

**CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD LECHERA DE UNA EMPRESA
GANADERA A TRAVÉS DE FACTORES EDAFICOS, CLIMÁTICOS,
BROMATOLÓGICOS Y METABÓLICOS EN EL MUNICIPIO DE PASTO
COLOMBIA**

LUIS EDUARDO ENRÍQUEZ ORDÓÑEZ

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS
ÁREA DE ÉNFASIS PRODUCCIÓN ANIMAL
SAN JUAN DE PASTO
2013**

**CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD LECHERA DE UNA EMPRESA
GANADERA A TRAVÉS DE FACTORES EDAFICOS, CLIMÁTICOS,
BROMATOLÓGICOS Y METABÓLICOS EN EL MUNICIPIO DE PASTO
COLOMBIA**

LUIS EDUARDO ENRÍQUEZ ORDÓÑEZ

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Magister
en Ciencias Agrarias con Énfasis en Producción Animal**

**Director de trabajo:
JOSE EDMUNDO APRÁEZ GUERRERO, Zoot., MSc., Ph.D .**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS
ÁREA DE ÉNFASIS PRODUCCIÓN ANIMAL
SAN JUAN DE PASTO
2013**

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado son responsabilidad exclusiva de los autores”

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

Nota de aceptación

OLGA LUCIA ROSERO A MSc PhD
Jurado delegado

EFREN GUILLERMO INSUASTY S MSc
Jurado

JORGE ALBERTO VELEZ LOZANO MSc
Jurado

JOSE EDMUNDO APRÁEZ GUERRERO, Zoot. MSc., PhD
Presidente

San Juan de Pasto, Julio de 2013

AGRADECIMIENTOS

José Edmundo Apráez Guerrero

Zootecnista, MSc., PhD

Olga Lucia Rosero A

Zootecnista, MSc PhD

Efren Guillermo Insuasty

Zootecnista, MSc

Jorge Alberto Velez Lozano

Ingeniero Forestal, MSc

Rosa Lila Pereira Tupaz

Zootecnista, MSc

DEDICATORIA

- A MIS PADRES: A la memoria de mi padre. A mi madre que ha permanecido constante a mi lado en los momentos más difíciles de mi vida.
- A NINA PAOLA: Porque supo ser una buena mamá para mis hijos y se quedó con ellos sacrificando sus propias oportunidades.
- A JULIAN, NICOLAS Y MELISSA: Porque son el alma de mi vida.
- A LA ING. MAILY ERASO: Porque llegó en el momento justo y con sus consejos y apoyo supo mantenerme en línea recta hacia este objetivo
- A MIS HERMANOS Y SOBRINOS

RESUMEN

La investigación se desarrolló en el departamento de Nariño, municipio de San Juan de Pasto, en la vereda La Carolina, a una Latitud Norte de $1^{\circ} 11'$ y una Longitud Oeste de $77^{\circ} 16'$; altura de 2600 msnm, temperatura promedio de 14°C , precipitación promedio anual de 790 mm y una humedad relativa del 73%

El objetivo fue caracterizar la productividad lechera de una empresa ganadera a través de factores edáficos, climáticos, bromatológicos y metabólicos durante un periodo de 30 días.

Para el desarrollo de la investigación, el componente animal estuvo formado por un grupo de 6 hembras bovinas de la raza Holstein Friesian, dos en cada uno de los tercios de la lactancia y se distribuyeron en dos grupos experimentales: el primero T1 recibió pasto kikuyo + concentrado comercial y el segundo T2 recibió pasto kikuyo únicamente. Las mediciones se hicieron en tres tiempos: $t_1 = 0$ días; $t_2 = 15$ días y $t_3 = 30$ días. Se utilizó una pradera de dos hectáreas de pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov) con 60 días de recuperación.

Se realizó análisis físico, químico y biológico del suelo, se estableció el comportamiento agronómico y bromatológico de la pradera.

Se identificaron los perfiles metabólicos de las hembras bovinas en fase de lactancia y se midió la producción de leche, las diferencias de peso y la calidad composicional de la leche. Los valores encontrados se evaluaron utilizando un análisis de medias repetidas mediante el PROC MIXED de SAS 9.0. El análisis comparó los dos tratamientos T1 (Kikuyo + Concentrado) y T2 (Kicuyo) en los tres momentos en los que se hicieron los muestreos y además se comparó los tiempos (t_1 vs t_2 ; t_1 vs t_3 ; t_2 vs t_3)

La información obtenida para variables climáticas, edáficas, bromatológicas, y perfiles metabólicos fue procesada mediante Coeficientes de Correlación de Pearson y Análisis Multivariado de Componentes Principales (ACP) a partir de la matriz de correlaciones utilizando el PRINCOMP Procedure de SAS 9.0.

El análisis físico, químico y biológico, estableció que el suelo de la pradera experimental se encuentra entre los rangos considerados como aceptables para este tipo de cultivos en Colombia, al igual que el comportamiento agronómico y bromatológico de la pradera experimental.

El análisis de medias repetidas de los metabolitos analizados, la producción y calidad composicional de la leche y la diferencia de pesos no presentaron diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre tratamientos; pero se presentaron diferencias ($p < 0.05$) entre tiempos para algunos de los metabolitos:

Colesterol (t1 vs t3), esto se debió al estado de preñez en el que se encontraban tres de los animales durante la investigación; BUN (t1 vs t2 y t2 vs t3), se explica porque durante el periodo de evaluación se registró un déficit en el consumo de energía con relación a los requerimientos para la fase y para el nivel de producción registrado en los primeros días de la investigación; FAL (t1 vs t2 y t1 vs t3), aunque los resultados se encuentran entre los valores de referencia cabe la posibilidad de obstrucción biliar puesto que en la finca donde se desarrolló la investigación hay antecedentes de Distomatosis Hepática; Sodio (t1 vs t3) debido a que en t1 los niveles de producción de leche fueron más altos y con esto, mayor la excreción de sodio en leche; calcio (t1 vs t2 y t2 vs t3), se explica porque en bovinos de alta producción, el inicio de la lactancia provoca un aumento en la demanda de calcio y por consiguiente cambios en la homeostasis del mismo, lo que se traduce en niveles bajos de calcio en sangre; fósforo (t1 vs t2 y t2 vs t3) debido a varias razones, la forma del fósforo en sangre, la influencia directa que tiene la ingesta de este mineral, la sinergia y el equilibrio de las cantidades que ingresan y se excretan del organismo y a la gran cantidad de fósforo que se recicla por medio de la saliva y el rumen para la reabsorción intestinal.

Para el ACP se seleccionaron las variables con coeficientes de variación inferiores al 20% dejando fuera del análisis a las variables: GGT, FAL, UFC y precipitación. Al seleccionar aquellos autovalores mayores que uno, se puede observar que el total de las 34 variables evaluadas se explicaron en un 87,76% mediante cinco (5) nuevas variables o componentes principales.

El primer componente que para el estudio se ha denominado Dieta explicó el 54.91%, agrupó a la mayor parte de los componentes del alimento consumido y los relacionó positiva y negativamente con algunos metabolitos. El segundo, llamado Producción de Leche explicó el 12%, se relacionó con la calidad composicional de la leche y con variables climatológicas como la velocidad del viento y la temperatura.

El tercero, Sólidos Totales de la Leche aportó al análisis el 8.36% y relacionó la producción de leche con el balance energía – proteína, variables climáticas como la humedad, la temperatura y la velocidad del viento y la proteína láctea como uno de los componentes más importantes de la fracción de los ST.

El cuarto, Viento y Humedad Relativa explicó el 7.66% y estuvo relacionado con la influencia que el viento y la humedad relativa ejercen sobre varios de los metabolitos a través de la sensación térmica y las adaptaciones fisiológicas que hace el animal para termoregularse. El quinto llamado Potasio aportó el 4.83% y agrupó variables de vital importancia como el sodio en la llamada bomba Na/K-ATPasa; la acción del potasio sobre el colesterol sanguíneo; sobre el metabolismo de los glúcidos y sobre posibles daños hepáticos que se hacen evidentes o no, con la determinación de los niveles de ALT sanguíneos.

ABSTRACT

The research was conducted in the department of Nariño, municipality of San Juan de Pasto, a North Latitude 1° 11'; West Longitude 77° 16'; height of 2600 m., average temperature of 14°C, average annual precipitation 790 mm and a relative humidity of 73%

The aim was to characterize the milk productivity of Cattle Company through soil factors, climatic, chemical composition analysis, metabolic profiles, for 30 days.

For the development of research, the animal component was formed by a group of six dairy cattle of the Holstein Friesian race, two in each of stages of lactation and distributed into two experimental groups: the first T1, received kikuyu grass + commercial concentrate; and the second T2, received only kikuyu grass. Measurements were taken three times: t1 = 0 days, t2 = 15 days and t3 = 30 days; will use two hectare of Kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum* Ex Chiov Hoechst) with 60 days of age.

Analyzed the soil, physical chemistry and microbiologically, established the agronomic performance of the grassland and compositional analysis also.

Metabolic profiles were identified from female cows in lactation stage and measured milk production, weight differences and compositional quality of milk. The values found was evaluated using means analysis repeated by SAS 9.0 PROC MIXED. This analysis compared the two treatments: T1 (Kikuyo + Concentrate) and T2 (Kicuyo) at the three time in which sampling was and also compared the times (t1 vs t2, t3 vs t1, t2 vs. t3).

The information obtained for variables: climatic, edaphic, bromatological, and metabolic profiles was processed using Pearson correlation coefficients and multivariate Principal Component Analysis (PCA) from the correlation matrix using the SAS 9.0 PRINCOMP Procedure.

The physical, chemical and biological analysis, established that the ground is among the range considered acceptable for this type of crop in Colombia, similarly, the agronomic behavior and compositional analysis of the experimental grassland.

Analysis repeated means of metabolites analyzed production and compositional quality of milk and the weight difference not statistically different ($p > 0.05$) between treatments; but presented differences ($p < 0.05$) between times for some of the metabolites:

Cholesterol (t1 vs t3), this was due to the state of pregnancy in which were three of the animals during the investigation, BUN (t1 vs t2 and t2 vs. t3), This is because

during the test period was a deficit in energy consumption with respect to the requirements for the phase and the production level in the early days of the investigation; FAL (t1 vs t2 and t1 vs t3), although results were among the reference values it is possible biliary obstruction since in the farm, where the research was conducted, there is a history of liver flukes; sodium (t1 vs t3) because in t1 the milk production levels were higher, and with this, the sodium excretion in milk was higher; calcium (t1 vs. t2 and t2 vs t3), is explained in dairy cows, the early lactation causes an increased demand for calcium, and therefore, changes in calcium homeostasis, which results in levels low blood; phosphorus (t1vs t2 and t2 vs t3) this is explained by several reasons, the form of phosphorus in the blood, direct influence that has the intake of this mineral, synergy and balance of the quantities that enter the body and are excreted and the large amount of phosphorus that is recycled through the saliva and the rumen for intestinal absorption.

For PCA, variables were selected with coefficients of variation lower than 20%, leaving out the analysis to variables: GGT, FAL, UFC and precipitation. By selecting those eigenvalues greater than one, it was observed that the total of the 34 variables evaluated were explained by 87.76% through five (5) new variables or principal components.

The first component, which is called Diet, explained the 54.91%. Grouped most components of food consumed and related positively and negatively with some metabolites.

The second component, called Milk Production explained 12%, was related to the compositional quality of milk and climatic variables such as wind speed and temperature.

The third component, called Total Solids of Milk (TS), contributed to the analysis the 8.36% and associated milk production with the balance energy - protein, climatic variables such as humidity, temperature and wind speed and the milk protein as one of the most important components of the fraction of the TS.

The fourth component, called Wind and Relative Humidity, explained 7.66% and was related to the influence of wind and relative humidity exert on various metabolites through thermal sensation and physiological adaptations that makes the animal to thermoregulation.

The fifth component, called Potassium, accounted for 4.83% and grouped vital variables such as sodium in the integral membrane protein Na / K-ATPhosphatase; the action of potassium on cholesterol blood, on the carbohydrates metabolism and possible liver damage is evident or not, with the determination of ALT levels blood.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	22
1. REVISIÓN DE LITERATURA	23
1.1 GANADERÍA DE LECHE EN COLOMBIA.....	23
1.2 VARIABLES CLIMÁTICAS	23
1.2.1 Temperatura.	24
1.2.2 Humedad relativa.	24
1.2.3 Velocidad del viento.	24
1.2.4 Precipitación.	25
1.2.5 Luz.....	25
1.3 CARACTERÍSTICAS EDAFOLÓGICAS.....	25
1.3.1 Propiedades físicas del suelo	25
1.3.1.1 Porosidad.	25
1.3.1.2 Penetrabilidad.....	26
1.3.1.3 Compactación.	26
1.3.1.4 Infiltración.	27
1.3.1.5 Densidad aparente	27
1.3.2 Propiedades químicas del suelo.....	27
1.3.2.1 Materia orgánica	27
1.3.2.2 pH del suelo.....	27
1.3.2.3 Capacidad de intercambio catiónico.	28
1.3.2.4 Nitrógeno.....	28
1.3.2.5 Fósforo	28
1.3.2.6 Potasio.	29
1.3.2.7 Calcio.	29
1.3.2.8 Magnesio.....	29
1.3.2.9 Azufre.	30
1.3.3 Factores biológicos del suelo.	30

1.4	CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS Y BROMATOLÓGICAS DEL PASTO KIKUYO (<i>Pennisetum clandestinum</i> Hoechst Ex Chiov)	31
1.4.1	Agronómicas.	31
1.4.2	Bromatológicas.	32
1.5	PERFILES METABÓLICOS	33
1.5.1	Metabolitos asociados al metabolismo energético del rumiante:.....	34
1.5.1.1	Glucosa sanguínea.	34
1.5.1.2	Colesterol.	34
1.5.1.3	Cuerpos cetónicos.	35
1.5.2	Metabolitos asociados al metabolismo proteico, nitrogenado y hematocrito del rumiante.	35
1.5.2.1	Urea.	35
1.5.2.2	Nitrógeno Ureico en Sangre (BUN).	36
1.5.2.3	Proteínas Totales.	36
1.5.2.4	Albumina.	37
1.5.2.5	Creatinina.	37
1.5.3	Metabolitos asociados a la función hepática	37
1.5.3.1	Gamma Glutamil Transferasa (GGT).	37
1.5.3.2	Alanina Aminotransferasa GPT (ALT)	38
1.5.3.3	Fosfatasa Alcalina (FAL).	38
1.5.4	Metabolitos asociados al metabolismo mineral del rumiante. Junto	38
1.5.4.1	Sodio.	38
1.5.4.2	Calcio y fósforo.	39
1.5.4.3	Magnesio.	39
1.5.4.4	Potasio.	39
1.6	RELACIÓN SUELO, PLANTA, ANIMAL	40
2.	DISEÑO METODOLÓGICO	43
2.1	LOCALIZACIÓN	43
2.2	MEDICIÓN DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS.....	43

2.3	DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, FÍSICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO	44
2.3.1	Características químicas y físicas del suelo.	44
2.3.2	Características biológicas del suelo.	44
2.4	COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y BROMATOLÓGICO DE LA PRADERA EXPERIMENTAL.....	45
2.4.1	Comportamiento agronómico:	45
2.4.1.1	Producción de biomasa fresca.	45
2.4.1.2	Producción de biomasa seca.	45
2.4.1.3	Altura de plantas.	45
2.4.1.4	Composición florística de la pradera.	45
2.4.2	Bromatológica de la pradera.	46
2.4.2.1	Materia seca.	46
2.4.2.2	Proteína cruda.	46
2.4.2.3	Extracto etéreo.	46
2.4.2.4	Ceniza.	46
2.4.2.5	Fibra cruda (FC).	46
2.5	PERFILES METABÓLICOS DE HEMBRAS BOVINAS EN FASE DE LACTANCIA	47
2.5.1	Perfiles metabólicos asociados al metabolismo energético.....	47
2.5.1.1	Glucosa.	47
2.5.1.2	Colesterol.	47
2.5.1.3	Cuerpos cetónicos.	47
2.5.2	Perfiles metabólicos asociados al metabolismo proteico:	48
2.5.2	Nitrógeno Ureico en Sangre (BUN).	48
2.5.2.2	Albumina.	48
2.5.2.3	Creatinina.	48
2.5.3	Perfiles metabólicos asociados a la función hepática.....	48
2.5.3.1	Gama Glutamil Transferasa (GGT).	48
2.5.3.2	Alanina Aminotransferasa GPT (ALT).	48

2.5.3.3	Fosfatasa Alcalina.	49
2.5.4	Perfiles metabólicos asociados al metabolismo mineral.....	49
2.5.4.1	Calcio	49
2.5.4.2	Fósforo.	49
2.5.4.3	Magnesio.	49
2.5.4.4	Potasio.	49
2.5.4.5	Sodio.	49
2.6	EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES EN ESTUDIO CON RELACIÓN A LA INTERACCIÓN SUELO – PLANTA – ANIMAL DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN.....	50
2.7	ANÁLISIS DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN	50
2.8	ANALISIS ESTADÍSTICO.....	50
2.8.1	Pradera experimental.	50
2.8.2	Unidades experimentales.	50
2.8.3	Tratamientos.....	51
2.8.4	Diseño estadístico.	51
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
3.1	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, FÍSICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO	53
3.2	COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y BROMATOLÓGICO DE LA PRADERA.....	55
3.2.1	Comportamiento agronómico:	55
3.2.1.	Producción de biomasa y altura de la pradera.	55
3.2.1.2	Composición florística de la pradera.	56
3.2.2	Bromatología de la pradera.	56
3.2.2.1	Proteína.	57
3.2.2.2	Extracto Etéreo.	58
3.2.2.3	Fibra en Detergente Neutro (FDN).	58
3.2.2.4	Ceniza.	59
3.2.2.5	Hemicelulosa	61

3.2.2.6	Celulosa.	61
3.2.2.7	Lignina.	62
3.3	PERFILES METABÓLICOS	62
3.3.1	Metabolitos asociados al metabolismo energético del rumiante.....	62
3.3.1.1	Glucosa.	62
3.3.1.2	Colesterol.	63
3.3.1.3	Cuerpos Cetónicos.	65
3.3.2	Metabolitos asociados al metabolismo proteico, nitrogenado y hematocrito del rumiante:	66
3.3.2.1	Nitrógeno Ureico en Sangre (BUN).	66
3.3.2.2	Albumina.....	69
3.3.2.3	Creatinina.....	70
3.3.3	Metabolitos asociados a la función hepática:	71
3.3.3.1	Gamma Glutamil Transferasa (GGT).	71
3.3.3.2	Alanina Aminotransferasa GPT (ALT).	72
3.3.3.3	Fosfatasa Alcalina (FAL).	73
3.3.4	Metabolitos asociados al metabolismo mineral del rumiante:.....	75
3.3.4.1	Sodio.	75
3.3.4.2	Potasio.	76
3.3.4.3	Calcio.	77
3.3.4.4	Fósforo.	79
3.3.4.5	Magnesio.....	80
3.4	EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES EN ESTUDIO CON RELACIÓN A LA INTERACCIÓN SUELO – PLANTA – ANIMAL DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN	81
3.4.1	Primer Componente Dieta.	84
3.4.2	Segundo Componente Producción de Leche	87
3.4.3	Tercer Componente Sólidos Totales de la Leche.....	88
3.4.4	Cuarto Componente Viento y Humedad Relativa.....	89
3.4.5	Quinto Componente Potasio.....	90

3.4.6	Análisis clúster.....	92
3.5	EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN	94
3.5.1	Producción de Leche.....	94
3.5.2	Peso.	95
3.5.3	Análisis Reproductivo.	96
3.5.4	Análisis Económico. En	97
4.	CONCLUSIONES.....	98
5.	RECOMENDACIONES	99
	BIBLIOGRAFIA.....	100
	ANEXOS	112

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Características Del Sistema Poroso Del Suelo Y Su Función	25
Tabla 2. Variables Agronómicas	31
Tabla 3. Características Óptimas En Las Que Se Desarrolla El Pasto Kikuyo	32
Tabla 4. Composición Bromatológica Media del Pasto Kikuyo en Tres Localidades del Municipio de Pasto.....	33
Tabla 5. Muestras Usadas En Los Análisis De Laboratorio Para Determinar El Estado Mineral Del Organismo	39
Tabla 6. Variables Químicas del Suelo.....	44
Tabla 7. Variables Físicas del Suelo.....	44
Tabla 8. Escala de Referencia Porcentaje de Plantas de Cobertura	46
Tabla 9. Características Químicas y Físicas del Suelos, Pradera Experimental.....	53
Tabla 10. Macro-invertebrados por Capas en el Suelo de la Pradera Experimental.....	54
Tabla 11. Porcentaje de Macro-invertebrados por Orden en la Pradera Experimental.....	55
Tabla 12. Composición Florística de la Pradera	56
Tabla 13. Análisis Bromatológico del Pasto Kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i> Hoechst Ex Chiov) y del Concentrado Comercial Usados en la Investigación	56
Tabla 14. Minerales en el Pasto Kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i> Hoechst Ex Chiov)	60
Tabla 15. Calcio, Fósforo, Magnesio y Azufre del Pasto Kikuyo en Seis Localidades del Departamento de Nariño.....	61
Tabla 16. Glucosa Sanguínea	63
Tabla 17. Diferencia Mínima Significativa (t) Glucosa Sanguínea	63

Tabla 18.	Colesterol Sanguíneo	63
Tabla 19.	Diferencia Mínima Significativa (t) Colesterol Sanguíneo	64
Tabla 20.	Cuerpos Cetónicos	66
Tabla 21.	Nitrógeno Ureico en Sangre (BUN)	66
Tabla 22.	Diferencia Mínima Significativa (t) BUN	67
Tabla 23.	Balance Energía – Proteína.....	67
Tabla 24.	Albumina.....	69
Tabla 25.	Diferencia Mínima Significativa (t) Albumina.....	70
Tabla 26.	Creatinina	70
Tabla 27.	Diferencia Mínima Significativa (t) Creatinina	71
Tabla 28.	Gamma Glutamil Transferasa (GGT).....	71
Tabla 29.	Diferencia Mínima Significativa (t) GGT.....	72
Tabla 30.	Alanina Aminotransferasa GPT (ALT).....	72
Tabla 31.	Diferencia Mínima Significativa (t) ALT	73
Tabla 32.	Fosfatasa Alcalina (FAL).....	73
Tabla 33.	Diferencia Mínima Significativa (t) FAL	74
Tabla 34.	Sodio Sanguíneo	75
Tabla 35.	Diferencia Mínima Significativa (t) Sodio	76
Tabla 36.	Potasio Sanguíneo	76
Tabla 37.	Diferencia Mínima Significativa (t) Potasio.....	77
Tabla 38.	Calcio Sanguíneo	77
Tabla 39.	Diferencia Mínima Significativa (t) Calcio.....	78
Tabla 40.	Fósforo.....	79
Tabla 41.	Diferencia Mínima Significativa (t) Fósforo	80
Tabla 42.	Magnesio	81
Tabla 43.	Diferencia Mínima Significativa (t) Magnesio	81
Tabla 44.	Medidas de Dispersión de las Variables en Estudio	82
Tabla 45.	Valores Propios Y Proporción De La Varianza Explicada Calculada A Partir De La Matriz De Correlación	83

Tabla 46.	Proporción De La Variación Original Explicada Por Los Cinco Componentes Principales De La Matriz De Correlación	84
Tabla 47.	Historia de Conglomerado	92
Tabla 48.	Análisis Clúster	92
Tabla 49.	Producción de Leche	94
Tabla 50.	Diferencia Mínima Significativa (t) Producción.....	95
Tabla 51.	Pesos de los animales en la investigación.....	95
Tabla 52.	Diferencia Mínima Significativa (t) Peso	96
Tabla 53.	Índices Reproductivos Finca Lope.....	96
Tabla 54.	Parámetros Económicos T1 (kikuyo + concentrado) y T2 (kikuyo)	97

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización Pradera Experimental.....	43
Figura 2. Colesterol Sanguíneo	64
Figura 3. Nitrógeno Ureico en Sangre (BUN).....	67
Figura 4. Producción de Leche Tratamiento T1 (Kikuyo + Concentrado Comercial).....	68
Figura 5. Producción de Leche Tratamiento T2 (Kikuyo)	69
Figura 6. Fosfatasa Alcalina (FAL).....	74
Figura 7. Sodio Sanguíneo	76
Figura 8. Calcio Sanguíneo.....	78
Figura 9. Fósforo.....	79
Figura 10. Dendograma Análisis Clúster.....	93

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Medidas Repetidas Colesterol Sanguíneo	113
Anexo B. Medidas Repetidas BUN	115
Anexo C. Medidas Repetidas Fosfatasa Alcalina (FAL) Sanguínea	117
Anexo D. Medidas Repetidas Sodio Sanguíneo	119
Anexo E. Medidas Repetidas Calcio Sanguíneo	121
Anexo F. Medidas Repetidas Fósforo Sanguíneo	123
Anexo G. Análisis Clúster	125

INTRODUCCIÓN

La ganadería de leche en Colombia es una actividad económica del sector agropecuario que ocupa a cerca de 400000 ganaderos, la mayoría de ellos, pequeños productores. El desarrollo de este subsector agropecuario se hace mediante ganaderías especializadas que extraen el 40% de la producción de leche del país y se encuentran ubicadas en Nariño, en el Altiplano Cundiboyacense y en el Suroriente Antioqueño; el otro 60% de la leche nacional se produce con ganaderías de doble propósito ubicadas en todo el territorio nacional con concentración en el trópico bajo (FEDEGAN, 2013)

En Colombia se producen aproximadamente 6500 millones de litros de leche, de los cuales el 46% se industrializan, el 10% se destinan al auto consumo en finca y el 44% restante se utiliza para la producción artesanal de derivados lácteos o se comercializa como leche cruda. El consumo per cápita de leche en Colombia es en promedio de 145 litros en un rango de 35 litros en la población con menos ingresos y 170 litros para los más altos ingresos; en todo caso muy inferior al reportado por países como Uruguay de 228 litros por persona al año (Lafaurie, 2012)

Si bien Colombia produce suficiente leche para cubrir su demanda y también un excedente importante para atender parte del mercado internacional de este producto; la falta de modernización del sector, la informalidad, la insuficiente transformación productiva, la inexistencia de carreteras terciarias y el franco deterioro de las pocas construidas; contrasta con la idea de competitividad en el marco de los tratados de libre comercio que están trayendo crecientes cantidades de productos lácteos al país. Se estima que en 2013 la entrada potencial es de 25.243 toneladas: por Mercosur unas 4.436 toneladas de leche en polvo, desde México deberán ingresar 10.914 toneladas de productos lácteos, desde Suiza llegarán 576 toneladas de queso y 6.050 toneladas de leche en polvo, y desde Estados Unidos 605 toneladas de mantequilla y 121 toneladas de Yogurt (FEDEGAN, 2013)

El panorama no es para nada halagador y es urgente la formalización del subsector lechero, esto le permite acceso al crédito y con él a la tecnología y a la asistencia técnica, la inversión en la industria de la transformación industrial y la modernización del sector; cobra importancia la investigación para la producción de nuevo conocimiento y la validación de aquel que siendo acertado hasta el momento no ha sido aplicado.

