

**INFLUENCIA DE LA FERTILIDAD DEL SUELO SOBRE LA CALIDAD
COMPOSICIONAL DE LA LECHE Y PERFILES METABÓLICOS EN ANIMALES
DE LECHERÍA ESPECIALIZADA EN EL TRÓPICO ALTO DE NARIÑO.**

YOHANA MELISSA ERASO CABRERA

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS
ÁREA EN ÉNFASIS PRODUCCIÓN DE CULTIVOS
SAN JUAN DE PASTO
2014**

**INFLUENCIA DE LA FERTILIDAD DEL SUELO SOBRE LA CALIDAD
COMPOSICIONAL DE LA LECHE Y PERFILES METABÓLICOS EN ANIMALES
DE LECHERÍA ESPECIALIZADA EN EL TRÓPICO ALTO DE NARIÑO.**

YOHANA MELISSA ERASO CABRERA

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Magíster en Ciencias Agrarias con énfasis en Producción de Cultivos.**

**Director de Trabajo:
JOSÉ EDMUNDO APRÁEZ GUERRERO, Zoot. MSc, Ph.D.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS
ÁREA EN ÉNFASIS PRODUCCIÓN DE CULTIVOS
SAN JUAN DE PASTO
2014**

“Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo de grado son responsabilidad de los autores”

Artículo 1º de Acuerdo N° 324 de octubre 11 de 1966 emanado por el Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

NOTA DE ACEPTACIÓN

DANIEL MARINO RODRÍGUEZ I.A. MSc.

Jurado delegado

MARCO HUGO RUÍZ ERASO. I.A MSc. PhD.

Jurado

CARLOS SOLARTE PORTILLA Zoot. MSc, Ph.D.

Jurado

JOSÉ EDMUNDO APRÁEZ GUERRERO Zoot. MSc, Ph.D.

Presidente

San Juan de Pasto, Junio de 2014

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

- ✓ Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, por su apoyo.
- ✓ Universidad de Nariño, por propiciar un ambiente para el desarrollo de la investigación.
- ✓ Gema Zambrano, sabes que no eres una amiga, eres la lucha, la fuerza, la dedicación, te quiero mucho.
- ✓ Doctor Carlos Solarte Portilla por su enseñanza, guía y confianza.
- ✓ Doctora Carol Rosero Galindo, por sus enseñanzas y su amistad.
- ✓ Doctor José Edmundo Apráez, por su orientación en el desarrollo de la investigación.
- ✓ Dra. Katia Benavides, Directora Clínica Veterinaria, Auxiliar de Laboratorio Clínico Jaime Quintana, Laboratorio Químico de Suelos Juan Carlos Ramos, Laboratorio Física de Suelos Hernán David Mena; Sandra Espinosa, profesional Laboratorio Bromatológico de Pastos UDENAR.

Todas aquellas personas que de una u otra forma hicieron posible la culminación exitosa de la presente investigación.

DEDICATORIA

Dios en este tiempo fuiste mi fortaleza, mi guía, mi sustento, saber que tú estás siempre a mi lado me lleva por los caminos de victoria y hoy más que nadie este triunfo es tuyo, jamás permitas que mi camino se aleje del ti.

Al motor que impulsa mi diario vivir Matias Samuel, Te Amo,
A mi gran amor, gracias por toda tu comprensión, paciencia y amor incondicional,

A mi familia gracias por tus bendiciones y por su inmenso amor

A Salome por ser la alegría de mi vida,

RESUMEN

La investigación se realizó en la finca Santacruz, vereda Buena Esperanza, municipio de Tangua, Departamento de Nariño, con el objeto de establecer la influencia de la fertilidad del suelo sobre algunas variables agronómica y bromatológicas de la pradera en mezcla de *Pennisetum clandestinum*, *Trifolium repens*, *Trifolium pratense* y *Holcus lanatus* y sobre la productividad animal, mediante los indicadores metabólicos en sangre.

Dentro del estudio se identificaron y caracterizaron tres zonas, con el fin de establecer diferencias entre ellas, la Zona Alta (ZA), presento una pendiente de 18% y su composición botánica predominante fue en un 70% *Pennisetum clandestinum*, *Trifolium repens* y *Trifolium pratense*, el 30% restante encontrado fue *Holcus lanatus*. La Zona Media (ZM) se caracterizó por tener una pendiente del 14% y el tipo de vegetación identificada correspondió a la misma mezcla de gramíneas y leguminosas de la ZA, aunque la distribución de las especies fue uniforme entre *Pennisetum clandestinum*, *Holcus lanatus*, *Trifolium repens* y *Trifolium pratense*. En la Zona Baja (ZB) la principal característica fue la ausencia de pendiente, lo que permitió encontrar vegetación más dispersa, quizá por la presencia constante de ganado, sin embargo, *Pennisetum clandestinum*, *Holcus lanatus*, *Trifolium repens* y *Trifolium pratense*, se conserva, pero se evidencio un porcentaje mayor de arvenses como *Rumex crispus* y *Taraxacumofficinale*.

Los resultados se procesaron mediante análisis de variancia a través del procedimiento GLM del programa estadístico S.A.S, las variables edáficas en las tres zonas de muestreo Zona Alta, (ZA) Zona Media (ZM) y Zona Baja (ZB) presentaron diferencias ($P < 0.05$) en su orden: pH de 6.4, 5.76 y 6,26; materia orgánica (MO) 20.9, 19.8 y 20.4%; fósforo (P) 50.4, 65.2 y 49.3 mg/kg; potasio (K) 1.57, 2.28 y 7.2 cmol⁺/kg; calcio (Ca) 13.5, 14.5 y 12.9 cmol⁺/kg y capacidad de intercambio catiónico (CIC) 19.44, 21 y 17.9 cmol⁺/kg. No se observaron diferencias ($P > 0.05$) en ninguna de las variables entre épocas de muestreo.

El valor nutricional del forraje en mezcla reveló diferencias ($P<0.05$) únicamente en el análisis por zona para los componentes materia seca (MS) 32.5, 32.4 y 29.2%; proteína (PC) 12.6, 11.1 14.7%; fibra detergente ácido (FDA) 29.9, 39.1 y 43.4%; calcio (Ca) 0.33, 0.39 y 0.52%; fósforo (P) 0.37, 0.40 y 0.41% y magnesio (Mg) 0.20, 0.20 y 0.28% ZA, ZM y ZB respectivamente.

En el componente animal, los indicadores metabólicos fueron diferencias ($P<0.05$) entre la época 1 (lluvia) y época 2 (seca) para hematocrito 42.17 y 41.40%, hemoglobina 14.13 y 13.96 g/dl, proteína total 7.69 y 7.70 g/dl y proteína en leche 2.81 y 2.83%.

La evaluación permitió constatar que niveles de pH, MO, P, K, Ca, CIC en el suelo fueron decisivos en la productividad y calidad de las praderas las que a su vez repercutieron en los indicadores metabólicos del hato productor de leche.

Palabras clave: Suelo, Planta, Animal, Leche, Nariño.

ABSTRACT

This research was conducted at the Santacruz farm, located in the town of Tangua, - Buena Esperanza. The main objective is to establish the influence of soil fertility on the compositional quality of milk a herd of medium production, it was necessary to analyze soil characteristics and their effect on the agronomic and qualitative variables in a meadow in mixture *Pennisetum clandestinum* , *Trifolium repens*, *Trifolium pratense* and *Holcus lanatus*, already established and their impact on animal productivity through metabolic indicators hematocrit, hemoglobin, total protein, urea nitrogen, percentages of protein, fat percentage, the variables were analyzed using analysis of variance.

The results of soil variables in mixed prairie in the three sampling areas Zona Alta (ZA) Media Zone (ZM) and low zone (ZB) were statistically significant ($P < 0.05$) for pH, organic matter (MO), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca) and cation exchange capacity (CEC), except for magnesium (Mg), porosity, Real Density (RD) and apparent density (Da) ($P > 0.05$); while no differences ($P > 0.05$) were observed during the analysis time by any of the evaluated variables obtained differences.

The averages for the study variables for soil, sampling areas (ZA, ZM, ZB) were to pH 6.4, 5.76 and 6.26, MO 20.9, 19.8 and 20.4%, P 50.4, 65.2, 49.3 mg / kg , K of 1.57, 2.28 July 2 cmol + / kg, Ca 13.5, 14.5 and 12.9 cmol + / kg, Mg 4.42, 4.99 and 4.48 cmol + / kg; CIC of 19.44, 21, 17.9 cmol + / kg.

Statistical analysis for bulk density, porosity, DR and Da under the same conditions showed no differences ($P < 0.05$).

In bromatológico component differences ($P < 0.05$) were observed only in the analysis area for components dry matter (DM), crude protein (CP), acid detergent fiber (FDA), calcium (Ca), phosphorus (P), magnesium (mg). The averages obtained for MS were 32.5, 32.4 and 29.2%; PC 12.6, 11.1 14.7%; FDA 29.9, 39.1 and 43.4%, Ca 0.33, 0.39 and 0.52%; P 0.37, 0.40 and 0.41% Mg and 0.20% for ZA and ZM and 0.28% for ZB.

The animal component, metabolic profiles showed differences ($P < 0.05$) between time 1 (rain) and time 2 (dry) for hematocrit, hemoglobin, total protein and protein in milk, with average values of 42.17 times and 41.40% of hematocrit; hemoglobin with 14.13 and 13.96 g / dl; total protein of 7.69 and 7.70 g / dl and protein in milk of 2.81 and 2.83%.

During the evaluation on it was established that the physical and chemical soil conditions allowed the development of meadow with proper nutritional levels for herd maintenance medium production.

Keywords: *Soil, Plant, Animal, Milk, Nariño.*

CONTENIDO

	Pag.
RESUMEN	12
ABSTRACT	14
1. INTRODUCCIÓN	16
2. OBJETIVOS	18
2.1 Objetivo General	18
2.2 Objetivos Específicos	18
3. MARCO TEÓRICO	19
3.1 Sistemas Ganaderos	19
3.2 Generalidades del suelo	23
3.3 Generalidades de la producción de forrajes	26
3.4 Producción especializada de leche	31
3.5 Perfiles Metabólicos	33
4 METODOLOGÍA PROPUESTA	35
4.1 Localización	35
4.2 Toma de muestras de suelo	35
4.3 Reconocimiento e identificación taxonómica de especies forrajeras	38
4.4 Evaluación animal	39
4.5 Análisis estadístico	40
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
5.1 Identificación de la vegetación	42
5.2 COMPONENTE SUELO	44
5.2.1 Variables químicas	45
5.2.2 Variables físicas	50
5.2.3 Resistencia a la penetración	54
5.3 COMPONENTE PLANTA	56

5.4	COMPONENTE ANIMAL	60
5.5	Correlaciones entre las variables del suelo, la planta y el animal	64
6.	CONCLUSIONES	67
	BIBLIOGRAFÍA	68
	ANEXOS	79

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Factores que influyen en el crecimiento y potencial productivo de las plantas.	22
Tabla 2. Forrajes de mayor consumo en ganaderías del Trópico Alto.	31
Tabla 3. Métodos para la determinación de las propiedades químicas.	37
Tabla 4. Métodos para la determinación de las propiedades físicas.	37
Tabla 5. Métodos para la determinación de los análisis bromatológicos.	38
Tabla 6. Métodos para la determinación de perfiles energéticos, proteicos, enzimáticos.	40
Tabla 7. Variables químicas y físicas analizadas por época y zona de muestreo en la pradera en mezcla.	44
Tabla 8. Variables bromatológicas, analizadas por época y zona de muestreo de la pradera en mezcla de los pastos Kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>), Trébol Blanco (<i>Trifolium repens</i>), Trébol Rojo (<i>Trifolium pratense</i>) y Falsa poa (<i>Holcus lanatus</i>).	56
Tabla 9. Indicadores sanguíneos del hato productor pastoreando una pradera en mezcla de Pradera en mezcla de Kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>), Trébol Blanco (<i>Trifolium repens</i>), Trébol Rojo (<i>Trifolium pratense</i>) y Falsa poa (<i>Holcus lanatus</i>).	60
Tabla 10. Correlaciones entre las variables de suelo, planta y animal.	64

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Modelo conceptual de interacción dentro de un sistema de producción de leche.	21
Figura 2. Composición de los alimentos. Tomado de Peters, <i>et al.</i> , 2003.	28
Figura 3. Muestreo por estratos con recorrido en zig-zag para la toma de muestras de suelo.	36
Figura 4. Composición botánica de la pradera de estudio.	42
Figura 5. Curva de retención de humedad por cada zona de muestreo, Zona Alta, Zona Media y Zona Baja.	53
Figura 6. Resistencia a la penetración encada en las Zona Alta, Zona Media y Zona Baja.	55

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. Análisis de varianza de algunas variables químicas (pH, MO, P, K, Ca, Mg, CIC) por época y zona de muestreo.	79
ANEXO 2. Análisis de varianza de algunas variables físicas (porosidad, Da y DR) por época y zona de muestreo.	80
Anexo 3. Análisis de varianza de las variables productivas de la pradera en mezcla por época y zona de muestreo.	81
ANEXO 4. Análisis de varianza de los perfiles metabólicos de sangre y leche por época de estudio	82
Anexo 5. Datos de retención de humedad	83

1. INTRODUCCIÓN

La información del producto interno bruto (PIB) del departamento de Nariño, confirma que la actividad agropecuaria continúa siendo la base económica de la región, con una participación del 32.3%, con respecto a otros departamentos de Colombia, este aporte sólo es superado por el Meta con el 35.8% y similar a Sucre con 32.6% (Viloria, 2007).

La agricultura y la ganadería han sido la base económica de Nariño con un aporte del 27.1% y 7.9% respectivamente. En el 2004, la superficie sembrada en el departamento, tanto en cultivos transitorios como permanentes, fue de 211 mil hectáreas y el área cubierta de pastos dedicados a la ganadería era cercana a las 500mil hectáreas (Viloria, 2007).

El uso de los suelos para la producción agrícola en esta región, ha producido con el tiempo un desbalance entre las entradas y las salidas de algunos nutrientes esenciales (Ruiz, et al., 2006). Como consecuencia de esto, se ha producido un déficit en el aporte de los elementos que es necesario evaluarlo, a través de las propiedades físicas, químicas del suelo y en especial de los llamados gradientes de fertilidad del suelo, el resultado de este análisis, indicará la capacidad de poder suministrar las condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Sánchez, 2007).

A medida que la práctica de la agricultura ha pasado de ser una forma de vida a un sistema donde se deben considerar los aspectos técnico y económico en las decisiones de producción, con la incorporación de insumos que permitan obtener rendimientos altos por unidad de superficie, requiere precisar la forma y dosis sobre los cultivos y el suelo. En los últimos cincuenta años se ha avanzado en el área del conocimiento de la fertilidad de los suelos y la nutrición de las plantas (Lok & Crespo 2006). Sin embargo, en Nariño no existen modelos de evaluación y producción, que articulen los componentes del sistema pecuario, con el fin de establecer las relaciones entre ellos y los correctivos u orientaciones de manera

integral en la ganadería. El objetivo de esta investigación fue establecer la influencia de la fertilidad del suelo sobre la calidad composicional de la leche mediante perfiles metabólicos en animales de lechería especializada en el trópico alto de Nariño

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Establecer la Influencia de la fertilidad del suelo sobre la calidad composicional de la leche mediante perfiles metabólicos en animales de lechería especializada en el trópico alto de Nariño.

2.2 Objetivos Específicos

4.2.1 Evaluar algunas características físicas, químicas del suelo con diferentes grados de pendientes y establecer su relación con la producción, calidad de biomasa, perfiles metabólicos y calidad de leche.

4.2.2 Determinar el estado nutricional del hato productor, mediante perfiles metabólicos en sangre y análisis físico-químicos en leche y establecer la relación con la biomasa consumida y el componente edáfico.

HIPÓTESIS

No hay efecto entre zonas y épocas de estudio sobre las propiedades físicas y químicas del suelo y el componente animal.

La evaluación de las propiedades físicas y químicas del suelo por zonas y épocas de estudio tiene relación con el estado nutricional del hato.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 SISTEMAS GANADEROS

3.1.1 Aspectos generales de los sistemas ganaderos

Mejorar la alimentación de los animales, es el principal objetivo de las ganaderías colombianas, con el propósito de aumentar la competitividad de este sector frente a otros mercados. Actualmente Colombia, cuenta con una extensión de tierra de 114.170 millones de hectáreas, de las cuales 38.6 millones son ocupados por la ganadería y (MADR, 2009) y tan solo 5 millones son aprovechados para la siembra de gramíneas, leguminosas y otras especies forrajeras como pastos mejorados (ANALAC, 2007).

