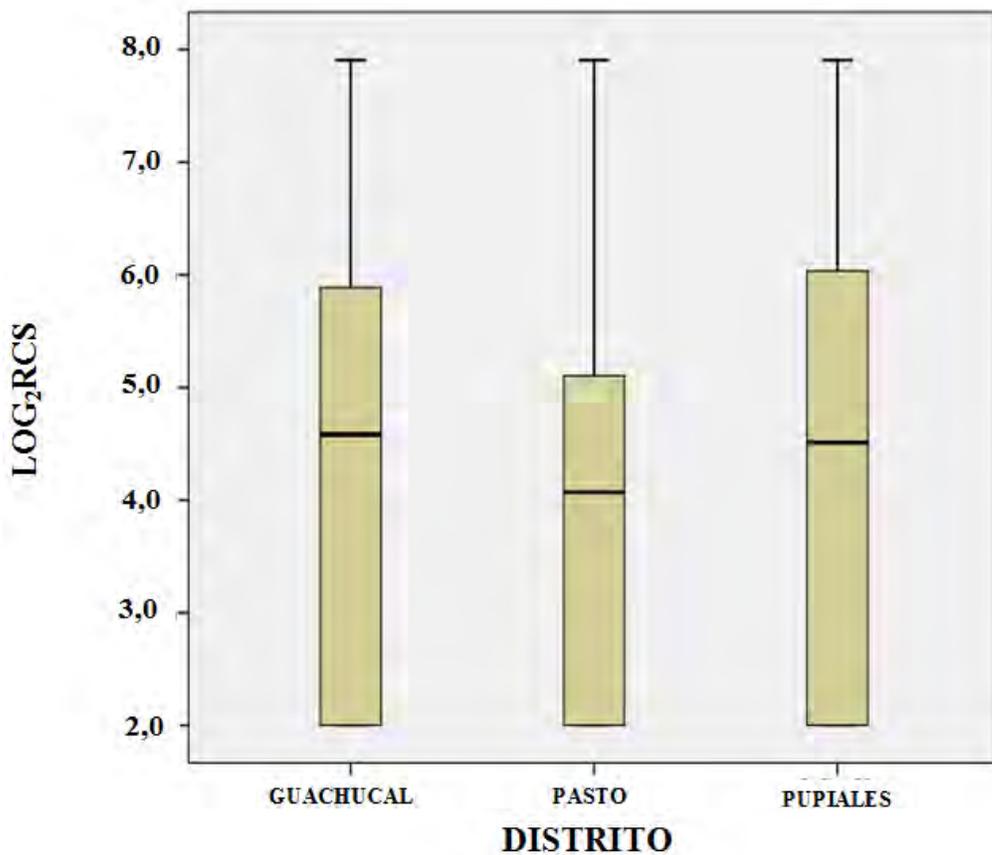
(S=1,99) (Tabla 24). Además, se observó que existe marcada asimetría en fincas como en Ojo de Agua, El Paraíso, El Común, Cofradía y Casa Fría. Además, fincas como el Común, Cofradía y Ojo de Agua tienen como mediana el punto extremo menor, representando que el 50% de los datos son homogéneos y muy similares a la mediana de los datos, sin embargo, existen elevados datos que hacen que la calidad sanitaria en estas fincas sea variable. En fincas como El Ensueño 2, el Penal y Casa Fría el punto extremo más bajo coincide con el primer cuartil (lo que representa que entre el punto más bajo y la mediana están el 50% de los datos).

Figura 17. Análisis del Log₂RCS por finca para todos los distritos



En la Figura 18, se observó que no existen marcadas diferencias y asimetría entre las fincas de los distritos. Existe una clara dispersión entre los distritos, pero el distrito con mayor dispersión y mayor desviación estándar es Pupiales ($S=2,05$) (Tabla 25). Además, se observó que existe marcada asimetría entre los distritos. Sin embargo, existen elevados datos que hacen que la calidad sanitaria en los distritos sea variable. En los tres distritos el punto extremo más bajo coincide con el primer cuartil (lo que representa que entre el punto más bajo y la mediana están el 50% de los datos).

Figura 18. Análisis Log₂RCS por distrito



El RCS se ha constituido como un buen indicador del porcentaje de cuartos infectados con mastitis de tipo clínica o subclínica, por lo tanto la mastitis es el factor que más afecta el nivel de células somáticas en la leche, ya sea de un cuarto individual, por vaca o del tanque. Aunque no hay un único nivel de RCS en leche (cuartos o vacas), a partir del cual se defina una vaca como infectada, se considera que por encima de las 500.000 CS/mL se trata de leche proveniente de un sistema productivo con alta prevalencia de infecciones intramamarias por lo cual es considerado como un hato problema (Mendez y Osuna, 2007).