Por todo lo expuesto, se estimó pertinente caracterizar la productividad lechera de una empresa ganadera a través de factores edáficos, climáticos, bromatológicos y metabólicos mediante el análisis estadístico de la interacción suelo – planta – animal.

1. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 GANADERÍA DE LECHE EN COLOMBIA

La ganadería de leche en Colombia, vive una situación muy complicada debido a la carencia de ventajas competitivas de cara a los tratados de libre comercio que ha firmado el país en los últimos años. Colombia tiene 24 millones de cabezas y Estados Unidos 93, Colombia tiene entre doble propósito y lechería especializada cerca de 7,4 millones de vacas produciendo leche, los americanos tienen un poco más de 9,1 millones y los canadienses tienen menos de un millón, la Unión Europea tiene un poco más de 23 millones y México tiene 2,6 millones. Colombia, con casi 8 veces más vacas, produce menos litros de leche que Canadá, 6.500 millones de litros contra 8.398 millones. Colombia con un 70% más de vacas que México produce la mitad (Lafaurie, 2012)

Con respecto a la producción de litros/vaca/día, Colombia está en 4,1, USA en 35, Canadá en 31, La Unión Europea en 21 y México en 17. En el tema de precios Colombia está en la cota más alta. Estados Unidos junto con Argentina está en los niveles más bajos de precios. En algunos casos, la mitad de lo que se paga al ganadero colombiano. En Colombia solo el 8,5% de las vías están pavimentadas, de las vías pavimentadas solo el 13% se encuentra en buen estado, 51% en regular estado y 36% en mal estado. En Latinoamérica el índice de carreteras pavimentadas es de 27%, en Colombia por cada 100 Kt² de área, 15 km tienen algún tipo de vía, mientras que en EE.UU. la cifra llega a 67 km. Las exportaciones de leche y sus derivados cayeron de 70 millones de dólares en 2008 a 5 millones en 2011 (Lafaurie, 2012)

En el Departamento de Nariño, la situación no es para nada halagadora, el 76% de Los productores de leche no sobrepasan las 10 hectáreas, con una producción de leche diaria en el 63% de los predios menor a 30 litros. El 88% de los predios tienen entre 1 y 6 cabezas de ganado, que producen en promedio un volumen diario de 22 litros/predio. Existen dificultades enormes con las vías que incrementan los costos de producción que sumado a los bajos niveles de tecnificación de las fincas lecheras hacen que la productividad de las mismas este bien comprometida (Yoshioka et al, 2003)

1.2 VARIABLES CLIMÁTICAS

Los factores físico-ambientales que afectan al ganado corresponden a una compleja interacción de la temperatura del aire, humedad relativa, radiación, velocidad del viento, precipitación, presión atmosférica, luz ultravioleta y polvo (Hahn et al, 2003)

1.2.1 Temperatura. La temperatura ambiente efectiva de confort para el ganado, se define como el estado constante de temperatura corporal, la cual puede ser mantenida sin necesidad de ajustes fisiológicos o de comportamiento (Khalifa, 2003); Por esta razón el promedio de la temperatura ambiente es generalmente considerado como la principal medida térmica utilizada para estimar confort animal (NRC, 1981; Da Silva, 2006)

Durante el verano la temperatura ambiental tiene un efecto directo sobre el consumo diario de agua y el consumo de materia seca (NRC 1981, Arias 2006), En la época de frío, cuando las temperaturas mínimas son extremas, estas producen menores ganancias de peso, extensión del periodo de engorde, reducción de la conversión alimenticia y reducción en la cantidad de leche producida (Christison y Milligan, 1974; Young, 1981; Birkelo y Johnson, 1993)

Estos cambios en el desempeño productivo y de comportamiento en los animales son explicados por el intercambio de calor y el balance energético del animal, los que a su vez son fuertemente influenciados por la temperatura ambiental (Hahn et al, 2003; Khalifa, 2003)

1.2.2 Humedad relativa. La humedad relativa es considerada un factor de potencial estrés en el ganado, ya que acentúa las condiciones adversas de las altas temperaturas (Da Silva 2006). Los principales efectos de la humedad relativa están asociados con una reducción de la efectividad en la disipación de calor por sudoración y respiración (Blackshaw y Blackshaw, 1994; Renaudeau, 2005) y están negativamente asociados al consumo diario de agua (Meyer et al, 2004)

1.2.3 Velocidad del viento. El rol del viento en el bienestar y desempeño productivo de los animales ha sido largamente reconocido por los investigadores (NRC 1981). El viento ayuda a reducir los efectos del estrés por calor durante el verano mejorando los procesos de disipación de calor por vías evaporativas (Mader et al, 1999)

Por otra parte, durante el periodo invernal el viento tiene un efecto negativo, ya que incrementa la pérdida de calor. Los requerimientos de manutención del ganado en invierno se ven negativamente afectados por el viento (Fox y Tylutki, 1998)

La velocidad del viento tiene además un efecto negativo en el consumo diario de agua (Loneragan et al, 2001) y en la escala de jadeo. La escala de jadeo es una herramienta visual desarrollada para evaluar el estrés por calor en los animales (Mader et al, 2006)

1.2.4 Precipitación. La principal influencia de la lluvia sobre el ganado es indirecta a través de la producción de forrajes y por su incidencia en la aparición de enfermedades y parásitos. En zonas húmedas y cálidas con precipitaciones abundantes, el pH del suelo es generalmente bajo, resultante de la lixiviación del calcio y fósforo. El valor nutritivo de las pasturas es muy bajo a consecuencia de su crecimiento acelerado. Los animales de estas áreas son generalmente de tamaño reducido debido a estas deficiencias (Mansilla, 1996)

1.2.5 Luz. El mecanismo foto-periódico controla el ciclo sexual en algunos animales domésticos. Sin embargo, no tiene un efecto notable sobre el comportamiento reproductivo del ganado mayor. Indirectamente, la duración del fotoperiodo puede afectar a los animales al aumentar los períodos de vigilia y la actividad metabólica, lo que modifica los niveles de consumo de alimentos (Lusk, 1989)

1.3 CARACTERÍSTICAS EDAFOLÓGICAS

1.3.1 Propiedades físicas del suelo

1.3.1.1 Porosidad. La estructura domina todas las propiedades físicas del suelo y por lo tanto su funcionamiento (Dexter, 1997; Amézquita, 2004). Una manera posible de entender la complejidad de dicho funcionamiento es centrando la atención en su sistema poroso, en donde suceden todos los procesos físicos, químicos y biológicos (Gil, 2002)

La propiedad más sensible del suelo es la porosidad, por cuanto es fácilmente alterada por las operaciones de labranza o el manejo. La distribución de tamaño de los poros incide sobre la cantidad de agua que puede retener el suelo y regula la tensión con la cual es retenida, el movimiento hacia la planta, hacia la atmósfera y hacia otras zonas del suelo (FAO, 2005). Tabla 1

Tabla 1. Características Del Sistema Poroso Del Suelo Y Su Función

	TAMAÑO (micras)	TENSIÓN (atm)	FUNCIÓN
Macroporos	> 60	0.05	Aireación, Infiltración, Conductividad hidráulica
Mesoporos	60 – 10	0.05 - 0.33	Conducción lenta
Microporos	10 – 0,2	0.33 - 15	Almacenaje
Microporos	< 0,2	< 15	Agua no disponible

Fuente: El Comportamiento Físico-Funcional de los Suelos (Gil, 2002)

1.3.1.2 Penetrabilidad. La penetrabilidad del suelo permite conocer la facilidad con que un objeto puede ser introducido en el, es decir, la resistencia mecánica que ofrece el suelo a la expansión lateral y al corte que produce dicho objeto (Nacci y Pla, 1992)

La resistencia a la penetrabilidad es un indicador de calidad de suelos eficaz, ya que permite encontrar diferencias en cuanto a las propiedades físicas de los distintos sistemas de laboreo aplicados a los suelos, y es eficiente, dado que es factible su práctica en el campo (Burt, 2004; Nacci y Pla, 1992)

La medida de la resistencia a la penetración, se realiza con un instrumento denominado penetrógrafo. Las medidas obtenidas con este aparato se toman como índice de la resistencia mecánica que ofrece el suelo al crecimiento radicular, lo cual depende de la magnitud del espacio poroso grueso, y su rigidez, la que es afectada por el contenido de humedad del suelo. (Rucks et al, 2004)

1.3.1.3 Compactación. La compactación inducida por acción mecánica, produce cambios en la infiltración del agua y la disponibilidad de esta y del aire para las plantas y microorganismos (Kulli et al 2003) Se mide usualmente mediante el valor de resistencia que ofrece el suelo a ser penetrado por una herramienta de corte. (Martínez et al, 2008)

El pisoteo de los bovinos sobre los suelos de las empresas ganaderas, es uno de los factores importantes en la compactación (Amézquita y Pinzón, 1991), encontraron que el pisoteo compacta y aumenta la densidad aparente; esto trae como consecuencia una disminución en la porosidad y cambios desfavorables en la relación suelo – planta – aire que afectan el desarrollo de las raíces de las plantas y su productividad.

(Oskoui y Voorhees, 1990), demostraron efectos negativos del tráfico como, pérdidas de rendimiento de los cultivos, reducción del drenaje e incrementos en las pérdidas del agua utilizable, aumento de la erosión del suelo y mayores costos energéticos producto del incremento en la reacción del suelo ante los trabajos de labranza.

1.3.1.4 Infiltración. La infiltración del agua es una de las características que se ve afectada por la compactación. Rechel et al, 1991; definieron la relación entre grado de compactación del suelo, infiltración del agua y el rendimiento del mismo: en suelos normales, la infiltración se calculo en 2.18 cm/hora, con un rendimiento del 100%, en suelos de compactación baja la infiltración fue de 0,58 cm/hora con un rendimiento de 87,27%. Cuando la compactación fue alta, la infiltración se redujo a 0,4 cm/hora con un rendimiento de 75,15% y en condiciones de compactación muy alta la infiltración se mantuvo en 0,4 cm/hora pero el rendimiento bajo a 67%.

1.3.1.5 Densidad aparente. La densidad aparente del suelo es la relación entre la masa o peso del suelo seco (peso de la fase sólida) y el volumen total, incluyendo al espacio poroso, permite ver la facilidad de penetración de las raíces, la predicción de la transmisión de agua, la transformación de los porcentajes de humedad gravimétrica del suelo en términos de humedad volumétrica, calcular la lámina de agua en el suelo, la porosidad total cuando se conoce la densidad de las partículas, y estimar la masa de la capa arable (Flores y Alcalá, 2009). La densidad aparente de un suelo, varía según su grado de compactación, la compresión del suelo hace descender su volumen de poros y aumentar su peso por unidad de volumen. Las sobrecargas tienden a compactar los horizontes inferiores, proporcionándoles mayor densidad aparente (Thompson y Troeh, 2002)

1.3.2 Propiedades químicas del suelo

1.3.2.1 Materia orgánica. El nitrógeno orgánico proviene de la descomposición de la materia orgánica por medio de los microorganismos que la convierten en amonio y nitratos para poder ser utilizados por las plantas (Ortega, 1985)

Mediante el proceso de la transformación de la materia orgánica, se mejora la estructura del suelo porque se provee las sustancias nutritivas a las plantas y se incrementa la capacidad de retención de agua. Por otro lado, éste también permite agregar las partículas del suelo, lo que mejora su estabilidad, porosidad y estructura física (Kolmans y Vásquez, 1999).

1.3.2.2 pH del suelo. Es la concentración de hidrogeniones (H^+) en la solución del suelo. En forma natural las plantas excretan protones al medio exterior, inmediatamente adyacente, como una forma de solubilizar algunos nutrientes para absorberlos. La descomposición de la materia orgánica, el exceso de lluvia por lavado de bases y las prácticas de fertilización con fertilizantes amoniacales, contribuyen a las variaciones de pH en el suelo (Jordán, 2006)

El pH del suelo es el parámetro químico más fácil de medir y el que mayor información provee del suelo. Aunque el pH de suelo tenga valores altos o bajos, las concentraciones de H⁺ y OH⁻ no son la causa directa del daño que pueden causar a las raíces, a los microorganismos o a las propiedades del suelo. El pH es una señal indirecta de un daño potencial a estos. (Zapata, 2006)

1.3.2.3 Capacidad de intercambio catiónico. Es la capacidad que tiene el suelo para retener y liberar iones positivos, merced a su contenido de arcillas y materia orgánica. La capacidad de intercambio de cationes (CIC) de las sustancias húmicas está muy asociada al pH del medio (Zapata, 2004)

El intercambio iónico y consecuentemente la capacidad de intercambio catiónico del suelo, es sin duda uno de los fenómenos más directamente relacionados con las propiedades físicas y químicas del mismo y con la nutrición vegetal de las plantas (Cruañas, 1983)

1.3.2.4 Nitrógeno. El ciclo del nitrógeno en el suelo es altamente complejo debido a que sus procesos son controlados por factores como el clima, las características fisicoquímicas del suelo, el tipo y la forma de aplicación de fertilizantes y los diferentes cultivos (Montoya, 2008)

El ciclo del N en el sistema suelo-planta-atmósfera involucra muchas transformaciones entre formas orgánicas e inorgánicas del mismo. Dentro del ciclo del N coexisten procesos de ganancia, pérdidas y el ciclado dentro del suelo, dentro del cual no existen ni pérdidas ni ganancias de N. Excepción hecha del N proveniente de la fijación industrial (fertilizantes) o de los gases liberados del quemado de combustibles fósiles, todas las transformaciones del N ocurren naturalmente (Havlin et al, 2005)

Sin embargo, la actividad antrópica puede influir sobre muchos de estos procesos a través de distintas prácticas de manejo de suelo y cultivo. El conocimiento de los procesos del ciclo del N y de cómo la actividad antrópica influye sobre los mismos, permite optimizar la producción de los cultivos sin afectar la calidad del ambiente (Pagani et al, 2009)

1.3.2.5 Fósforo. Las plantas absorben fósforo en forma de H₂PO₄ ion que queda disponible al solubilizarse o romperse cualquiera de los compuestos fosfatados. Los equilibrios de reacción llevan a que la mayor parte del fósforo del suelo se encuentre en formas de baja o muy baja disponibilidad. Sólo un porcentaje muy bajo (entre 0,1 ppm y 0,3 ppm) se encuentra realmente en solución, plenamente disponible para plantas y microorganismos. Las plantas absorben fósforo en estado soluble, pero cuando se introduce fósforo al suelo, más del 90% de él pasa

rápidamente a formas insolubles, no disponibles. Así, gran parte de los fertilizantes fosfatados que se aplican no son utilizados por las plantas, sino que se almacenan en el suelo (Montecinos, 1997)

1.3.2.6 Potasio. El potasio (K) es un elemento nutritivo esencial para todos los organismos vivos. Los vegetales necesitan cantidades elevadas de este nutriente siendo semejante al requerimiento de nitrógeno. Se lo encuentra en todos sus órganos movilizándose fácilmente de una parte a otra de la planta. El K cumple un rol importante como activador enzimático (más de 60 enzimas activadas por este catión), que actúan en diversos procesos metabólicos tales como fotosíntesis, síntesis de proteínas y carbohidratos; también tiene incidencia en el balance de agua y en el crecimiento meristemático. Al participar de estos procesos metabólicos el K actúa favoreciendo el crecimiento vegetativo, la fructificación, la maduración y la calidad de los frutos (Conti, 2000)

Las plantas obtienen el K del suelo que proviene de la meteorización de los minerales, de la mineralización de los residuos orgánicos o el que proviene de los abonos y fertilizantes. Los procesos pedogenéticos actúan sobre los materiales presentes en el suelo y producen en mayor o menor medida la disponibilidad del nutriente (Conti, 2000)

1.3.2.7 Calcio. El calcio es un nutrimento muy importante en cuanto a la fertilidad del suelo, ya que promueve la descomposición de la materia orgánica y la liberación del resto de nutrientes. Sus principales funciones son activar el crecimiento de raíces menores, producir vigor, facilitar el mejoramiento de la estructura del suelo, estimular producción de semillas y granos y por último en algunos casos rectificar la acidez del suelo. En caso de que el suelo sufra de intoxicación por exceso de este nutriente se llega a provocar una deficiencia en nutrientes como fósforo, magnesio, boro, zinc y hierro (Suquilanda, 1995)

El calcio además de ser un nutriente para las plantas, actúa como enmienda del suelo debido a que mejora las propiedades físicas, rebaja la acidez, y mejora la actividad biológica. Cuando se quiere enriquecer el suelo con fines nutritivos, se puede suplementar cualquier producto que contenga cal: cal, caliza, dolomita, etc (Fuentes, 1997)

1.3.2.8 Magnesio. Este elemento está en el suelo casi en la misma condición que el calcio, su movimiento es más o menos parecido. Es absorbido en la forma de ion Mg^{++} . Es importante en el desarrollo normal de las plantas ya que forma parte de la clorofila. Su importancia es evidente ya que la ausencia de clorofila impediría a las plantas verdes autótrofas llevar a cabo la fotosíntesis (Salamanca, 1990)

1.3.2.9 Azufre. Este elemento se absorbe por las raíces en forma de ión sulfato (SO_4^-). Pequeñas cantidades son absorbidas bajo la forma de dióxido de azufre (SO_2) a través de las hojas de las plantas. Sin embargo, esta última forma del azufre es bastante tóxica. El azufre es fundamental en el crecimiento y el mantenimiento de las plantas; se requiere en la síntesis de los aminoácidos que contienen azufre y para la síntesis de la proteína. Activa ciertas enzimas proteolíticas y hace parte de algunas vitaminas (Salamanca, 1990)

El azufre se encuentra de manera inorgánica en el suelo y es de esta forma que es absorbido por las plantas, sin embargo, bajo algunas condiciones pueden presentarse deficiencia de azufre: exceso de humedad que puede causar lixiviación debido a que es un nutriente que se desplaza con facilidad en el agua, el suelo arenoso es más propenso a la lixiviación que un suelo franco arcilloso; a un pH mayor de 7, el azufre puede sufrir precipitación, pero a pH menor de 4, puede ser adsorbido por el aluminio; suelos muy altos o bajos en porcentajes de materia orgánica (menor al 2%) ocasionan deficiencias (Benton et al, 1991)

1.3.3 Factores biológicos del suelo. El suelo es un sistema vivo, en el se desarrollan miles de millones de organismos constituidos por fauna en un 20% y el 80% restante por flora. La macrofauna del suelo, principalmente las lombrices cumplen una función importante en cuanto a la fertilidad del suelo. Entre las principales podemos mencionar aireación, infiltración y distribución del agua. Además mezcla de materiales orgánicos con minerales, emisión de un exudado que influye positivamente en la formación de compuestos húmicos y la estructura del suelo (Suquilanda, 1995)

La flora del suelo: hongos, algas y bacterias, cumplen un rol importante. Los hongos, cumplen como principal función la descomposición de residuos orgánicos degradando moléculas complejas como la celulosa, hemicelulosa, pectinas, almidón y lignina.

Las algas son foto sintetizadores que fabrican oxígeno y contribuyen a la estabilidad de los agregados del suelo y las bacterias presentes en el suelo participan en la descomposición de la materia orgánica y la fijación de nitrógeno (Coyne, 2000)

1.4 CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS Y BROMATOLÓGICAS DEL PASTO KIKUYO (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov)

1.4.1 Agronómicas. Es una gramínea bien adaptada a zonas de clima frío y medio, introducida a Colombia en 1928 (Silva, 2001). Es una planta perenne y con hábitos de crecimiento rastrero, se propaga por medio de semillas, rizomas y/o estolones; sus tallos son suculentos, las hojas de un verde brillante y sin pubescencia, excepto en los márgenes, presenta raíces profundas que se forman en los nudos de los rizomas; algunos tallos crecen erectos o semirectos pudiendo alcanzar alturas hasta 60cm (Bernal, 1994), es susceptible a las heladas pero muy resistente al pisoteo, gracias a su sistema radicular (Navarrete, 1996)

La producción de biomasa del pasto Kikuyu, se ve afectada por las condiciones climáticas, pH, materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico, teniendo los dos últimos una influencia inversa; para el periodo de recuperación; también está afectada por las propiedades físicas, por el nitrógeno total y el carbono orgánico. (León y Zambrano, 2008) En la Tabla 2 se consignan las variables agronómicas más importantes del pasto Kikuyo:

Tabla 2. Variables Agronómicas

Variable	Unidad	Pradera	Sistema Silvopastoril
Producción forraje verde	Tn/ha/corte	13,91	19,64
Producción materia seca	Tn/ha/corte	3,9	4,7
Altura pasto kikuyo	Cm	23,19	33,19
Composición florística	Variedad	alcaparro, bolsa del pastor, empanaditas, alverjilla, verbena, platanillo, diente de león, comezón, pensamiento silvestre, reventador, barrabasillo, falsa poa, orejuela, trébol blanco, trébol rojo	alverjilla, empanaditas, verbena, platanillo, diente de león, barrabasillo, ibilan, pecosita, lengua de vaca, fumaria, achicoria, yerba mora, yerba mora, falsa poa, orejuela, trébol blanco, trébol amarillo

Fuente: Insuasty, 2011

Los suelos sueltos, húmedos, pero bien drenados, ricos en materia orgánica, con presencia de cobertura vegetal y organismos biológicos como lombrices de tierra, ciempiés, milpiés y tijeretas poseen una capacidad de campo con valores cercanos al 51.56% favorable para el buen desarrollo de las praderas de Kikuyu (Tapia y Rivera, 2009). Niveles de materia orgánica de 3-16% y un pH 5-7, posibilitan la disponibilidad de nutrientes como fósforo 146 ppm, calcio con 7.36 meq/100g, potasio 0.89ppm, manganeso 1.973meq/100g y cobre 1.72 ppm, necesarios para una adecuada producción de follaje del pasto (Jojoa y Silva, 2009)

En la Tabla 3 se registran las propiedades físicas, el pH y las condiciones climáticas, óptimas, que el pasto Kikuyu necesita para manifestar su potencial genético de producción.