Un elemento clave dentro de los sistemas de producción con rumiantes es la nutrición, ya que el potencial productivo de un animal sólo puede expresarse en la medida que sus necesidades de mantenimiento estén cubiertas y quede un excedente disponible para ser transformado. En condiciones tropicales la base de estos sistemas de alimentación, son las pasturas naturales o mejoradas (Holman, 2000).

En Nariño, el área destinada para la producción de forrajes utilizados en alimentación animal es de 356.709/ha, de las cuales el 1.24% se encuentran con cultivos de corte, el 10.9% con pastos mejorados y el 87.85% lo constituyen las praderas tradicionales (S.A.D.N, 2004). Es importante mencionar que en el departamento de Nariño, la base de la alimentación de las ganaderías especializadas de leche, es forraje verde en un 60% y el 40% restante es la suplementación, bien sea de forrajes conservados o concentrados balanceados (P.M.G.A, 2009). Lo anteriormente mencionado, hace necesario que se implementen acciones referentes para mejorar la productividad de los sistemas de alimentación, con el fin, de incrementar la producción de leche y con ella la calidad composicional, procurando hacerlo de forma acelerada pero al mismo tiempo de

forma sostenible, es decir manteniendo un equilibrio entre los recursos aprovechables participantes del proceso.

3.1.2 Sistemas de pastoreo

Los animales que pastorean son muy importantes para la agricultura porque pueden ser incorporados en una rotación de cultivos para tomar ventaja del reciclaje de nutrientes, además, pueden ser utilizados para controlar malezas o para cosechar residuos de cultivos.

Son muchas las variables que influyen en el pastoreo, como las especies de plantas, el estado de maduración del forraje, la fertilidad del suelo, la capacidad de retención de agua, la precipitación anual y estacional y la temperatura entre otras (Vargas, 2000).

A medida que se planea las necesidades nutricionales de los animales en pastoreo, los productores deben tener en cuenta cada una de las variables presentes, por lo tanto establecer la relación suelo-planta-animal dentro del sistema de la ganadería de leche, es de vital importancia para implementar nuevas estrategias, con el fin de mejorar de forma integral, el sistema de la ganadería especializada. En la Figura 1, se esquematiza la interacción conceptual del sistema tradicional de los sistemas ganaderos.

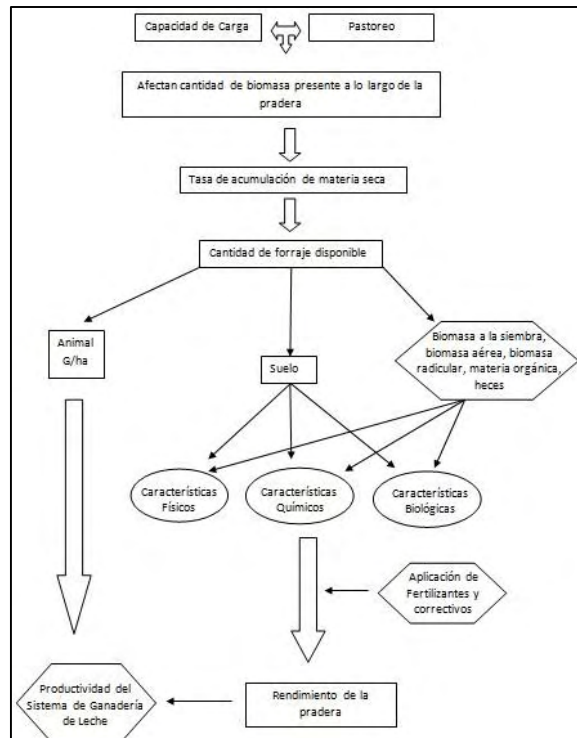


Figura 1. Modelo conceptual de interacción dentro de un sistema de producción de leche.

El modelo presentado indica que el pastoreo, es una variable fundamental y determinante en la productividad del forraje, sin embargo, esta variable se encuentra relacionada con la capacidad de carga a la que es sometida la pradera. El desequilibrio de estas variables, afectan la disponibilidad de biomasa, durante el período de pastoreo, debido a los cambios en el índice de área foliar, causado por una mayor o menor captación de luz (Cassol, 2003).

Las plantas, son las responsables de la fotosíntesis, mientras que para el animal, es el mejor componente de una dieta adecuada. Equilibrar las exigencias de la planta con las del animal en términos de producción, es uno de los mayores desafíos dentro de los sistemas de producción.

La implementación de diferentes pasturas, junto a las actividades agrícolas, contribuye a la compactación del suelo, debido a la presión ejercida sobre el mismo (Baver, *et al.*, 1972). La intensidad de pastoreo, conlleva a que exista menor

producción de forraje, reducción de la cubierta vegetal y aumento del tiempo de pastoreo, provocado por la baja disponibilidad de forraje, ya que aumenta el desplazamiento de los animales en busca de alimento (Cassol, 2003).

Sin embargo, existen muchos atributos del suelo que afectan directa o indirectamente el crecimiento de las plantas, muchos de estos factores pueden ser controlados y otros no (Tabla 1), por lo que la producción y la productividad de los cultivos depende de muchas variables (Mallarino, 2012).

Tabla 1. Factores que influyen en el crecimiento y potencial productivo de las plantas.

Factores del suelo	Factores de la planta
- Material de origen	- Especies cultivadas o/a cultivar
- Estructura	- Factores genéticos
- Textura	- Calidad de semillas
- Profundidad	- Nutrición
- Pendiente y topografía	- Eficiencia de absorción
- Temperatura	- Disponibilidad de agua
- pH	- Evapotranspiración
- Materia orgánica	- Plagas y enfermedades
- Actividad microbiana	- Arvenses
- Capacidad de intercambio catiónico	
- Saturación de bases	

3.2 Generalidades del suelo

3.2.1 Características Físicas del Suelo en Sistemas de Ganadería.

De forma general se puede decir que todos los suelos sufren compactación, debido a las actividades realizadas en él, el pisoteo de los animales durante el pastoreo, la humedad del suelo y el exceso en labores agrícolas, son las principales actividades de la compactación de la superficie del suelo. Existe una relación entre la presión realizada sobre el suelo por las actividades realizadas, con el arreglo de las partículas y los agregados del suelo, por ejemplo la densidad (Soriano y Pons 2004). En general la compactación del suelo modifica la estructura, disminuye la porosidad o tamaño de los poros (Lorna, 2001). Este tipo de alteraciones limitan la absorción de nutrientes, la infiltración o la distribución del agua para el intercambio gaseoso y por lo tanto el desarrollo de las raíces (Murcia, 2005).

El suelo es considerado un recurso natural no renovable, ya que es resultado de la interacción entre la litosfera, la atmósfera, la hidrosfera y la biosfera. En este proceso, es necesario conocer y entender sus características, para interpretarlas en elementos agronómicos y económicos con el fin, de aplicar estos conceptos sobre los sistemas agrícolas, pecuarios y forestales (IGAC, 2008).

El Instituto de la Calidad del Suelo (SQI, 1999), define la calidad del suelo como “la capacidad que tiene un tipo específico de suelo de llevar a cabo una serie de funciones básicas, como mantener la productividad biológica, regular los flujos de agua y almacenar y circular nutrientes”.

Para evaluar esta capacidad existen indicadores de comportamiento, como las propiedades físicas, químicas y biológicas, estos indicadores pueden manifestar el efecto de procesos que estén afectando el suelo, como por ejemplo, la acumulación de sedimentos como consecuencia de algún proceso geomorfológico de sedimentación.

Los indicadores físicos se relacionan con el arreglo de las partículas del suelo y definen limitaciones para el crecimiento de las raíces y para la germinación de las semillas. Las propiedades químicas corresponden fundamentalmente, con los procesos de suministro de nutrientes para las plantas, lo que actualmente se conoce como fertilidad y los biológicos, están asociados como indicadores del contenido y actividad de organismos del suelo y su interacción con las plantas (Jaramillo, 2004).

3.2.2 Clasificación de los Suelos del departamento de Nariño

Los suelos que integran los diferentes municipios de Nariño, han sido clasificados conforme a la jerarquía establecida por el “SoilTaxonomy” en orden y subgrupo, tomando como referencia los suelos del orden entisol, se conocen con escasa evolución pedogenética, reflejando de poca a ninguna evidencia de desarrollo de horizontes, sin embargo, en algunas ocasiones presenta un horizonte débil y algo oscuro debido, a una mayor actividad biológica, El contenido de arcilla de este horizonte es muy bajo y varía entre el 5 y el 12% (POT, 2008).

El subgrupo lithictroorthent, del orden entisol, se caracteriza por presentar un relieve fuertemente quebrado y escarpado, con cimas angulosas, laderas rectilíneas y fuertes pendientes. Los procesos geomorfológicos actuales presentan escurrimiento difuso intenso, soliflucción localizada y algunos deslizamientos. Las características de estos suelos son fuertemente ácidos, muy superficiales, limitados por la roca con muy alto contenido de aluminio (IGAC. 1986).

3.2.3 Fertilidad de suelos con influencia ganadera.

En el departamento de Nariño, durante los últimos años, las áreas dedicadas a la producción agropecuaria, se encuentran en proceso de degradación, lo que se traduce en baja fertilidad del suelo y a largo plazo, manifestada con una disminución de la persistencia de producción (CORPONARIÑO, 2009). Sin embargo, los forrajes constituyen uno de los factores más importantes en la formación, conservación y

recuperación de suelos degradados ya que reducen la erosión, mejoran las propiedades físicas, además de la incorporación de materia orgánica. Las bacterias que se encuentran en los nódulos de las raíces de las leguminosas, al absorber el nitrógeno del aire y depositarlo en el suelo, aumentan su fertilidad (Gil *et al.*, 2005).

El pastoreo contribuye a la fertilidad del suelo por la incorporación de materia orgánica producto de la descomposición de las raíces y por el efecto del pastoreo en sí, que aumenta el contenido de nitrógeno del suelo que obedece a la acción de los componentes de la orina animal sobre los microorganismos del suelo (Muñoz, *et al.*, 2007).

Al establecer relación con las plantas, el animal se integra en dos actividades obligatorias en el proceso de pastoreo, una es la defoliación que ejerce sobre el pasto, la cual es caracterizada por su intensidad y frecuencia; La intensidad consiste en la proporción del forraje disponible que puede ser consumido por los animales en pastoreo, mientras que la frecuencia, puede verse desde el manejo del potrero, como estrategia en el periodo de descanso (Gil *et al.*, 2005).

El conocimiento adecuado de la influencia de las actividades de los diferentes procesos edáficos, es un aspecto clave para poder desarrollar proyectos que intenten elevar o mantener la productividad de los sistemas ganaderos, implementando la posibilidad de disminuir o derivar el uso de fertilizantes con opciones de bajar los costos de producción.

Investigaciones realizadas sobre suelos de Obonuco del municipio de Pasto, evaluaron las características químicas en siete tipos de uso del suelo, monocultivo de papa, pradera de Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), barrera multiestrato, sistema acacia-aliso, banco de proteína bosque plantado y bosque nativo. El manejo realizado sobre la pradera durante los últimos siete años consintió en pastoreo con una carga animal de 1.5 animales/ha por un periodo de mes y medio. Los resultados producto de este estudio indicaron que la pradera bajo pastoreo presentó reducciones en el porcentaje de Co, Mo, N total, menor capacidad CIC, menor

contenido de bases intercambiables (Ca y Mg) y S, respecto a al uso del suelo en la barrera multiestrato y sistema acacia-aliso (Arteaga y Navia 2009).

En el corregimiento de Mapachico del municipio de Pasto se evaluaron las propiedades físicas de dos suelos degradados respecto a la producción de biomasa de avena forrajera (*Avena sativa L.*). Las variables evaluadas fueron penetrabilidad, densidad aparente, densidad real, porosidad total, distribución de poros, humedad volumétrica, materia orgánica y relación C/N, igualmente se evaluó la producción de biomasa de avena ton/ha. La implementación de tratamientos con zanjas fértiles y abono verde produjo un efecto positivo mejorando las condiciones físicas del suelo al disminuir la resistencia a la penetración, la densidad aparente y aumentar la porosidad total, además del contenido de materia orgánica, condiciones que favorecen el desarrollo de las plantas (Gaviria y Villareal 2003).

En el municipio de Guachucal departamento de Nariño, se realizó la cuantificación del carbono almacenado en cinco usos de suelo, bosque, pastura mejorada, pastura natural, cerca viva natural y cerca viva plantada. Los resultados producto de esta investigación demostraron que el uso de praderas mejoradas y natural reportaron mayores almacenamientos de carbono especialmente a los 20cm de profundidad. Las gramíneas mejoradas presentaron mayor desarrollo de biomasa radicular, lo que permite mayor acumulación de carbono en el suelo (Erika y Fuelantala, 2012).

3.3 Generalidades de la producción de forrajes

3.3.2 Producción de biomasa

Los pastos constituyen la fuente de alimentación más económica de la cual dispone el productor para mantener sus animales. Sin embargo, para que la nutrición sea adecuada, es necesario tener en cuenta aspectos relacionados con el riego, drenaje, asocio entre pasturas, genética de la planta y las características del suelo entre otras, para que el forraje desarrolle todo su potencial (ANALAC, 2007).

En Nariño, existen 10.103 hectáreas cultivadas de pasturas que corresponden a raigrases anuales o perennes (*Lolium perenne*) como el azul orchoro (*Dactylis*

glomerata), kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), falsa poa (*Holcus lanatus* L), y en menor porcentaje se encuentran las praderas de alfalfa (*Medicago sativa*), brasilero (*Phalaris* sp), trébol rojo (*Trifolium pratense*) y trébol blanco (*Trifolium repens*), las cuales se encuentran en sembradas en mezcla con los raigrases (P.M.G.A, 2009). El pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y raygrass (*Lolium multiflorum*), constituye en gran parte, la base de la alimentación de los sistemas de producción de leche, especialmente en zonas de clima frío, donde la raza Holstein es la de mayor predominio, la cual se ha especializado para este tipo de producción (FEDEGAN, 2006).

Todos los alimentos, incluidos los forrajes, están constituidos por agua, minerales, hidratos de carbono, lípidos y materiales nitrogenados (Figura 2). El primer parámetro a tener en cuenta es la cantidad de agua presente y su separación conduce a la obtención de la materia seca (MS), de la cual se puede sustraer el contenido de minerales, además del porcentaje de materia orgánica (MO), la cual está constituida por los hidratos de carbono o glúcidos, el material nitrogenado y los lípidos (Peters, *et al.*, 2003).

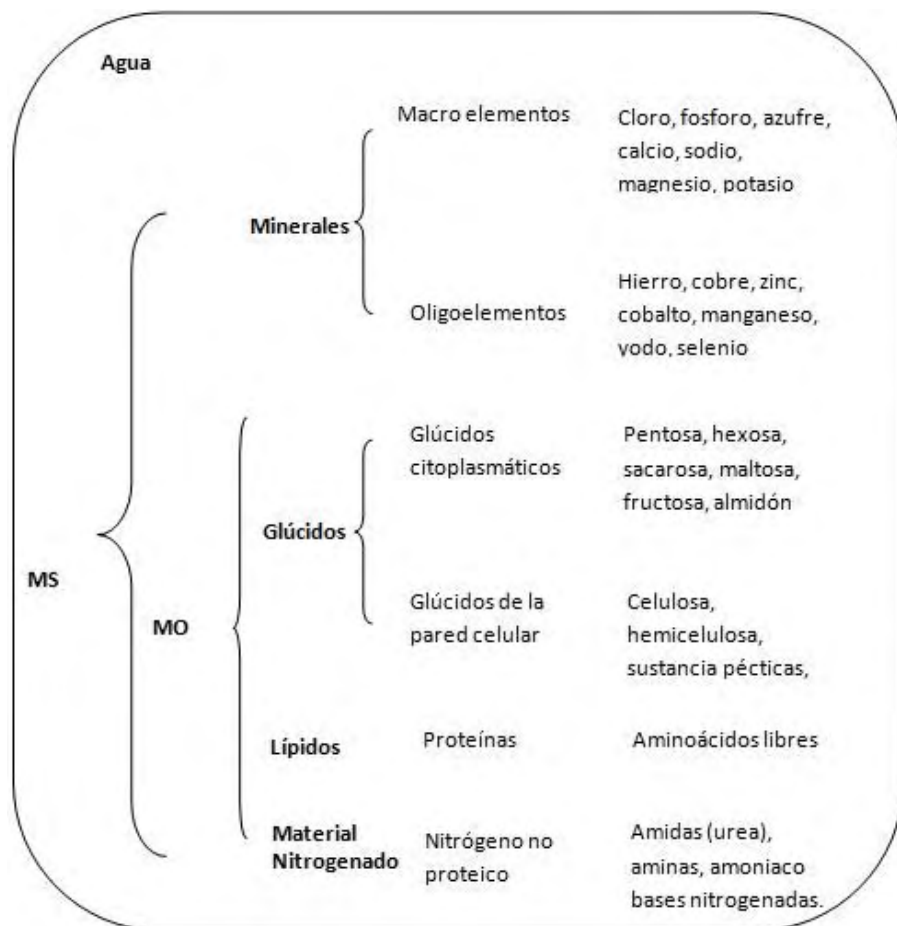


Figura 2. Composición de los alimentos. Tomado de Peters, et al., 2003.