Philpot y Nickerson (2002) y Dauqui *et al.*, (2010), sin embargo, plantean que las glándulas mamarias que nunca han sido infectadas generalmente tienen un RCS de 20.000 a 50.000 CS/mL, también afirman que vacas con un RCS inferior a 200.000 CS/mL probablemente no estén infectadas, aquellas con un recuento superior a 300.000 CS/mL probablemente estén infectadas y vacas con RCS entre 200.000 CS/mL y 300.000 CS/mL son de difícil interpretación. Por su parte Dauqui *et al.*, (2010), señalan que en general, vacas con menos de 100.000 CS/mL están sin infección y de más de 300.000 CS/mL son vacas infectadas con patógenos mayores tales como *Staphylococcus aureus* o *Streptococcus agalactiae*, los cuales son patógenos contagiosos causantes de altos RCS. Por lo tanto, se podría inferir que solo la finca El Común (131.764 CS/mL), tiene animales que probablemente no estén infectados, ya que presenta un RCS menor a 200.000 CS/mL, mientras que las fincas de Cofradía (281.929 CS/mL) y Ojo Agua de agua (227.931 CS/mL) tienen promedios que están en el rango de 200.000 a 300.000 CS/mL, lo cual deduce que las vacas de estas fincas pueden o no estar infectadas. Sin embargo el 80% de las fincas, presentan RCS por encima de los 300.000 CS/ml y el 40 % de las fincas que están por encima de los 500.000CS/mL, presentando prevalencia alta de mastitis, por lo cual se les considera como hatos problema (Méndez y Osuna, 2007).

Sin embargo, sabiendo que la mastitis es el factor más importante a tener en cuenta sobre

el aumento en RCS, existen otros factores que también se deben tener en cuenta. Se considera que la edad de la vaca es un factor asociado al aumento de células somáticas, esto se debe a que la probabilidad de infección es mayor debido a que la exposición a los organismos de mastitis es más prolongada, además el sistema inmunológico no es tan eficiente, por lo que hay una mayor respuesta celular a la infección. Según el periodo de lactación en que se encuentren las vacas, el RCS puede sufrir ligeras variaciones, en este caso se eleva luego del parto, es mínimo a mitad de lactancia pero se eleva al máximo en el secado, debido al factor de dilución. El RCS y la mastitis aumentan con condiciones ambientales de calor y humedad, esto debido a que en verano hay una disminución de producción de leche, existiendo una menor dilución de las células somáticas en la leche, lo cual evidencia un aumento ligero en los recuentos de células somáticas. El tamaño del hato y el nivel de producción también son factores que intervienen en el RCS, una sola vaca con alto RCS, tendrá un mayor impacto sobre el RCS total de un hato pequeño, que en un hato grande. Cabe destacar que solo el 5 % de las vacas pueden aportar el 50 % del RCS total de la leche del hato (Philpot y Nickerson, 2002, Dauqui *et al.*, 2010). Por lo tanto, es posible que unos pocos animales sean los responsables de aumentar significativamente el RCS de la finca y por ende del distrito.

Se encontró que existe una relación entre las variables proteína, grasa, sólidos no grasos y sólidos totales con el RCS. Los valores de correlación indican que a mayor recuento de células somáticas existe un menor contenido de sólidos totales (grasa y proteína), sin embargo la correlación es baja (ANEXO 7). Por lo tanto, altos RCS como los que se evidenciaron en el 80% de las fincas estudiadas, pueden ocasionar numerosos cambios en la composición físico química de la leche, principalmente disminución de algunos componentes como el calcio, fósforo, proteína (caseína) y grasa; produciéndose un aumento en la concentración de enzimas (plasmina) en la leche, lo cual se reduce la síntesis de proteína y lactosa, además, existe alteraciones en la

caseína por la acción de los microorganismos y enzimas (proteolíticas y lipolíticas) que producen los leucocitos y bacterias contribuyendo al deterioro del producto. Estos efectos negativos sobre la calidad de la leche afectan a la industria láctea, principalmente debido al bajo rendimiento y disminución de la vida útil de los productos lácteos, como en el caso de la elaboración de quesos, puesto que se ve aumentado el tiempo de coagulación, disminuye la estabilidad del cuajo (cuajo débil) y por ende disminuye la calidad a causa de características organolépticas indeseables, principalmente ocasionadas por la acción de enzimas proteolíticas y lipolíticas, además de alterar el valor nutricional de los derivados lácteos, lo que en definitiva influye de manera negativa en el precio de la leche por calidad. Por lo tanto, la mastitis y el alto RCS, conllevan pérdidas económicas considerables, debido a la merma en la producción de leche, baja calidad de los derivados lácteos, menor progreso genético del hato, casos de mastitis clínica, los animales que hay que descartar, las cuentas pagadas por drogas y asistencia veterinaria, entre otros (Calderón *et al.*, 2006; Dauqui *et al.*, 2010; Philpot y Nickerson 2002).