1.4.2 Bromatológicas. El pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst), no obstante es la gramínea más utilizada en los sistemas de leche especializada en la zona andina de Colombia, presenta varios limitantes nutricionales que afectan tanto la producción como la calidad composicional de la leche.

Entre los limitantes más importantes se destacan: el alto contenido promedio de proteína cruda (PC) (20 ± 3.26 % de la materia seca, MS), de nitrógeno no proteico (> 90% de la fracción soluble de la PC), potasio (3.69 ± 0.77 % de la MS) y fibra en detergente neutro (58.1 ± 3.91 % de la MS), así como el bajo contenido promedio de sodio (0.02 ± 0.01 % de la MS) y carbohidratos no estructurales (13.4 ± 2.51 % de la MS).

El alto contenido de nitratos (5250.9 ± 3153.7 ppm) puede ser la causa de diversos trastornos reproductivos y sanitarios en los animales.

Tabla 3. Características Óptimas En Las Que Se Desarrolla El Pasto Kikuyo

		Mínimo	Máximo
Propiedades físicas	Infiltración (cm/h)	3,0	5,0
	Penetrabilidad (mpa/ct ²)	1,5	2,0
	Porosidad (%)	60	65
	Capacidad de campo (%)	35	40
	Densidad real (g/cc)	2,6	2,6
	Densidad aparente (g/cc)	0,95	1,05
Propiedades químicas	pH	6,5	7,0
Condiciones climáticas	Humedad relativa (%)	85,0	90,0
	Temperatura (°c)	15,0	17,0
	Luminosidad (lux)	18,0	20,0

Fuente: León y Zambrano 2008

Estas características ponen en riesgo la competitividad de los sistemas de producción de leche basados en dicha gramínea (Correa et al, 2008)

En la Tabla 4 se presentan los resultados promedios, de varias muestras, en la composición bromatológica del pasto kikuyo en tres localidades del municipio de Pasto, consideradas como adecuadas para este pasto, teniendo en cuenta los valores reportados por Salamanca (1990)

Tabla 4. Composición Bromatológica Media del Pasto Kikuyo en Tres Localidades del Municipio de Pasto

	<i>PASTO</i>	<i>SAN FERNANDO</i>	<i>GENOY</i>
<i>MS %</i>	14,93	17,84	17,21
<i>CENIZA %</i>	13,70	12,58	11,05
<i>EE (%)</i>	2,81	2,48	2,29
<i>FC %</i>	21,45	27,36	32,06
<i>P. CRUDA %</i>	23,58	21,25	20,49
<i>ENN %</i>	25,34	36,34	34,11
<i>FDN %</i>	59,77	61,48	61,68
<i>FDA %</i>	31,05	33,36	32,33
<i>LIGNINA%</i>	5,19	8,49	7,06
<i>CELULOSA %</i>	25,86	24,87	25,27
<i>HEMICEL %</i>	28,72	28,12	29,34
<i>CALCIO %</i>	0,36	0,29	0,28
<i>FOSFORO %</i>	0,46	0,41	0,41
<i>MAGNESIO %</i>	0,28	0,26	0,24
<i>AZUFRE %</i>	0,23	0,23	0,23
<i>N. TOTAL %</i>	3,77	3,40	3,28
<i>PROT. VERD %</i>	17,72	15,69	15,07
<i>NDT %</i>	56,12	58,23	57,46

Fuente: León y Zambrano, 2008

1.5 PERFILES METABÓLICOS

El perfil metabólico es un examen para-clínico empleado en el diagnóstico de las enfermedades de la producción, mediante el cual se determina, en grupos representativos de animales, la concentración de varios constituyentes orgánicos, indicadores del balance de algunas vías metabólicas y se compara sus resultados con los valores de referencia de la población (Álvarez, 2001)

Las constantes bioquímicas sanguíneas más usadas para estudiar el estado metabólico son: hemoglobina (Hb), glucosa, BOH Butirato o cuerpos cetónicos en orina, colesterol, urea, proteínas, globulinas, albúminas, calcio (Ca), fósforo inorgánico (Pi), magnesio (VBMg), potasio (K), sodio (Na) y enzimas.

Estas constantes bioquímicas representan las principales vías metabólicas, en las cuales la glucosa, el BHB y el colesterol representa el metabolismo energético; urea, hemoglobina y albúmina representan el metabolismo proteico; Ca, Pi, Mg, Na y K representan los elementos minerales mayores (Oblitas, 2009)

1.5.1 Metabolitos asociados al metabolismo energético del rumiante:

1.5.1.1 Glucosa sanguínea. La glucosa es el principal representante del metabolismo energético, es imprescindible para el funcionamiento del cerebro, del eritrocito, el epitelio germinativo de las gónadas, la retina y la glándula mamaria. La glicolisis es la vía principal de la utilización de la glucosa, proporciona ATP en ausencia de O₂, y permite además el metabolismo de otros monosacáridos (fructosa y sacarosa) derivados de los alimentos. Los rumiantes son más susceptibles al déficit de glucosa. La presencia de un pre-estomago con abundantes microorganismos les confiere la capacidad de utilizar la celulosa, pero les es adversa para la utilización de la glucosa. La glucosa es el principal precursor bio-sintético de la lactosa que se segrega con la leche, componente lácteo de gran importancia nutritiva y determinante de la alta o baja producción (Álvarez, 2001)

1.5.1.2 Colesterol. El colesterol y los ésteres de colesterol son lípidos importantes en la dieta y provienen de las grasas y fosfolípidos de las plantas. El colesterol es el esteroide más abundante en los tejidos animales, tanto libre como esterificado. Es un derivado del ciclopentanoperhidrofenantreno que posee el -OH del C3 en posición cis o beta y una doble ligadura entre el C5-6. Se presenta como un sólido de color blanco, insoluble en agua, muy soluble en cloroformo y benceno (Aranda et al, 2002)

El colesterol es el principal representante de los esteroides en el organismo, y es considerado esencial por las funciones que realiza, precursor de las hormonas esteroideas y de los ácidos biliares. Además es un elemento estructural de las lipoproteínas, también está en íntima relación con la glándula tiroides y esta a su vez con el metabolismo del calcio y de los carotenos (Vargas, 2006)

Niveles por fuera de los límites de los rangos considerados como normales en bovinos, están relacionados con altos porcentajes de grasa en la dieta, con deficiencias energéticas y/o con problemas de función hepática (Bedoya et al, 2012)

Tanto la hipocolesterolemia como la hipercolesterolemia producen alteraciones quísticas en los ovarios. Los bajos valores de colesterol se asocian con menores síntesis de hormonas esteroideas, entre ellas, estrógenos y progesterona, lo cual estaría influyendo en el comportamiento reproductivo de las vacas de alta producción normalmente por deficientes índices productivos (Campos et al, 2007)

Mediante la determinación del colesterol antes del parto se pueden reconocer oportunamente a las vacas que se encuentran en condiciones de sufrir fiebre de leche (Hincapie, 2012)

Los valores más bajos de concentración de colesterol se observan en el parto. La vaca presenta una serie de adaptaciones metabólicas previo al inicio de la lactancia; encontrando dentro de esta una intensa movilización de grasa como consecuencia de un déficit energético, producido por una disminución en el consumo voluntario de materia seca, el crecimiento fetal, el crecimiento de la glándula mamaria y el inicio en la preparación para la lactancia. Lo que conlleva a la hipocolesterolemia, entre otros (Ceballos et al, 2001)

Al aumentar el consumo de materia seca postparto, la colesterolemia aumenta; presenta una correlación negativa con la cantidad de leche producida lo que refleja una mayor exigencia energética impuesta por el aumento en la producción de leche. Un requerimiento nutricional más bajo al disminuir la producción de leche favorece una colesterolemia más alta en las vacas al final de la lactancia (Ceballos et al, 2001)

1.5.1.3 Cuerpos cetónicos. Los cuerpos cetónicos se generan en el hígado como intermediarios entre el metabolismo de los lípidos y el de los carbohidratos, se originan de la degradación de los ácidos grasos que se producen en condiciones normales durante la cetogénesis; se conocen con este nombre a tres compuestos: el acetoacetato, el B-hidroxibutirato y la acetona. En animales normales se ha encontrado que del 78 al 94% del B-OH Butirato se forma a partir del butirato ruminal, mientras que en estado de inanición casi el 100% proviene de los AGV (Álvarez, 2001)

El B-OH Butirato es un metabolito de gran importancia, usado para definir el consumo energético de la vaca, particularmente durante la lactancia temprana. Altas concentraciones de b-hidroxibutirato en la sangre, pueden indicar un suministro de cantidades inadecuadas de forraje, para cubrir los requerimientos del animal, suministros elevados de concentrado con respecto a alimentos voluminosos (fibra), alta capacidad de carga, baja calidad y palatabilidad del forraje, exceso de proteína no degradable, exceso de proteína degradable que demanda altas cantidades de energía para su metabolización; y aporte de agua insuficiente (Álvarez, 2001)

1.5.2 Metabolitos asociados al metabolismo proteico, nitrogenado y hematocrito del rumiante.

1.5.2.1 Urea. El amoníaco que escapa de los procesos de síntesis microbiana pasa directamente a través de la pared ruminal y por el sistema porta llega al hígado para su conversión en urea. En condiciones normales, este proceso se desarrolla con relativa eficiencia, pues las concentraciones de amoníaco en la circulación periférica permanecen muy bajas, pero, al depender del consumo de proteínas, la variabilidad de la uremia es bien manifiesta (Álvarez, 2001)

Cuando las concentraciones de este indicador, en especial son altas, se puede relacionar con: aumento del consumo proteico, suministro de proteína fácilmente digestible o alto nivel de nitrógeno no proteico, aumento del catabolismo tisular debido a ayunos prolongados; reducción en el consumo de energía que provoca una disminución en la síntesis de proteína microbiana y favorece el incremento del pH con incrementos en la absorción del amoníaco (Álvarez, 2001)

1.5.2.2 Nitrógeno Ureico en Sangre (BUN). Además de las mediciones tradicionales de cambios en el peso y la condición corporal, los niveles de nitrógeno uréico en sangre (BUN) o en leche (MUN) pueden utilizarse como herramientas para estimar el estado de la nutrición energético-proteínica del ganado. En el ganado vacuno de alta producción, las concentraciones de nitrógeno uréico menores de 15 mg/dl, señalan una deficiencia relativa de proteína en la dieta. Las concentraciones de nitrógeno uréico mayores de 19 a 20 mg/dl, se han asociado con una reducción de las tasas de concepción y preñez en vacas lecheras (Andrew, 1998)

En el ganado vacuno, del 50 al 80% del pasto ingerido se degrada en el rumen a amoníaco, y este se convierte en proteína microbiana. La velocidad del proceso está condicionada, entre otros factores, por la cantidad de energía que requieren las bacterias y que obtienen de la fermentación de los carbohidratos, con lo cual también se garantiza el esqueleto carbonado indispensable para la síntesis de los aminoácidos bacterianos. Así, el metabolismo proteico y el energético se encuentran muy relacionados, por lo que la deficiencia primaria de uno se traduce en la deficiente utilización del otro. El balance del sistema se logra satisfactoriamente cuando los aportes del forraje resultan estables y de buena calidad (Álvarez, 2001)

En el ganado vacuno de alta producción, las concentraciones de nitrógeno ureico menores de 15 mg/dl, señalan una deficiencia relativa de proteína en la dieta. Las concentraciones de nitrógeno ureico mayores de 19 a 20 mg/dl, se han asociado con deficiencia energética y con una reducción de las tasas de concepción y preñez en vacas lecheras según Andrew (1998)

1.5.2.3 Proteínas Totales. Las proteínas de la sangre tienen una extraordinaria importancia en la evaluación del metabolismo proteico. Por su alta frecuencia de presentación dentro de los perfiles metabólicos, son consideradas como metabolitos convencionales, actúan como elementos estructurales y de transporte y se dividen en dos fracciones: albuminas y globulinas (SPINREACT, 2006)

1.5.2.4 Albumina. La albumina constituye una fracción importante de las proteínas del suero sanguíneo. Está relacionada con el poder coloidosmótico y la capacidad amortiguadora de la sangre, así como con el transporte de sustancias. Se sintetiza en el hepatocito a partir de aminoácidos, por lo que la hipoalbuminemia, puede resultar no solo de la deficiencia de proteínas sino también de la disfunción del hígado, como ocurre en la degeneración o en los cambios grasos de este órgano. Ambas situaciones se presentan al mismo tiempo con gran frecuencia durante la lactancia temprana (Álvarez, 2001)

La albumina tiene varias funciones en el torrente sanguíneo, incluyendo el transporte de aniones orgánicos insolubles, el enlace de metales pesados tóxicos, el transporte de hormonas pobremente solubles, el mantenimiento de la presión osmótica del plasma coloidal y la provisión de una reserva de proteína. Bajos valores en el suero pueden resultar de malnutrición o enfermedades del hígado. Valores altos en suero pueden resultar por deshidratación (Kaneko, 1989)

1.5.2.5 Creatinina. La creatinina está en el cuerpo principalmente en forma de fosfato de alta energía. En los músculos es fuente de energía. En animales jóvenes de crecimiento se encuentra en mayores cantidades. La creatinina es una sustancia muy difusible y distribuida de manera uniforme en el agua corporal. Al estudiar la excreción de creatinina, tiene valor el hecho de que los niveles séricos de creatinina casi no son afectados por la creatinina exógena de los alimentos, por la edad, el sexo, el ejercicio o la dieta. Por lo tanto los niveles elevados solamente se presentan cuando se altera la función renal (Bush, 1982)

1.5.3 Metabolitos asociados a la función hepática

1.5.3.1 Gamma Glutamil Transferasa (GGT). La Gamma Glutamil Transferasa (GGT) es una enzima que se encuentra presente en casi todos los tejidos del organismo, siendo particularmente alta en hígado, páncreas, riñón y próstata. La determinación de los niveles de gamma-glutamil transferasa (GGT) es el método más útil para el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades hepatobiliares como obstrucción hepática, cirrosis o tumores hepáticos. El diagnóstico clínico debe realizarse teniendo en cuenta todos los datos clínicos y de laboratorio.

1.5.3.2 Alanina Aminotransferasa GPT (ALT) . La Alanina Aminotransferasa (ALT) inicialmente llamada transaminasa glutámico pirúvica (GPT), es una enzima intracelular, se encuentra principalmente en las células del hígado y el riñón. Su mejor aplicación es en el diagnóstico de las enfermedades del hígado. Se observan niveles elevados en enfermedades hepáticas como la hepatitis, enfermedades de los músculos y traumatismos. Cuando se emplean en conjunción con la AST ayuda en el diagnóstico de infartos de miocardio, ya que el valor de la ALT se mantiene dentro de los límites normales y aumenta en los niveles de AST. El diagnóstico clínico debe realizarse teniendo en cuenta todos los datos clínicos y de laboratorio.

1.5.3.3 Fosfatasa Alcalina (FAL). Las fosfatasas Alcalinas son enzimas que se encuentran presentes en casi todos los tejidos del organismo, siendo particularmente alta su presencia en huesos, hígado, placenta, intestinos y riñón. Tiene importancia clínica tanto su aumento como su disminución de los niveles en plasma. Causas más probables de aumento del nivel de FAL: Enfermedad ósea de Paget, obstrucciones hepáticas, hepatitis, hepatotoxicidad por medicamentos y osteomalacia. Causas más probables de disminución del nivel de FAL: déficit de vitamina C. El diagnóstico clínico debe realizarse teniendo en cuenta todos los datos clínicos y de laboratorio.

1.5.4 Metabolitos asociados al metabolismo mineral del rumiante. Junto con las energéticas, las deficiencias minerales constituyen las principales causas que limitan la producción bovina. Las necesidades minerales para el mantenimiento de las concentraciones sanguíneas, la salud y la finalidad productiva pueden afectarse por factores como la edad, el contenido de los suelos, la cantidad y la forma química en que se consumen, el nivel de producción y las interacciones que establecen entre sí y con otros compuestos orgánicos (Álvarez, 2001)

1.5.4.1 Sodio. Es el principal catión del líquido extracelular (LEC), mientras que el potasio lo es para el intracelular (LIC). Las concentraciones de sodio son bajas en los tejidos blandos y altas en los fluidos corporales; el potasio es considerado como el tercero de los elementos más abundantes del organismo; ambos tienen, dentro de sus múltiples funciones, una importancia decisiva en el balance hídrico, la presión coloidsmótica, la transmisión del impulso nervioso y el estado ácido básico (Álvarez, 2001)

1.5.4.2 Calcio y fósforo. El calcio y el fósforo componen más del 70% del total de los minerales del cuerpo, el 99% del calcio y el 80% del fósforo se encuentran en los huesos y en los dientes, por eso se llaman osteotróficos. El calcio es esencial para la coagulación sanguínea, la acción rítmica del corazón, la excitabilidad neuromuscular, la activación enzimática y la permeabilidad de las membranas (Álvarez, 2001). El fósforo es esencial para el normal funcionamiento de los microorganismos del rumen, la utilización de la energía de los alimentos, variados sistemas enzimáticos, el metabolismo de las proteínas y como amortiguador de la sangre y otros fluidos biológicos. Un 20% del fósforo corporal está ampliamente distribuido en los tejidos blandos, principalmente en los glóbulos rojos y en los tejidos nervioso y muscular (Álvarez, 2001)

1.5.4.3 Magnesio. El magnesio está íntimamente relacionado con el metabolismo del calcio y el fósforo. Cerca del 70% del total del organismo forma parte del esqueleto, de ahí que se lo considere también un mineral osteotrófico; el resto se encuentra distribuido en forma muy similar al fósforo, forma parte de más de 80 reacciones enzimáticas en el organismo (Álvarez, 2001)

El diagnóstico mineral del sistema de producción bovino, puede hacerse en el suelo; con mejores resultados y más confiables mediante bromatología de los pastos y alimentos; y con mayor confiabilidad cuando se hacen en tejidos corporales y en los fluidos orgánicos. La certeza del diagnóstico del estado mineral orgánico está determinada por el tipo de muestra que se tome para el análisis. Tabla 5

1.5.4.4 Potasio. Este test se utiliza para controlar el equilibrio electrolítico en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades caracterizadas por niveles altos o bajos de potasio en sangre.

Tabla 5. Muestras Usadas En Los Análisis De Laboratorio Para Determinar El Estado Mineral Del Organismo

Muestra	Ca	Co	Cu	Mg	Mn	PO ₄	Se	Na	Zn	Fe	I
Alimentos	Ca	Co	Cu	Mg	Mn	PO ₄	Se	Na	Zn		I
Sangre	Ca	B ₁₂	Cu	Mg		PO ₄	G-Peroxidasa	Na	Zn	Hb-transferrina	Tiroxina
Saliva								Na	Zn		
Orina				Mg							
Leche											I
Hígado		Co	Cu		Mn		Se				
Hueso	Ca					PO ₄					
Pelo							Se				
Humor Acuoso	Ca			Mg							

Fuente: Bioquímica nutricional y metabólica del bovino en el trópico (Álvarez, 2001)

1.6 RELACIÓN SUELO, PLANTA, ANIMAL

El ciclo de los nutrientes entre el suelo, las plantas y los animales, es muy importante en las praderas, porque los rumiantes los obtienen en su totalidad de los pastos que crecen en ellas, de los suplementos; y porque los animales retornan en sus excretas, proporciones importantes de estos elementos que consumen. Debido a su dependencia de los forrajes, los animales necesitan que cada uno de los nutrientes presentes en ellos, se encuentren en cantidades y en combinaciones adecuadas (Whitehead, 2000)

La relación suelo, planta, animal, es uno de los ciclos biológicos más complejos. Las plantas emplean energía solar, el anhídrido del aire, el agua y los minerales para formar sus tejidos. En las leguminosas, los nódulos de la raíz fijan el nitrógeno del aire del suelo y lo convierten en aprovechable por las plantas; la planta actúa a su vez como fuente de recursos para el suelo, abasteciéndolo de materia orgánica y minerales. Los tejidos vegetales proveen al animal los elementos nutritivos para mantener su vida y los procesos productivos (Beguet y Bavera, 2001)

El animal actúa como elemento mejorador de la fertilidad (rotaciones), sin embargo, son muy altos los efectos perjudiciales de la acción de los animales sobre la pradera por lo menos de las siguientes formas: Por pisoteo el animal compacta el suelo, disminuyendo la aireación e infiltración de agua; el pisoteo provoca lesiones a las plantas generando disminución en la cantidad y la calidad del forraje aprovechable; por alteración del balance natural entre especies por selectividad y por alteración en el crecimiento de las plantas por deyecciones (Beguet y Bavera, 2001)

Insuasty, 2011, realizó un trabajo en el que se compararon variables agronómicas y bromatológicas de un monocultivo de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) (S1) y un sistema silvopastoril (SSP) (S2), sobre comportamiento productivo de novillas Holstein. Los indicadores agronómicos evaluados fueron: producción de forraje verde, producción de materia seca y altura del pasto. Composición química: porcentaje de materia seca, proteína, extracto etéreo, fibra cruda, FDN, FDA, celulosa, hemicelulosa, lignina, minerales (calcio, fósforo, magnesio entre otros). Se utilizó t de student para comparar los indicadores. En comportamiento animal se evaluó ganancia de peso, consumo de MS, perfiles metabólicos (BUN - nitrógeno ureico en la sangre-, cuerpos cetónicos, creatinina, proteína total y albúmina). Se utilizó un Diseño Experimental Swith Back (reversible).

Diferencias estadísticas fueron registradas entre el monocultivo en la altura del pasto de 23,19 cm y el sistema asociado con 36,19 cm. Adicionalmente, el pasto en S2 mostró mayor contenido de fósforo, con un promedio de 0.39%. La ganancia de peso fue mayor en novillas que pastorearon en S2 con 893

g/animal/día. El consumo de MS fue mayor en el sistema asociado con 10,98 kg animal/día mientras el S1 presento menor consumo 7,75 kg animal/día.

Jojoa y Silva, 2009, realizaron un trabajo de evaluación de la productividad con las variables edafoclimáticas y bromatológicas del pasto kikuyo. Las variables evaluadas fueron: Climáticas: Temperatura, luminosidad, precipitación, humedad relativa, altitud; Químicas: materia orgánica, pH, C.I.C, N, P, K, Mg, Ca, S, B; Físicas: Textura, penetrabilidad, pendiente, densidad aparente, densidad real, porosidad total, capacidad de campo e infiltración; Biológicas: Macro y meso fauna; Bromatológicas: Materia seca, nitrógeno total, proteína verdadera, FDN, FDA, hemicelulosa, celulosa, lignina, minerales: Ca, P, Mg y S.