Un forraje es de alto valor nutritivo, cuando contiene todos los nutrientes esenciales en proporciones balanceadas, cuando es palatable para el animal y presenta alta digestibilidad. El valor nutritivo de los forrajes no se puede evaluar por un solo principio nutritivo, sino como el suministro total de los nutrientes presentes en el, bajo este concepto es importante conocer la composición química de los forrajes que se brinda como alimento base dentro del sistema de producción de leche.

El principal atributo de los pastos tropicales es su gran capacidad para producir materia seca, lo que los hace ideales para suministrar proteína, energía, minerales, vitaminas y fibra al ganado bovino especializado en la producción de leche. La gran capacidad que tienen los forrajes tropicales para producir biomasa se debe a que

son C4, es decir que sus procesos fotosintéticos son muy eficientes ya que se desarrollan en regiones geográficas donde la irradiación solar y la temperatura les permite crecer en forma más o menos continua durante todo el año, siempre y cuando dispongan de suficiente humedad (Minson 1990; Van Soest 1994).

3.3.3 Composición botánica y valor nutritivo de los forrajes

3.3.3.1 Composición botánica

La composición botánica, es la medición de la disponibilidad alimenticia de un grupo de animales, en un determinado tiempo, bajo cierto manejo, especialmente relacionado con pastoreo (Sánchez, *et al.*, 2007). En este sentido se encuentran múltiples investigaciones que relacionan positivamente el contenido de diferentes pasturas y la ganancia de peso de los animales (Betancourt, *et al.*, 2007). El resultado de las mediciones de la disponibilidad forrajera, sirven para explicar respuestas en la producción animal, además de los tratamientos de fertilización, manejo del pastoreo entre otros (Sánchez, *et al.*, 2009).

La composición botánica de una pradera sembrada, está determinada a corto plazo por la mezcla elegida para su establecimiento. Una vez que se ha desarrollado con éxito obtendrán mayor importancia factores como las condiciones climáticas, edáficas y las prácticas de manejo a la que se ve sometida (Sánchez, *et al.*, 2007).

La carga ganadera, como factor importante del manejo, va a determinar la evolución de la composición botánica a través de los parámetros de intensidad y el tiempo de recuperación de las parcelas en pastoreo rotacional que afectarán a la competencia por la luz, agua y nutrientes entre las distintas especies que componen el pasto (Sánchez, *et al.*, 2009). El estudio del manejo del pastoreo es un tema básico en la evolución de la pradera ya que determina la producción y la calidad.

3.3.3.2 Valor nutritivo de los forrajes

La calidad composicional de los forrajes, indica la cantidad de nutrientes orgánicos y minerales presentes en la planta, los cuales varían según el grado de madurez, las leguminosas pueden contener de 15 a 23% de proteína cruda, las gramíneas contienen alrededor del 18% de proteína cruda que depende en gran parte de la fertilización y los subproductos de cosecha. El nivel crítico de la proteína en forrajes y por debajo del cual limita el consumo está establecido en 7% en base seca (Peters *et al.*, 2003).

La proteína cruda consumida por los rumiantes puede ser degradada por los microorganismos del rumen o bien sobrepasar el mismo, por lo que es deseable conocer cuánto de esa proteína es degradable en el rumen ya que es fuente de nitrógeno para el crecimiento microbial y cuánta no degradable, pero digerida a nivel intestinal la cual es fuente dietética de aminoácidos para el animal. También es necesario conocer el contenido de la energía, por ser uno de los nutrimentos más limitantes para la producción del ganado de leche (Sánchez, *et al.*, 2006).

Los carbohidratos son constituyentes de las 3/4 partes del peso seco de las plantas, los carbohidratos no estructurales están disponibles casi en 100% para el animal, al ser digeridos fácilmente por los microorganismos del aparato digestivo. Los minerales presentes en el pasto dependen del tipo de planta, de las propiedades del suelo, de la cantidad y distribución de la precipitación y de las prácticas de manejo del sistema suelo-planta (NRC, 2001). En las ganaderías de Trópico Alto, los forrajes de mayor consumo son las gramíneas y leguminosas. En la Tabla 2 se describen las más usadas para consumo animal.

Tabla 2. Forrajes de mayor consumo en ganaderías del Trópico Alto.

Nombre Científico	Nombre Común
<i>Pennisetum clandestinum</i>	Kikuyo
<i>Trifolium pratense</i>	Trébol rojo
<i>Trifolium repens.</i>	Trébol Blanco
<i>Holcus lanatus</i>	Falsa Poa
<i>Phalaris arundinacea</i>	Brasilero
<i>Lolium multiflorum</i>	Raygras

3.4 Producción especializada de leche

En un sistema de lechería especializada, el principal objetivo es poder desarrollar el máximo potencial genético de los animales para obtener la máxima producción de leche, sin embargo, la alimentación es uno de los principales aspectos a tener en cuenta, para incrementar la eficiencia productiva de las explotaciones pecuarias (Sánchez, *et al.*, 2006).

Según el concejo Nacional de Investigadores de los Estados Unidos, para una ganancia diaria de peso de 700g, en ganado de leche, se requiere un consumo de 5.2kg de materia seca, 3.45kg de NDT y 620kg de proteína (NRC, 2001).

Al analizar la capacidad de los forrajes para suplir estos aportes, se encontró que la energía es el nutrimento más limitante y es el que determina la cantidad de leche que puede producir un animal (NRC, 2001). La energía que los forrajes les suministran a las vacas, proviene especialmente de la celulosa, hemicelulosa, de los azúcares y almidones o sea los carbohidratos no fibrosos presentes en el contenido celular. Si los forrajes se pastorean o cosechan en un estado vegetativo adecuado, dichos carbohidratos son muy disponibles y el forraje aporta más energía. Si por el contrario los forrajes se aprovechan en su estado maduro, los

almidones y azúcares en ese estado vegetativo, ya se han convertido parcialmente en pared celular, la cual es poco digestible por la lignificación que caracteriza a los forrajes maduros (Van Soest, 1994).

Las proteínas y grasas de los forrajes también son fuentes de energía; sin embargo, ellas son de menor importancia en los pastos en cuanto al aporte de energía (NRC 2001). Lo anterior indica que los forrajes deben pastorearse o cosecharse en el momento en que hay una buena producción de biomasa y a su vez una buena digestibilidad y aprovechamiento de la misma.

3.4.2 Características de la raza Holstein

Según reportes de la Asociación de Ganado Holstein de Colombia, esta raza está consolidada como la de mayor producción de leche en el mundo, debido a su adaptación a diferentes climas (ASOHOLSTEIN, 2009). Por sus características únicas de color, fortaleza y producción, la raza Holstein, empezó a diferenciarse de las demás razas y pronto comenzó a expandirse en la mayoría de países, empezando por Alemania hace más de 300 años

Las características físicas de estos animales, la destacan como grande, elegante y fuerte, con un peso promedio de 650 Kg y una alzada aproximada de 1.50 m. Se caracteriza por su pelaje blanco y negro o blanco y rojo; esta última coloración la hace muy apetecible ya que representa adaptabilidad a climas cálidos.

En cuanto a su vida productiva, tiene su primer parto antes de cumplir tres años y de allí en adelante se espera una cría cada año, hasta cumplir con cinco lactancias o más, si así es requerida, obteniendo producciones superiores a los 5.500 Kg de leche (Sánchez, *et al.*, 2006).

En el departamento de Nariño, el 80% de la población bovina es de raza Holstein. Debe tenerse en cuenta que, en este grupo racial, se incluyen los animales registrados en la Asociación Holstein de Colombia y animales absorbidos hacia

Holstein, mediante cruces sobre núcleos locales, lo que significa que se incluyen ejemplares comercialmente considerados como Holstein. El predominio de la raza Holstein debe explicarse recurriendo incluso a los aspectos históricos relacionados con su introducción en la cuenca lechera de Nariño. La introducción de la Holstein al Trópico Alto de Nariño, comenzó hace más de cuatro décadas, lo que le ha permitido constituirse en el núcleo racial más importante para la región, permitiendo realizar estudios de estructura poblacional, evaluaciones genéticas, selección de individuos de alto valor genético considerando su alto grado de adaptación (P.M.G.A, 2009).

3.5 Perfiles Metabólicos

El perfil metabólico es un examen empleado en el diagnóstico de las enfermedades de producción, permite la evaluación en el animal de las determinaciones de los metabolitos sanguíneos, relacionados con el estado de funcionalidad de las vías de transformación. Los perfiles metabólicos permiten identificar las rutas metabólicas del animal, obteniendo información sobre las características del alimento consumido, ya que estas vías pueden tener desequilibrios en el ingreso, transformación y salida de los componentes de la ración consumida por el animal (Ceballos, 2002).

Los trastornos metabólicos se presentan con mucha frecuencia en vacas productoras de leche en forma subclínica. Los animales pueden llegar a disminuir en un 10 a 25% su producción, aunque en apariencia puedan indicar un buen estado de salud y sin que el propietario se percate del trastorno. Estos trastornos, se caracterizan por alteraciones bioquímicas en los líquidos corporales como la orina, líquido ruminal o sangre, posteriormente los problemas se relacionan con disminución de la producción y calidad de leche. El perfil metabólico sanguíneo (glucosa, urea, proteína total, albumina, cuerpos cetónicos y ácidos grasos entre otros) tienen una alta correlación con el nivel de producción de leche, estado productivo, época del año y tipo de dieta (Bouda, 2000).

En la actualidad se busca precisar el estado metabólico real del animal y la posible información predictiva sobre el comportamiento de producción, reproducción y calidad del producto final conocido como leche (Bouda, 2000). Sin embargo, este tipo de investigaciones no se han realizado bajo las condiciones de Trópico Alto y con el esquema de producción especializado de leche, con animales de raza Holstein por ser la que predomina en la región.

4. METODOLOGÍA PROPUESTA

4.1 Localización

La presente investigación se llevó a cabo, en la vereda Buena Esperanza, del municipio de Tangua a 18 Km de la ciudad de Pasto, vía al sur, con una altitud de 2600 m.s.n.m., una temperatura promedio de 12°C, con precipitación pluvial media anual de 1170mm y humedad relativa 70%, el tipo de suelo predominante en esta región, según la clasificación taxonómica es del orden Entisol, suborden Ortent, gran grupo Sulfacuent y sub grupo LithicTroporthent (IGAC, 2000).

4.2 Toma de muestras de suelo

4.2.1 Caracterización de Zonas

Determinado el lugar de evaluación se caracterizaron las zonas de muestreo obteniendo los siguientes parámetros:

4.2.1.1 Zona Alta (ZA): presento una pendiente de 18%, la vegetación predominante fue en un 70% mezcla de gramíneas y leguminosas identificadas como *Pennisetum clandestinum*, *Trifolium repens* y *Trifolium pratense*, el 30% restante se encontrado fue la gramínea *Holcus lanatus*, que en relación a la vegetación de la zona se consideró baja.

4.2.1.2 Zona Media (ZM): se determinó como zona media cuando la pendiente disminuyo a 14%. La vegetación identificada corresponde a la misma mezcla de gramíneas y leguminosas de la Zona Alta, aunque la distribución de las especies fue uniforme entre *Pennisetum clandestinum*, *Holcus lanatus*, *Trifolium repens* y *Trifolium pratense*. En esta zona también se evidencio la presencia de arvenses en un 3% identificada como *Taraxacumofficinale*.

4.2.1.3 Zona Baja (ZB): la principal característica de la esta zona, es la ausencia de pendiente, lo que permite que la vegetación se encuentre un poco más dispersa, quizá por la presencia constante de ganado, sin embargo, la presencia de *Pennisetum clandestinum*, *Holcus lanatus*, *Trifolium repens* y *Trifolium pratense*, se

conserva, pero se evidencia la presencia de un porcentaje mayor de arvenses identificadas como *Rumex crispus* y *Taraxacum officinale*.

4.2.2 Muestreo

Las muestras de suelo se tomaron teniendo en cuenta la pendiente del terreno. La clasificación del terreno en zona alta, media y baja, se realizó, con el propósito de determinar estratos de fertilidad. La aplicación de la metodología propuesta permitió realizar el muestreo de suelo por cada zona de forma independientemente. Lo más común es la determinación de estratos geográficos (INECC), conforme a los lineamientos del Instituto Nacional de ecología, tal como se presenta en la Figura 3.

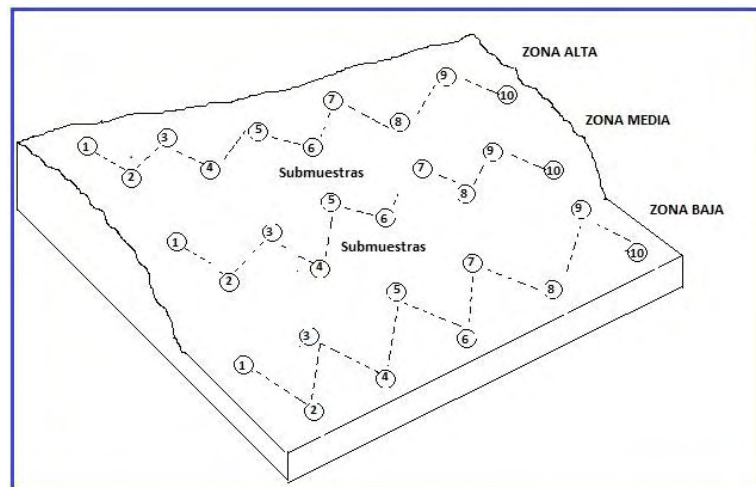


Figura 3. Muestreo por estratos con recorrido en zig-zag para la toma de muestras de suelo.

Determinadas las zonas de muestreo, se tomaron 10 submuestras a una profundidad de 20cm (ICA, 1992), realizando un recorrido sobre el terreno en zig-zag, tomando una sub-muestra en cada vértice donde se cambió la dirección del recorrido (Tobón, 1970).

La obtención de las sub-muestra se realizó a través de un barreno, para garantizar homogeneidad en la cantidad de suelo tomado. Una vez obtenidas todas las sub-muestras fueron depositadas en un recipiente plástico y mezcladas, obteniendo una

muestra general de 500gr, la cual fue llevada para análisis al laboratorio de suelos de la Universidad de Nariño.

4.2.3 Análisis de laboratorio

A la muestra general de suelo, se le realizó un análisis químico, determinando materia orgánica, pH, P, Ca, Mg, K, Na, S, B, CIC y acidez intercambiable. La metodología usada para la determinación se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. Métodos para la determinación de las propiedades químicas.

Propiedad	Método de caracterización
pH	Potenciométrica (Suelo-Agua 1:1)
Acidez intercambiable	Acidez intercambiable (Al+H) en suelos con pH menor de 5.5
CIC	Saturación con acetato de amonio 0.1N pH.7
Azufre	Fosfato monocálcico Ca (H ₂ PO ₄) ₂ H ₂ O (NTC 5402)
Materia orgánica	Walkley y Black
Fosforo	Bray y Kurtz N°2
Bases intercambiables Ca, Mg, K y Na	Acetato de Amonio
Boro	Berger y Troug (Agua caliente) (NTC 5404)

De igual forma se determinaron las propiedades físicas y la metodología usada se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4. Métodos para la determinación de las propiedades físicas.