Carulla *et al.*, (2014), encontraron que con RCS superiores a 200.000 CS/mL el tiempo de coagulación, la estabilidad del cuajo y el rendimiento disminuyeron, a medida que aumento el RCS. Esto se debe a la hidrólisis parcial de la caseína causada por la plasmina, la cual daría lugar al incremento del contenido de humedad y la reducción de la caseína en la cuajada, lo que se traduce en un menor rendimiento quesero. Así mismo, reportaron que un RCS mayor a 600.000 CS/mL en la leche utilizada en la producción de queso, ocasiona un aumento el contenido de humedad, haciendo que la textura sea defectuosa y quebradiza, esto puede ser debido a la proteólisis llevada a cabo por la plasmina, debido a que un incremento en el RCS conlleva a convertir cantidades significativas de plasminógeno en plasmina; además, un excesivo aumento de la plasmina hidroliza la caseína, lo que podría provocar un secado de las secreciones de la mama, lo que se asocia con baja secreción de grasa y proteínas (Calderón *et al.*, 2012), además de

reducir la vida útil de la leche UHT cuando se produce con altos RCS (Dauqui *et al.*, 2010).

El aroma y el sabor también se afectaban a partir de 800.000 CS/mL (Carulla *et al.*, 2014), ya que el aumento de ácidos grasos libres (AGL) provocados por elevados RCS puede causar el desarrollo de sabores rancios en la leche y en el queso elaborado a partir de ella. El aumento de AGL en la leche con altos RCS puede deberse a que los leucocitos contiene lipasas o carboxilestearasas que pueden contribuir a la lipólisis en las leches mastíticas, estas enzimas lipolíticas dañan la membrana del glóbulo graso, exponiendo la grasa en la leche a la degradación por lipoproteínas y lipasas de la leche (Calderón *et al.*, 2012). Sin embargo, con menores conteos de células somáticas existe relación con la reducción de casos de mastitis clínica, menor producción de leche, mayores porcentajes de grasa y caseína, leche menos contaminada y una mejor conservación de los productos lácteos (Dauqui *et al.*, 2010; Philpot y Nickerson 2002).

5.3 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

La presentación de los resultados, hace parte del proyecto denominado “**Investigación selección mediante modelos genómicos y poligénicos para el mejoramiento genético de los bovinos de leche en el Trópico Alto de Nariño**”, la cual se llevó a cabo el día jueves 29 de abril de 2016 en las instalaciones del grupo de investigación Producción y Sanidad Animal Meg@Lac ubicado en el bloque I de la Universidad de Nariño. En dicha sustentación de la pasantía, tuvo la presencia del Coordinador del proyecto Dr. Álvaro Burgos, Gerente Ing. Julián Caicedo, Interventor Dr. Hugo Ricardo Yunda, profesionales contralores lecheros y demás integrantes del grupo.

La socialización permitió dar conocer las fincas y distritos mostraron una calidad composicional superior e inferior en la Tabla 26 y Tabla 27, así:

Tabla 26. Promedios calidad composicional por finca

Fincas. calidad composicional superior					
promedio	% ST	% Proteína	% Grasa	% SNG	Densidad (g/mL)
El común (Guachucal)	12,1	3,08	3,78	8,35	1,0269
Casa Fría (Pasto)	12,45	3,12	4,02	8,43	1,0269
El Penal (Pupiales)	12,8	2,9	4,42	8,41	1,0294
Fincas. calidad composicional baja					
La Miranda (Guachucal)	11,77	3,03	3,45	8,23	1,0271
San Francisco (Pasto)	11,51	2,77	3,44	8,07	1,0289
Las Lajas (Pupiales)	11,13	2,84	2,82	8,32	1,0303

Tabla 27. Promedios calidad composicional por distrito

PROMEDIO					
Distrito	% ST	% Proteína	% Grasa	% SNG	Densidad (g/mL)
Guachucal	12,22	2,94	3,85	8,37	1,0290
Pasto	11,81	2,92	3,56	8,24	1,0282
Pupiales	11,74	2,95	3,43	8,34	1,0290

La evaluación de calidad composicional por distritos mostró que a pesar de que estos cumplen con los parámetros exigidos en el Decreto 616, están por debajo del promedio Nacional y Regional. Además, los tres distritos tienen elevados RCS, los cuales superan los 400.000 CS/mL, evidenciando una baja calidad sanitaria. La baja calidad composicional de Pasto y

Pupiales junto con la baja calidad sanitaria presentada en los tres distritos demuestra una desventaja competitiva frente a otras regiones del país.