El ACP permitió explicar el 70.12 % de la variación total. El primer componente representó al periodo de recuperación, este componente explicó el 31.82 % del total de la variación, influenciado directamente por el contenido de materia orgánica (MO), el azufre del suelo y la luminosidad e indirectamente por la densidad aparente; el segundo componente reveló el 22.8% de la variación total, que correspondió a la producción de biomasa (MS), el cual estuvo directamente relacionado con el pH y el fósforo, y de forma inversa con el aluminio y manganeso presentes en el suelo; el tercer componente explicó el 14.5% de la variación y correspondió a la calidad nutritiva del pasto kikuyo, que se vio afectada en forma directa por la penetrabilidad e inversamente por el contenido de potasio en la rizósfera.

Los organismos que más predominaron en las zonas de estudio fueron del orden coleóptera (escarabajos), presencia que tuvo una alta correspondencia con la textura franco-arcillosa del horizonte agrícola.

León y Zambrano, 2008, evaluaron la producción y calidad nutritiva del pasto kikuyo, las variables en estudio fueron: climáticas (temperatura, luminosidad, precipitación, humedad relativa, altitud), químicas del suelo (materia orgánica, pH, fósforo disponible, potasio de cambio, Mg, Ca, S, B), físicas del suelo (textura, penetrabilidad, capacidad de campo, infiltración, densidad aparente, densidad real, porosidad), biológicas del suelo (mesofauna y macrofauna) bromatológicas (materia seca, nitrógeno total, proteína cruda, FDN, FDA, hemicelulosa, celulosa, lignina, minerales: Ca, P, Mg, S)

El ACP permitió expresar el 70% de toda la variabilidad de las variables cuantitativas en tres componentes; en el primer componente se destacaron aquellas variables relacionadas con las propiedades químicas, microelementos y parte de las condiciones climáticas, el segundo componente por propiedades físicas, macroelementos y el tercer componente por condiciones climáticas.

Se recolectó un total de 9 sitios o réplicas, las cuales se agruparon en 3 clúster, sobresaliendo el segundo grupo con respecto al periodo de recuperación, siendo

las más representativas las propiedades físicas del suelo y materia orgánica; el tercer clúster se identificó por menor producción de biomasa, afectada por propiedades químicas y microelementos.

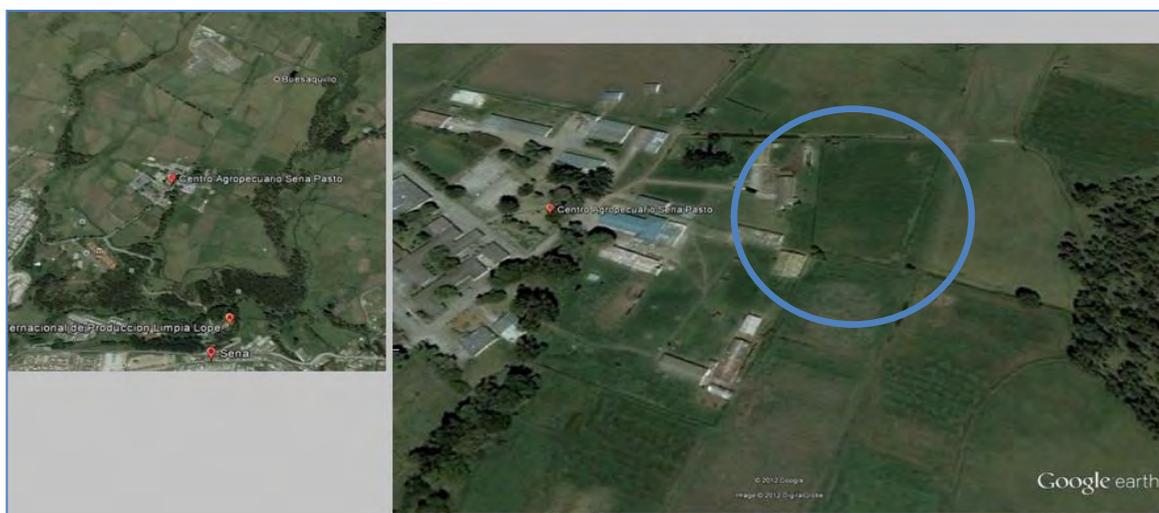
En cuanto al ACM, se obtuvo, que las oligochaetas (lombrices de tierra) son parte fundamental en la condición del suelo, lo que repercute en la producción del pasto, además se obtuvo, que para efectos de un mejor crecimiento del pasto, se considera que el suelo franco es el más adecuado.

2. DISEÑO METODOLÓGICO

2.1 LOCALIZACIÓN

El trabajo se desarrolló en el departamento de Nariño, municipio de San Juan de Pasto, en la vereda La Carolina, a una Latitud Norte de $1^{\circ} 11'$ y una Longitud Oeste de $77^{\circ} 16'$; altura de 2600 msnm, temperatura promedio de 14°C , precipitación promedio anual de 790 mm y una humedad relativa del 73% (IDEAM 2012), Figura 1

Figura 1. Localización Pradera Experimental



Fuente. Este estudio

2.2 MEDICIÓN DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS

Las variables climatológicas se tomaron de los registros del IDEAM, de la estación Botana [52055040] y se analizaron los promedios para humedad relativa, temperatura, luminosidad, velocidad del viento y precipitación.

2.3 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, FÍSICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO

2.3.1 Características químicas y físicas del suelo. Para determinar las características químicas y físicas del suelo, se tomaron muestras representativas de manera aleatoria en la pradera en estudio y se enviaron al laboratorio de suelos de la Universidad de Nariño. Algunas de las propiedades físicas, se midieron en el campo según los protocolos enumerados en el numeral correspondiente, en las Tablas 6 y 7 se consigan las variables y su método de determinación:

Tabla 6. Variables Químicas del Suelo

Variable	Método
pH	NTC 5264. Técnica potenciométrica, relación suelo: agua, 1:1
CIC	CH ₃ COONH ₄ 1NpH7, NTC 5268. Técnica Volumétrica
P	Bray II y Kurtz NTC 5350. Técnica Espectrofotometría UV-VIS
M.O.	Walkey y Black(Colorimétrico) NTC5403. Técnica Espectrofotometría UV-VIS
K, Mg, Ca	CH ₃ COONH ₄ 1NpH7, NTC 5349. Técnica Espectrofotometría de Absorción Atómica.
S	(Ca (H ₂ PO ₄) ₂ .H ₂ O) 0.008M NTC 5402. Técnica Espectrofotometría UV-VIS
B	Agua Caliente NTC 5404. Técnica Espectrofotometría UV-VIS
Fe, Zn, Mn, Cu	DTPA NTC5526. Técnica Espectrofotometría de Absorción Atómica

Fuente. Este estudio

Tabla 7. Variables Físicas del Suelo

Variable	Método
Textura	Determinación por el método del hidrómetro de Boyoucos
Densidad aparente	Determinación por el método de la probeta
Porosidad total	Determinación con base en las densidades real y aparente. $P (\%) = 100(1 - D_a/D_r)$
Penetrabilidad	Determinación con el penetrógrafo

Fuente. Este estudio

2.3.2 Características biológicas del suelo. En la pradera experimental se tomaron tres muestras a los 0, 15 y a los 30 días, siguiendo la metodología del International Tropical Soil Biology and Fertility Programme (TSBF).

Para la recolección se empleó, una guía metálica 25 x 25 cm y 30 cm de profundidad (Monolito), la cual fue introducida en el suelo con la ayuda de una pala. Cada monolito se subdividió en tres estratos (0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm), y de cada uno se separó los macroinvertebrados (tamaño >2 mm); los

especímenes se depositaron en viales y frascos, para cuerpos endurecidos, con solución de alcohol al 70% y glicerina al 5%, para lombrices formol al 5%. Todas las muestras se identificaron hasta nivel de familia. Con los datos obtenidos de número total de individuos por familia, se establecieron la densidad de población de cada grupo encontrado en la pradera experimental.

2.4 COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y BROMATOLÓGICO DE LA PRADERA EXPERIMENTAL

2.4.1 Comportamiento agronómico:

2.4.1.1 Producción de biomasa fresca. Se tomaron muestras de las pasturas en forma manual, simulando el bocado de los animales (“pluck”) para determinar cantidad y calidad de la dieta en oferta antes del pastoreo.

Para la medición de esta variable se utilizó el método de muestreo sistemático dirigido, tomando muestras al azar con un marco de 0.5 m²; las muestras de pasto fueron pesadas y enviadas al laboratorio para los análisis correspondientes (Echeverri, 2009)

2.4.1.2 Producción de biomasa seca. Se determinó con base en la anterior variable, utilizando análisis proximal de Weende, según la metodología descrita por la Association Of Official Agricultural Chemists (AOAC, 1995).

2.4.1.3 Altura de plantas. Se midió la longitud del pasto desde el cuello de la raíz hasta la punta de la hoja más larga.

2.4.1.4 Composición florística de la pradera. Se identificaron las plantas: gramíneas, leguminosas y otras especies presentes en la pradera; para hacerlo, se colectaron e identificaron con la ayuda de manuales de taxonomía y del herbario de la Universidad de Nariño. Para determinar conteo de plantas se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad} = n^{\circ} \text{ de plantas/t}^2.$$

Para determinar el porcentaje de plantas de cobertura se utilizó como escala de referencia la usada por Pérez (1996). Tabla 8

2.4.2 Bromatológica de la pradera. La composición bromatológica se analizó de acuerdo con los procedimientos descritos por el manual de análisis químico de alimentos (laboratorios especializados de la Universidad de Nariño), de acuerdo a los procedimientos descritos por la Association Of Official Agricultural Chemists (AOAC, 1995), de la siguiente manera:

Tabla 8. Escala de Referencia Porcentaje de Plantas de Cobertura

Nivel	Rango %	Evaluación
1	0 - 20	Insignificante
2	21 - 40	Escasa
3	41 - 60	Regular
4	61 - 80	Abundante
5	81 - 100	Muy Abundante

Fuente. Este estudio

2.4.2.1 Materia seca. Por análisis de Weende (método 930.04).

2.4.2.2 Proteína cruda. Mediante el método de Kjeldahl ($N * 6.25$) (método 955.04); se basa en tres pasos fundamentales: digestión de la muestra con ácido sulfúrico concentrado, en presencia de un catalizador y a elevada temperatura, para transformar el nitrógeno en sulfato de amonio. La solución se alcaliniza y el amoniaco liberado se destila para su posterior titulación.

2.4.2.3 Extracto etéreo. Mediante Análisis Proximal o de Soxhlet método 962.09), el cual utiliza solventes, que generalmente son éter, cloroformo, benceno, entre otros, que, a su vez arrastran consigo en el proceso otras sustancias diferentes a las grasas, por esto es un valor generalizado.

2.4.2.4 Ceniza. Por el Análisis Proximal (por calcinación a 550 °C) (método 930.05), únicamente sirve para conocer de forma aproximada el contenido mineral, más no es un indicativo claro del valor o calidad mineral de ella.

2.4.2.5 Fibra cruda (FC). Determinado por Análisis Proximal (digestión ácida - básica) (método 920.39), se basa en la ebullición alterna de la muestra con un ácido y un álcali débiles. El residuo que queda libre de componentes solubles se llama FC, descontando la ceniza.

Fibra Detergente Acido (FDA), Fibra Detergente Neutro (FDN), Hemicelulosa, Celulosa y Lignina. Por Van Soest, el cual utiliza detergentes que se combinan con la proteína para solubilizarla, así como un agente quelante (EDTA) que remueve los metales pesados y los iones alcalinos contaminantes. Minerales. Ca, P, Mg, K, S. Por oxidación húmeda, Colorimetría, turbidimetría y EAA.

2.5 PERFILES METABÓLICOS DE HEMBRAS BOVINAS EN FASE DE LACTANCIA

2.5.1 Perfiles metabólicos asociados al metabolismo energético. Se tomaron muestras de sangre por punción de la vena coccígea utilizando tubos vacutainer sin anticoagulante a los 0, 15 y 30 días, de todas las unidades experimentales en la investigación. Las muestras de sangre fueron preparadas según los protocolos establecidos en el manual de procedimientos del laboratorio clínico veterinario para la determinación de cada uno de los metabolitos:

2.5.1.1 Glucosa. Se determinó mediante química seca (Glucometer, Bayer®). El suero y el plasma se obtuvieron mediante centrifugación a 2.500 rpm durante cinco minutos y se almacenaron a -20°C hasta el momento de los análisis.

2.5.1.2 Colesterol. Se uso el método CHOD – POD. Enzimático Colorimétrico. El colesterol presente en la muestra origina un compuesto coloreado, la intensidad del color formado es proporcional a la concentración de colesterol presente en la muestra ensayada (Naito H, 1985)

2.5.1.3 Cuerpos cetónicos. Se utilizó la prueba colorimétrica, utilizando tirillas reactivas a la presencia de cuerpos cetónicos, la muestra empleada fue orina, esta prueba es cualitativa, es decir, determina si existen o no cuerpos cetónicos, más no los cuantifica; la muestra de orina se tomó por el método de micción natural. Para la toma de la muestra se utilizaron frascos estériles individuales por animal.

2.5.2 Perfiles metabólicos asociados al metabolismo proteico:

2.5.2 Nitrógeno Ureico en Sangre (BUN). Se utilizó el método Ureasa – GLDH. Cinético UV. La ureasa cataliza la hidrólisis de la urea presente en la muestra, en amoníaco (NH₃) y anhídrido carbónico (CO₂); el amoníaco formado se incorpora al α -cetoglutarato por acción de la glutamato deshidrogenasa (GLDH) con oxidación paralela de NADH a NAD⁺. La disminución de la NAD⁺ en el medio es proporcional a la concentración de urea de la muestra ensayada (Kaplan, 1965)

2.5.2.2 Albumina. Se utilizó el método de verde bromocresol. Colorimétrico; La albúmina se combina con el verde de bromocresol a pH ligeramente ácido, produciéndose un cambio de color del indicador, de amarillo verdoso a verde azulado proporcional a la concentración de albúmina presente en la muestra ensayada (Rodkey, 1965)

2.5.2.3 Creatinina. Se utilizó el método Jaffé. Colorimétrico – cinético. El ensayo de la creatinina está basado en su reacción con el picrato alcalino descrito por Jaffé. La creatinina reacciona con el picrato alcalino formando un complejo rojizo. El intervalo de tiempo escogido para las lecturas permite eliminar gran parte de las interferencias conocidas del método. La intensidad del color formado es proporcional a la concentración de creatinina en la muestra ensayada (Murray R, 1989)

2.5.3 Perfiles metabólicos asociados a la función hepática

2.5.3.1 Gama Glutamil Transferasa (GGT). Se uso el método Substrato carboxilado. Cinético. La GGT cataliza la transferencia de un grupo gama glutamilo de la gama-glutamil-p-nitroanillida al dipéptido aceptor glicilglicina, determinado fotometricamente, es proporcional a la concentración catalítica de GGT en la muestra ensayada (Persijn, 1976)

2.5.3.2 Alanina Aminotransferasa GPT (ALT). Se uso el método NADH. Cinético UV. IFCC rec. Líquido. La alanina aminotrasferasa (ALT) inicialmente llamada transaminasa glutámico pirúvica (GPT) cataliza la transferencia reversible de un grupo amino de la alanina al α -cetoglutarato con formación de glutamato y piruvato. El piruvato producido es reducido a lactato en presencia de lactato deshidrogenasa (LDH) y NADH. La velocidad de disminución de la concentración de NADH en el medio, determinado fotometricamente, es proporcional a la concentración catalítica de ALT en la muestra ensayada (Murray et al, 1992)

2.5.3.3 Fosfatasa Alcalina. Se uso el método p-Nitrofenilfosfato. Cinético. Líquido. DGKC. La fosfatasa alcalina (FAL) cataliza la hidrólisis del p-nitrofenilfosfato (pNPP) a pH 10,4 liberando p-nitrofenol y fosfato. La velocidad de formación del p-Nitrofenol, determinado fotométricamente, es proporcional a la concentración catalítica de Fosfatasa Alcalina en la muestra ensayada. (Wenger et al, 1984)

2.5.4 Perfiles metabólicos asociados al metabolismo mineral

2.5.4.1 Calcio . Se uso el método o-Cresolftaleína. Colorimétrico. La medición del calcio se basa en la formación de un complejo coloreado entre el calcio de la muestra y la o-cresolftaleína, en medio alcalino, la intensidad del color formado es proporcional a la concentración de calcio presente en la muestra ensayada (Kessler et al, 1964)

2.5.4.2 Fósforo. Se usó el método Fosfomolibdato. Método directo para la determinación de fósforo inorgánico. El fósforo inorgánico reacciona en medio ácido con molibdato amónico formando un complejo fosfomolibdico de color amarillo. La intensidad del color formado es proporcional a la concentración de fósforo inorgánico presente en la muestra ensayada (Farrel, 1984)

2.5.4.3 Magnesio. Se uso el método Calmagita - EGTA. Colorimétrico. El magnesio forma un complejo de color púrpura al reaccionar con la calmagita en medio alcalino. La intensidad del color formado es proporcional a la concentración de magnesio en la muestra ensayada (Farrel, 1984)

2.5.4.4 Potasio. Se uso la prueba Fotométrica Turbidimétrica. Los iones del Potasio en medio alcalino libre de proteínas reaccionan con tetrafenilborato de sodio produciendo una suspensión turbia con finísima dispersión de tetrafenilborato de potasio. La turbidez producida es directamente proporcional a la concentración de potasio en la muestra y se mide fotométricamente (Berry et al, 1989)

2.5.4.5 Sodio. Se uso el método de Mg Acetato de Uranilo, prueba colorimétrica. El sodio se precipita con Mg Acetato de Uranilo; los iones de uranilo que permanecen en suspensión forman un complejo de color café amarilloso con ácido tioglicólico. La diferencia entre el blanco del reactivo (sin precipitación de sodio) y la muestra es proporcional a la concentración de sodio (Tietz, 1983).

2.6 EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES EN ESTUDIO CON RELACIÓN A LA INTERACCIÓN SUELO – PLANTA – ANIMAL DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

Toda la información recolectada y relacionada con las características del suelo, las variables climáticas, de composición nutricional de la pradera experimental, de química sanguínea, de producción y calidad composicional de la leche, se usaron para realizar un evaluación integral a su interacción en la relación suelo – planta – animal.

Es importante anotar que la investigación se desarrollo sobre las misma pradera y por lo tanto las propiedades del suelo afectaron a los dos tratamientos de igual manera.

2.7 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

Se realizó un análisis, considerando producción de leche y peso; se calcularon parámetros reproductivos como intervalo entre partos, días abiertos, porcentaje de preñez al primer servicio y porcentaje de natalidad; en el subsistema económico se realizó un análisis financiero, evaluando sus costos fijos y variables, a través del cálculo del margen bruto, margen neto y rentabilidad (Wadsworth, 1997)

2.8 ANALISIS ESTADÍSTICO

2.8.1 Pradera experimental. Para la investigación se utilizo una pradera de pasto kikuyo en monocultivo, con un área de dos hectáreas y 60 días de recuperación, establecida hace cinco años. La fertilización que se aplica es orgánica con abonos producidos en la misma finca, a base de bovinasa y porquinasa, procesados con microorganismos eficientes. Se usó pastoreo rotacional por franjas. La pradera fue dividida transversamente y en cada una de las sub parcelas se ubico tres unidades experimentales.

2.8.2 Unidades experimentales. Para el desarrollo de la investigación, el componente animal estuvo formado por un grupo de 6 hembras bovinas de la raza Holstein Friesian, dos en cada uno de los tercios de la lactancia:

Vacas: 2704 y 2800 primer tercio

Vacas: 2906 y 2922 segundo tercio

Vacas: 2824 y 2826 tercer tercio

Se seleccionaron hembras bovinas mayores de 3 años de edad, con fechas de último parto, peso y producciones de leche similares.

Las hembras bovinas que hicieron parte de la investigación fueron sometidas a examen clínico veterinario con el propósito de garantizar que se encontraban en buen estado de salud; el examen permitió medir sus constantes fisiológicas (temperatura corporal, frecuencia respiratoria, frecuencia cardiaca, frecuencia ruminal), su actitud, apetito, aspecto general (jadeo, salivación, pelo, etc.) hidratación, patas y piernas, ubre, útero y consistencia del estiércol (Bruno et al, 2012)

Las hembras fueron separadas; pero su manejo general fue similar al del resto del hato lechero. Se ordeñaron de últimas dos veces al día y su producción se registro en el registro diario de leche que lleva la Unidad de Ganadería en la finca.

2.8.3 Tratamientos. Las unidades experimentales se distribuyeron en dos grupos experimentales:

Tratamiento T1: recibió pasto kikuyo + concentrado comercial

Tratamiento T2: recibió pasto kikuyo únicamente.

Las mediciones se hicieron en tres momentos:

Tiempo 1 t1 = 0 días

Tiempo 2 t2 = 15 días

Tiempo 3 t3 = 30 días

2.8.4 Diseño estadístico. Se utilizó un diseño factorial de medidas repetidas. Se comparan dos tratamientos (T1 y T2) usando una estructura unifactorial y un esquema de aleatorización completamente al azar con tres repeticiones. Se realizaron tres lecturas en el tiempo.

Las variables relacionadas con clima, composición nutricional de la pradera, perfiles metabólicos, producción de leche y peso, encontrados en el estudio, se evaluaron utilizando el PROC MIXED de SAS 9.0. El análisis comparó los dos tratamientos T1 (kikuyo + Concentrado) y T2 (kikuyo) en los tres momentos en los que se hicieron los muestreos y además se comparó los tiempos (t1 vs t2; t1 vs t3; t2 vs t3)

El modelo para el análisis de medidas repetidas en el tiempo se presenta a continuación:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + d_{ij} + T_k + (\alpha\tau)_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : Es la respuesta en el tiempo k en el animal j en el grupo de tratamiento i

μ : Es la media poblacional

α_i : Es el efecto fijo del tratamiento i

d_{ij} : Es el efecto aleatorio del animal j en el tratamiento i

T_k : Es el efecto fijo en el tiempo k

$(\alpha r)_{ik}$: Es la interacción del efecto fijo del tratamiento i con el tiempo k

ϵ_{ijk} : Es el error aleatorio en el tiempo k en el animal j en el tratamiento i .