Propiedad	Método de caracterización
Textura	Método del hidrómetro de Bouyoucos
Densidad aparente	Método del cilindro graduado
Densidad real	Picnómetro
Porosidad	$1 - (\text{Dens aparente}/\text{Dens real}) \times 100$
Penetrabilidad	Método del penetrómetro

4.3 Reconocimiento e identificación taxonómica de especies forrajeras

El reconocimiento de las especies forrajeras se realizó, tomando una muestra de forraje del área donde los animales se encontraron pastoreando. La metodología utilizada, consistió en cortar el forraje a 5cm del suelo, teniendo en cuenta el remanente que el animal no consume. Se cortó el forraje con la mano simulando el bocado del animal y se tomaron 5 submuestras con un marco de aforo de 1m²(INTA). Finalmente se obtuvo una muestra general de 800gr de forraje fresco para su análisis en laboratorio de bromatología de la Universidad de Nariño.

4.3.1 Clasificación de especies forrajeras

Para la identificación taxonómica de los forrajes presentes en esta investigación, fue necesario coleccionar una muestra general de la pradera, la cual fue transportada hasta el herbario de la Universidad de Nariño, donde con ayuda de manuales de taxonomía, se clasificaron.

4.3.2 Análisis Bromatológicos.

La valoración nutricional de los forrajes, se realizó aplicando los métodos de extracción indicados en la siguiente Tabla 5.

Tabla 5. Métodos para la determinación de los análisis bromatológicos.

Parámetro	Método
Humedad	Termogravimétrico
Cenizas	Termogravimétrico
Grasa	Soxhlet
Fibra cruda	Digestión ácido-base
Energía	Calorimetría de bomba
Fibra Detergente Neutro	Van Soest
Fibra Detergente Ácido	Van Soest
Lignina	Van Soest

Fósforo	Digestión vía húmeda, Ácido ascórbico
Azufre	Digestión vía húmeda, Turbidimetría
Ca, Mg, K, Fe, Cu, Mn, Zn	Digestión vía húmeda, EAA

4.4 Evaluación animal

4.4.1 Selección de animales

La selección de los animales a muestrear para determinar los perfiles metabólicos, se realizó teniendo en cuenta el volumen de producción, excluyendo del grupo animales de altas y menores producciones, animales sanos, es decir, que no presentaran signos de alteraciones sanitarias o nutricionales. De esta forma se eliminaron las variaciones causadas por factores patológicos. Teniendo en cuenta lo anterior, se evaluaron parámetros de hematología y metabolitos sanguíneos en cinco animales de raza Holstein.

4.4.2 Muestras de sangre

De cada animal seleccionado, se tomaron dos muestras de 10 ml de sangre, mediante punción en la vena coccígea. Las muestras, fueron almacenadas en tubos vacutainer, en presencia y ausencia de anticoagulante. Una vez obtenidas las muestras, fueron transportadas en frío hasta el laboratorio de la Clínica Veterinaria de la Universidad de Nariño, para su análisis.

4.4.3 Análisis de laboratorio

Las muestras fueron sometidas a pruebas colorimétricas, para determinar los perfiles energéticos, proteicos, enzimáticos (Tabla 6).

Tabla 6. Métodos para la determinación de perfiles energéticos, proteicos, enzimáticos

Parámetro	Método
Hematocrito	Técnica Microhematocrito
Hemoglobina	técnica colorimétrica (Kit comercial spinreact)
Recuento de glóbulos rojos	Técnica cámara de NEWBAWER
Recuento de glóbulos blancos	Técnica cámara de NEWBAWER
Proteínas totales	Técnica refractómetro en suero sanguíneo
BUN	Método cinético (Kit comercial spinreact)

4.4.4 Análisis Físico-Químicos de la leche.

Para la determinación de la composición fisicoquímica de la leche, se tomaron 100ml de leche del ordeño de la mañana de cada animal. Las muestras de leche fueron sometidas a valoración composicional, mediante un analizador de leche de tipo industrial EKOMILK, del cual se obtuvieron valores de porcentaje de materia grasa, porcentaje de sólidos totales, porcentaje de proteína total, densidad, punto de congelación y agua, a cada muestra se le realizó tres repeticiones para mayor confiabilidad de los datos.

4.5 Análisis estadístico

Los datos obtenidos producto de esta investigación, fueron analizados mediante un modelo de medidas repetidas en el tiempo.

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + L_j + (B.L)_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijkl} : Respuesta del animal

μ : Media de los tratamientos

B_i : Efecto de la época

L_j : Efecto del zonas

(B.L) $_{ji}$ = Interacción entre Época y Zona

E_{ijk} = Error

La evaluación de los datos de las variables edáficas, agronómicas y de perfiles metabólicas, se realizó, mediante análisis de variancia a través del procedimiento GLM del programa estadístico SAS 9.20 (P.M.G, 2009). Finalmente, se correlacionaron entre si todas las variables usando el paquete estadístico Statgraphics Centurion XV.II.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Identificación de la vegetación

5.1.1 Inventario Florístico

En la Figura 4, se presentan los resultados de la composición botánica de la pradera, durante el desarrollo de la investigación, la cual se determinó con el apoyo del herbario de la Universidad de Nariño. Las especies preponderantes en las praderas fueron seis: *Kikuyo* (*Pennisetum clandestinum*), *Trébol Blanco* (*Trifolium repens*), *Trébol Rojo* (*Trifolium pratense*), *Falsa Poa* (*Holcus lanatus*), *Lengua de Vaca* (*Rumex crispus*) y *Diente de León* (*Taraxacum officinale*).

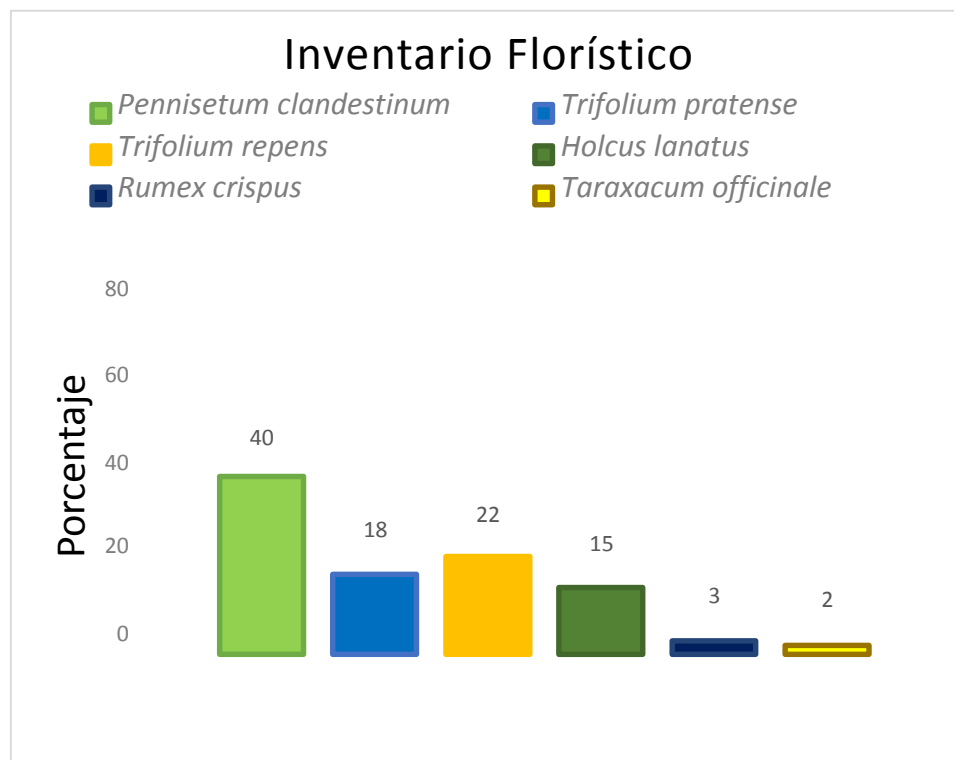


Figura 4. Composición botánica de la pradera de estudio

Los resultados, indicaron que la dieta base consumida por los animales, estuvo constituida por 55% de gramíneas, 40% de leguminosas y el restante 5 % por arvenses.

Como se puede apreciar en la Figura 4, *Pennisetum clandestinum*, fue la especie base de la alimentación que recibieron los animales, con un aporte de biomasa fresca del 40%. En las zonas de producción lechera del trópico alto colombiano, se ha identificado una baja concentración de sólidos en la leche, consecuencia de los sistemas de alimentación, ya que en estas lecherías el principal componente alimenticio de las vacas son las pasturas de *Pennisetum clandestinum* (Carulla y Pabón, 2006). *Holcus lanatus* aportó el 15% de biomasa fresca, este forraje se encuentra en la mayoría de praderas en mezclas, especialmente en asocio con leguminosas del tipo *Trifolium pratense* y *Trifolium repens* las cuales en este hato el 40% de la biomasa fresca. Lascano y Ávila (1991), reportan que este tipo de asociaciones contribuyen a aumentar entre 20 y 30 % la producción de leche de los animales alimentados en sistemas de pastoreo.

5.2 COMPONENTE SUELO

A continuación se presentan los resultados obtenidos de algunas variables, analizadas en el suelo de las praderas que pastoreaba el hato productor por época de estudio y zona de muestreo. En el tiempo de la investigación, se presentaron dos épocas, la primera, entre los meses de marzo a mayo donde hubo lluvias constantes (época 1). La segunda comprendida entre los meses de agosto a octubre con una disminución considerable de las lluvias y periodos secos más prolongados (época 2). Es importante mencionar que en esta época se suministró riego por aspersión, la cual llega a las plantas en forma de lluvia localizada.

En la Tabla 7, se pueden apreciar las variables edáficas analizadas durante el tiempo de investigación

Tabla 7. Variables químicas y físicas analizadas por época y zona de muestreo en la pradera en mezcla.

Variable	Pradera en mezcla de <i>Pennisetum clandestinum</i> , <i>Trifolium repens</i> , <i>Trifolium pratense</i> y <i>Holcus lanatus</i> .					
	Época 1			Época 2		
	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB
pH	6.41*	5.76	6.26	6.2	5.8	6.3
MO %	20.97*	19.8	20.4	20.90	19.8	20.4
Fósforo mg/kg	50.4	65.2*	49.3	50.0	64.86	48.94
Potasio Cmol ⁺ /kg	1.57	2.28	2.1	1.99	2.58*	2.04
Calcio Cmol ⁺ /kg	13.5	14.5	12.9	13.9	14.81*	13.2
Magnesio Cmol ⁺ /kg	4.42	4.99*	4.48	4.59	4.93	4.99
CIC Cmol ⁺ /kg	19.44*	21.0	17.9	19.1	20.77	17.39
Porosidad %	66.3	66.6	65.6	66.1	64.2	66.69
DR (g/cc)	2.95	2.95	2.9	2.96	2.96	2.97
Da (g/cc)	0.74	0.76	0.78	0.78	0.82	0.86

ZA: Zona Alta; ZM: Zona Media; ZB: Zona Baja

5.2.1 Variables químicas

Los resultados de los análisis de las variables edáficas no permitieron evidenciar diferencias ($p > 0.05$) entre épocas. Sin embargo, al realizar el análisis por zona de muestreo, se encontraron diferencias ($p < 0.05$) en pH, Materia Orgánica (MO), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca) y Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).

5.2.1.1 pH

Los valores promedio encontrados para este componente en el análisis realizado por zona de muestreo fueron similares, obteniendo una variación entre 5.7 y 6.4. El valor más alto ($p < 0.05$) se observó en la ZA con un pH de 6.41. Se considera dentro de la clasificación del pH de los suelos según el SCCS (2013), suelos moderadamente ácidos cuyos rangos están entre 5.1 a 5.5 y como moderadamente ácidos entre 5.6 a 6. Estos valores de reacción pueden ser causantes de baja solubilidad del Fósforo (P) y baja disponibilidad del Ca y Mg.

Mendoza, (2007) afirma que en pasturas de leguminosas, las mejores productividades se logran en suelos con niveles de pH de entre 5.5 y 6. Los valores

Estudios similares realizados en el Trópico Alto de Nariño, indican que el pH en suelos Franco Arenosos y en cultivo de *Lolium hybridum* y pradera en mezclas de *Dactylis glomerata*, *Holcus lannatus* y *Lolium sp*, se observaron rangos de pH entre 5.7 y 6.19, valores que son coincidentes con los encontrados en esta investigación.

La acidez de los suelos, permite la solubilidad de los nutrientes y su disponibilidad para el cultivo. Estos resultados, también se relaciona con el tipo de suelo y contenido de MO, ya que estas propiedades, están condicionadas por los niveles de acidez en los suelos (Bernal, 1994; Burbano y Cadena, 2009; Tapia y Rivera, 2010).

En pH ácidos puede existir deficiencia de elementos como el nitrógeno, fósforo, potasio y azufre ya que estos se encuentran disponibles en un rango cercano a la neutralidad, de igual manera al aumentar la acidez del suelo, la flora bacteriana se

ve desplazada por el predominio de hongos, con lo que la nitrificación y otros procesos dependientes de la actividad bacteriana se verán afectados (Botero, 1978).

Las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo están influenciadas por la acidez que condicionan el uso agronómico del suelo. La mayoría de las plantas prefieren rangos de pH de 5.5 a 7.5, pero algunas especies prefieren suelos ácidos o alcalinos. Sin embargo, cada planta necesita un rango específico de pH para poder expresar mejor su potencialidad de crecimiento. Del pH también dependen los procesos de humificación y en función del pH se producen distintos tipos de MO del suelo y propiedades que influyen directamente sobre el crecimiento vegetal como el movimiento y disponibilidad de los nutrientes o los procesos de intercambio catiónico (Jaramillo, 2001).

5.2.1.2 Capacidad de Intercambio (CIC)

La CIC resultó estadísticamente diferente ($p < 0.05$) entre zonas de estudio, sin embargo entre épocas no hubo diferencia. Los valores encontrados variaron entre 17.39 y 21.05 Cmol^+/kg . Lora (2013), afirma que para que exista buena fertilidad del suelo debe haber una alta CIC con el fin de retener los cationes de cambio procedentes de la fertilización y meteorización, evitando su pérdida por lixiviación. Al respecto, Burbano (1989) manifiesta que las cargas dependientes de pH están directamente relacionadas con la variación de la reacción del suelo, en suelo con pH bajos, la carga y la CIC es baja, pero se incrementa cambiar el pH.

Datos reportados por Herrera (2006), indican que al analizar los suelos con depósitos de cenizas, estructura cementada muy porosa y presencia de minerales de fracción arcillosa en el departamento de Nariño, la CIC se encontró entre 11.9 Cmol^+/kg y 38.7 Cmol^+/kg , datos coincidentes con los encontrados en este estudio. Por otra parte, Zambrano (2013) reportó valores de CIC entre 14.27 y 33.39 Cmol^+/kg en estudios realizados para la misma zona.

Este tipo de resultados se relacionan con altos contenidos de MO, ya que son variables que presentan alta correlación, lo anteriormente expuesto también lo afirma Gavilán (2004), donde indica que altos contenidos de MO, favorecen la capacidad de intercambio catiónico y por lo tanto, la capacidad tampón frente a cambios rápidos en la disponibilidad de nutrientes y en el pH.

5.2.1.3 Materia Orgánica (MO)

Se obtuvieron promedios similares entre zonas de muestreo (Tabla 7), pero diferencias significativas ($p < 0.05$), donde el mayor valor se presentó en la ZA con 20.97%. Los contenidos de MO están explicados por la altura y temperatura de la zona de estudio, Charry (1987), menciona que a mayor altitud la materia orgánica se incrementa, debido al lento proceso de humidificación y mineralización de la misma por la baja actividad de los microorganismos del suelo. La MO es el único constituyente que hace parte de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, y su pérdida se ve reflejada en disminución de productividad del suelo, por lo que es un factor clave asociado con el mejoramiento o disminución de la fertilidad del suelo (Elliot et al., 1996; Brown et al., 1994, citados por Burbano et al., 2005).

Lora (2013), afirma que el alto contenido de MO, permite que existan altos contenidos de Calcio (Ca), Potasio (K) y Magnesio (Mg) y por ende una buena Capacidad de Intercambio Catiónico. Suelos sin materia orgánica son considerados pobres y de características físicas inadecuadas para el crecimiento de las plantas; cualquier residuo vegetal o animal es considerado materia orgánica, y su descomposición lo transforma en materiales importantes en la composición del suelo y en la producción de las plantas.