Según la evaluación de calidad sanitaria, se obtuvo que en la finca El Común (131.764CS/mL) de Guachucal tiene el menor RCS de células somáticas, mostrando una buena calidad sanitaria; mientras que un 73% del total de las fincas muestreadas tienen RCS por encima de 400.000CS/mL, evidenciando una deficiente calidad sanitaria (Anexo 8).

CONCLUSIONES

El distrito lechero de Guachucal tiene la mejor calidad composicional con respecto a Pasto y Pupiales, debido a esto, Guachucal según la Resolución 000017 de 2012 percibe mejores ingresos por calidad composicional.

Guachucal presenta la mejor calidad composicional (grasa, proteína y sólidos totales) con respecto a Pasto y Pupiales, a pesar de que estos cumplen con los parámetros exigidos en el Decreto 616, están por debajo del promedio nacional y regional, demostrando una desventaja frente a otras regiones del país.

El porcentaje de proteína de los tres distritos, se encuentra por debajo del promedio nacional y regional. Esta debilidad en la calidad composicional, afecta negativamente la competitividad de la ganadería de Nariño, puesto que los contenidos de proteína están directamente relacionados con el valor biológico de la leche y con sus aptitudes para la industrialización.

La finca el El Común de Guachucal tiene la mejor calidad sanitaria entre las fincas de los distritos, mostrando un bajo RCS, mientras que el 73% del total de las fincas muestreadas tienen RCS por encima de 400.000 CS/mL. Además, los tres distritos tienen elevados RCS, los cuales superan los 400.000 CS/mL, evidenciando una baja calidad sanitaria.

RECOMENDACIONES

Continuar con mediciones del RCS a nivel individual, ya que ofrece una inigualable oportunidad, para que mediante el empleo de herramientas de diagnóstico confiables se puedan tomar medidas de monitoreo y control, además de generar medidas que disminuyan los riesgos de lesiones de la glándula, con el objetivo de reducir las pérdidas económicas por mastitis subclínicas, las cuales generan las mayores pérdidas en los sistemas de producción lechera. Por lo tanto es aconsejable que el RCS sea un método rutinario de seguimiento de los niveles de infección, solo así, se podrá en forma oportuna intervenir adecuadamente para favorecer la salud animal y la rentabilidad del productor.

Debido al valor de calidad composicional y sanitaria de la leche en Nariño, es de suma importancia que exista un sistema de información en cuanto a la calidad de la leche (composicional, higiénica y sanitaria), para promover el desarrollo, a través de la investigación y transferencia de tecnologías acordes a las necesidades de cada finca y distrito.

Realizar por parte de entidades gubernamentales capacitaciones, seminarios y procesos de extensión rural para mejorar las buenas practicas ganaderas (BPG), destinado a pequeños y medianos productores. De manera que se mejore la calidad sanitaria de la leche cruda producida en los distritos y así evitar fuentes de contaminación que pueden llevar a enfermedades, en especial mastitis.

Aumentar la concientización acerca de la mastitis y animar a los productores a prestar aún más atención a todas las facetas que presenta el manejo del hato, en especial a los factores relacionados a la prevención y el control de la mastitis.