La información obtenida para variables climáticas, edáficas, bromatológicas, y perfiles metabólicos fue procesada mediante Coeficientes de Correlación de Pearson y Análisis Multivariado de Componentes Principales (ACP) a partir de la matriz parcial de correlaciones utilizando el PRINCOMP Procedure de SAS 9.0. En la matriz parcial de correlaciones se fijó las propiedades físicas y químicas del suelo. En el ACP se incluyeron solo aquellas variables con CV menor al 20%

Se realizó un Análisis Clúster utilizando el método de Ward que es un procedimiento jerárquico en el cual, en cada etapa, se unen los dos clúster para los cuales se tenga el menor incremento en el valor total de la suma de los cuadrados de las diferencias, dentro de cada clúster, de cada individuo al centroide del clúster; se realizó para las unidades experimentales considerando las variables que constituyen los resultados de perfiles metabólicos, producción de leche, calidad composicional de la leche, peso de los animales y se utilizó el PROC CLUSTER de SAS 9.0

No se realizó análisis estadístico para las variables edáficas porque el estudio se desarrolló en la misma pradera experimental. Las variables edáficas afectaron de igual manera a los dos tratamientos

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, FÍSICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO

En la Tabla 9 se registran las propiedades químicas, físicas y las relaciones entre bases intercambiables del suelo de la pradera experimental, es importante destacar que el suelo presenta una textura arcillo arenosa (Ar-A), con una porosidad total del 69,81%, una densidad aparente de 0.8 g/cm³ y una penetrabilidad de 2.043 Kg/Pg², un pH ligeramente ácido, con contenidos altos de materia orgánica y con una alta CIC lo que indica una buena disposición de nutrientes, de acuerdo con Cruañas (1983)

Tabla 9. Características Químicas y Físicas del Suelos, Pradera Experimental

Característica	Unidad	Valor
Ph		6
Materia organica	%	11.5
Fósforo disponible	mg/Kg	170
CIC	cmol+/Kg	26.1
Calcio de cambio	cmol+/Kg	17.3
Magnesio de Cambio	cmol+/Kg	8.25
Potasio de cambio	cmol+/Kg	2.39
Aluminio de cambio	cmol+/Kg	ND
Hierro	mg/Kg	393
Manganeso	mg/Kg	45
Cobre	mg/Kg	6.98
Zinc	mg/Kg	40
Boro	mg/Kg	0.47
Nitrogeno Total	%	0.42
Carbono orgánico	%	6.68
Azufre disponible	mg/Kg	79.1
Textura		Ar – A
Densidad aparente	g/cc	0.8
Penetrabilidad	Kg/pg ²	2.043
Porosidad total	%	69.81
Relaciones entre cationes		
Ca/Mg		2.1
Mg/K		8.33
Ca/K		17.47
(Ca+Mg)/K		8.33

Fuente. Laboratorio de Suelos, Universidad de Nariño, 2013

Todas las bases intercambiables se encuentran altas, al igual que los microelementos. No hay problemas con el aluminio. Hay una buena disposición de nitrógeno total y de carbono orgánico; pero la relación C/N es de 15,90 lo que indica una mineralización lenta. La relación entre cationes se evalúa entre ideal y adecuada indicando una buena disposición de magnesio según Salamanca (1990)

En investigación realizada por Leon y Zambrano (2008) en San Juan de Pasto, en tres localidades de este municipio: riveras del rio Pasto, Genoy y San Fernando, en la determinación de los factores edafoclimáticos que intervienen en la producción y calidad nutritiva del pasto kikuyo en condiciones de no intervención, se encontró una porosidad de 60 a 65%, una densidad aparente de 0.95 a 1.05 g/cm³ y una penetrabilidad entre 1.5 a 2.0 Kg/Pg², consideradas como adecuadas para un óptimo desarrollo del kikuyo según los autores.

En la Tabla 10 se registra la cantidad y el peso de macro-invertebrados encontrados por capa del monolito y en la Tabla 11 el porcentaje de los organismos en el suelo por orden.

Tabla 10. Macro-invertebrados por Capas en el Suelo de la Pradera Experimental

CAPAS	MACROFAUNA	PESO
Mantillo Superficial	2 Cucarrones medianos de color negro, 10 cucarrones rojo, 2 gusanos larva.	2 gr
Nivel 2 0 – 10 cm	8 cucarrones rojos, 1 lombriz, 3 gusanos, 3 cucarrones negros.	3 gr
Nivel 3 10 – 20 cm	3 Gusanos larva, 1 cucarrón pequeño de color rojo	1 gr
Nivel 4 20 – 30 cm	1 Araña, 1 cucarrón, 1 gusano, 1 cucarrón pequeño de color rojo.	1 gr

Fuente. Este estudio

Tabla 11. Porcentaje de Macro-invertebrados por Orden en la Pradera Experimental

Organismo	Orden	Familia	%
Cucarrón Rojo	Coleóptera	Scarabaeidae	94,6
Cucarrón Negro	Coleóptera	Melolonthidae	
Larva coleóptera	Coleóptera	Ptylodactylidae	
Larva coleóptera	Coleóptera	Elateridae	
Araña	Arachnida	Aracnidae	2,7
Lombriz de tierra	Oligoteca	Lumbrisidae	2,7

Fuente. Este estudio

3.2 COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y BROMATOLÓGICO DE LA PRADERA

3.2.1 Comportamiento agronómico:

3.2.1. Producción de biomasa y altura de la pradera. El aforo de la pradera experimental estableció una producción de 1,9 Kg de forraje verde (FV) por metro cuadrado y por corte, lo que representa 19 toneladas por hectárea y por corte. En el análisis bromatológico del pasto, se encontró un 20,2% en materia seca, esto significa una producción de 0,38 Kg de materia seca (MS) por metro cuadrado y por corte equivalente a 3,84 toneladas por hectárea y por corte. En la investigación se encontró alturas promedias de 83,7, 52,3 y 29,8 cm.

Insuaty (2011), evaluando el 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, reporta valores promedios de producción de FV: 13,91 Tn/Ha/Corte para kikuyo en monocultivo y 19,64 para el arreglo kikuyo + Aliso; producción de MS de 3,9 y 4,7 Tn/Ha/Corte y alturas promedio de 23,19 y 36,19 cm para el monocultivo y el arreglo respectivamente.

Jojoa y Silva (2009), en la determinación de factores edafoclimáticos que afectan la productividad del pasto Kikuyo en condiciones naturales en los municipios de Ipiales y Aldana, al sur del departamento de Nariño, reportan una producción promedio de FV de 46,59 Tn/Ha/Corte y 8,95 Tn/Ha/Corte de MS

Las diferencias encontradas en los diferentes sistemas de producción reportados se explican porque la producción de biomasa del pasto Kikuyo está influenciada

por factores relacionados con las características físicas, químicas y biológicas del suelo, con las variables climáticas, que hacen cambiar la producción del forraje aún si el sistema se desarrolla en suelos de características similares Leon y Zambrano (2008)

3.2.1.2 Composición florística de la pradera. En la Tabla 12 se registra la composición florística de la pradera.

3.2.2 Bromatología de la pradera. En la Tabla 13 se registran los valores de composición bromatológica del pasto kikuyo y del concentrado comercial, usados en la alimentación de las vacas en experimentación.

Tabla 12. Composición Florística de la Pradera

Especie	%	Nivel	Cobertura
Kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i> Hoechst Ex Chiov)	90	5	Muy abundante
Lengua de Vaca (<i>Rumex crispus</i>)	4	1	Insignificante
Saboya (<i>Holcus lanatus</i>)	2	1	Insignificante
Corazón herido (<i>Polygonum nepalense</i>)	1	1	Insignificante
Trébol blanco (<i>Trifolium repens</i>)	1	1	Insignificante
Diente de león (<i>Taraxacum officinale</i>)	2	1	Insignificante

Fuente. Este estudio

Tabla 13. Análisis Bromatológico del Pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov) y del Concentrado Comercial Usados en la Investigación

Parámetro	Unidad	Kikuyo		Concentrado	
		BH	BS	BH	BS
Humedad	g/100 g	79,8		10,6	
Materia Seca	g/100 g	20,2		89,4	
Ceniza	g/100 g	2,12	10,5	6,69	7,49
Extracto Etéreo	g/100 g	0,34	1,70	5,07	5,67
Fibra Cruda	g/100 g	7,12	35,2	7,06	7,90
Proteína	g/100 g	3,66	18,1	20,4	22,8
ENN	g/100 g	7,00	34,6	50,2	56,1
Energía	Kcal/100 g	82,9	410	402	449
FDN	g/100 g	15,3	75,4	-	-
FDA	g/100 g	7,77	38,4	-	-
Lignina	g/100 g	2,39	11,8	-	-

Continuacion tabla 13.

Celulosa	g/100 g	5,29	26,1	-	-
Hemicelulosa	g/100 g	7,49	37,0	-	-
Calcio	g/100 g	0,07	0,34	1,21	1,35
Fósforo	g/100 g	0,08	0,40	0,64	0,72
Magnesio	g/100 g	0,06	0,32	0,30	0,34
Potasio	g/100 g	0,75	3,69	1,14	1,27
Azufre	g/100 g	0,04	0,22	0,31	0,35
Hierro	mg/Kg	19,3	95,2	221	247
Manganeso	mg/Kg	5,87	29,0	190	212
Zinc	mg/Kg	8,38	41,4	197	220
Cobre	mg/Kg	1,76	8,70	31,5	35,2

Fuente. Este estudio

3.2.2.1 Proteína. El análisis bromatológico de la muestra de kikuyo de la pradera experimental mostró un valor de proteína de 18,1%. El pasto kikuyo es un pasto que responde muy bien a la fertilización nitrogenada, como consecuencia de esto hay un incremento en la producción de biomasa, en la capacidad de carga animal y en el contenido de proteína en el pasto (Urbano,1997); sin embargo, la fertilización nitrogenada o los altos contenidos de nitrógeno disponible en los suelos, provocan incrementos excesivos en los porcentajes de proteína cruda (Montoya, 2008) y con esto, efectos negativos en el nivel productivo, reproductivo, económico y ambiental (Lapierre et al, 2005) de los hatos.

Hay un efecto negativo asociado a niveles superiores a 22% de proteína cruda en el pasto kikuyo y corresponde al incremento de los porcentajes de nitratos en el pasto, los mimos que fácilmente se convierten en nitritos durante el metabolismo del nitrógeno en el organismo del animal, causando efectos tóxicos que en casos agudos pueden provocar la muerte (Marais, 1997)

Aunque el nivel de mortalidad por efecto de nitritos es muy bajo, no menos importantes son los efectos sub clínicos de su presencia en el pasto, puesto que afectan negativamente la productividad y la reproducción en los hatos lecheros (Marais, 1997)

Correa et al (2008) en revisión realizada sobre el valor nutricional del pasto kikuyo para la producción de leche en Colombia, reportó un promedio de proteína de 20,5% con un mínimo de 15,4 y un máximo de 27,1% en el departamento de Antioquia. Insuasty (2011) reportó un promedio de 10,20% para Kikuyo en monocultivo y de 11,41% para un sistema silvopastoril Kikuyo – Aliso.

Apréez y Moncayo (2006) al realizar la caracterización agronómica y bromatológica de una pradera de kikuyo sometida a rehabilitación mediante labranza y fertilización orgánica y/o mineral en el departamento de Nariño reportó

valores entre 11,4 a 15,8% de proteína, inferiores encontrados en esta investigación.

3.2.2.2 Extracto Etéreo. El análisis bromatológico del pasto, de la pradera experimental, mostró un valor de 1,70 g/100 g de materia seca para el kikuyo.

El extracto etéreo está relacionado con los contenidos de ácidos grasos saturados e insaturados en los forrajes; en general, el contenido de ácidos grasos saturados en los forrajes representa un porcentaje bajo del EE total (Bauchart et al 1984, Czerkawski 1967). De estos, los más abundantes son el ácido palmítico (C16:0) y el ácido esteárico (C18:0) (Bauchart et al 1984); Los principales ácidos grasos insaturados presentes en el EE en las hojas de las gramíneas son el ácido linolénico (18:3) y ácido linoléico (18:2) (Dewhurst et al 2001, French et al 2000)

Generalmente, la alimentación con forraje aumenta los niveles de grasa y de algunos de sus isómeros comparado ya sea con una ración totalmente mezclada o con forrajes conservados (Dewhurst et al, 2006; Elgersma et al, 2006; Khanal et al, 2007)

El porcentaje de EE encontrado en esta investigación, se encuentra en el rango establecido como normal para el pasto en Colombia (Correa et al, 2008), con un mínimo de 1,63, un máximo de 4,71 y un promedio de 3,63%; es similar al reportado por Insuasty (2011) de 1,79% para un arreglo silvopastoril Kikuyo – Aliso y superior al reportado por el mismo autor (1,52%) en una pradera en monocultivo de este pasto.

3.2.2.3 Fibra en Detergente Neutro (FDN). El valor de FDN encontrado para el kikuyo de la pradera experimental fue de 75.4%. Los altos contenidos de FDN en el pasto kikuyo son una de las principales limitantes que tiene esta gramínea puesto que interfiere con la digestibilidad de la materia seca y por lo tanto con el aporte energético de la pradera (Marais, 2001)

El contenido de FDN en la pradera experimental es superior a los porcentajes reportados por Insuasty (2011) de 70,69 y 69,40% para kikuyo en monocultivo y en un sistema silvopastoril Kikuyo – Aliso, respectivamente; de igual manera son superiores a los reportados por Leon y Zambrano (2008) para Pasto 59,77%, San Fernando 61,48% y Genoy 61,68%; superiores a los reportados por Tapia y Rivera (2009) para Arvela 64,84%, Cualapud 62.47% y Santa Rosa 62.75%, tres localidades del municipio de Guachucal del Departamento de Nariño.

Según Correa et al (2008) en muestras de kikuyo recolectadas en el Departamento de Antioquia se encontraron valores entre 51,7% y 69,7% inferiores

a los encontrados en esta investigación; sin embargo, los datos aquí reportados se encuentran entre los rangos considerados como normales para este pasto de 42.3% hasta 80% (Miles et al, 2000)

3.2.2.4 Ceniza. El análisis bromatológico mostro un contenido de 10,5 g de ceniza por cada 100 g de materia seca. Los contenidos de minerales encontrados en esta investigación están de acuerdo con los requerimientos de las vacas evaluadas, a diferencia del potasio que presenta valores altos, muy superiores a los requerimientos de los animales; contenidos altos de potasio pueden estar asociados a problemas de hipocalcemia (Correa et al 2008, Meeske et al 2006)

Es importante anotar que los minerales en el pasto kikuyo se mantienen relativamente iguales a diferentes tiempos de rebrotes (Correa et al, 2008)

El porcentaje de ceniza del análisis bromatológico de la pradera experimental es inferior al reportado por Insuaty (2011) de 11,77% en un sistema de silvopastoreo Kikuyo – Aliso; pero superior al reportado por el mismo autor de 9,35% para una pradera de kikuyo en monocultivo.

Jojoa y Silva (2009) reportaron valores de 12,48%; 13,53%; 10,78% para tres municipios del sur del Departamento de Nariño. Zambrano y León (2008) encontraron, para tres localidades del municipio de Pasto, valores de 13,70%; 12,55%; 11,05% y Tapia y Rivera (2010) en investigación realizada en tres localidades del municipio de Guachucal reportaron: 12.59%; 11.00%; 11.64% para ceniza del pasto Kikuyo, todos estos valores ligeramente superiores a los encontrados en esta investigación.

En la Tabla 14 se registran los valores para minerales encontrados en esta investigación y se comparan con los encontrados por Insuasty (2011) y Correa et al (2008) en praderas del Departamento de Antioquia.

Como puede verse los valores son similares, sin embargo es de destacar que el potasio es muy superior para el kikuyo de la pradera experimental en comparación con los reportados en los dos sistemas evaluados por Insuasty (2011)

Tabla 14. Minerales en el Pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov)

Elemento	Unidad	Kikuyo Tesis	Kikuyo	Kikuyo + Aliso	Kikuyo Antioquia
Calcio	g/100	0.34	0.38	0.31	0.32
Fósforo	g/100	0.4	0.3	0.39	0.46
Magnesio	g/100	0.32	0.24	0.27	0.30
Potasio	g/100	3.69	2.08	2.64	3.69
Azufre	g/100	0.22	0.14	0.18	0.20
Hierro	mg/kg	95.2	243.25	254.95	193
Manganeso	mg/kg	29	139.5	116.05	108
Zinc	mg/kg	41.4	28.25	34.65	59.5
Cobre	mg/kg	8.7	5	5.25	13.9

Fuente. Este estudio

Insuaty (2011), Correa et al (2008)

Igualmente, hay una diferencia importante con los valores de hierro y manganeso, los encontrados por Insuasty (2011) y Correa et al (2008) son muy superiores a los reportados en esta investigación; como también son superiores los valores de Zinc y Cobre del kikuyo en la pradera experimental en comparación con los reportados por Insuasty (2011); pero inferiores a los encontrados por Correa et al (2008) en Antioquia.

En la Tabla 15 se registran los datos para 4 minerales considerados como fundamentales en la alimentación de vacas de leche en 6 localidades: Pasto, San Fernando, Genoy (Leon y Zambrano 2008) y La Florida, Casique Bejo, Barranco (Zambrano y Obando 2013)

Los valores son muy similares, sin embargo se puede decir que el calcio de la pradera experimental es ligeramente superior a los encontrados en San Bernardo, Genoy, La Florida, Casique Bajo y Barranco e inferior a los de Pasto. Para el fósforo se destaca que el valor de la pradera experimental es muy superior al de la localidad de Casique Bajo. Los valores de magnesio en la pradera experimental son ligeramente superiores a todos los valores de las 6 localidades y el azufre se encuentra en el rango de las mismas.

Tabla 15. Calcio, Fósforo, Magnesio y Azufre del Pasto Kikuyo en Seis Localidades del Departamento de Nariño

Elemento	Unidad	Pasto	San Fernando	Genoy	Florida	Casique Bajo	Barranco	Kikuyo Exp
Calcio	g/100	0,36	0,29	0,28	0,29	0,22	0,25	0.34
Fósforo	g/100	0,46	0,41	0,41	0,45	0,29	0,38	0.4
Magnesio	g/100	0,28	0,26	0,24	0,25	0,22	0,27	0.32
Azufre	g/100	0,23	0,23	0,23	0,21	0,21	0,26	0.22

Fuente. Este estudio

Leon y Zambrano (2008), Zambrano y Obando (2013)

3.2.2.5 Hemicelulosa El porcentaje de hemicelulosa en el kikuyo de la pradera experimental fue de 37%. La hemicelulosa constituye un grupo heterogéneo de polisacáridos cuya composición varía marcadamente entre especies vegetales. Esta es estimada como la diferencia entre la FDN y el residuo resultante de la digestión de la muestra en una solución ácida de detergentes cuaternarios, denominada fibra en detergente ácido (FDA) (Van Soest 1994). Durante este proceso, sin embargo, también se solubilizan algunas proteínas de la pared celular sobreestimando el contenido de hemicelulosa (Correa et al, 2008)

Los valores encontrados en esta investigación para el pasto kikuyo son superior a los reportados por Insuasty (2011) de 30,64% en monocultivo y 27,78% para un sistema silvopastoril Kikuyo – Aliso; son superiores con respecto a los reportados por Leon y Zambrano (2008) de 28,72%, 28,12% y 29,34% para Pasto, San Fernando y Genoy respectivamente.

Tapia y Rivera (2009) reportan valores de 28,04%, 27,90% y 29% para Arvela, Cualapud y Santa Rosa, en el municipio de Guachucal, respectivamente. En el Departamento de Antioquia, Correa et al (2008) reportan un rango para la Hemicelulosa entre 21,5% y 29,4% con un promedio de 26,2%

3.2.2.6 Celulosa. El porcentaje de Celulosa encontrado en el pasto kikuyo de la pradera experimental fue de 26,1%. Al contrario que en la hemicelulosa, la celulosa presenta un bajo contenido de pentosas, estando constituida principalmente por glucosa en los enlaces β 1–3 y β 1–4. Resulta de la diferencia entre la FDA y la lignina en detergente ácido (LDA) (Van Soest 1994)

El porcentaje encontrado en esta investigación es inferior a los reportados por Insuasty (2011) de 30,10 y 29,68%; superior a los reportados por Leon y Zambrano (2008) de 25,86%, 24,87% y 25,27 para Pasto, San Fernando y Genoy respectivamente. Tapia y Rivera (2009) reportaron valores de 26,53%, 24,91%,

23,60%, en las localidades de Arvela, Cualapud y Santa Rosa, del municipio de Guachucal.

3.2.2.7 Lignina. La concentración de lignina en el pasto kikuyo para esta investigación fue de 11,8%. La lignina es un polifenol que limita la digestibilidad de los forrajes, al parecer, se encuentra asociada a tipos de enlaces cruzados mono y diferulatos, ciclodimeros de p-coumarato y posiblemente enlaces cruzados bencil éster y éter con la fracción fibrosa (Casler y Jung 2006)

El valor hallado se encuentra entre los reportados por Insuasty (2011) de 9,95 y 11,83% para kikuyo en monocultivo y para kikuyo en sistema silvopastoril con Aliso, respectivamente y es superior a los reportados por Correa et al (2008) entre 4,47% y 7,49% con un promedio de 5,88%

En general Correa et al (2008) indican que los limitantes nutricionales más relevantes en el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) cultivado en Colombia son: el alto contenido de proteína cruda, de nitrógeno no proteico, potasio y fibra en detergente neutro y el bajo contenido de carbohidratos no estructurales, calcio y sodio. El alto contenido de K podría afectar la absorción del Mg y, por ende, incrementar la aparición de hipomagnesemia en vacas lactantes.

3.3 PERFILES METABÓLICOS

3.3.1 Metabolitos asociados al metabolismo energético del rumiante

3.3.1.1 Glucosa. En la Tabla 16, se registran los valores de glucosa sanguínea encontrados en cada uno de los muestreos. Como puede verse todos los animales registran niveles normales con respecto a los valores de referencia. No se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos y tampoco entre tiempos. Tabla 17.

La glucosa es el principal representante del metabolismo energético; no está sometida a un fuerte control homeostático y puede presentar variaciones diurnas. Durante la lactancia los niveles de glucosa pueden variar de 27 a 63,72 mg/dl dependiendo de los niveles de producción, la calidad nutritiva de los forrajes y suplementos, el manejo, las variables climáticas entre otros factores (Álvarez 2001)

Tabla 16. Glucosa Sanguínea

		GLUCOSA (27 - 63,72 mg/dl)			
TRATAMIENTO	IDENTIFICACIÓN	t1	t2	t3	Promedio
T1	2824	40.0	46.0	40.0	42.0
	2704	43.0	40.0	50.0	44.3
	2906	46.0	46.0	50.0	47.3
T2	2922	50.0	44.0	40.5	44.8
	2826	40.0	40.3	41.0	40.4
	2800	40.0	50.4	50.0	46.8

Fuente. Este estudio

Tabla 17. Diferencia Mínima Significativa (t) Glucosa Sanguínea

Differences of Least Squares Means

Effect	TTOS	TIEMPO	TTOS	TIEMPO	Error Estimador	Estándar	DF	Valor t	Pr > t
TTOS	T1		T2		0.5333	2.4884	4	0.21	0.8408
TIEMPO		t1		t2	-1.2833	2.6358	8	-0.49	0.6394
TIEMPO		t1		t3	-2.0833	2.7925	8	-0.75	0.4770
TIEMPO		t2		t3	-0.8000	2.6358	8	-0.30	0.7692

Fuente. Este estudio

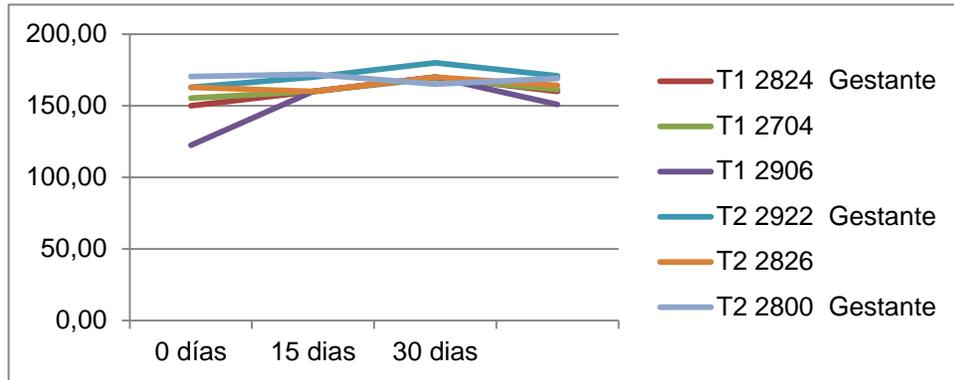
3.3.1.2 Colesterol. En la Tabla 18, Figura 2, se registran los valores de colesterol encontrados en cada uno de los muestreos. Todos los animales registraron niveles normales con respecto a los valores de referencia.

Tabla 18. Colesterol Sanguíneo

		COLESTEROL 62,1 A 192,5 mg/dl			
TRATAMIENTO	IDENTIFICACIÓN	t1	t2	t3	Promedio
T1	2824 Gestante	150.00	160.00	170.00	160.00
	2704	155.19	160.00	169.00	161.40
	2906	122.40	160.00	170.00	150.80
T2	2922 Gestante	162.84	170.00	180.00	170.95
	2826	162.84	160.00	170.00	164.28
	2800 Gestante	170.49	172.00	165.00	169.16

Fuente. Este estudio

Figura 2. Colesterol Sanguíneo



Fuente. Este estudio

No se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos ($p > 0.05$); pero la prueba de t del análisis de medias repetidas (Tabla 19, Anexo A) muestra diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tiempos t1 y t3, Esto se debió al estado de preñez en el que se encontraban tres de los animales durante la investigación, una del T1 y dos del T2.