Este indicador podría verse explicado por la selectividad del bovino durante el pastoreo, los animales ejercen la remoción de algunos componentes de la pradera, donde la probabilidad de pastoreo es afectada por variables ambientales como la pendiente del suelo (López et al., 2005). El valor reportado en esta investigación es coincidente con los obtenidos para clima frío ya que a temperaturas bajas disminuye

la actividad microbiana. Otro factor importante sobre los contenidos de MO, es el de pH cuanto más acidificación exista habrá menos actividad microbiana y menos descomposición en el suelo, por tanto, mayor nivel de MO (Velásquez et al., 2007).

5.2.1.4 Calcio (Ca)

Se observaron diferencias ($p < 0.05$) entre los promedio de este mineral, para la ZM el valor más alto corresponde a 14.81 Cmol⁺/kg y en la ZB el menor valor fue de 13.20 Cmol⁺/kg. El calcio cambiante es muy importante para la estructura del suelo, ya que provoca la floculación de los coloides del suelo, mejorando su estructura y estabilidad (Gómez, 1999).

León (1994) afirma, que las necesidades de Ca para la mayoría de los cultivos no son muy elevadas y que los contenidos existentes en el suelo serían suficientes. La deficiencia en condiciones de campo son muy raras y prácticamente solo ocurren en condiciones de casi inexistencia del nutrimento. En suelos en donde se practica encalamiento, posiblemente no exista deficiencia de este mineral.

Los resultados obtenidos en este estudio, es considerado alto debido al contenido de minerales resultado de suelos de origen volcánico y altos contenidos de MO. Agreda *et al.*, (2009), en estudios realizados en la zona Andina del Departamento de Nariño, reportaron valores de Ca de 8.93 Cmol⁺/kg, en cultivos destinados para ganadería. Por otra parte López *et al.*, (2009) afirman que el contenido de Ca en cultivo de pasto *Holscus Lanatus* en el departamento de Nariño es alto, con valores de 3.1 a 17 meq/100g.

5.2.1.5 Potasio (K)

Los resultados de este mineral mostraron diferencias ($p < 0.05$) entre zonas de muestreo, pero no entre épocas. Los valores encontrados que oscilaron entre 1.57 y 2.58 Cmol⁺/kg (Tabla 7). Unigarro, *et al* (2009), afirma que cuando se tiene deficiencia de este elemento las plantas indican un desbalance hídrico, pero regularmente el K se encuentra en los suelos minerales, a excepción de los suelos arenosos.

La mayor parte de este elemento se encuentra sujeto al suelo, de tal manera que difícilmente es asimilado por las plantas, además es importante tener en cuenta lo manifestado por Urbano (1992), quien sostiene que el K que se encuentra combinado con la materia orgánica y puede ser liberado en forma de K^+ mediante el proceso de mineralización realizado por la población microbiana.

Estupiñan *et al* (2009) en estudios realizados en zonas ganaderas de Cundinamarca, indican contenidos de K de 1.5 y 2.1 meq/100g, atribuible a la residualidad de posibles enmiendas y fertilización de cultivos de papa, a base de abonos completos. En Nariño se reportan resultados de 4.6 meq/100g en suelos cultivados con *Pennisetum clandestinum* (Moncayo, *et al.*, 2000) y 1.6 a 2.41 $Cmol^+/kg$, en monocultivo pasto *Lolium hybridum* y pradera en mezcla de *Dactylis glomerata*, *Holcus lannatus* y *Lolium sp* (Zambrano, 2013).

5.2.1.6 Fósforo (P)

Se presentaron diferencias ($p < 0.05$) entre zonas de muestreo, sin embargo, al comparar los datos entre épocas no resultaron similares. La cantidad de P varió en rango de 48.04 mg/kg a 65.23 mg/kg (Tabla 7). Guerrero (1998), indica que el P, es un elemento con mínima movilidad en el suelo y es un nutriente clave para el arranque del cultivo. Mengel y Kirkby, 2000, citado por Castro y Gómez 2013, afirman que el P es un nutriente importante en el almacenamiento de energía o en la integridad estructural, presenta un papel clave en las reacciones que intervienen el ATP.

Altos contenidos de este elemento, posiblemente se debe a que los suelos estudiados son de origen volcánico, lo que contribuye a que sea ricos en dicho elemento, además, los niveles altos de materia orgánica favorecen la mineralización (Tapia y Rivera, 2010). Los niveles de fósforo disponible dependen del contenido de materia orgánica debido a que este elemento se encuentra en formas orgánicas en diferentes niveles de estabilización, distinguiendo entre ellas sustancias orgánicas más accesibles para las plantas (lábil) y otras de menor accesibilidad

(no lábiles), cuyo proceso queda regulado por la actividad microbiana; también se puede encontrar en forma inorgánica en las arcillas lo que también puede ser un factor determinante en el grado textural (Rodríguez, 1990).

Según Gómez (1999) en la disponibilidad del P influye el pH del suelo el cual debe encontrarse en un rango entre 6.5 a 7.5 ya que a estos rangos, el P se mantiene soluble, aunque puede presentar cierto riesgo de lixiviación, así como también presencia de Fe, Al, y Mn solubles, minerales de Ca y Mg disponibles y cantidad y descomposición de la materia orgánica ligada a la actividad de microorganismos. Estudios realizados por Zambrano (2013) en el Trópico Alto de Nariño, reporta valores de P de 6.06 ppm, al igual que los indicados por Moncayo *et al.* (2002), en suelos cultivados con pasto Kikuyo, quienes reportan valores de 5.5 a 12.6 ppm.

5.2.2 Variables físicas

Los resultados de los análisis para estas variables no permitieron evidenciar diferencias ($p > 0.05$) entre épocas ni entre zonas de muestreo.

5.2.2.1 Densidad Aparente (Da)

Los mayores valores promedio encontrados fueron de 0.86 g/cc para la ZB, lo que demuestra que el suelo no se encuentra compactado como producto de la actividad ganadera, lo que indica las bondades de la MO, puesto que a mayores contenidos de MO, el espacio poroso disminuye y de igual manera la Da. En suelos con textura fina la Da varía entre 1 y 1.2 g/cc, mientras que en suelos arenosos es mayor y puede variar entre 1.3 y 1.6 g/cc (Salamanca *et al.*, 2005). Da con valores de 0.58 g/cc indican que a pesar de las labores agrícolas que pueden afectar, existen factores que determinan esta variable, como el origen del suelos, especialmente por el material de tipo orgánicos, piroclásticos, textura, contenidos de materiales orgánicos (Unigarro y Carreño, 2005).

Viveros (1999), manifiesta que la Da está afectada por el contenido orgánico, a pesar que los coloides inorgánicos pueden influir, especialmente en zonas con contenidos de origen volcánico, los materiales alofónicos afectan el grado de desarrollo estructural alcanzado, al respecto Díaz, *et al* 2009, afirma que las variaciones de Da no siempre resultan detectables en el tiempo y puede cambiar debido al manejo dado al suelo y por las enmiendas aplicadas de forma periódica, especialmente por compuestos orgánicos.

Al respecto, Thompson (1988) manifiesta que la MO disminuye la Da, ya que por equivalencia de volumen es mucho más ligera que la materia mineral, por lo tanto incrementa la estabilidad de los agregados del suelo, siendo este segundo efecto el más importante en la mayoría de los suelos.

Estudios realizados en el departamento de Nariño, reportan el mayor valor de 0.82 g/cc (Moncayo *et al.*, (2002), estos datos se encuentran por debajo de los reportados por Rodríguez (1984), quien afirma que valores de Da comprendidos entre 1.1 y 1.4 g/cc pueden considerarse como óptimas para el crecimiento de la mayoría de los cultivos y son un indicativo del buen estado estructural del suelo.

Finalmente, se puede concluir que los valores encontrados en este estudio, se relacionan con los altos contenidos de MO y las características de suelos Fr-A, que permiten la estabilidad del mismo, favoreciendo la nutrición de la planta, al permitir que las raíces profundicen adecuadamente (León y Zambrano, 2008; Apráez *et al.* 2012).

5.2.2.2 Densidad Real (DR)

La DR presentó valores constantes de 2.9g/cc, en las zonas de muestreo, posiblemente se debe a la estructura Fr-A y a los contenidos de MO presente en la capa arable del suelo. Altos contenidos de MO tienden a disminuir la variación en DR (Sadeghian, *et al*, 2004).

Coral et al., 2003 citado por Burbano, et al., 2005, afirma que la DR depende de la mineralogía de los suelos y del contenido de materia orgánica presente en el suelo Jaramillo (2004) y Burbano y Cadena (2009), coinciden que la DR varía entre 2.6 a 2.75 g/cc en todos los suelos agrícolas y cuando existen valores por debajo de los mencionados, se debe a la presencia de altos contenidos de MO en el suelo.

Amezquita (2003) afirma que DR es difícil de alterar, ya que esta variable se relaciona con las características mineralógicas del material parental. Sin embargo, la erosión y excesiva compactación puede lograrlo a largo plazo.

Zambrano (2013) reporta que en praderas destinadas para pastoreo, los valores promedio de 2.06 a 2.32 g/cc. López *et al.*, (2005) manifiesta haber encontrado en praderas sembradas con *Holcus lanatus* DR de 2.4 g/cc.

5.2.2.3 Porosidad

Se encontró una variación entre 64 y 66%, estos valores están relacionados con la textura y la estructura del suelo. Jaramillo (2001), manifiesta que la porosidad puede estar relacionada con la textura, contenido de materia orgánica, densidad aparente, consistencia y estructura principalmente. El tipo, grado y clase de desarrollo de las unidades estructurales modifica los factores antes mencionados, constituyéndose en criterios fundamentales para el manejo del suelo al ser susceptibles de cambio mediante prácticas agrícolas (Unigarro et al., 2009).

Sadeghian, *et al*, (2004), reporta valores para ganaderías de ceba intensiva y lechería intensiva de 56.33%, 57.59%, respectivamente. A medida en que incrementa la porosidad se mejora notoriamente la retención de humedad, el paso del agua en el suelo y la actividad de los microorganismos.

Como se puede apreciar en la Figura 5, se presenta la curva de retención, por cada zona de muestreo. Dentro del análisis realizado, no se evidenciaron diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$), posiblemente por la aproximación en los datos encontradas durante la evaluación realizada para succiones entre 1 a 1.500 kPa.

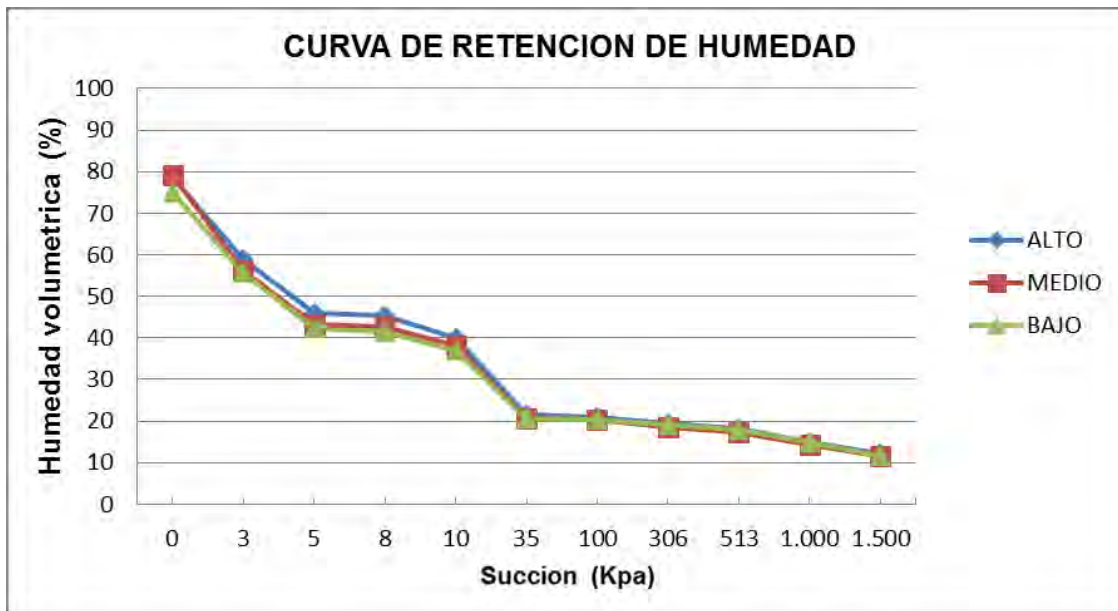


Figura 5. Curva de retención de humedad por cada zona de muestreo, Zona Alta, Zona Media y Zona Baja.

La cantidad de agua residual se midió experimentalmente y se representó gráficamente como una curva de retención de humedad presente en el suelo. La cantidad de agua retenida a valores bajos de succión, es decir entre 0 y 1bares, dependen del efecto capilar y de la distribución del tamaño de poros, la cual está fuertemente afectada por la estructura del suelo (Pariani, 2005). Como resultado, en este análisis el 80% del suelo presentó una humedad de saturación de 78.7%, 79.1% y 74% en la ZA, ZM y ZB, respectivamente, estos valores, son coincidentes con los porcentajes de porosidad y los altos contenidos de materia orgánica, los cuales ayudaron a mejorar la tasa de infiltración.

Otro parámetro sobre el cual se puede inferir con la gráfica antes mencionada, es la capacidad de campo (CC), la cual corresponde al agua retenida a un potencial que puede variar entre 0.1 bar para suelos arenosos hasta 0.5 bares para suelos arcillosos, tomando como valor medio 0.3 bares (Nissen *et al*, 2006). Los resultados obtenidos permite estimar valores de CC entre el 21.46%, 20.65 % y 20.71% en la ZA, ZM y ZB respectivamente, porcentajes que coinciden con el grado textural

definido para este estudio siendo mayores en suelos con textura arcillosa y menos con textura arenosa (De Santa Olalla y Valero, 1992).

Nissen *et al.*, (2006) afirma que la CC varía con la composición textural, grado de materia orgánica y compactación del suelo, bajo estos parámetros en suelos Fr-A, el porcentaje de CC se encuentra alrededor del 7.5 - 20.5%. En relación al punto de marchitez (PM), se puede asumir que este valor es aproximadamente el 50 % de la CC (Nissen *et al.*, 2006), este valor para la investigación resultó con valores entre 12.12%, 11.53%, 11.51% en la ZA, ZM y ZB respectivamente, sobre estos valores se podría inferir que sería el límite sobre el cual el cultivo ya no recobraría su turgencia, sin embargo este porcentaje de humedad aun no es considerado crítico, por lo que el suelo puede considerarse con una humedad aprovechable.

5.2.3 Resistencia a la penetración

Los resultados de resistencia a la penetración de la pradera en mezcla de los pastos *Pennisetum clandestinum*, *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, *Holcus lanatus*, permitieron encontrar baja penetrabilidad, en los primeros 5 cm, tal como se puede apreciar en la Figura 6, en las tres zonas de estudio. La resistencia a la penetración, esta correlacionada con penetración de raíces, cuyo desarrollo se realiza en la capa superficial del terreno, bajo condiciones normales, hasta a los 20 cm, donde se encuentran la MO y los elementos minerales que van a servir de alimentación. En suelos con contenidos de arena las raíces crecen y profundizan más que en los arcillosos y limosos. La distribución de la humedad también influye, así las raíces crecen mucho cerca de la superficie porque hay más humedad. La tendencia de resistencia a la penetración se mantiene a los 20 cm de profundidad, confirmando las buenas características estructurales del terreno estudiado.

El porcentaje de humedad varió entre las tres zonas estudiadas entre el 12 al 23 %, estos valores son coherente con los reportes obtenidos sobre humedad para este estudio, Así lo confirma la CC estimada. Estos resultados indican que el suelo es adecuado para el desarrollo de los forrajes presentes, permitiendo que las raíces

del cultivo se desarrollen de forma adecuada y que la absorción de los nutrientes presentes en él sea la necesaria para el desarrollo de los mismos.