REFERENCIAS

- Arciniegas, W., Galvis G., y Cadena, E. 2009. Identificación de agentes causales de mastitis subclínica y su relación con las condiciones de ordeño, en hatos lecheros del municipio de Guachucal, Nariño, entre los meses de enero y marzo de 2007. San Juan de Pasto, Trabajo de grado (Especialista en salud y Producción sostenible del Hato Lechero). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. San Juan de pasto. p 81.
- Agudelo, D y Mejía, O. 2005. Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. Corporación Universitaria Lasallista Colombia. Revista Lasallista de Investigación. Vol. 2.
- Basante, W., Enríquez G y Vinueza, E. 2007. Identificación de agentes causales de mastitis subclínica y su relación con las condiciones de ordeño, en hatos lecheros del municipio de Guachucal, Nariño, entre los meses de enero y marzo de 2007. Título Especialización en Salud y Producción Sostenible del Hato Lechero. Facultad de ciencias pecuarias. San Juan de Pasto. p 63.
- Benavides, C., Jurado, J., Martínez, J., Vallejo, D., Zarama, G. 2014. Determinación composicional de leche cruda en una asociación de productores en el municipio de Pupiales Colombia. Revista de investigación pecuaria. Universidad de Nariño. Pasto Colombia. p 52-54.
- Benavidez, D., Carulla, J., Suarez, M. 2014. Recomendaciones para mejorar la calidad higiénica, sanitaria y composicional de la leche en finca. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de medicina veterinaria y zootecnia. Bogotá.
- Benavides, W y Pito, H. 2002. Utilización del recuento de células somáticas para determinar la calidad de la leche en plantas procesadoras y/o enfriadoras del Municipio de Pasto. Trabajo de Grado (Zootecnista). Universidad De Nariño. Facultad de Ciencias

Pecuarias. Programa de Zootecnia. San Juan de Pasto, 2002., p.49

Botina, E y Ortiz, A. 2013. Evaluación de la calidad fisicoquímica, composicional y microbiológica de la leche cruda comercializada en el corregimiento de Catambuco. Trabajo de Grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Departamento de Producción y procesamiento Animal. Programa De Zootecnia. San Juan de Pasto.

Burgos W., Martínez A., Solarte C. 2006. El TLC con estados unidos: efectos y retos para la cadena láctea de Nariño. Universidad de Nariño. TENDENCIAS Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. Vol. VII. P 20.

Cabrera, E. 2006. Evolución de la calidad higiénica, composicional y sanitaria de la leche cruda en Colombia conforme con el acuerdo de competitividad de la cadena láctea. Tesis título profesional. Bogotá. Universidad de la Salle. Facultad de Medicina Veterinaria.

Calderón, A., García, F., Martínez, G. 2006. Indicadores de calidad de leches crudas en diferentes regiones de Colombia. Rev. MVZ Córdoba.

Calderón, A., Rodríguez, V., Arrieta, G., Martínez, N., Vergara, O. 2012. Calidad fisicoquímica y microbiológica de leches crudas en empresas ganaderas del sistema doble propósito en Montería (Córdoba). Rev. U.D.C.A Act. & Div.

Calvache, I y Navas, A. 2012. Factores que influyen en la composición nutricional de la leche. rev. cienc. anim. Bogotá. p. 73-85

Cano, C., Peña, E., Piñeres, J y Yoshioka, A. 2003. Caracterización de la Cadena Láctea En Nariño. Bases para el desarrollo social y competitivo de la cadena láctea en el departamento de Nariño. Pontificia Universidad Javeriana. Centro De Investigación en Economía y Competitividad Internacional (CIECI). Cali.

Chamorro, G e Igua, L. 2009. Determinación del recuento de células somáticas en la leche de

hembras clasificadas genéticamente como bovinos elite, para incorporar este criterio en los índices de selección del trópico alto de Nariño. Trabajo de Grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias. Programa de Zootecnia. San Juan de pasto. p 20.

Carulla, J., Novoa, C., Vásquez, J. 2014. Efecto del recuento de células somáticas sobre la aptitud quesera de la leche y la calidad fisicoquímica y sensorial del queso campesino. Rev Fac Med Vet Zoot.

Cubillos, A., Piñeros, G., Téllez, G. 2005. La calidad como factor de competencia en la cadena láctea Caso: cuenca lechera del Alto de Chicamocha (Boyacá). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Bogotá.

DANE. 2014. Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA).

Dauqui, E., Hurtado, Z y Campos, R. 2010. Factores que inciden en el recuento de células somáticas (RCS) y la calidad de la leche. Universidad nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Sede Palmira. p 17-19.

Decreto 616 de 2006. Ministerio de salud y Protección Social. Por el cual se expide el reglamento técnico sobre los requisitos que debe cumplir la leche para el consumo humano que se obtenga, procese, envase, transporte, comercializa, expendia, importe o exporte en el país.

Documento CONPES 3675. 2010. Política nacional para mejorar la competitividad del sector lácteo colombiano. Bogota.