Tabla19. Diferencia Mínima Significativa (t) Colesterol Sanguíneo

Differences of Least Squares Means									
Effect	TTOS	TIEMPO	TTOS	TIEMPO	Error Estimador	estándar	DF	Valor t	Pr > t
TTOS	T1		T2		-10.7311	3.9914	4	-2.69	0.0547
TIEMPO		1		2	-9.7067	4.8885	8	-1.99	0.0823
TIEMPO		1		3	-16.7067	4.8885	8	-3.42	0.0091
TIEMPO		2		3	-7.0000	4.8885	8	-1.43	0.1901

Fuente. Este estudio

La producción de progesterona en el CL se origina a partir del colesterol que ingresa a las células luteales como lipoproteínas de bajo (LDL) y alto (HDL) peso molecular, su producción se incrementa con el desarrollo de la gestación y también los niveles de colesterol.

Las LDL ingresan a las células luteales a través de endocitosis mediada por receptores y una vez en los endosomas pasan a los lisosomas donde se degradan dejando colesterol libre. El colesterol se combina con ácidos grasos y se almacena como ésteres.

Las hormonas luteotróficas se ligan a sus receptores en las células luteales, activan el sistema de segundo mensajero que activa la proteína kinasa A (PKA) y la PKA activa esterasas que liberan el colesterol.

Una vez libre, el colesterol es transportado dentro de la mitocondria por la proteína de regulación aguda de la esteroidogénesis (StAR). Por acción de las enzimas P450cc, adrenoxina y adrenoxina reductasa el colesterol es transformado en pregnenolona y ésta, por acción de la 3BHSD, transformada en progesterona (Bartolome, 2009)

3.3.1.3 Cuerpos Cetónicos. En la Tabla 20, se registran los valores para Cuerpos Cetónicos encontrados en cada uno de los muestreos. Como puede verse todos los animales registran resultados negativos. Los valores negativos encontrados en este trabajo se explican porque los dos tratamientos tienen base forrajera en su alimentación.

La fibra de los forrajes produce una acción mecánica de estimulación en las zonas reflexogenas ubicadas en el retículo – rumen, especialmente en el esfínter esofágico inferior, pliegue retículo-ruminal y en el complejo formado por el pilar craneal y caudal del rumen (Relling y Mattioli, 2006)

La rumia comienza con una contracción “extra” del retículo que precede a la contracción bifásica. A continuación se relaja el cardias y el animal hace una inspiración a glotis cerrada que reduce la presión intraesofágica (-20 a - 40 mm Hg), con la consiguiente distensión de su pared y el ingreso de alimento desde la zona de eyección. Una vez dentro del esófago, el bolo produce contracciones antiperistálticas que lo llevan hacia la boca donde es comprimido entre la lengua y el paladar para escurrir el líquido que es deglutido, mientras que el material sólido (forraje tosco) permanece en la boca para su re-masticación e insalivación (Relling y Mattioli, 2006)

La insalivación requiere de cantidades importantes de saliva, entre 100 y 180 litros de saliva al día, esta tiene un pH de 8,1 a 8,3 que neutraliza la acción acidificante de los AGV, producto de la fermentación de los carbohidratos estructurales y solubles que llegan al rumen, a un pH de 5,5 a 6,9 adecuado para el normal desarrollo de los microorganismos ruminales.

El normal funcionamiento de este sistema evita la producción anormal de cuerpos cetónicos, el mismo que se ve alterado cuando la oferta de concentrado en la dieta es alta o cuando los niveles de energía ofrecidos es deficiente (Swjrsen et al, 2006)

Tabla 20. Cuerpos Cetónicos

TRATAMIENTO	IDENTIFICACIÓN	CUERPOS CETÓNICOS		
		t1	t2	t3
T1	2824	Negativo	Negativo	Negativo
	2704	Negativo	Negativo	Negativo
	2906	Negativo	Negativo	Negativo
T2	2922	Negativo	Negativo	Negativo
	2826	Negativo	Negativo	Negativo
	2800	Negativo	Negativo	Negativo

Fuente. Este estudio

3.3.2 Metabolitos asociados al metabolismo proteico, nitrogenado y hematocrito del rumiante:

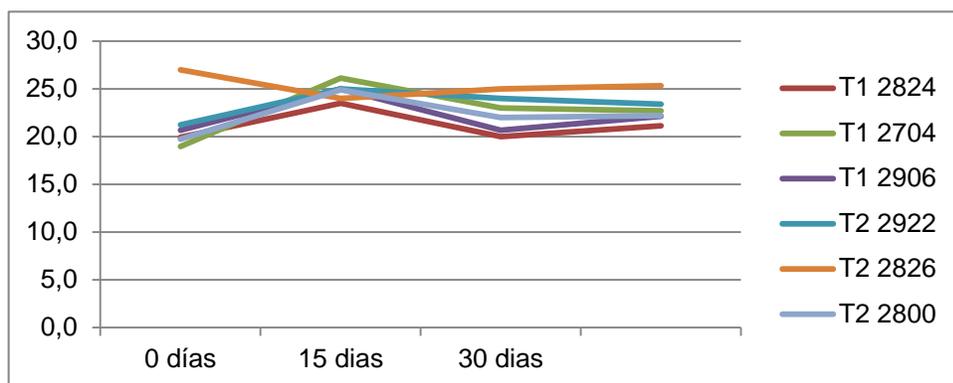
3.3.2.1 Nitrógeno Ureico en Sangre (BUN). En la Tabla 21, Figura 3, se registran los valores para BUN encontrados en cada uno de los muestreos. La mayoría de los animales presentan valores normales con relación a los valores de referencia, sin embargo La prueba de t muestra que no existe diferencia significativa ($p > 0,05$) entre los dos tratamientos; sin embargo, se registra diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los tiempos t1 y t2 y también entre t2 y t3, (Tabla 22, Anexo B). Esto se explica porque durante el periodo de evaluación se registró un déficit en el consumo de energía con relación a los requerimientos para la fase y para el nivel de producción registrado en los primeros días de la investigación.

Tabla 21. Nitrógeno Ureico en Sangre (BUN)

TRATAMIENTO	IDENTIFICACIÓN	BUN (15-25 mg/dl)			Promedio
		t1	t2	t3	
T1	2824	19.9	23.5	20.0	21.1
	2704	19.0	26.1	23.0	22.7
	2906	20.7	25.0	20.7	22.1
T2	2922	21.2	25.0	24.0	23.4
	2826	27.0	24.0	25.0	25.3
	2800	19.7	24.9	22.0	22.2

Fuente. Este estudio

Figura 3. Nitrógeno Ureico en Sangre (BUN)



Fuente. Este estudio

Tabla 22. Diferencia Mínima Significativa (t) BUN

Differences of Least Squares Means

Effect	TTOS	TIEMPO	TTOS	TIEMPO	Error Estimador	Estándar	DF	Valor t	Pr > t
TTOS	T1		T2		-1.6678	1.0175	4	-1.64	0.1765
TIEMPO		1		2	-3.4967	1.3732	8	-2.55	0.0344
TIEMPO		1		3	-1.1900	1.0064	8	-1.18	0.2710
TIEMPO		2		3	2.3067	0.5907	8	3.90	0.0045

Fuente. Este estudio

El consumo de proteína fue superior al requerimiento (Tabla 23), esta situación sumada al déficit energético explicado, agudizó el problema; el déficit se hizo más importante en la medida que avanzó el ensayo; como consecuencia de esto, la mayoría de los animales perdieron peso corporal y bajaron su producción de leche (Figuras 4 y 5)

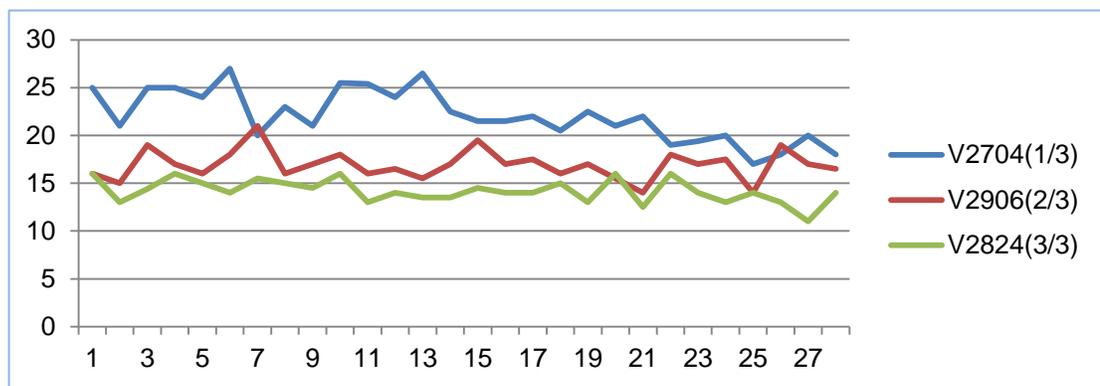
Tabla 23. Balance Energía – Proteína

Tratamiento	Vaca	Producción	peso (Kg)	Requerimiento		Consumo		Balance	
				Proteína	NDT	Proteína	NDT	Proteína	NDT
T1	1/3 2704	27	509	2.66	12.02	2.97	10.29	0.31	-1.73
	2/3 2906	25	584	2.54	11.82	3.12	11.02	0.58	-0.80
	3/3 2824	22	539	2.26	10.66	2.97	10.42	0.70	-0.24
T2	1/3 2800	25	528	2.51	11.51	2.57	9.43	0.06	-2.08
	2/3 2922	18	443	1.88	8.89	2.57	9.43	0.69	0.54
	3/3 2826	20	549	2.11	10.10	2.57	9.43	0.46	-0.67

Fuente. Este estudio

En la Figura 4 se puede observar que uno de los picos de producción alcanzados durante el ensayo, coincide con el valor más alto de BUN registrado en el segundo muestreo (26,12 mg/dl), lo que indica que este es el momento de mayor desbalance energía – proteína. También se puede señalar que el nivel de producción presentó un descenso desde el inicio del ensayo hasta el final del mismo, lo que hace pensar que la movilización de tejido graso, como reserva energética, fue alta; pero no suficiente para mantener la producción con crecimiento estable.

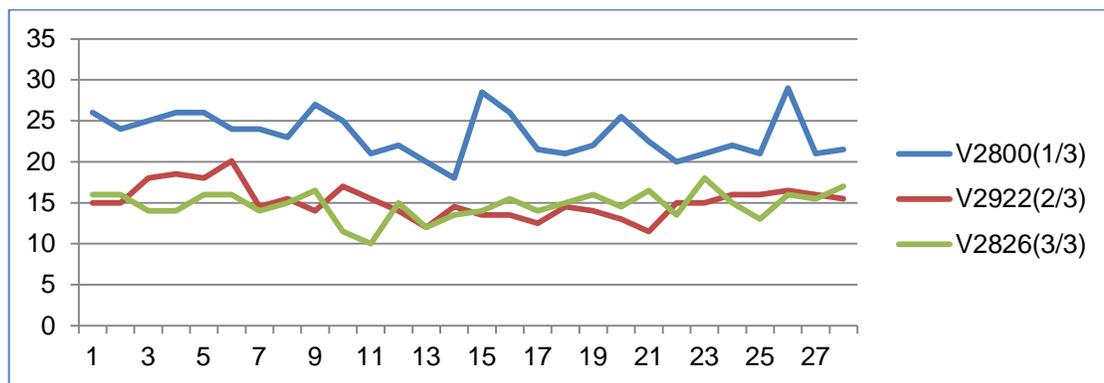
Figura 4. Producción de Leche Tratamiento T1 (Kikuyo + Concentrado Comercial)



Fuente. Este estudio

En la Figura 5, para los animales que se encontraban en los primeros 90 días de lactancia, en la producción se observan dos momentos importantes: uno en el que se registra la producción más baja durante la investigación y simultáneamente el segundo donde se registra uno de los picos de producción alcanzado; estos dos momentos coinciden con el nivel más alto de BUN que se presentó en el segundo muestreo (24,9 mg/dl)

Figura 5. Producción de Leche Tratamiento T2 (Kikuyo)



Fuente. Este estudio

3.3.2.2 Albumina. En la Tabla 24 se registran los valores para Albumina encontrados en cada uno de los muestreos. Como puede verse todos los animales presentaron valores normales con relación a los valores de referencia. No se encontraron diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre los tratamientos y tampoco entre los tiempos que fueron evaluados (Tabla 25), esto hace pensar que la cantidad de nitrógeno y proteína presente en el sistema suple la demanda de este nutriente.

Sin embargo es muy importante anotar que una dieta pobre en carbohidratos priva a la flora bacteriana de una importante materia prima para sus funciones vitales, incluso su multiplicación, al limitar la energía y los modelos estructurales necesarios para la fabricación de los aminoácidos. De forma similar, un bajo consumo de proteínas deprime la actividad de los microorganismos ruminales con lo cual se afecta la digestión de los carbohidratos a este nivel. La deficiencia proteica puede resultar del consumo deficiente de energía y viceversa (Álvarez, 2001)

Tabla 24. Albumina

TRATAMIENTO	IDENTIFICACIÓN	ALBÚMINA(2,5-4 g/dl)			Promedio
		t1	t2	t3	
T1	2824	3.1	2.9	3.1	3.0
	2704	3.4	3.0	3.0	3.1
	2906	3.1	3.1	3.1	3.1
T2	2922	3.8	3.0	3.2	3.3
	2826	3.0	3.0	3.0	3.0
	2800	3.1	3.1	3.0	3.1

Fuente. Este estudio

Tabla 25. Diferencia Mínima Significativa (t) Albumina

Differences of Least Squares Means

Effect	TTOS	TIEMPO	TTOS	TIEMPO	Error Estimator	estándar	DF	Valor t	Pr > t
TTOS	T1		T2		-0.07222	0.1035	4	-0.70	0.5236
TIEMPO		1		2	0.2200	0.1337	8	1.65	0.1386
TIEMPO		1		3	0.1650	0.1097	8	1.50	0.1709
TIEMPO		2		3	-0.05500	0.04130	8	-1.33	0.2196

Fuente. Este estudio

3.3.2.3 Creatinina. En la Tabla 26, se registran los valores para Creatinina encontrados en cada uno de los muestreos. Todos los animales presentan valores normales con relación a los valores de referencia lo que indica una función renal normal. No se encontraron diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre tratamientos y tampoco entre tiempos (Tabla 27).

Si bien, el desbalance energético sufrido por los animales de la investigación provoco movilización de reservas energéticas, esta adaptación no generó miositis y por eso los valores de la creatinina se mantuvieron en los rangos normales cercanos al nivel superior de los valores de referencia.

La creatinina es un indicador de la función renal y del catabolismo muscular; niveles disminuidos se presentan en cualquier proceso de desgaste muscular profundo como distrofia muscular debido a la baja de masa muscular, lo que conlleva menor concentración de creatina y menos formación de creatinina por día (Quesada, 2003)

Tabla 26. Creatinina

TRATAMIENTO	IDENTIFICACIÓN	CREATININA (1-2 mg/dl)			Promedio
		t1	t2	t3	
T1	2824	1.50	1.78	1.40	1.56
	2704	2.00	1.50	1.50	1.67
	2906	2.00	1.50	1.70	1.73
T2	2922	1.90	1.73	1.50	1.71
	2826	2.00	1.90	1.70	1.87
	2800	1.70	1.40	1.80	1.63

Fuente. Este estudio

Tabla 27. Diferencia Mínima Significativa (t) Creatinina

Differences of Least Squares Means

Effect	TTOS	TIEMPO	TTOS	TIEMPO	Error Estimador	Estándar	DF	Valor t	Pr > t
TTOS	T1		T2		-0.08333	0.09508	4	-0.88	0.4303
TIEMPO		1		2	0.2150	0.1165	8	1.85	0.1021
TIEMPO		1		3	0.2500	0.1165	8	2.15	0.0641
TIEMPO		2		3	0.03500	0.1165	8	0.30	0.7714

Fuente. Este estudio

Insuasty (2011) reportó promedios de creatinina 1.11mg/dl para monocultivo de Kikuyo y 0.98mg/dl para un sistema silvopastoril de Kikuyo – Aliso. Magnifico et al (1979), reportaron un valor de 1,32 mg/dl en animales de 196 días después del destete, y en animales adultos valores entre 0,87 y 0,93 mg/dl.

En estudios realizados por López et al (2009), en dos fincas diferentes del municipio de Guachucal, se reportaron valores para creatinina de 0.87 ± 0.22 mg/dl (finca A) y 1.11 ± 0.56 mg/dl (finca B).

3.3.3 Metabolitos asociados a la función hepática:

3.3.3.1 Gamma Glutamil Transferasa (GGT). En la Tabla 28, se registran los valores para GGT encontrados en cada uno de los muestreos. Como puede verse todos los animales presentan valores normales con relación a los valores de referencia, esto indica una función hepática normal. No se observaron diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre tratamientos y tampoco entre tiempos (Tabla 29)

Tabla 28. Gamma Glutamil Transferasa (GGT)

TRATAMIENTO	IDENTIFICACIÓN	GGT (6.1 -17.4 UI/L)			Promedio
		t1	t2	t3	
T1	2824	14.0	12.0	13.0	13.0
	2704	10.0	10.7	10.9	10.5
	2906	8.0	8.5	8.5	8.3
T2	2922	8.0	8.0	9.0	8.3
	2826	14.0	13.0	9.0	12.0
	2800	8.0	8.0	9.0	8.3

Fuente. Este estudio

Tabla 29. Diferencia Mínima Significativa (t) GGT

Differences of Least Squares Means

Effect	TTOS	TIEMPO	TTOS	TIEMPO	Error Estimador	estándar	DF	Valor t	Pr > t
TTOS	T1		T2		-0.08333	0.09508	4	-0.88	0.4303
TIEMPO		1		2	0.2150	0.1165	8	1.85	0.1021
TIEMPO		1		3	0.2500	0.1165	8	2.15	0.0641
TIEMPO		2		3	0.03500	0.1165	8	0.30	0.7714

Fuente. Este estudio

La GGT es una enzima muy sensible a la obstrucción de los conductos biliares y a la cirrosis hepática. En la finca Lope se ha establecido dos desparasitaciones en el año para el control de la Distomatosis Hepática, esto permite que el hígado de las vacas permanezca sano y sin obstrucción de las vías biliares, lo que explica los valores normales encontrados para esta enzima.

3.3.3.2 Alanina Aminotransferasa GPT (ALT). En la Tabla 30, se registran los valores para ALT encontrados en cada uno de los muestreos. Como puede verse tres de los animales presentaron valores por encima del límite superior del rango de referencia.

Tabla 30. Alanina Aminotransferasa GPT (ALT)

TRATAMIENTO	IDENTIFICACIÓN	ALT (14 -38 UI/L)			Promedio
		t1	t2	t3	
T1	2824	30.0	30.0	30.0	30.0
	2704	25.7	30.0	33.0	29.6
	2906	37.0	40.0	40.0	39.0
T2	2922	37.0	35.0	35.0	35.7
	2826	40.0	40.0	40.0	40.0
	2800	45.0	45.0	44.0	44.7

Fuente. Este estudio

No se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos y tampoco entre los tiempos (Tabla 31)

Tabla 31. Diferencia Mínima Significativa (t) ALT

Differences of Least Squares Means

Effect	TTOS	TIEMPO	TTOS	TIEMPO	Error Estimador	Estándar	DF	Valor t	Pr > t
TTOS	T1		T2		-7.2556	3.9228	4	-1.85	0.1381
TIEMPO		1		2	-0.8833	0.6293	8	-1.40	0.1980
TIEMPO		1		3	-1.2167	0.8790	8	-1.38	0.2037
TIEMPO		2		3	-0.3333	0.6293	8	-0.53	0.6107

Fuente. Este estudio

De acuerdo con Cando (2013) se puede afirmar que no existen problemas de disfunción hepática para los animales en la investigación puesto que para diagnosticar daño hepatocelular severo de origen viral, tóxico o circulatorio, los valores en suero deben ser mayores 15 veces o más del límite de referencia superior. Sin embargo, en estos animales se requiere un seguimiento especial debido a que en la finca Lope hay antecedentes de Distomatosis Hepática o mariposa del hígado; esta es una enfermedad parasitaria debida a la migración a través del parénquima hepático, y después, a la instalación y desarrollo en los canales biliares de bovinos de trematodos pertenecientes al género Fasciola (Urquhart et al , 2001)

Este parásito, hematófago, determina, por su presencia en los canales biliares del hígado, ictericia por retención, además de trastornos generalizados como enflaquecimiento, edema sub-mandibular, anemia, angiocolitis, diarrea y esclerosis hepática (Troncy, 1981)

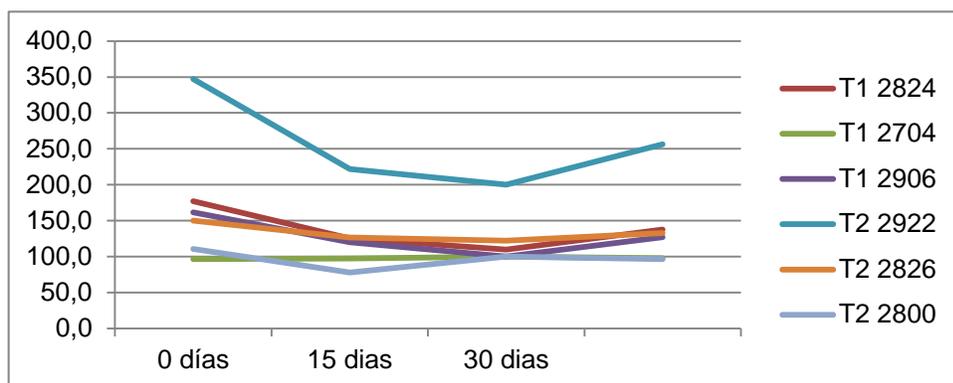
3.3.3.3 Fosfatasa Alcalina (FAL). En la Tabla 32, Figura 6 se registran los valores para FAL encontrados en cada uno de los muestreos.

Tabla 32. Fosfatasa Alcalina (FAL)

TRATAMIENTO	IDENTIFICACIÓN	F.ALICALINA (0 - 488UI/L)			Promedio
		t1	t2	t3	
T1	2824	177.2	125.4	110.0	137.5
	2704	96.4	97.4	100.0	97.9
	2906	161.7	120.0	100.0	127.2
T2	2922	347.2	222.0	200.0	256.4
	2826	150.3	126.4	122.0	132.9
	2800	110.9	78.0	100.0	96.3

Fuente. Este estudio

Figura 6. Fosfatasa Alcalina (FAL)



Fuente. Este estudio

Como puede verse todos los animales presentan valores normales con respecto al rango de referencia.

No se encontraron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre tratamientos, se observaron diferencia estadística ($p < 0.05$) entre los tiempos t1 vs t2 y t1 vs t3 (Tabla 33, Anexo C). La diferencia encontrada está relacionada con la disminución del nivel de FAL a los 15 y a los 30 días, los valores se mantienen en el rango establecido en los niveles de referencia.