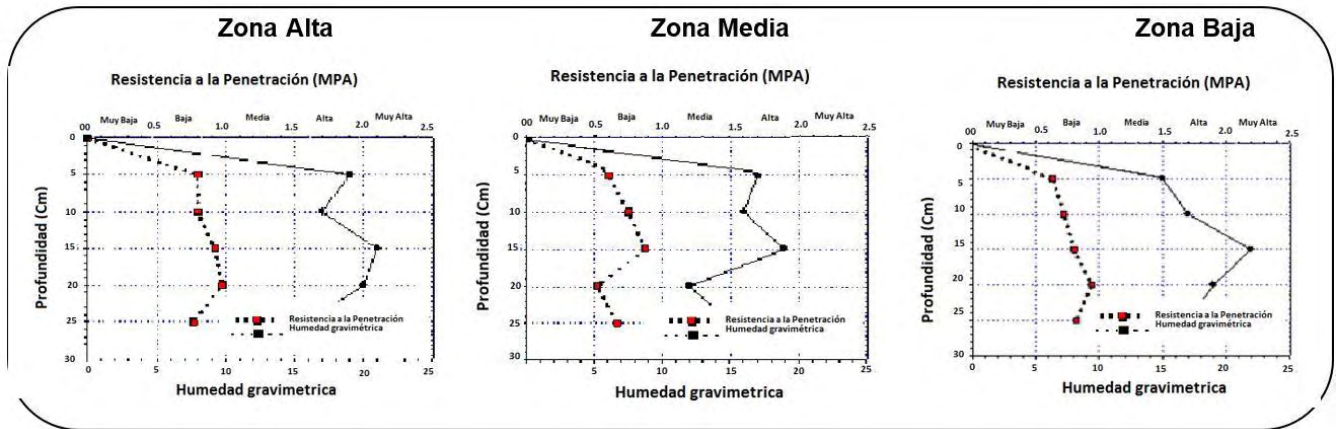


Figura 6. Resistencia a la penetración encada en las Zona Alta, Zona Media y Zona Baja.

En general los porcentajes de porosidad y los altos contenidos de materia orgánica, se relacionan con la humedad del suelo concluyendo que es un medio adecuado para el desarrollo y crecimiento de la pradera en mezcla.

Datos reportados por Zambrano (2013) para el Trópico Alto de Nariño, indican penetrabilidad de media a alta con humedades entre el 20 y 25%, estudios realizados en praderas de *Holcus lanatus* en condiciones de no intervención en el departamento de Nariño se reportó una leve resistencia a la penetrabilidad con valores de 0.4 a 1.5cm/h y 0.82 Mpa, estos datos son coincidentes con los datos de esta investigación (Nissen *et al.*, 2006).

Estupiñán (2009) en estudios realizados en Cundinamarca en zonas de no intervención, indican valores que oscilan entre 10 y 12kg/cm², datos que se consideran aceptables para el crecimiento de las raíces; valores por encima de 17kg/cm² muestran una notable resistencia en el desarrollo de raíces y la presencia de organismos. Lal (1994), manifiesta que valores entre 1.5 y 2.0 Mpa existe una limitación moderada en el suelo y entre 2,0 y 2.5 Mpa la limitación es severa.

Resultados similares, fueron encontrados por Obando (2000), Mora *et al.*, (2001), Alvarez *et al.*, (2006), quienes reportan que en el manejo de agricultura convencional existe una mayor resistencia a la penetración y sus valores se relacionan con el tipo de manejo dado a los suelos.

5.3 COMPONENTE PLANTA

En la Tabla 8, se presentan los resultados bromatológicos de la pradera en mezcla que consumieron los animales dentro del desarrollo de la investigación. El análisis realizado por época de estudio, no detectó diferencias significativas ($p < 0.05$). Sin embargo, al realizar el análisis por zona de muestreo, si hubo diferencias estadísticas ($p < 0.05$) en los componentes Materia Seca (MS) Proteína (PC), Fibra Detergente Ácido (FDA), Calcio (Ca) Fósforo (P) y Magnesio (Mg).

Tabla 8. Variables bromatológicas, analizadas por época y zona de muestreo de la pradera en mezcla de los pastos Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), Trébol Blanco (*Trifolium repens*), Trébol Rojo (*Trifolium pratense*) y Falsa poa (*Holcus lanatus*).

Variable %	Pradera en mezcla de <i>Pennisetum clandestinum</i> , <i>Trifolium repens</i> , <i>Trifolium pratense</i> y <i>Holcus lanatus</i>					
	Época 1			Época 2		
	ZA	ZM	ZB	ZA	ZM	ZB
Materia Seca	32.5	32.4	29.2	32.6	33.8	29.4
Proteína	12.6	11.1	14.7	13.1	11.8	15.2
FDN	63.8	64.3	64.6	63.9	64.5	64.7
FDA	29.9	39.1	43.4	29.7	29.7	43.3
Calcio	0.33	0.39	0.52	0.33	0.33	0.52
Fósforo	0.37	0.40	0.41	0.37	0.37	0.41
Magnesio	0.20	0.20	0.28	0.20	0.20	0.28
NDT	60.0	62.0	58.0	60.0	60.0	58.0

5.3.1 Materia Seca (MS)

Los valores de MS resultaron diferentes ($p < 0.05$) entre zonas de muestreo. Como se indicó en la primera parte de este acápite, los forrajes de mayor presencia encontrados en la pradera en mezcla que consumieron los animales de estudio fueron *Pennisetum clandestinum*, *Trifolium repens*, *Trifolium pratense* y *Holcus lanatus* (Figura 4), resultaron mayores en la ZM y ZA con el 33.80% y 32.60% el valor más bajo fue el de la ZB con 29.23%, independiente de la época de muestreo. Las variaciones de este componente, pueden deberse a los factores la proporción de las especies, la estructura vertical de ellas o la relación hoja tallo en cada zona, asociadas a la fertilidad.

Como se sabe, la fertilización mineral tiende a disminuir los contenidos de materia seca, posiblemente a los contenidos de carbohidratos estructurales, que le permite a la planta retener mayor humedad en los espacios intercelulares de sus tejidos (Benavides *et al.*, 2000).

De igual manera, la fertilización nitrogenada es la forma más generalizada de incrementar la biomasa y en consecuencia, aumentar la carga animal y la producción de por hectárea (Correa, 2006a). Pero, por otro lado, permite el pastoreo a edades más tempranas con lo que la producción por animal se incrementa al consumir pastos de mayor digestibilidad (Caro y Correa 2006).

5.3.2 Proteína Cruda (PC)

Los contenidos de PC oscilaron entre 11.12% y 15%, resultando estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) entre zonas de muestreo. Estos valores pueden garantizar los requerimientos de mantenimiento y producción de los bovinos de leche de mediana producción. Otro factor importante sobre esta variable, es la aplicación o el residuo de nutrientes presentes en el suelo, aprovechables por la planta. Estos contenidos aumentan la productividad de biomasa y la concentración de nutrientes en el forraje con niveles adecuados de N (Sánchez, *et al.*, 2006).

Valores similares reporta Moncayo (2002) en el departamento de Nariño, con contenidos de PC de 11.4 a 15.8% en praderas de *Pennisetum clandestinum*. Naranjo (2002), reporta en Antioquia valores más altos al igual que León, *et al.*, (2007) en estudios en el departamento de Cundinamarca (22.9%).

5.3.3 Fibra en Detergente Ácido (FDA)

Los valores de este componente variaron ($p < 0.05$) en el análisis realizado por zonas de muestreo (Tabla 8), los cuales oscilaron entre 29% y 43% en base seca relacionado con el grado de madurez de los forrajes. El mayor valor para este componente se encontró en la ZB y podría interpretarse que se debe a que los bovinos no realizan un pastoreo uniforme y pueden existir remanentes de forrajes que pudieron incidir en los resultados obtenidos, sin embargo, los valores de las ZA y ZM presentan valores de FDA correspondientes a los contenidos de PC y MS. Medina (1980) sostiene que valores máximos del 35% le confieren al pasto una calidad aceptable sobre todo para rumiantes.

Estudios de Moncayo *et al.*, (2002), indican valores entre 29.41 y 31.837%. Correa y colaboradores (2008), en Antioquia, encontraron valores máximos de FDA de 29.4% relacionados con la edad de rebrote. Zambrano (2013), reporta valores para el Trópico Alto de Nariño, entre 24 y 26%, los que resultan coincidentes con los hallados en esta investigación.

5.3.4 Calcio (Ca)

Presentó variación ($p < 0.05$) entre zonas de muestreo (Tabla 8). En la ZB, se encontró el mayor contenido con 0.52%, al contrastar con el Ca disponible en el suelo, no se obtuvo la absorción esperada, posiblemente porque está directamente relacionada con la proporción de transpiración de la planta; por eso es que en condiciones ambientales de humedad alta, bajas temperaturas y bajo nivel de transpiración puede causar deficiencia. Correa *et al.*, (2008) evaluó el contenido de Ca, en muestras de pasto kikuyo cosechadas a los 32 y a los 58 días de rebrote, encontrando valores de 0.32% a los 32 días y 0.26% a los 58 días, este valor puede ser causado por la edad de corte. Zambrano (2013), reporta valores de Ca en

Trópico Alto de Nariño en praderas en mezcla superiores al 0.50%, resultados coincidentes con los encontrados en este estudio.

5.3.5 Fósforo (P)

Este macronutriente, presentó variación ($p < 0.05$) por zona de muestreo, encontrando valores en medios entre 0.37 y 0.41%. Al comparar los resultados de P obtenidos en el estudio de suelos, se puede decir que las condiciones del suelo, en especial del pH, contribuyó con la absorción de este mineral hacia la planta.

Correa *et al.*, (2008) reporta contenidos de P de 0.46%, en Antioquia, valores ligeramente más altos a los requerimientos para vacas Holstein en producción Miles (2000) sostiene que el incremento en el contenido de P puede ser causado por la aplicación intensiva de fertilizantes que presentan altas concentraciones de este mineral. En Nariño bajo las mismas condiciones de estudio se reportan valores de P entre 0.29 y 0.34%.

5.3.6 Magnesio (Mg)

Los resultados fueron significativos ($p < 0.05$) entre zonas de muestreo, con valores que oscilaron entre 0.20 a 0.28%, estos resultados son consecuencia de los bajos contenidos de este mineral presente en el suelo de esta investigación, además la absorción de Mg se ve limitada en la presencia de potasio y bajas temperaturas del suelo (Castro, 2013), otro factor que influye en el contenido de manganeso en el suelo es la textura, en suelos con presencia de arena es más frecuente la carencia de manganeso. (Ross, 2006).

Estudios muy similares a los reportados en este estudio son los de Zambrano, (2013) en el departamento de Nariño, quien reporta valores de Mg de 0.24 a 0.26%, y equiparables a los reportados por Miles (2000), Correa (2006b); Correa *et al.*, (2008).

5.4 COMPONENTE ANIMAL

5.4.1 Indicadores Metabólicos.

En la Tabla 9, se presentan los resultados de algunos componentes sanguíneos, los cuales por época resultaron diferentes ($p < 0.05$) Hematocrito, Hemoglobina, Proteína Total y Proteína en Leche.

Tabla 9. Indicadores sanguíneos del hato productor pastoreando una pradera en mezcla de Pradera en mezcla de Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), Trébol Blanco (*Trifolium repens*), Trébol Rojo (*Trifolium pratense*) y Falsa poa (*Holcus lanatus*).

VARIABLE	Pradera en mezcla de <i>Pennisetum clandestinum</i> , <i>Trifolium repens</i> , <i>Trifolium pratense</i> y <i>Holcus lanatus</i> .	
	Época 1	Época 2
Hematocrito %	42.17	41.40
Hemoglobina g/dl	14.13	13.96
Proteínas Totales g/dl	7.69	7.70
BUN mg/dl	17.87	18.00
Producción de leche (Litros)	5.472	5.396
Grasa %	4.28	4.10
Proteína %	2.81	2.83

5.4.1.1 Hematocrito

Según el análisis de varianza este indicador resulto diferente ($p < 0.05$) en las dos épocas de estudio, obteniendo valores máximos para la época 1 (lluvia) con 42.17% y para la época 2 (seco) con 41.40% rangos que se encuentran dentro de los parámetros normales para vacas en producción de leche (Ceballos, *et al.*, 2002). El incremento en este parámetro dentro de la época lluviosa indican que el balance aportado por las gramíneas y leguminosas fueron suficientes para cubrir los

requerimientos minerales que necesitan los animales, por el contrario, aunque los animales no fueron sometidos a estrés por escases de agua en la época seca, la disminución de hematocritos, pudo estar relacionada con la pérdida del componente acuoso del tejido sanguíneo (Betancur *et al.*, 2012), este parámetro indica que el balance entre el aporte de nutrientes por la dieta y su excreción bien sea por vía leche, orina o excretas fue adecuado.

Campos *et al.*, (2007) en un grupo de razas especializadas en producción de leche, bajo condiciones tropicales en Colombia, analizo los indicadores metabólicos, encontrando valores para hematocrito de 27%. El autor sostiene que existe una problemática evidenciada por el bajo valor de hematocrito, típica de cuadros de anemia subclínica. Zambrano (2013), para el Trópico Alto de Nariño, reporta valores para esta variable de 34%, normales para vacas productoras de leche. Dichos resultados conducen a afirmar que los animales evaluados en este estudio, no presentaban patologías causadas por el componente dietario.

5.4.1.2 Hemoglobina

También este componente fue diferente ($p < 0.05$) entre épocas de estudio, obteniendo el valor mayor para la época 1 (lluvia) 14.13 g/dl y para la época 2 (seca) 13.96 g/dl, la época de lluvia se asocia a la producción de forrajes de buena calidad y con ella incrementos en las concentraciones de hemoglobina como indicador del balance proteico en la ración (Payne, 1987). Los reportes de la época seca se ubican dentro de los rangos normales (Ceballos, *et al.*, 2002) indicando que la calidad de los forrajes no disminuye en esta época. La hemoglobina es el mejor indicador para medir la capacidad transportadora de oxígeno, requerido por la glándula mamaria para la producción de leche (Ramírez, 2006).

Zambrano (2013), en su estudio reporta valores de 12.56 g/dl, considerados normales para animales productores de leche en trópico de altura. Flórez, *et al.*, (1999), en estudios realizados en la Sabana de Bogotá, evaluó un grupo de vacas en lactancia, donde obtuvo valores de 11.78g/dl, la concentración de hemoglobina indico adaptación a las bajas tensiones de oxígeno atmosférico de la zona de

estudió. De allí que los resultados observados en esta investigación al resultar coincidentes con estudios realizados en zonas lecheras de Colombia permitan inferir que el aporte nutricional de las praderas en mezcla, posibilitan obtener un desempeño satisfactorio de las vacas en producción.

5.4.1.3 Proteína total

La proteína mostró variaciones ($p < 0.05$) entre las épocas de estudio, encontrando valores de 7.69g/dl, para la época lluviosa y 7.70g/dl, para la época seca, siendo normal al compararlo con los estándares para vacas productoras (Ceballos, *et al.*, 2002). Se encontraron mayores valores para la época seca y podría deberse a que para esta misma época, se encontraron los más altos contenidos de proteína presente en los forrajes consumidos por los animales. De igual manera un aumento en la concentración de proteínas obedece principalmente al incremento en la concentración de globulinas, ya que éstas son su principal fuente de variación (López, *et al.*, (2009). López, *et al.*, (2009) para el municipio de Guachucal del Departamento de Nariño, reporta valores de proteína total en vacas con lactancia entre 90 y 150 días, de 7.44mg/dl. Insuasty (2011), en estudios similares en la misma zona, encontró promedios de proteína de 6.18 y 6.55mg/dl. Es importante precisar que el nivel de proteína presente en la pradera en mezcla de pradera en mezcla de *Pennisetum clandestinum*, *Trifolium repens*, *Trifolium pratense* y *Holcus lanatus.*, garantiza satisfacer los requerimientos de mantenimiento y producción de los animales incluidos en esta investigación por tanto, los valores de proteína sanguínea son coincidentes con los encontrados en la literatura.

5.4.1.4 Proteína de la leche

Se detectaron diferencias ($p < 0.05$), entre épocas de estudio, con valores de 2.81% para la época 1 y 2.83 para la época 2, estos contenidos de proteína son considerados bajos y aunque la cantidad de proteína puede ser influenciada por el ambiente, la mayor atribución sobre este parámetro es genética. La raza Holstein durante las últimas décadas, ha sido sometida a un manejo buscando el incremento

en el volumen de producción, dejando de lado los contenidos proteicos de la leche (P.M.G, 2009). Vilorio (2007), en su estudio socioeconómico, reporta valores para Colombia de 2.84 % y para Nariño de 3.26%, el programa de Mejoramiento Genético de la Universidad de Nariño, en estudios realizados en los distritos lecheros del Trópico Alto de Nariño para la raza Holstein obtuvo promedios de 3.02%. Sin embargo, los resultados, no tienen valor en forma aislada, es decir, para el correcto diagnóstico del estado nutricional de los animales, deben relacionarse con los datos provenientes del análisis del alimento consumido, el estado general de los animales, su comportamiento productivo y el manejo al cual han sido sometidos (Oblitas, 2008).