Documento CONPES 3376. 2005. Política sanitaria y de inocuidad para las cadenas de la carne bovina y de la leche. Bogotá

Erazo, Y y Zambrano, G. 2009. Relación entre los genotipos de la kappa caseína, el contenido proteínico total de la leche y el rendimiento en cuajada de los bovinos holstein en el trópico alto de Nariño. Trabajo de Grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad

- de ciencias pecuarias. Programa de Zootecnia. San Juan de pasto. p 33-34.
- FAO-FEPALE. 2012. Situación de la Lechería en América Latina y el Caribe en 2011, Observatorio de la Cadena Lechera. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, División de Producción y Sanidad Animal. Chile.
- FAO-OMS. 2011. Codex Alimentarius: leche y productos lácteos. FAO, Segunda edición. Roma.
- Fedegan. 2015. www.fedegan.org.co
- Fernández, A., Lázaro, C., Martínez, L., Moore, J., Palomino, W., Pérez, L., Paredes, L., Pareja, J., Quispe, G. 2010. Tecnología productiva de lácteos. Calidad de la leche. Solid OPD. Perú. p 43.
- Jurado, H., moran, H y Valencia., H. 2003. Aislamiento e identificación de microorganismos causantes de mastitis subclínica y su sensibilidad a antibióticos en hatos lecheros del suroccidente. Revista del centro de estudios en salud. Universidad de Nariño. Vol. 1. p 21.
- Loaiza E., Olivera M y Vásquez J. 2012. Calidad higiénica y sanitaria de leche cruda acopiada en diferentes regiones colombianas. Universidad de los Llanos. Villavicencio, Meta. Vol. 16. p 13.
- Magariños, H. 2000. Producción Higiénica de la Leche Cruda, una guía para la pequeña y mediana empresa. Producción y Servicios Incorporados S.A. Guatemala. p 90.
- Martínez, M y Gómez, C. 2013. Calidad composicional e higiénica de la leche cruda recibida en industrias lácteas de Sucre, Colombia. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Vol 11. p 96.
- Méndez, V y Osuna, L. 2007. Caracterización de la calidad higienice y sanitaria de la leche cruda en algunos sistemas productivos de la región del Alto del Chicamocha (departamento de Boyacá). Trabajo de grado (medicina veterinaria). Universidad de la Salle. Medicina veterinaria. Bogotá,

Ministerio de la Protección Social. Decreto 616 de 2006. Por el cual se expide el Reglamento Técnico sobre los requisitos que debe cumplir la leche para el consumo humano que se obtenga, procese, envase, transporte, comercializa, expendi, importe o exporte en el país.

Motta P., Rivera M., Duque J. y Guevara F. 2014. Factores inherentes a la calidad de la leche en la agroindustria alimentaria. Universidad de la Amazonía. Rev. Colombiana cienc. Anim. Florencia (Caquetá). 6(1). p 223-242.

Motta P., Rivera M., Duque J. y Guevara F. 2014. Factores inherentes a la calidad de la leche en la agroindustria alimentaria. Universidad de la Amazonía. Rev. Colombiana cienc. Anim. Florencia (Caquetá). 6(1). p 223-242.

Norma Técnica colombiana No 399. 2002. Productos lácteos, leche cruda. ICONTEC. Bogotá.

Parra, M., Peláez, Londoño, J., Perez, N., Rengifo, P. 2003. Los residuos de medicamentos en la leche, problemática y estrategias para su control. Corpoica. Pronatta. NEIVA.

Pérez Marcos. 2011. Acompañamiento en el control de calidad lechera de diferentes hatos adscrito al programa control lechero en la cooperativa Colanta. Corporación Universitaria Lasallista. Facultad de ciencias administrativas y agropecuarias. Industrias Pecuarias. Caldas (Antioquia).

Philpot W. y Nickerson S. 2002. Ganando la lucha contra la mastitis. Westfalia-Surge. Estados Unidos. p 6 -13.

Programa de Mejoramiento Genético Meg@lac. 2009. Caracterización y Evaluación Genética de la Población Bovina Lechera del Trópico Alto de Nariño, para la conformación de Núcleos. Programa de Mejoramiento Genético, Asistido con Marcadores de ADN, Dirigido a la Obtención de un Modelo Bovino Lechero para el Trópico Alto de Nariño. Universidad de Nariño.

Ramírez, N., Arroyave, O., Cerón, M., Jaramillo, M., Cerón, J., Palacio, L. 2011. Factores

asociados a mastitis en vacas de la microcuenca lechera del altiplano norte de Antioquia, Colombia. Rev. Med. Vet. Bogotá. p 37.

Resolución número 000017 de enero 2012. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). Establece el precio de la leche cruda al proveedor.

Resolución número 000012 de enero 2007. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). Establece el precio de la leche cruda al proveedor.

Resolución 2674 de julio 2013. Ministerios de Salud y protección Social. Por la cual se reglamenta el artículo 126 de la ley 019 de 2012 y se dictan otras disposiciones.