Tabla 33. Diferencia Mínima Significativa (t) FAL

Differences of Least Squares Means

Effect	TTOS	TIEMPO	TTOS	TIEMPO	Error Estimador	Estándar	DF	Valor t	Pr > t
TTOS	T1		T2		-40.9644	54.3478	4	-0.75	0.4929
TIEMPO		1		2	45.7167	13.8765	8	3.29	0.0109
TIEMPO		1		3	51.9200	19.0407	8	2.73	0.0260
TIEMPO		2		3	6.2033	13.8765	8	0.45	0.6667

Fuente. Este estudio

El rango para los valores de referencia de este metabolito es muy alto. Las causas más probables de aumento del nivel de FAL, están asociadas a obstrucciones hepáticas, hepatitis, hepatotoxicidad por medicamentos y osteomalacia; es muy importante anotar que la interpretación de sus valores debe hacerse en conjunto con los valores de GGT en especial cuando se sospecha de obstrucción de los conductos biliares, de acuerdo con Wenger et al (1984)

Para el caso de los animales de la investigación los valores de GGT y FAL se encuentran dentro del rango de los valores de referencia, esto permite concluir con un mayor grado de certeza, que ninguno de ellos presenta enfermedad hepática o

de los conductos biliares y por lo tanto la probabilidad de un diagnóstico sobre Distomatosis Hepatica, en algunos de ellos, es menos probable.

3.3.4 Metabolitos asociados al metabolismo mineral del rumiante:

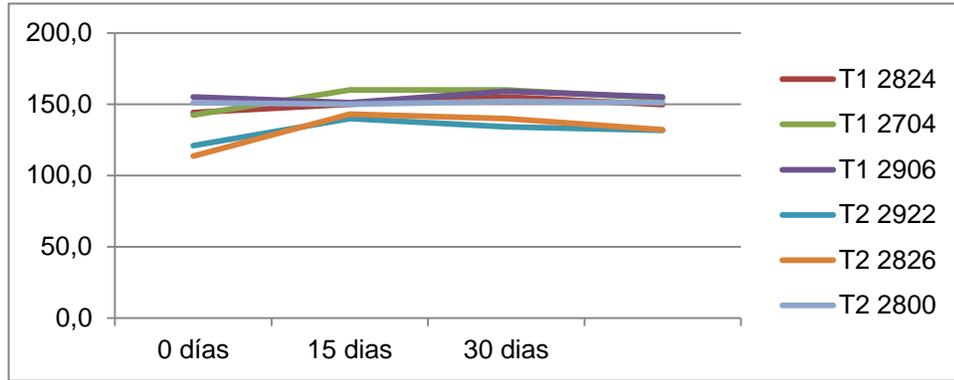
3.3.4.1 Sodio. En la Tabla 34, Figura 7, se registran los valores para Sodio encontrados en cada uno de los muestreos. Varios de los registros presentan valores por encima y por debajo del límite inferior del rango de referencia, sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos; pero si ($p < 0.05$) entre los tiempos t1 vs t3 (Tabla 35, Anexo 4), esto se explica porque los niveles sanguíneos registrados en t1 son inferiores a los niveles registrados en t3 debido a que en este momento de la investigación los niveles de producción de leche fueron más altos. Durante la lactancia a través de la leche se drenan 0,6 g de Na/litro de leche (Mufarrege, 2003)

Tabla 34. Sodio Sanguíneo

TRATAMIENTO	IDENTIFICACIÓN	SODIO (143-151 mmol/L)			Promedio
		t1	t2	t3	
T1	2824	144.1	150.0	155.0	149.7
	2704	142.4	160.0	160.0	154.1
	2906	155.0	151.0	159.0	155.0
T2	2922	120.9	140.0	134.0	131.6
	2826	113.5	143.0	140.0	132.2
	2800	151.0	150.0	152.0	151.0

Fuente. Este estudio

Figura 7. Sodio Sanguíneo



Fuente. Este estudio

Tabla 35. Diferencia Mínima Significativa (t) Sodio

Differences of Least Squares Means

Effect	TTOS	TIEMPO	TTOS	TIEMPO	Error Estimador	Estándar	DF	Valor t	Pr > t
TTOS	T1		T2		14.6733	6.5771	4	2.23	0.0895
TIEMPO		1		2	-11.2000	5.4613	8	-2.05	0.0744
TIEMPO		1		3	-12.2000	4.1765	8	-2.92	0.0193
TIEMPO		2		3	-1.0000	1.6500	8	-0.61	0.5613

Fuente. Este estudio

3.3.4.2 Potasio. En la Tabla 36, se registran los valores para Potasio encontrados en cada uno de los muestreos. Varios de los registros están por encima del límite superior del rango de referencia; pero no se encontraron diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre tratamientos y tampoco entre tiempos (Tabla 37)

Tabla 36. Potasio Sanguíneo

TRATAMIENTO	IDENTIFICACIÓN	POTASIO (4.1-5.3 mmol/L)			Promedio
		t1	t2	t3	
T1	2824	4.9	5.0	5.4	5.1
	2704	5.0	5.4	5.9	5.4
	2906	6.2	5.7	5.0	5.6
T2	2922	5.0	5.3	5.9	5.4
	2826	5.8	5.0	5.0	5.3
	2800	6.1	5.5	5.9	5.8

Fuente. Este estudio

Tabla 37. Diferencia Mínima Significativa (t) Potasio

Differences of Least Squares Means

Effect	TTOS	TIEMPO	TTOS	TIEMPO	Error Estimador	Estándar	DF	Valor t	Pr > t
TTOS	T1		T2		-0.1122	0.2324	4	-0.48	0.6544
TIEMPO		1		2	0.1850	0.2846	8	0.65	0.5339
TIEMPO		1		3	-0.01500	0.2846	8	-0.05	0.9593
TIEMPO		2		3	-0.2000	0.2846	8	-0.70	0.5022

Fuente. Este estudio

Los niveles de potasio en sangre dependen de la oferta que se hace de este elemento a través de la dieta. Los altos niveles de potasio sanguíneo se explican porque los aportes de potasio del pasto kikuyo son elevados. No hay problema con toxicidad por potasio, sin embargo está claro que altos niveles de potasio en sangre interfieren con la absorción del magnesio, la misma que está relacionada con la tetania de los pastos (Álvarez, 2001)

Correa et al (2008) establece que los altos contenidos de potasio que hay en el kikuyo por Kg de materia seca, se constituyen en un limitante para este pasto.

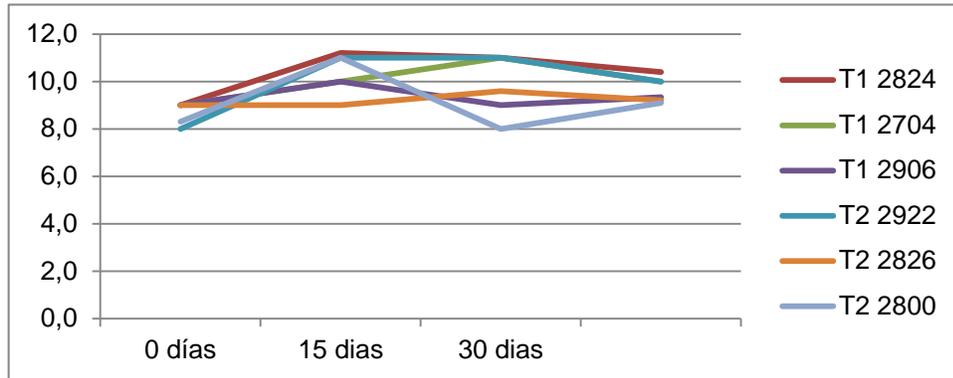
3.3.4.3 Calcio. En la Tabla 38, Figura 8 se registran los valores para Calcio encontrados en cada uno de los muestreos.

Tabla 38. Calcio Sanguíneo

TRATAMIENTO	IDENTIFICACIÓN	CALCIO (9-11 mg/dl)			Promedio
		0 días	15 días	30 días	
T1	2824	9.0	11.2	11.0	10.4
	2704	9.0	10.0	11.0	10.0
	2906	9.0	10.0	9.0	9.3
T2	2922	8.0	11.0	11.0	10.0
	2826	9.0	9.0	9.6	9.2
	2800	8.3	11.0	8.0	9.1

Fuente. Este estudio

Figura 8. Calcio Sanguíneo



Fuente. Este estudio

No se encontraron diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre tratamientos; pero si ($p < 0.05$) entre tiempos: t1 vs t2 (Tabla 39, Anexo 5) esto se explica porque en bovinos de alta producción, el inicio de la lactancia provoca un aumento en la demanda de calcio y por consiguiente en la homeostasis del mismo, lo que se traduce en niveles bajos de calcio en sangre.

Tabla 39. Diferencia Mínima Significativa (t) Calcio

Differences of Least Squares Means

Effect	TTOS	TIEMPO	_TTOS	_TIEMPO	Estimador	Error estándar	DF	Valor t	Pr > t
TTOS	T1		T2		0.4778	0.4580	4	1.04	0.3557
TIEMPO		1		2	-1.6500	0.5609	8	-2.94	0.0187
TIEMPO		1		3	-1.2167	0.5609	8	-2.17	0.0619
TIEMPO		2		3	0.4333	0.5609	8	0.77	0.4620

Fuente. Este estudio

Una vaca que produce 10 Kg de calostro, pierde un total de 23 gramos de calcio en un solo ordeño; este volumen es diez veces superior a la cantidad de calcio presente en la reserva plasmática de la vaca y la pérdida de esta reserva debe ser reemplazada mediante un aumento en la absorción intestinal y la movilización ósea del calcio, esto permite que se recupere la homeostasis y los niveles de calcio sanguíneo, estos se incrementan a medida que avanza la lactancia (Ceballos, 1997)

3.3.4.4 Fósforo. En la Tabla 40, Figura 9 se registran los valores para Fósforo encontrados en cada uno de los muestreos. Varios de los registros se encuentran por encima del límite superior del rango de referencia, sin embargo no se reportan diferencias estadísticas ($p>0.05$) entre tratamientos; pero se reportan diferencia estadística para los tiempos t1 vs t2 y t2 vs t3 (Tabla 41, Anexo 6) , esto se explica debido a varias razones de acuerdo con Álvarez (2001):

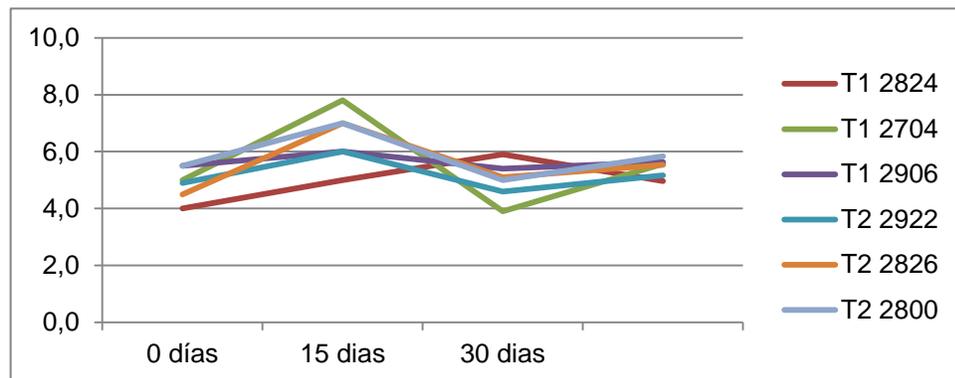
1. El fósforo sanguíneo se mide usualmente en forma inorgánica pero el fósforo total de la sangre incluye ciertos compuestos orgánicos, los cuales no son ionizados.

Tabla 40. Fósforo

TRATAMIENTO	IDENTIFICACIÓN	FÓSFORO (3.5 - 5.5 mg/dl)			Promedio
		0 días	15 días	30 días	
T1	2824	4.0	5.0	5.9	5.0
	2704	5.0	7.8	3.9	5.6
	2906	5.5	6.0	5.4	5.6
T2	2922	4.9	6.0	4.6	5.2
	2826	4.5	7.0	5.1	5.5
	2800	5.5	7.0	5.0	5.8

Fuente. Este estudio

Figura 9. Fósforo



Fuente. Este estudio

Tabla 41. Diferencia Mínima Significativa (t) Fósforo

Differences of Least Squares Means

Effect	TTOS	TIEMPO	TTOS	TIEMPO	Error Estimador	Estándar	DF	Valor t	Pr > t
TTOS	T1		T2		-0.1222	0.4008	4	-0.30	0.7756
TIEMPO		1		2	-1.5667	0.4908	8	-3.19	0.0128
TIEMPO		1		3	-0.08333	0.4908	8	-0.17	0.8694
TIEMPO		2		3	1.4833	0.4908	8	3.02	0.0165

Fuente. Este estudio

La influencia directa que tiene la ingesta de este mineral, hace que, si la dieta es deficitaria en fósforo, la hipofosfatemia se instala con relativa facilidad, de igual manera los niveles pueden recuperarse si la oferta de este mineral cubre los requerimientos.

El mantenimiento de las concentraciones de fósforo depende de la sinergia y del equilibrio de las cantidades que ingresan al organismo y las cantidades que se excretan. La continua absorción desde el sistema digestivo es vital para el ingreso.

La estabilidad en las concentraciones de fósforo inorgánico depende, además, de la gran cantidad que se recicla por medio de la saliva y el rumen para la reabsorción intestinal

La homeóstasis del fósforo se mantiene predominantemente por reciclaje en la saliva y excreción fecal endógena (Weiss y Wyatt 2004). La absorción del fósforo ocurre principalmente en el intestino delgado. El fósforo absorbido puede ser retenido o secretado, ya sea para funciones productivas (por ejemplo en la leche) o secretado en el lumen del intestino para reabsorción o para ser excretados en las heces (NRC 2001)

3.3.4.5 Magnesio. En la Tabla 42, se registran los valores para Magnesio encontrados en cada uno de los muestreos. Todos los animales presentan valores normales con respecto al rango de referencia. No se reporta diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre tratamientos y tampoco entre tiempos (Tabla 43)

Analizando el sistema en su conjunto, se puede afirmar que existen reservas adecuadas de magnesio en el suelo y en el pasto, lo que asegura condiciones de normalidad para este elemento en los animales. Si bien, el potasio está alto, los análisis sanguíneos para magnesio no refieren niveles de hipomagnesemia.

Tabla 42. Magnesio

		MAGNESIO (1.5 - 3.2 mg/dl)			
TRATAMIENTO	IDENTIFICACIÓN	t1	t2	t3	Promedio
T1	2824	2.03	2.16	2.48	2.22
	2704	1.90	2.33	2.02	2.08
	2906	2.00	1.74	2.08	1.94
T2	2922	2.20	3.03	2.59	2.61
	2826	2.30	2.31	2.40	2.34
	2800	2.10	2.20	1.92	2.07

Fuente. Este estudio

Tabla 43. Diferencia Mínima Significativa (t) Magnesio

Differences of Least Squares Means

Effect	TTOS	TIEMPO	TTOS	TIEMPO	Error Estimador	Estándar	DF	Valor t	Pr > t
TTOS	T1		T2		-0.2567	0.1743	4	-1.47	0.2149
TIEMPO		1		2	-0.2067	0.1349	8	-1.53	0.1640
TIEMPO		1		3	-0.1600	0.1349	8	-1.19	0.2696
TIEMPO		2		3	0.04667	0.1349	8	0.35	0.7383

Fuente. Este estudio

3.4 EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES EN ESTUDIO CON RELACIÓN A LA INTERACCIÓN SUELO – PLANTA – ANIMAL DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

Para realizar la evaluación de las variables en estudio con relación a la interacción Suelo – Planta – Animal, se utilizó el procedimiento de PRINCOM de SAS 9.1 y se corrió desde una matriz de correlación de Pearson Parcial, en la que se fijó las variables correspondientes al suelo ya que la investigación se desarrolló sobre una misma parcela, esto hizo que las variables edáficas afectaran de igual manera a las seis (6) unidades experimentales.

Se calculó el Coeficiente de Variación (CV) para cada una de las variables en estudio con el fin de incluir solamente aquella que tienen un CV menor al 20% (Tabla 44)

Tabla 44. Medidas de Dispersión de las Variables en Estudio

VARIABLE	MEDIA	DS	CV
Calcio (Ca)	9.67	1.13	11.64
Fósforo (P)	5.45	1.04	19.04
Magnesio (Mg)	2.21	0.30	13.45
Sodio (Na)	145.60	12.76	8.76
Potasio (K)	5.45	0.44	8.00
Gamma Glutamyl Transferasa (GGT)	10.10	2.21	21.85
Alanina Aminotransferasa (ALT)	36.48	5.76	15.80
Fosfatasa Alcalina (FAL)	141.37	64.35	45.51
Creatinina (CRE)	1.70	0.21	12.36
Glucosa (GLU)	44.28	4.28	9.66
Colesterol (COL)	162.76	12.30	7.56
Albumina (ALB)	3.10	0.19	6.23
Nitrogeno Ureico en Sangre (BUN)	22.81	2.46	10.80
Producción de Leche (PRO)	17.73	1.99	11.13
Unidades Formadoras de Colonia (UFC)	157611.11	49394.13	31.33
Acidez Leche (ACI)	0.17	0.01	5.11
Grasa Leche (GRA)	1.71	0.33	19.31
Proteina Leche (PROT)	3.18	0.29	9.21
Solidos Totales Leche (STL)	10.89	0.51	4.72
Densidad Leche (DEN)	1.03	0.00	0.14
Peso	518.77	32.19	6.21
Temperatura	13.97	0.96	6.87
Humedad	86.00	7.32	8.51
Precipitacion	0.16	0.24	150.00
Viento	820238.67	92320.42	11.26

Fuente. Este estudio

En la Tabla 45 se registran los valores propios obtenidos del procedimiento. Al seleccionar aquellos autovalores mayores que uno, se puede observar que el total de las 34 variables evaluadas se pueden explicar en un 87,76% mediante cinco (5) nuevas variables o componentes principales.

El primer componente que para el estudio se ha denominado Dieta explica el 54.91% del análisis; el segundo llamado Producción de Leche explica el 12%; el tercero que se denominó Sólidos Totales de la Leche aporta al análisis el 8.36%; el cuarto llamado Viento y Humedad Relativa explica el 7.66%; el quinto Potasio aporta el 4.83%.

Tabla 45. Valores Propios Y Proporción De La Varianza Explicada Calculada A Partir De La Matriz De Correlación

Eigenvalues of the Partial Correlation Matrix

	Autovalor	Diferencia	Proporción	Acumulada
1	18.6707494	14.5921571	0.5491	0.5491
2	4.0785923	1.2361610	0.1200	0.6691
3	2.8424313	0.2387290	0.0836	0.7527
4	2.6037023	0.9615878	0.0766	0.8293
5	1.6421145	0.2023794	0.0483	0.8776
6	1.4397350	0.3472524	0.0423	0.9199
7	1.0924827	0.6250565	0.0321	0.9521
8	0.4674262	0.0766865	0.0137	0.9658
9	0.3907397	0.0979567	0.0115	0.9773
10	0.2927830	0.0818400	0.0086	0.9859
11	0.2109430	0.1012557	0.0062	0.9921
12	0.1096873	0.0274347	0.0032	0.9953
13	0.0822526	0.0151576	0.0024	0.9978
14	0.0670950	0.0603194	0.0020	0.9997
15	0.0067756	0.0048618	0.0002	0.9999
16	0.0019138	0.0013373	0.0001	1.0000
17	0.0005765	0.0005765	0.0000	1.0000
18	0.0000000	0.0000000	0.0000	1.0000
19	0.0000000	0.0000000	0.0000	1.0000
20	0.0000000	0.0000000	0.0000	1.0000
21	0.0000000	0.0000000	0.0000	1.0000
22	0.0000000	0.0000000	0.0000	1.0000
23	0.0000000	0.0000000	0.0000	1.0000
24	0.0000000	0.0000000	0.0000	1.0000
25	0.0000000	0.0000000	0.0000	1.0000
26	0.0000000	0.0000000	0.0000	1.0000
27	0.0000000	0.0000000	0.0000	1.0000
28	0.0000000	0.0000000	0.0000	1.0000
29	0.0000000	0.0000000	0.0000	1.0000
30	0.0000000	0.0000000	0.0000	1.0000
31	0.0000000	0.0000000	0.0000	1.0000
32	0.0000000	0.0000000	0.0000	1.0000
33	0.0000000	0.0000000	0.0000	1.0000

Fuente. Este estudio

Para determinar qué variables de cada uno de estos componentes seleccionados explican la variabilidad de cada componente, se tomaron en cuenta solamente aquellos con un valor igual y superior a 20%. En la Tabla 46, se registran las variables que conforman cada uno de los siete componentes principales encontrados y cuya contribución fue igual o superior a 20%.

Tabla 46. Proporción De La Variación Original Explicada Por Los Cinco Componentes Principales De La Matriz De Correlación

DIETA		PRODUCCIÓN DE LECHE		SOLIDOS TOTALES		VIENTO Y HUMEDAD RELATIVA		POTASIO	
CALCIO SANGRE	0,2310	PROD LECHE	0,3610	BUN SNGRE	0,2054	COLESTEROL SANGRE	0,3672	COLESTEROL SANGRE	0,3783
FOSFORO SANGRE	0,2308	GRASA LECHE	0,3343	PROTEINA LECHE	0,3090	BUN SANGRE	0,2807	POTASIO SANGRE	0,2130
MAGNESIO SANGRE	0,2232	TEM	0,2721	ST LECHE	0,3810	SODIO SANGRE	0,3402	GRASA LECHE	0,2125
MS DIETA	0,2194	VIENTO	-0,2570	TEM	0,4768	HUM	0,2457	POTASIO DIETA	0,2130
NDT DIETA	0,2230	ACIDEZ LECHE	-0,3856	HUM	0,4682	VIENTO	0,4001	ALT SANGRE	-0,4090
PROT DIETA	0,2283	PROTEINA LECHE	-0,3408	VIENTO	-0,2662	ALBUMINA SANGRE	-0,3343	GLUCOSA SANGRE	-0,4008
EE DIETA	0,2306	DENSIDAD LECHE	-0,4491	PROD LECHE	-0,2355	CREATININA SANGRE	-0,4546	SODIO SANGRE	-0,3458
CALCIO DIETA	0,2310								
FOSFORO DIETA	0,2308								
MAGNESIO DIETA	0,2232								
AZUFRE DIETA	0,2304								
HIERRO DIETA	0,2311								
MANGANESO DIETA	0,2309								
ZINC DIETA	0,2309								
COBRE DIETA	0,2310								
POTASIO SANGRE	-0,2078								
FDN DIETA	-0,2232								
POTASIO DIETA	-0,2078								

Fuente. Este estudio

3.4.1 Primer Componente Dieta. Es el componente con la varianza más alta y por lo tanto con la mayor capacidad explicatoria de los resultados 54.91%. En este componente están alineadas todas las variables que corresponden a la composición nutricional del alimento y cuatro metabolitos minerales considerados como esenciales. Entre las variables nutricionales que se relacionan directamente se encuentran: MS, NDT, Proteína, EE, Ca, P, Mg, S, Fe, Mn, Zn, Cu, e indirectamente: FDN y K. Los metabolitos minerales que se relacionan directamente con este componente son: Ca, P, Mg e indirectamente K.