5.5 Correlaciones entre las variables del suelo, la planta y el animal.

Tabla 10. Correlaciones entre las variables de suelo, planta y animal.

	HMT %	HEM g/dl	pH	MO	P Suelo	K Suelo	Ca Suelo	CIC	Dr	Da	PTN	FDA	Ca Forra a	P Forra a	Mg Forra
*HMT %	*														
*HEM g/dl	0,000	*													
pH	0,018		*												
MO %	0,045	0,068	0,001	*											
P mg/kg Suelo	0,161	0,087	0,068	0,366	*										
K mg/kg Suelo	0,586	0,625	0,346	0,299	0,876	*									
Ca mg/kg Suelo	0,040	0,349	0,010	0,430	0,927	0,041	*								
CIC	0,030	0,288	0,003	0,019	0,242	0,040	0,000	*							
Dr g/cc	0,472	0,856	0,625	0,012	0,330	0,738	0,114	0,510	*						
Da g/cc	0,697	0,416	0,439	0,772	0,623	0,381	0,091	0,857	0,001	*					
*PTN %	0,230	0,698	0,011	0,046	0,718	0,090	0,001	0,000	0,152	0,208	*				
FDA %	0,685	0,407	0,187	0,114	0,432	0,534	0,808	0,086	0,182	0,066	0,033	*			
Ca %	0,442	0,908	0,649	0,483	0,917	0,316	0,026	0,001	0,142	0,030	0,001	0,000	*		
P %	0,482	0,273	0,199	0,005	0,236	0,063	0,586	0,245	0,491	0,145	0,095	0,000	0,000	*	
Mg %			0,000	0,001	0,003	0,048	0,000	0,000	0,181	0,878	0,000	0,760	0,007	0,976	*

*Hmt: Hematocrito *Hem: Hemoglobina *PTN: Proteína

Como se puede apreciar en la tabla 10, el Hematocrito guarda relación positiva con Hemoglobina, lo que significa, que el estado de salud de los animales, al momento de la evaluación fue bueno y no presentaron ninguna patología que pudiera alterar los resultados de la investigación. La medida de estos indicadores hematológicos puede ser empleada como un indicador indirecto de la resistencia a la infestación parasitaria y cobra gran importancia como un criterio de evaluación de los animales

a ser seleccionados como reproductores, que sumado a los lineamientos zootécnicos, constituye un valor agregado para incrementar la rentabilidad de los hatos lecheros.

De igual manera, se encontró relación positiva entre los parámetros de pH, MO, Ca, CIC, proteína y P del forraje. En esta relación, la MO juega un papel muy importante ya que altos contenidos de esta, hacen que mejoren las propiedades del suelo como densidad, capacidad de retención de agua, pH, CIC, además de la reserva de nutrientes como N, P y S. Las excreciones de los animales, especialmente la orina, se realiza en forma de urea, que se convierte en amonio y nitratos, formas disponibles para los microorganismos del suelo, las heces, no disponible de forma inmediata, pero de igual manera deben ser mineralizadas por los microorganismos del suelo. El P es excretado principalmente por las heces y se reincorpora al suelo en forma inorgánica, que será aprovechado por la planta.

También existió correlación positiva entre DR y Da; esta relación permite calcular el porcentaje de porosidad presente en el suelo, estas características son estimadores de la compactación, grado de deterioro del suelo y crecimiento de las plantas. Valores de Da son influenciados por la MO, material parental que ha dado origen al suelo. Suelos derivados de cenizas volcánicas generalmente presentan Da entre 0.70 y 0.98 g/cc, valores inferiores a 1 gr/cm³ se obtienen normalmente en suelos orgánicos (Sustaita *et al.*, 2000). La DR de la capa arable está influenciada por la cantidad de MO presente en el suelo, a mayor contenido de MO menor variación se obtendrá en este parámetro (Sadeghian, *et al.*, 2004). Los pastos al realizar el cubrimiento del suelo, contribuyen a retenerlo con sus raíces reduciendo la erosión y contribuyendo a mejorar las condiciones físicas, haciéndolo más apto para la labranza y crecimiento de la plantas. La asociación de las gramíneas con leguminosas en las praderas de este estudio, pudo aumentar notablemente la capacidad de absorción y retención de agua del suelo debido a la combinación de los sistemas radiculares de las especies encontradas en ellas.

En el componente planta se evidencia la relación positiva entre la proteína de los forrajes consumidos por los animales y la FDA. La fibra juega un papel muy importante dentro de la alimentación de bovinos, es indispensable para mantener estimular el masticado, la rumia, funcionalidad ruminal y mantener un pH adecuado que permita la buena digestión del alimento y aprovechamiento de los nutrientes presente en él, especialmente la proteína (Arronis, 200). Las leguminosas presentes dentro de la pradera, aportan altos contenidos de proteína, por ser un forraje de alto valor nutritivo. Uno de los objetivos del pastoreo, es el reciclaje de los nutrientes, producto de las excreciones sobre la pradera y sumado a los planes de fertilización, incrementarán el contenido de proteína cruda mejorando la calidad de la dieta del animal.

Algunos autores reportan que un incremento en la oferta de forraje aumenta la producción de leche, concentración de proteína cruda y caseína (Auldist, *et al.*, 2000), mientras que otros estudios reportan únicamente incrementos en la producción (Álvarez, *et al.*, 2006).

6. CONCLUSIONES

La presencia de pastos naturalizados en la composición florística de la pradera, favoreció la producción y sostenibilidad de la biomasa durante todo el año para el hato lechero.

Las variables edáficas y composición de las pasturas, no revelaron cambios notables por efectos del pastoreo en el sistema rotacional del hato.

Adecuadas condiciones físico químicas del suelo, permiten un buen crecimiento y composición nutricional de los pastos naturalizados, utilizados en la ganadería de leche.

Las praderas en mezcla de Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), Trébol Blanco (*Trifolium repens*), Trébol Rojo (*Trifolium pratense*) y Falsa poa (*Holcus lanatus*), con un manejo apropiado, garantizan un buen estado de salud y producción del hato lechero.

La evaluación integral de los factores edáfico, vegetal y animal garantiza un análisis holístico que favorece la toma de decisiones acertadas en el sistema productivo de leche.

BIBLIOGRAFÍA

Agreda N.J. y Rivas P.D. 2009. Determinación de factores edafoclimáticos que intervienen en la producción y calidad del Pasto Saboya (*Holcus lanatus*) en condiciones de no intervención en la zona Andina del Departamento de Nariño a una altura comprendida entre 2500 – 2650 msnm. Tesis de pregrado, Universidad de Nariño.

AMÉZQUITA, E. 2003. La fertilidad física del suelo. En: Manejo integral de la fertilidad del suelo. Sociedad colombiana de la ciencia del suelo. Bogotá,. pp 164 – 176.

Alvarez H J, Dichio L, Pece M, Cangiano A and Galli J 2006 Effect of pasture allowance and energy supplementation upon dairy cows milk yield. Cien. Inv. Agri. Ciencia e Investigacion Agraria 33 (2): 86-88 <http://www.rcia.puc.cl/English/pdf/33-2/3-Effect.pdf>

Álvarez HJ., Dichio L., Pece M.A., Cangiano C.A y Galli J.R. 2006. Producción de leche bovina con distintos niveles de asignación de pastura y suplementación energética. Cien. Inv. Agr. 33(2): 99-107.

Álvarez C., Torres M., Chamorro D. y TABOADA M. 2009. Descompactación de suelos franco limosos en siembra directa: efecto sobre las propiedades edáficas y los cultivos. Cienc. Suelo., 27 (2), 159-169.

Apréaz G.J., Gálvez C.A., Tapia C.E., Jojoa L., León J., Zambrano J., Zambrano H.R., Obando V. y Aux M.Y. 2012. Determinación de los factores edafoclimáticos que influyen en la producción y calidad del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en condiciones de no intervención. Livestock Research for Rural Development. 24(3).

ANALAC. 2007. Asociación nacional de productores de leche. Memorias técnicas. Andina colombiana; En: Eventos y Asesorías Agropecuarias EU (ed.), Seminario

Arteaga J.C. y Navia J.F. 2009. Evaluación de algunas variables químicas en diferentes sistemas productivos y tiempos de uso en suelos del altiplano de Nariño, municipio de Pasto. Tesis de grado para optar al título de ingeniero agroforestal, Universidad de Nariño.

Arronis V.D. 2006. Sistemas intensivos de producción bovina. Alimentación. Instituto de Innovación y Transferencia en tecnología Agropecuaria.

ASOHOLSTEIN. 2009. Asociación Holstein de Colombia. Disponible en la página web: <http://www.holstein.com.co/>

Auldism M.J., Thomson N.A., Mackle T.R., Hill J.P y Prosser C.G. 2000. Effects of pasture allowance on the yield and composition of milk from cows of different β lactoglobulin phenotypes. *Journal of Dairy Science* 83:2069-2074
<http://jds.fass.org/cgi/reprint/83/9/2069.pdf>

Benavides H., Ruiz H. y Legarda L. 2000. Evaluación de algunos componentes de la fertilidad del suelo y su influencia en la dinámica nutritiva en suelos de clima frío en el Departamento de Nariño. *Revista de Investigaciones. Universidad de Nariño.* N°1, vol. 10 pp 111-126.

Betancourt H., Pezo D.A., Cruz J. y Beer J. 2007. Impacto bioeconómico de la degradación de pasturas en fincas de doble propósito en El Chal, Petén, Guatemala. *Pastos y Forrajes*, Vol. 30, No. 1.

Betancur H.C., Betancur H.C. y Vergara G.O. 2012. Concentración de macrominerales séricos y hematocrito en bovinos durante dos épocas del año en Montería, Colombia – REDVET Volumen 13 N° 8.
<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>

Bernal N., Montealegre, G., Ipaz S., Chaparro O., Ramírez L. 2007. Efecto de cuatro métodos de labranza sobre las propiedades físicas y la pérdida de suelo en la rotación papa-pastos en áreas de ladera en una región alto andina de Colombia. *Acta Agronómica.* 15 (3): 31 42.

Bernal, J. 1994. Pastos y forrajes tropicales. Bogotá, Colombia. Tercera edición.

Bouda J., Gutiérrez A., Salgado G., y Kawabata C. 2000. Monitoreo, diagnóstico y prevención de trastornos metabólicos en vacas lecheras. UNAM.

Burbano F y Cadena W. 2009. Determinación de las características edafoclimáticas que garantizan la producción y calidad nutritiva del pasto brasilero (*Phalaris sp*), en condiciones de no intervención, en un rango de altitud comprendida entre 3050 – 3300 m.s.n.m. en el municipio de Guachucal, departamento de Nariño.

Burbano H., Coral D., Unigarro A., Romo M. 2005. Evaluación de la calidad del recurso suelo en el parque nacional santuario de flora y fauna Galeras, sur de Colombia. Universidad de Nariño, San Juan de Pasto. 178 p.

Burbano F y Cadena W. 2009. Determinación de las características edafoclimáticas que garantizan la producción y calidad nutritiva del pasto brasilero (*Phalaris sp*), en condiciones de no intervención, en un rango de altitud comprendida entre 3050 – 3300 m.s.n.m. en el municipio de Guachucal, departamento de Nariño. Herrera y Amezcua (1989)

BURBANO, H. 1989. El suelo: una visión sobre sus componentes biorgánicos. Universidad de Nariño, Pasto Colombia. pp. 109-117.

Campos R.G., Cubillos C. y Rodas Á.G. 2007. Indicadores metabólicos en razas lecheras especializadas en condiciones tropicales en Colombia. Acta Agronómica, vol. 56, núm. 2, junio pp. 85-92. Universidad Nacional de Colombia.

Caro F y Correa H J 2006 Digestibilidad posruminal aparente de la materia seca, la proteína cruda y cuatro macrominerales en el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) cosechado a dos edades de rebrote. Livestock Research for Rural Development. Volume 18, Article # 10 Retrieved November 4, 2006, from <http://www.lrrd.org/lrrd18/10/caro18143.htm>

Castro H., Gómez M. 2013. Fertilidad de suelos y fertilizantes. Principios básicos, segunda edición. Sociedad Colombiana de la ciencia del suelo. Bogotá, D.C. pp217-298.

Cassol LC. 2003. Relacoes Solo-Planta-Animal Num Sistema de Integracao Lavoura-Pecuaria em Semeadura, DiretaComCalcarioNa Superficie. Tese de Doutorado. Universida de Federal Do Rio Grande do Sul.

Ceballos A., Villa N., Bohórquez A., Quiceno J., Jaramillo M y Giraldo G. 2002. Análisis de los resultados de perfiles metabólicos en lecherías del trópico alto del eje cafetero colombiano. Rev Col Cienc Pec. 2002;15: 26-35.

CORPONARIÑO. 2009. Corporación autónoma regional de Nariño. Plan de acción trienal 2007-2009.

Correa C.H.J., Pabón R.M.L y Carulla F.J.E. 2008. Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): I - Composición química y digestibilidad ruminal y posruminal. Livestock Research for Rural Development. Volume 20, Article #59. from <http://www.lrrd.org/lrrd20/4/corra20059.htm>

Correa H.J. 2006^a. Posibles factores nutricionales, alimenticios y metabólicos que limitan el uso del nitrógeno en la síntesis de proteínas lácteas en hatos lecheros de Antioquia Livestock Research for Rural Development. Volume 18, Article #43 Retrieved junio 17, 2006, from <http://www.lrrd.org/lrrd18/3/corr18043.htm>

Correa H.J. 2006b. Cinética de la liberación ruminal de macrominerales en pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) cosechado a dos edades de rebrote. Livestock Research for Rural Development. Volume 18, Article # 31 Retrieved junio 17, from <http://www.lrrd.org/lrrd18/2/corr18031.htm>

Charry J. 1987. Naturaleza y propiedades físicas de los suelos. Palmira: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. p. 244.

De Santa Olalla M. y Valero, J.A. 1992. Agronomía del riego. España. 732p.

Diaz G., RUIZ M. y CABRERA J. 2009. Modificaciones a las propiedades físicas del suelo por la acción de diferentes prácticas productivas para cultivar arroz (*Oryza sativa* L.).cultrop. 30 (3).
Thompson (1988

Erika N.J. y Fuelantala C.F. 2012. Cuantificación del carbono almacenado en cinco usos de suelo en fincas ganaderas, municipio de Guachucal, departamento de Nariño. Tesis de grado para optar al título de ingeniero agroforestal, Universidad de Nariño.

Estupiñan L.H., Gómez J.E., Barrantes V.J. y Limas L.F. 2009. Efecto de actividades agropecuarias en las características del suelo en el páramo el Granizo, (Cundinamarca – Colombia). Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica 12 (2): 79-89

FEDEGAN. 2006. Federación Nacional de Ganaderos de Colombia. Plan estratégico de la ganadería colombiana. Pega 2019, Bogotá.

Flórez H.D., Alvarez M.B. y Gutiérrez A. 1999. Efecto de la gestación, parto y lactancia en la función hemática y hepática de vacas Holstein en condiciones tropicales. Revista CORPOICA.Vol. 3 N° 1.

Gavilan, M. 2004. Tratado de cultivo sin suelo. España: Mundi-prensa. p 122.

Gaviria P.A y Villareal E.A. 2003. Efecto de las prácticas de zanjas fértiles y siembra de abono verde sobre propiedades físicas y productivas de dos suelos

degradados del municipio de Pasto. Tesis de grado para optar al título de ingeniero agronómica, Universidad de Nariño. 2003.

Gil J.L., Espinoza Y. y Obispo N. 2005. Relaciones Suelo-Planta-Animal en Sistemas Silvopastoriles. INIA-CENIAP.

Gómez R. 1999. Estudios para la recuperación de la fertilidad del suelo y conservación de su capacidad productiva a través del manejo del manejo integrado con énfasis en incorporación de materia orgánica y rotación de cultivos como alternativa de competitividad en la Hoya del Río Suárez. Barbosa, CORPOICA.

Guerrero, J. 1998. Génesis de Suelos Sódicos en Diferentes Ambientes Edafoclimáticos de Venezuela. Tesis Doctoral, Universidad Central de Venezuela, Maracay. Aragua, Venezuela.

Herrera, MC. 2006. Suelos derivados de cenizas volcánicas en Colombia: estudio fundamental e implicaciones en ingeniería. Tesis de doctorado en ingeniería. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.