Zambrano. F. 2012. Prospectiva de la cadena láctea del departamento de Nariño al horizonte del año 2020. Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. Universidad de Nariño. TENDENCIAS. Vol. XIII. p 40.

ANEXOS

ANEXO 1. Análisis estadístico para Grasa

Variable dependiente: Grasa

Distrito	Media	Std. Error	95% intervalo de confianza	
			Límite inferior	Límite superior
Guachucal	3,855	0,055	3,747	3,963
Pasto	3,566	0,098	3,374	3,758
Pupiales	3,435	0,074	3,289	3,581

Prueba Tukey HSD

Variable Dependiente: Grasa

(I) Distrito	(J) Distrito	Diferencia significativa (I-J)	Std. Error	Sig.	95% intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Guachucal	Pasto	0,289306	0,1119868	0,027	0,026205	0,552408
	Pupiales	0,420459	0,0924145	0,000	0,203341	0,637578
Pasto	Guachucal	-0,289306	0,1119868	0,027	-0,552408	-0,026205
	Pupiales	0,131153	0,1226984	0,534	-0,157114	0,419421
Pupiales	Guachucal	-0,420459	0,0924145	0,000	-0,637578	-0,203341
	Pasto	-0,131153	0,1226984	0,534	-0,419421	0,157114

ANEXO 2. Análisis estadístico para SNG

Variable dependiente: SNG

Distrito	Media	Std. Error	95% intervalo de confianza	
			Límite inferior	Límite superior
Guachucal	8,37	0,033	8,305	8,434
Pasto	8,246	0,059	8,131	8,361
Pupiales	8,346	0,045	8,259	8,434

Prueba Tukey HSD

Variable Dependiente: SNG

(I) Distrito	(J) Distrito	Diferencia significativa (I-J)	Std. Error	Sig.	95% intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Guachucal	Pasto	0,123328	0,0671423	0,159	-0,034416	0,281072
	Pupiales	0,023164	0,0554076	0,908	-0,10701	0,153339
Pasto	Guachucal	-0,123328	0,0671423	0,159	-0,281072	0,034416
	Pupiales	-0,100163	0,0735645	0,362	-0,272995	0,072669
Pupiales	Guachucal	-0,023164	0,0554076	0,908	-0,153339	0,10701
	Pasto	0,100163	0,0735645	0,362	-0,072669	0,272995

ANEXO 3. Análisis estadístico para Proteína

Variable dependiente: Proteína

Distrito	Media	Std. Error	95% intervalo de confianza	
			Límite inferior	Límite superior
Guachucal	2,943	0,013	2,918	2,969
Pasto	2,922	0,023	2,876	2,967
Pupiales	2,954	0,018	2,92	2,989

Prueba Tukey HSD

Variable Dependiente: Proteína

(I) Distrito	(J) Distrito	Diferencia significativa (I-J)	Std. Error	Sig.	95% intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Guachucal	Pasto	0,021624	0,0265947	0,695	-0,040857	0,084106
	Pupiales	-0,010765	0,0219466	0,876	-0,062327	0,040796
Pasto	Guachucal	-0,021624	0,0265947	0,695	-0,084106	0,040857
	Pupiales	-0,032389	0,0291385	0,507	-0,100847	0,036068
Pupiales	Guachucal	0,010765	0,0219466	0,876	-0,040796	0,062327
	Pasto	0,032389	0,0291385	0,507	-0,036068	0,100847

ANEXO 4. Análisis estadístico para ST

Variable Dependiente: ST

Distrito	Media	Std. Error	95% intervalo de confianza	
			Límite inferior	Límite superior
Guachucal	12,22	0,06339	12,1	12,35
Pasto	11,81	0,15941	11,49	12,13
Pupiales	11,74	,09781	11,59	11,98

Prueba Tukey HSD

Variable Dependiente: ST

(I) Distrito	(J) Distrito	Diferencia significativa (I-J)	Std. Error	Sig.	95% intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Guachucal	Pasto	0,021624	0,0265947	0,695	-0,040857	0,084106
	Pupiales	-0,010765	0,0219466	0,876	-0,062327	0,040796
Pasto	Guachucal	-0,021624	0,0265947	0,695	-0,084106	0,040857
	Pupiales	-0,032389	0,0291385	0,507	-0,100847	0,036068
Pupiales	Guachucal	0,010765	0,0219466	0,876	-0,040796	0,062327
	Pasto	0,032389	0,0291385	0,507	-0,036068	0,100847