Holman F. y Lascano C. 2000. Sistemas mejorados de alimentación basados en leguminosas forrajeras para ganado de doble propósito en fincas de pequeños productores de América Latina Tropical. Capitulo libro Sistemas de Alimentación con leguminosa para intensificar fincas lecheras. p.15-16.

ICA. 1992. Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación. Manual de asistencia técnica 25. Centro de investigaciones TIBAITATA. Produmedios. 64P

IGAC. 1986. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Estudio semidetallado de suelos de la parte plana y general de la parte quebrada de los municipios del sur del cesar. República de Colombia.

IGAC. 2000. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Disponible En: www.igac.gov.co.

IGAC. 2008. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Disponible En: www.igac.gov.co.

INECC. Instituto Nacional de ecología y cambio climático. Disponible en <http://www.inecc.gob.mx/index.php>

Insuasty E.G. 2011. Efecto del arreglo silvopastoril Aliso (*Alnus acuminata* kunth) y Kikuyo (*pennisetum clandestinum* H.) sobre el comportamiento productivo en

novillas Holstein en el altiplano del Departamento de Nariño. Maestría en Ciencias Agrarias. Pasto, Colombia p 1-105.

INTA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Normas para analizar forrajes, reservas y suplementos. Estación Experimental Agropecuaria Bordenave. Sitio argentino de producción animal. http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_en_general/22-normas.pdf

Jaramillo D. 2004. El recurso suelo y la competitividad del sector agrario Colombiano. Competitividad del sector Agrario Colombiano: Posibilidades y Limitaciones. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.

Jaramillo J. 2001. Ciencia del suelo. Notas de calase, Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería. p 69.

Lal R. 1994. Methods and guidelines for assessing sustainable use of soil and water resources in the tropics, soil management support services, soil conservation service, U.S. Department of Agriculture, The Ohio State University, Department of Agronomy, SMSS Technical Monograph N° 21.

Lascano C.E. y Ávila P. 1991. Potencial de producción de leche en pasturas solas y asociadas con leguminosas adaptadas a suelos ácidos. Pasturas Tropicales. 13(3):2-10

León J., Mojica J.E., Castro E., Cárdenas E., Pabón M.L. y Carulla J.E. 2007. Balance de nitrógeno y fósforo de vacas lecheras en pastoreo con diferentes ofertas de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y suplementadas con ensilaje de avena (*Avena sativa*). Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Trabajos presentados: Nutrición y alimentación animal (monogástricos) Volume 20 (4): 615 http://rccp.udea.edu.co/v_actual/

León J y Zambrano D. 2008. Determinación de los factores edafoclimáticos que intervienen en la producción y calidad nutritiva del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoeschst) en condiciones de no intervención en el municipio de Pasto, Departamento de Nariño. Tesis de grado Zootecnista, Facultad de Ciencias Pecuarias, Universidad de Nariño. p 25.

Lok, S. & Crespo, G. 2006. Estudio y selección de indicadores de la estabilidad en el sistema suelo-planta de pastizales en explotación. Informe técnico CITMA - Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. 35 pp.

López E., Ortiz J. y Salas S. 2009. Estudio comparativo de perfiles metabólicos de vacas lecheras en tres etapas de producción, en dos fincas con diferentes sistemas de fertilización de praderas en el municipio de Guachucal, departamento de Nariño. Universidad de Nariño. Especialización en salud y producción sostenible del hato lechero. Pasto, Colombia p 21-43.

López I., Hodgson J., Hedderley D., Valentine I. y Lambert M. 2003. Selective defoliation by sheep according to slope and plant species in the hill country of New Zealand. *Grass and Forage Science* 58: 339–349.

López D., Hernandez R. y Brossard M. 2005. Historia del uso reciente de tierras de las sabanas de América del sur. *Estudios de casos en sabanas del Orinoco. INCI.* 30 (10): 623-630.

Lora R. 2013. Propiedades químicas del suelo. Principios básicos, segunda edición. Sociedad Colombiana de la ciencia del suelo. Bogotá, D.C. pp 143–207.

Lorna R. 2001. Factores que afectan la disponibilidad de nutrientes para las plantas. En: Siulva, F. ed. *Fertilidad de suelos, diagnóstico y control.* Editorial Guadalupe Ltda. Bogotá. p.29-57.

Mallarino, A.P. 2012. Department of Agronomy, Iowa State University - Ames, Iowa, EE.UU. Correo electrónico: apmallar@iastate.edu. Traducción al español del trabajo presentado en el XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo - XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. 16-20 de Abril de 2012. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.

Medina L. 1980. Rendimiento, composición química y digestibilidad *in vitro* del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoeschst). pp 2-5.
[URL:http://fao.org/noticias/2000/000501](http://fao.org/noticias/2000/000501)

Mendoza. 2007. Pasturas: Los Múltiples Propósitos de la Fertilización. Biblioteca de fertilidad y fertilizantes en español.

Miles N, Thurtell L and Riekert S 2000 Quality of Kikuyu herbage from pastures in the Eastern Cape coastal belt of South Africa. *South African Journal of Animal Science* 30 (Supplement 1): 85 – 86.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia MADR, 2009.

Minson J.D. 1990. Forage in ruminant nutrition. Academic Press. San Diego, CA.

Moncayo O. y Acosta W. 2002. Valor nutritivo del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoesch) bajo dos sistemas de labranza y diferentes niveles de fertilización orgánica y/o mineral en zonas de ladera. Trabajo de grado (Zootecnia). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias.

Mora M.G., Ordaz CH., 2001. Sistema de labranza y sus efectos en algunas propiedades físicas en un vertisol, después de cuatro años de manejo. Terra Latinoamericana, Vol 19, N° 001.. Chapingo – México. pp 67 - 74.

Muñoz C., Ovalle C y Zagal E. 2005. Distribution of soil organic carbon stock in an alfisol profile in mediterranean chilean ecosystems. Soil organic carbon in Mediterranean ecosystems 7 (1) 2007 (15-27).

Murcia C.I. 2005. Impacto Medioambiental de las Actividades Agrícolas y Ganaderas. Modulo 2. Disponible en Internet desde: <http://www.arrakis.es/coag-irm/cd.htm>

Murillo J.C. 2001. Organic carbon content under different types of land use and soil in peninsular Spain. Biol. Fértil. Soils 33:53–61.

Naranjo H. 2002. Evaluación nutricional del pasto kikuyo a diferentes edades de corte; Despertar Lechero (Colombia) 20: 149 – 167.

NRC. 2001. National Research Council. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. National Academy Press. Washington, D. C. 381p.

Nissen J.M., Quiroz C.S., Seguel O.S., Mac Donald R.H y Ellies A.Sch (In Memoriam). 2006. Flujo Hídrico no Saturado en Andisoles. [Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal](#). versión On-line ISSN 0718-2791. v.6 n.1.

Obando F. 2000. Indicadores de degradación estructural en suelos de agricultura intensiva del piedemonte llanero. En: Suelos Ecuatoriales.30 (2): 167 – 178 pp.

Oblitas F.G. 2008. Uso de los perfiles Metabólicos en el Diagnóstico y Prevención de Trastornos Metabólicos y Nutricionales en Vacas Lecheras de la Campiña de Cajamarca. Curso seminario avanzado de Investigación.

Payne J.M. y Payne S. 1987. The metabolic profile test. Oxford University Press,. 179p

P.M.G.A. 2009. Programa de Mejoramiento Genético. Convenio Universidad de Nariño, Colácteos y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Web: <http://promegalac.udenar.edu.co>.

Pariani S. 2005. Relación agua-suelo-planta - Efectos del agua sobre el rendimiento. Tesis Universidad Nacional de Luján, departamento de tecnología. carrera de Ingeniería Agronómica.

Peters M., Franco I., Schmidt A. y Hincapié B. 2003. Especies Forrajeras Multipropósito: Opciones para productores de Centroamérica. Publicación CIAT N° 333. Cali, Colombia. 113p.

POT. 2008. Plan de Ordenamiento Territorial Municipio de Tangua.

Ramírez L. y Venezuela T. 2006. Los eritrocitos en producción animal. Mundo Pecuario, Vol. II, N° 2, 35-36, 2006. lilidor@ula.ve

Rodríguez M. 1984. Influencia de la reducción de operaciones de labranza sobre algunas propiedades físicas del suelo, erosión y escorrentía. Trabajo de grado, Universidad Nacional. Programa de estudios para graduados en ciencias agrícolas, Bogotá Colombia.

Rodríguez, A V. 1990. Producción, reproducción y productividad del ganado Holstein en el estado de nueva jersey, estados unidos. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias Caracas, Venezuela.

Ross, M. 2006. El magnesio en el cultivo del cereal. Disponible en www.kali-gmbh.com. [[Links](#)]

Ruiz, T. E., Febles, G., Jordán, H., Castillo, E., Mejías, R & Crespo, G. 2006. Sistemas silvopastoriles. Conceptos y tecnologías desarrolladas en el Instituto de Ciencia Animal de Cuba. En: Fisiología, producción de biomasa y sistemas

silvopastoriles en pastos tropicales. Abono orgánico y biogás. Tomo II. Ed. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. p. 311

Sadeghian S., Rivera J.M y Gómez M.E. 2004. Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia. Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica.

SADN. 2004. Secretaria de Agricultura Departamental de Nariño.

Salamanca L.A. y Sadeghian K.H. 2005. La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera Colombiana. Cenicafé 56(4):381-397.

Sánchez J.M. 2007. Utilización eficiente de las pasturas tropicales en la alimentación del ganado lechero. XI Seminario de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal. Barquisimeto, Venezuela. Singh, R. y Pathak, R. 2003. Response of wheat (*Triticum aestivum*) to integrated nutrition of K, Mg, Zn, S and biofertilization. Journal of the Indian Society of Soil Science. 2003, vol. 51, nº 1, pp. 56-60.

Sánchez T., Lamela L. y López O. 2007. Caracterización de la comunidad vegetal en una asociación de gramíneas mejoradas y *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham. Pastos y Forrajes, Vol. 30, No. 4, 2007.

Sánchez T., Pedraza R., Mayes B. y Øskorv B. 2009. Determinación de compuestos hidrocarbonados en la pared celular de *P. maximum* y *L. leucocephala* en silvopastoreo. Pastos y Forrajes, Vol. 32, No. 3.

Sánchez T., Lamela L., Valdés R. y López O. 2006. Evaluación de los indicadores productivos de vacas Holshtein en pedestales. Pastos y Forrajes, Vol. 29, No. 1, 2006, p. 51.

Soriano S.M y Pons M.V. 2004. Prácticas de Edafología y Climatología. México D. F: Alfaomega Grupo Editor. p 33, 35, 38.

SQI. 1999. Soil Quality Institute. Soil quality test kit guide. USDA. Washington D. C. 82 p.

Sustaita R., Fidencioordaz C., Ortiz C., León F. 2000. Cambios en las propiedades físicas de dos suelos de una región semiárida debidos al uso agrícola. Agrociencia 34 (004): 379-386

Tapia C.E. y Rivera C.C. 2010. Determinación de los factores climáticos y edáficos que intervienen en la producción y calidad nutritiva del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoeschst) en condiciones de no intervención en el municipio de Guachucal, departamento de Nariño. Pasto - Colombia. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Zootecnia.

Tobón J.H. y S.F. 1970. Cómo tomar una buena muestra de suelo. ICA, Santafé de Bogotá.

Unigarro A. y Carreño M. 2005 Métodos químicos para el análisis de suelos. Pasto, Universidad de Nariño. pp. 9-32

Unigarro A., Insuasty R., Chavez G. 2009. Manual de prácticas de laboratorio, Suelos generales. Universidad de Nariño. Pasto Nariño, p 125

Van Soest, J. P. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd. Ed. Comstock Publishing Associates. Ithaca, N. Y. U. S. A. 476p.

Vargas L.B. 2000. Bioeconomic modelling to support management and breeding of dairy cows in Costa Rica. Ph.D. thesis. The Netherlands, Wageningen University. 187 p.

Velásquez, H., MENJIVAR J.C., ESCOBARC J. 2007. Identificación de suelos susceptibles a riesgos de erosión y con mayor capacidad de almacenamiento de agua. Acta Agron. 56 (3).

Viloria J. 2007. Economía del Departamento de Nariño: ruralidad y aislamiento geográfico. Banco de la República, Centro de Estudios Económicos Regionales (CEER) - Cartagena Colombia. P. 87.

Zambrano B.G.L. 2013. Evaluación de la relación suelo-planta-animal a través de la producción y calidad composicional de la leche en Catambuco, Nariño. Trabajo de grado Maestría en Ciencias Agrarias Énfasis en Producción de Cutivos. Universidad de Nariño.

ANEXO 1

Análisis de varianza de algunas variables químicas (pH, MO, P, K, Ca, Mg, CIC) por época y zona de muestreo.

<i>Variables</i>	Pradera en mezcla de <i>Pennisetum clandestinum</i>, <i>Trifolium repens</i>, <i>Trifolium pratense</i> y <i>Holcus lanatus</i>.			
	Probabilidad entre zonas		Probabilidad entre épocas	
	<i>Pradera en Mezcla</i>	<i>CM</i>	<i>Pradera en Mezcla</i>	<i>CM</i>
pH	0.0000**	1.0427	0.4406	0.265751
MO%	0.0000**	4.09364	0.6854	0.264935
Fósforo mg/kg	0.0050**	948.586	0.7253	0.246984
Potasio Cmol ⁺ /kg	0.0190**	1.26148	0.1294	0.311565
Calcio Cmol ⁺ /kg	0.0000**	7.79703	0.1956	0.289714
Magnesio Cmol ⁺ /kg	0.2841	0.6348	0.1573	0.234615
CIC Cmol ⁺ /kg	0.0000**	32.1477	0.0576	0.346825

ANEXO 2

ANEXO 3. Análisis de varianza de algunas variables físicas (porosidad, Da y DR) por época y zona de muestreo.

Variables	Pradera en mezcla de <i>Pennisetum clandestinum</i>, <i>Trifolium repens</i>, <i>Trifolium pratense</i> y <i>Holcus lanatus</i>.			
	Probabilidad entre zonas		Probabilidad entre épocas	
	Pradera en Mezcla	CM	Pradera en Mezcla	CM
Porosidad %	0.7333	2.17551	0.141867	0.330357
DR (g/cc)	0.2359	0.00057	0.37658	0.252778
Da (g/cc)	0.2711	0.009175	0.4670	0.262054

ANEXO 3

Análisis de varianza de las variables productivas de la pradera en mezcla por época y zona de muestreo.

Variables	Pradera en mezcla de <i>Pennisetum clandestinum</i> , <i>Trifolium repens</i> , <i>Trifolium pratense</i> y <i>Holcus lanatus</i> .			
	Probabilidad entre zonas		Probabilidad entre épocas	
	Pradera en Mezcla	CM	Pradera en Mezcla	CM
Proteína %	0.0000**	37,2406	0.183333	0.229167
FDN %	0,1052	2,24333	0.98752	0,385763
FDA %	0.0000**	575,974	0.4873	0.26530
Calcio %	0.0000**	0,1132	0.273645	0.273643
Fosforo %	0.0000**	0,0052	0.37456	0.674673
Magnesio %	0.0000**	0,2128	0.4839	0.439498

ANEXO 4

Análisis de varianza de los perfiles metabólicos de sangre y leche por época de estudio.

Variable	Pradera en mezcla de <i>Pennisetum clandestinum</i> , <i>Trifolium repens</i> , <i>Trifolium pratense</i> y <i>Holcus lanatus</i> .	
	Probabilidad entre épocas	
	Pradera en Mezcla	CM
Hematocrito %	0,0118**	172,1
Hemoglobina g/dl	0,0003**	35,82
Proteínas totales g/dl	0,0000**	4,88
BUN mg/dl	0,9231	0,61
Grasa %	0,3522	3,14
Proteína de la leche %	0,0375**	0,02

ANEXO 5

Datos de retención de humedad

succion	Kpa	ALTO	MEDIO	BAJO
		H.v. (%)	H.v. (%)	H.v. (%)
0cm sat	0	78,70	79,10	74,85
25cm	2,5	58,97	56,17	55,51
50cm	5,0	46,05	43,13	42,50
75cm	8,0	45,26	42,58	41,52
100cm	10,0	40,03	38,19	36,90
0,3 bar	34,6	21,46	20,65	20,71
1 bar	100,0	21,02	20,21	20,26
3 bar	306,0	19,31	18,65	19,14
5 bar	512,9	18,10	17,32	17,81
10 bar	1000,0	15,03	14,21	14,85
15 bar	1500,0	12,12	11,53	11,51