ANEXO 5. Análisis estadístico para Densidad

Variable Dependiente: Densidad

Distrito	Media	Std. Error	95% intervalo de confianza	
			Límite inferior	Límite superior
Guachucal	1,029	0	1,029	1,029
Pasto	1,028	0	1,028	1,029
Pupiales	1,029	0	1,029	1,029

Prueba Tukey HSD

Variable Dependiente: Densidad

(I) Distrito	(J) Distrito	Diferencia significativa (I-J)	Std. Error	Sig.	95% intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Guachucal	Pasto	0,000837	0,0002837	0,009	0,000171	0,001504
	Pupiales	-0,000059	0,0002341	0,966	-0,000609	0,000491
Pasto	Guachucal	-0,000837	0,0002837	0,009	-0,001504	-0,000171
	Pupiales	-0,000896	0,0003108	0,011	-0,001627	-0,000166
Pupiales	Guachucal	0,000059	0,0002341	0,966	-0,000491	0,000609
	Pasto	0,000896	0,0003108	0,011	0,000166	0,001627

ANEXO 6. Análisis estadístico para RCS

Variable Dependiente: RCS

Distrito	Media	Std. Error	95% intervalo de confianza	
			Límite inferior	Límite superior
Guachucal	564216,867	39720,061	486213,467	642220,268
Pasto	412761,905	70629,202	274058,242	551465,567
Pupiales	657292,818	53794,722	551649,194	762936,442

Prueba Tukey HSD

Variable Dependiente: RCS

(I) Distrito	(J) Distrito	Diferencia significativa (I-J)	Std. Error	Sig.	95% intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Guachucal	Pasto	151454,96	81031,8918	0,149	-38921,2337	341831,159
	Pupiales	-93075,95	66869,6892	0,346	-250179,491	64027,5901
Pasto	Guachucal	-151454,96	81031,8918	0,149	-341831,159	38921,2337
	Pupiales	-244530,91	88782,6351	0,017	-453116,693	35945,1327
Pupiales	Guachucal	93075,95	66869,6892	0,346	64027,5901	250179,491
	Pasto	151454,96	81031,8918	0,149	-38921,2337	341831,159

ANEXO 7. Correlación de RCS respecto a ST, Grasa, proteína, SNG y Densidad

Variable independiente: RCS

VARIABLES COMPOSICIONALES					Relación
proteína	Grasa	SNG	ST	Densidad	
-0,167	-0,192	-0,106	-0,198	-0,015	Valor correlación
0,000	0,000	0,008	0,000	0,707	significancia

ANEXO 8. Promedio de parámetros de calidad composicional y sanitaria por finca y distritos

DISTRITO	FINCA	PROMEDIO					
		% Grasa	% Proteína	% ST	% SNG	Densidad (g/mL)	RCS/mL
GUACHUCAL	COFRADIA	4,01	2,88	12,43	8,38	1,0296	281.929,82
	EL COMUN	3,78	3,08	12,13	8,35	1,0269	131.764,70
	EL PARAISO	4,11	2,89	12,5	8,39	1,0296	723.636,36
	LA MIRANDA	3,54	3,03	11,77	8,23	1,0271	566.790,36
	LAS COLLAS	4,14	2,91	12,58	8,44	1,0297	681.571,43
	MENPHIS	3,5	2,91	11,95	8,45	1,0304	684.423,08
PASTO	BELLA SUIZA	3,55	3,12	12,08	8,53	1,0278	371.515,15
	CASA FRIA	4,02	3,12	12,45	8,43	1,0269	427.857,14
	OJO DE AGUA	3,49	2,74	11,49	8	1,0285	227.931,03
	SAN FRANCISCO	3,44	2,77	11,51	8,07	1,0289	637.241,38
PUPIALES	EL ENSUEÑO	3,62	2,81	11,81	8,19	1,0291	105.700
	EL PENAL	4,42	2,9	12,8	8,41	1,0294	549.666,67
	LAS LAJAS	2,82	2,84	11,13	8,32	1,0303	585.333,33
	EL ENSUEÑO 2	3,55	3,16	11,99	8,62	1,0276	415.409,83
	SANTA RITA	2,64	2,83	10,96	8,27	1,0303	929.000

Distrito	PROMEDIO					
	% Grasa	% Proteína	% SNG	% ST	Densidad (g/mL)	RCS/mL
Guachucal	3,85	2,94	8,37	12,22	1,0290	564.216,87
Pasto	3,56	2,92	8,24	11,81	1,0282	412.761,90
Pupiales	3,43	2,95	8,34	11,74	1,0290	657.292,82