En el sistema, la materia seca ingerida es de fundamental importancia en la nutrición de los bovinos, porque establece la cantidad de nutrientes disponibles para la salud y la producción de los animales. La estimación real de la materia seca es importante para evitar una subalimentación o una sobrealimentación de nutrientes y así promover el uso eficiente de los mismos. La materia seca ingerida contiene los nutrientes orgánicos e inorgánicos, en cantidades diferentes, según su calidad composicional y que el animal requiere para cubrir sus demandas (NRC 2001)

Los NDT son la medida de la energía que consumen las vacas productoras de leche. Después del agua, la energía es el nutriente que mayormente requieren las vacas, la carencia de este elemento o su suministro deficiente después del parto genera pérdida de peso, baja producción de leche al pico de la lactación, baja

persistencia, lactancias cortas, ciclos estrales irregulares, anestro o falta de exhibición del estro y bajo porcentaje de concepción (Blood y Henderson, 1976)

En este componente también está relacionada directamente la proteína. El bovino necesita proteína para crecimiento, ganancia de peso, mantenimiento, producción de leche y reproducción. Para vacas productoras de leche, con pesos superiores a 450 Kg, los requerimientos de proteína para mantenimiento pueden variar de 341 a 468 g/día, estos se incrementan para vacas preñadas en los dos últimos meses de gestación. Además, se debe suministrar entre 78 y 100 g/día de proteína por litro de leche producido dependiendo del porcentaje de grasa en la leche (NCR 2001)

En el sistema suelo – planta – animal, la energía y la proteína están estrechamente relacionadas puesto que la concentración y digestibilidad de la proteína en la dieta afecta la disponibilidad de la energía, ya que modifica el consumo, digestibilidad y eficiencia energética. El consumo de cantidades adecuadas de proteína degradable es indispensable para maximizar el consumo de alimento y la digestibilidad ruminal, en vacas de alta producción, es frecuente el consumo deficiente de energía y puede estar acompañado de alimentación con exceso de amoníaco en el rumen y elevadas concentraciones de urea en sangre y leche, esto provoca una disminución de proteína en leche de acuerdo con Escobosa y Avila (2003)

Por otra parte, la alimentación con cantidades altas de energía proveniente de carbohidratos solubles (bajas concentraciones de acetato ruminal), promueve la formación de tejido adiposo de reserva, bajas concentraciones de grasa en la leche y enfermedades metabólicas como la acidosis aguda y la alcalosis (Andrews et al, 1992)

Los minerales relacionados directamente con este componente son de alta importancia, en primer lugar porque no pueden ser sintetizados por el organismo y por lo tanto deben ser suministrados en la dieta. En la vaca lechera, además de las funciones estructurales y metabólicas en que intervienen estos elementos, son requeridos para ser excretados en la leche como compuestos específicos o en forma elemental (NRC, 2001)

El calcio se encuentra en huesos y dientes, es necesario para el funcionamiento nervioso y muscular, para la actividad de diversos sistemas enzimáticos y como componente de la leche; su homeostasis permite su movilización desde los huesos, cuando es requerido, actuando en conjunto con la vitamina D, parathormona y la calcitonina que regulan su absorción intestinal de acuerdo con Bronner (1987) Cuando la demanda de calcio excede su consumo, el animal extrae calcio de sus huesos, si el desbalance se mantiene, puede ocurrir hipocalcemia y baja en la producción de leche (NRC, 2001)

El fósforo es un elemento cuyas necesidades se manifiestan en todo el organismo animal, es esencial en multitud de sistemas; el ATP (unidad fundamental para el transporte de energía) está constituido por fosfatos; también es requerido por los microorganismos del rumen para la digestión de la celulosa y la síntesis de la proteína microbiana (Escobosa y Avila, 2003)

Las deficiencias de fósforo impactan la economía del sistema, no hay buena producción ni reproducción; las exageraciones en el suministro de fósforo mediante el suministro de sales agravan el problema; está demostrado que suplementar por encima del requerimiento no mejora la reproducción, genera disminución de la forma activa de la vitamina D y puede causar fiebre de leche y disminución en la producción de leche (Escobosa y Avila, 2003)

El magnesio está presente en el interior de la célula como cofactor de importantísimos sistemas enzimáticos, vitales en casi todas las rutas metabólicas. Extracelularmente es fundamental en la conducción nerviosa muscular y la formación mineral de los huesos (NRC, 2001)

La disponibilidad de magnesio en los pastos es variable y depende de varios factores como: bajas en la temperatura ambiente, que afecta negativamente la incorporación de magnesio por la planta, y la fertilización con cantidades altas de nitrógeno y potasio que reducen la disponibilidad de magnesio para los rumiantes, situación que conduce a desordenes metabólicos como la tetania de los pastos que en caso agudo puede provocar la muerte del animal. Cuando la relación potasio – calcio – magnesio es mayor de 2.5 a 3.0, la posibilidad de una tetania de los pastos es mayor (Escobosa y Avila, 2003)

En este primer componente la FDN está relacionada negativamente. Los altos contenidos de FDN en el pasto kikuyo son una de las principales limitantes que tiene esta gramínea puesto que interfiere con la digestibilidad de la materia seca y por lo tanto con el aporte energético de la pradera (Marais, 2001)

El potasio de la dieta y el potasio sanguíneo también se encuentran relacionados negativamente, esto se explica porque un exceso de potasio en los forrajes puede causar una sobredosis del elemento en los animales y provocar problemas con el metabolismo del calcio y del magnesio, especialmente para la etapa del parto y causar edema de la ubre según la NRC (2001)

3.4.2 Segundo Componente Producción de Leche. Es el componente con la segunda varianza más alta y explica los datos en un 12%, se relaciona directamente con la producción de leche, con los contenidos de grasa en la leche y con la temperatura ambiente e indirectamente con la acidez, la proteína, la densidad de la leche y con la velocidad del viento.

La producción de leche y su calidad composicional está determinada por dos tipos de factores, en primer lugar los fisiológicos (genéticos, edad, número de lactancia, gestación, período seco, estado corporal al parto, momento de la lactancia) y en segundo lugar los ambientales (Época de parto, sanidad, factores climáticos como temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, ordeño y alimentación) según Pendini (1993)

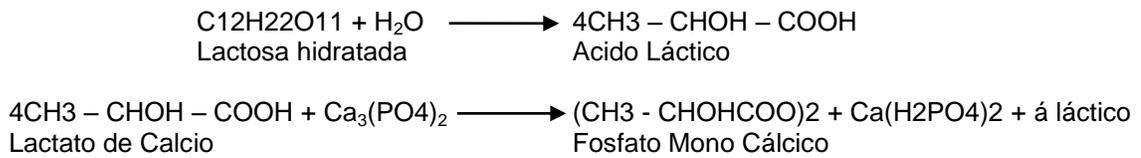
La grasa de la leche es un componente lácteo de gran importancia en el sistema, por una parte, porque asegura una buena fuente energética al ternero recién nacido (Wattiaux, 1985) y por otra, porque es uno de los constituyentes de la leche que genera bonificaciones económicas de importancia para el ganadero.

La alimentación con forrajes asegura un 65% de ácido acético; que usado como fuente de glucosa garantiza niveles importantes de grasa en la leche de vacas de alta producción; pero solo un 20% de ácido propiónico, porcentaje que limita la cantidad de leche producida por día. Una alternativa es la alimentación con concentrados puesto que esto dispara la producción de ácido propiónico. La glucosa que se produce a partir de propionato permite un uso adecuado de los aminoácidos sanguíneos con el consecuente incremento de la producción láctea y mayor porcentaje de proteína en la leche; pero el exceso de esta glucosa no se convierte en grasa láctea y por el contrario la limita (Wattiaux, 1985)

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, es claro que niveles adecuados en grasa, son un indicador de que se está manejando bien las relación forraje/concentrado en la alimentación de las vacas.

La proteína, y la densidad aparecen relacionadas negativamente en este componente, esto se explica porque la relación producción de leche/sólidos totales es inversamente proporcional, a mayor producción la densidad es menor por los mayores contenidos de agua en el producto.

Las proteínas de la leche, específicamente la caseína, junto con el calcio forma caseinato de calcio responsable de la acidez titulable de la leche, este se halla rodeado de $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$; en el caso de acidificación de la leche hay formación de ácido láctico que en principio atrapa el calcio del fosfato tricálcico transformándolo en fosfato monocálcico soluble en lactato de calcio.



El caparazón de Fosfato Tricálcico formado alrededor del Caseinato de Calcio desaparece y hace que el Ácido Láctico desnaturalice el Caseinato Ácido de Calcio transformándolo en Lactato soluble de calcio y caseína y como la proteína llega de nuevo a obtener un pH ácido, entonces precipita según Ramirez (2008)

La temperatura ambiental está relacionada positivamente en este componente. Juega un papel muy importante en la producción de leche, se ha definido que para el ganado productor de leche la temperatura ambiente efectiva de confort se encuentra en un rango que va desde los 5 hasta los 21°C Wiersma (1990); la temperatura ambiente en la Finca Lope se encuentra en este rango todo el año, sin embargo, geográficamente está ubicada en una zona muy ventosa. El viento aparece relacionado negativamente en este componente por su efecto adverso a la temperatura corporal ya que incrementa la pérdida de calor (Fox y Tylutki, 1998) y reduce el consumo diario de agua (Loneragan et al, 2001)

3.4.3 Tercer Componente Sólidos Totales de la Leche. Este componente explica los datos en 8,36% y se relaciona positivamente con BUN, proteína en leche, sólidos totales en leche, temperatura ambiente y humedad relativa y negativamente con velocidad del viento y producción de leche.

Los sólidos totales (ST) de la leche constituyen la fracción seca del producto después de haber retirado el agua, sus principales componentes son la proteína, la grasa y la lactosa; los ST son fuente de los principales nutrientes para el ternero recién nacido y tienen alto significado económico en la industria de los derivados lácteos.

Las dietas de bovinos para leche, basadas en forrajes, como en el caso de las usadas en esta investigación, favorecen la producción de ácido acético y cuerpos cetónicos que son utilizados por la glándula mamaria para la producción de ácidos grasos de la leche y como fuentes de energía respectivamente, contribuyendo positivamente al porcentaje de sólidos totales (Cook y Miller, 1965)

La relación del BUN en este componente es muy importante puesto que permite un seguimiento al balance energía – proteína, requerido para una adecuada producción de leche. Los niveles de BUN para los animales en estudio se encuentran dentro del rango de los valores de referencia, esto indica un balance adecuado entre la energía y la proteína que las vacas están usando para mantenimiento y producción de leche. Es importante precisar que alguno de los

animales registraron valores por encima del margen superior, indicativo de un déficit energético que el animal corrige con la movilización de reservas de tejido graso para garantizar la calidad composicional de la leche.

La proteína de la leche es un compuesto que está relacionado directamente para este componente, al igual que el BUN, y que tiene como precursores a los aminoácidos sanguíneos provenientes del metabolismo ruminal de la proteína y del nitrógeno no proteico de la dieta, función que demanda altas cantidades de energía y que es responsable de la variación del BUN según sea el balance con la energía que requiere el sistema. La proteína de la leche es uno de los nutrientes que más aporta al porcentaje de sólidos totales y por lo tanto a la calidad de este producto.

La producción de leche y su calidad también está influenciada por variables climáticas como la temperatura del medioambiente y la humedad relativa. La temperatura ambiente es la variable que más influye en la producción y la calidad de la leche especialmente cuando su registro se encuentra en la zona de confort entre los 5 y los 20°C (McDowell, 1972) durante el estudio el promedio fue de 13,96°C. y para la humedad relativa se registro en 86%.

En este componente, el viento se relaciona negativamente, esto se explica por la acción directa que tiene sobre la pérdida de calor corporal que obliga al animal a movilizar reservas energéticas para termo regulación y es responsable de deshidratación porque reduce el consumo de agua (Fox y Tylutki, 1998)

De igual manera, el incremento en la producción de leche, durante los dos primeros meses de lactancia, afecta negativamente el porcentaje de sólidos totales por el mayor incremento de agua de composición; sin embargo, la tendencia de este índice es la mantenerse constante (Fuenmayor, 1973)

3.4.4 Cuarto Componente Viento y Humedad Relativa. Este componente explica con el 7,66% a los resultados en el sistema y está relacionado directamente con el colesterol, BUN y sodio sanguíneos e indirectamente con albumina y creatinina sanguíneas.

El clima es uno de los elementos que más limita la producción de leche. En zonas frías, como es la finca Lope, se puede registrar temperaturas promedias de 13,96°C ubicadas en el rango de confort térmico; teóricamente esta situación es favorable para vacas de alta producción de leche, sin embargo, la velocidad del viento puede jugar en contra haciendo que el índice de sensación térmica sea tan bajo que obliga al animal a realizar adaptaciones mediante la producción suplementaria de calor termoregulatorio (Cunninghan y Acker, 2000)

La producción de calor suplementaria por termogénesis, es regulada por mecanismos tales como cambios en el tono muscular, temblores y la secreción de las glándulas endocrinas que incrementan la producción metabólica de calor. El calor producido puede tener varios orígenes, tales como los procesos metabólicos vitales (respiración, circulación), ingestión y digestión de los alimentos, incluida la fermentación ruminal, actividad muscular, ejercicio, respiración celular y la utilización de los nutrientes para procesos productivos como crecimiento, reproducción y lactación, así como de la radiación solar y otras fuentes externas (Echevarría y Miazzi, 2002)

En todo caso, la producción extra de calor para termo regulación, implica un gasto energético adicional que se agrava cuando la alimentación está basada en dietas con aportes altos de nitrógeno proteico y no proteico y bajo aporte de carbohidratos no estructurales; los valores de BUN se incrementan indicando un desbalance energía – proteína por deficiencia energética, comprometiendo seriamente la estabilidad del sistema suelo – planta – animal.

Por otra parte, con bajas temperaturas y una alta humedad relativa, se acentúa los efectos del frío e incluso puede producir condensaciones, si se alcanza el punto de saturación, mojando a los animales (Echevarría y Miazzi, 2002)

Otro elemento fundamental de este componente es el colesterol, si bien en la investigación los valores encontrados se hallaron en el rango de referencia, niveles bajos de colesterol pueden tener efectos negativo sobre la reproducción, traducidos en disfuncionalidad del ciclo estral, días abiertos prolongados, intervalo entre partos mayores y baja rentabilidad (Vargas, 2006)

Altos niveles de Albumina sanguínea indican concentraciones elevadas de nitrógeno en el sistema, lo que obliga al animal a movilizar mayor cantidad de energía de reserva y a incrementar los niveles de BUN y la creatinina es indicador de cambios en la masa muscular cuando el déficit energético obliga al animal a usar proteína corporal para cubrir el requerimiento energético del sistema; también está relacionada con fallas renales (Quesada, 2003). Es importante precisar que los niveles de albumina y creatinina en los animales en estudio se encontraron en el rango de referencia.

3.4.5 Quinto Componente Potasio. Este componente explica con el 4,83% los resultados del análisis, se relaciona directamente con el potasio en sangre y en la dieta, con el colesterol sanguíneo y con la grasa de la leche e indirectamente con la glucosa, el sodio y la ALT sanguíneos.

Es muy interesante como en este componente se asocian variables de altísima importancia. El potasio sanguíneo está perfectamente correlacionado con el

potasio de la dieta, sus niveles se mueven en la medida en que los aportes dietarios cambian (Álvarez, 2001)

El potasio junto con el sodio constituyen la bomba Na/K-ATPasa. La bomba Na/K es una proteína integral de membrana, fundamental en la fisiología de las células que se encuentra en todas las membranas celulares, cuando dos iones potasio se unen al exterior de la proteína transportadora y tres iones sodio se unen al interior se activa la función ATPasa de la proteína la cual escinde una molécula de ATP, dividiéndola en ADP y liberando un enlace de energía de fosfato de alta energía. Se cree que esta energía liberada produce un cambio químico y conformacional en la molécula transportadora proteica, transportando los tres iones sodio hacia el exterior y los dos iones potasio hacia el interior (Gayton y Hall, 2006)

Una de las funciones más importantes de la bomba sodio-potasio es controlar el volumen de todas las células. Sin la función de esta bomba la mayor parte de las células del cuerpo se hincharía hasta explotar (Gayton y Hall, 2006)

Se relaciona directamente con el colesterol porque el potasio sanguíneo estimula la producción de insulina y la insulina tiene entre sus efectos la inhibición de la lipólisis, contribuyendo con ello a disminuir la concentración plasmática de ácidos grasos libres y de colesterol sanguíneo (Stanley et al, 1975)

El potasio influye en el metabolismo de los glúcidos al intervenir en la captación celular de la glucosa, proveniente del acetato ruminal, utilizada como precursor de la grasa láctea (Church, 1998)

La relación negativa del sodio se hace más importante porque su excreción por riñón se acentúa, cuando los niveles de potasio son elevados, produciéndose una deficiencia de Na que compromete seriamente la absorción activa de magnesio y haciendo mayor el riesgo de una hipomagnesemia o tetania de los pastos (Remond et al, 1996)

La ALT es una enzima intracelular que indica enfermedad hepática. En vacas de alta producción, el hígado se exige al máximo para satisfacer las demandas energéticas y/o proteicas que experimenta el animal durante etapas fundamentales como la lactancia; su relación negativa en este componente apoya aun más el diagnóstico de desbalance energético que las vacas de alta producción experimentan en la lactancia temprana.

El déficit energético obliga a movilizar tejido adiposo, con esto hay una acumulación de grasa en el hígado; si el déficit persiste el animal puede desarrollar hígado graso, muy perjudicial para el animal de acuerdo con (Wattiaux, 1985)

3.4.6 Análisis clúster. En la Tabla 47 se puede observar el proceso como se fueron agrupando las unidades experimentales; en la Tabla 48 y en la Figura 10, se registran los aglomerados en los cuales se agruparon después de realizado el análisis clúster.

Tabla 47. Historia de Conglomerado

NCL	-Conglomerados unidos-		Frecuencia	RMS STD	SPRSQ	RSQ	BSS	Tie
5	A	B	2	3.6673	0.0116	.988	268.98	
4	C	D	2	3.7591	0.0122	.976	282.61	
3	CL4	E	3	6.2213	0.0546	.922	1265.6	
2	CL5	CL3	5	7.2245	0.1017	.820	2358.3	
1	CL2	F	6	15.2285	0.8199	.000	19015	

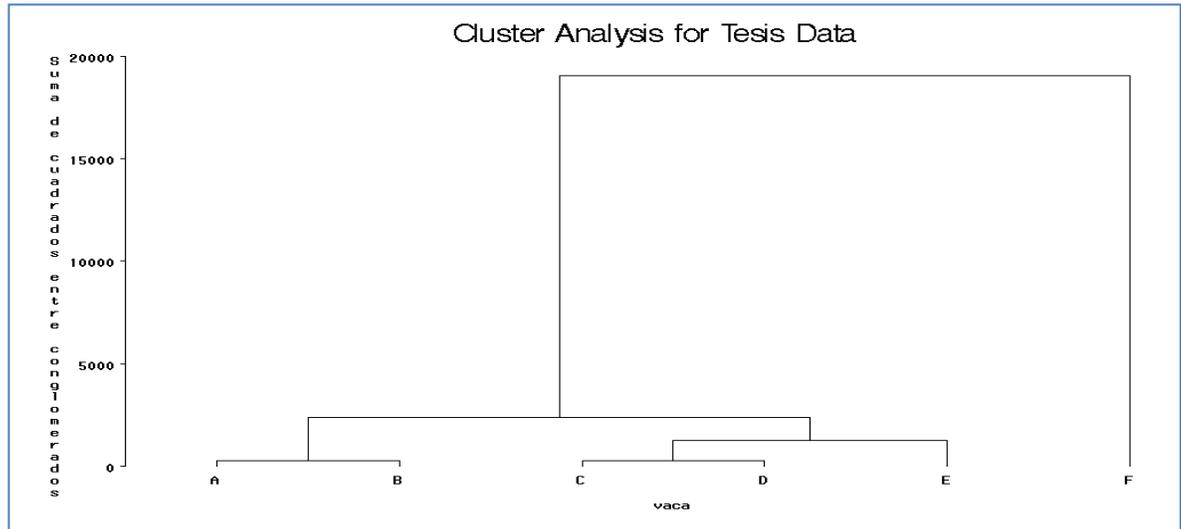
Fuente. Este estudio

Tabla 48. Análisis Clúster

CLUSTER	ID	VACA	ESTADO	TERCIO LAC	PROD Lit.	BUN (mg/dl)	PESO (Kg)	≠PESO
1	A	2704	VACIA	PRIMERO	22.80	22.70	507.00	-4
	B	2800	GESTANTE	PRIMERO	22.83	22.21	522.00	-12
2	C	2824	GESTANTE	TERCERO	14.33	21.14	520.33	-37
	D	2826	VACIA	TERCERO	14.33	25.33	530.00	-38
	E	2906	VACIA	SEGUNDO	16.17	22.11	563.00	-42
3	F	2922	GESTANTE	SEGUNDO	15.33	23.41	470.33	55

Fuente. Este estudio

Figura 10. Dendograma Análisis Clúster



Fuente. Este estudio

En el Anexo G se consigna la información completa del análisis. Se puede observar que en el clúster uno quedan agrupadas las unidades experimentales A y B, en el dos, las unidades C, D y E y, en el tres, la unidad F.

Los animales del clúster uno (1) se encuentran en el primer tercio de la lactancia, con las producciones de leche más altas y las pérdidas de peso menores; son animales que muestran un desbalance energía – proteína reflejado en valores de BUN superiores a 19 mg/dl que explican las pérdidas de peso por la movilización de tejido graso de reserva, si bien en comparación con los animales del clúster dos las pérdidas de peso son menores, esto se explica porque durante los primeros meses de lactancia, los animales usan la reserva acumulada durante el periodo seco.

En el clúster dos (2) quedaron agrupadas las unidades experimentales C, D y E, que corresponden a: los dos primeros, de tercero, y el último, de segundo tercio de lactancia, respectivamente; son animales que han bajado su producción de leche y presentan las mayores pérdidas de peso, esto se explica porque para el segundo tercio de la lactancia los animales han agotado toda la reserva energética que lograron acumular durante el periodo seco y si su alimentación esta desbalanceada en energía y proteína, como queda demostrado en los valores de BUN registrados para este clúster (mayores a 19 mg/dl) y este desbalance persiste, los animales empiezan a utilizar masa muscular para suplir su déficit energético, situación que puede degenerar en problemas de hígado graso y la muerte de los animales.

En el clúster tres (3) quedó registrada la unidad experimental F, se trata de un animal de segundo tercio de lactancia, en estado gestante que paso de 443 a 498 kg de peso, con una ganancia de 55 kg durante el periodo experimental, esto se explica porque es un animal que ha superado el primer tercio de la lactancia (periodo de mayor pérdida de peso) y se encuentra en el segundo tercio, además el inicio de la gestación eleva los niveles de progesterona; estudios en animales de experimentación han encontrado ingestas mayores cuando los niveles de progesterona son altos y los niveles de estradiol son bajos, es decir, durante la fase luteal (Lovejoy, 1998)

3.5 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

3.5.1 Producción de Leche. En la Tabla 49 se registran las producciones de leche (l/día) en cada uno de los muestreos (0, 15 y 30 días). No se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos y tampoco entre tiempos (Tabla 50) .

Para la economía de la interrelación suelo – planta – animal, esto puede resultar fundamental puesto que indica que debe revisarse el uso del concentrado, como fuente de proteína, y enfilar las investigaciones hacia suplementos energéticos que permitan el aprovechamiento del nitrógeno que existe en el sistema.

Tabla 49. Producción de Leche

		MUESTREOS				
		Id Animal	t1	t2	t3	Promedio
T1		2704	25.00	25.40	18.00	22.80
		2906	16.00	16.00	16.50	16.17
		2824	16.00	13.00	14.00	14.33
T2		2800	26.00	21.00	21.50	22.83
		2922	15.00	15.50	15.50	15.33
		2826	16.00	10.00	17.00	14.33

Fuente. Este estudio

Tabla 50. Diferencia Mínima Significativa (t) Producción

Differences of Least Squares Means

Effect	TTOS	TIEMPO	TTOS	TIEMPO	Error Estimador	Estándar	DF	Valor t	Pr > t
TTOS	T1		T2		0.2667	3.7159	4	0.07	0.9462
TIEMPO		1		2	2.1833	1.4624	8	1.49	0.1738
TIEMPO		1		3	1.9167	1.4624	8	1.31	0.2264
TIEMPO		2		3	-0.2667	1.4624	8	-0.18	0.8598

Fuente. Este estudio

3.5.2 Peso. Si bien el peso de los animales, en los sistemas de producción de leche, no es un indicador económico, debe considerarse en el momento de tomar decisiones, ya que con otros indicadores presentan una radiografía muy objetiva de lo que puede estar pasando en el sistema de producción.

En la Tabla 51, se registran los pesos de los animales durante la investigación.

Tabla 51. Pesos de los animales en la investigación

Tratamientos	Id Animal	MUESTREOS			Promedio
		t1	t2	t3	
T1	2704	509	507	505	507
	2906	584	563	542	563
	2824	539	520	502	520
T2	2800	528	522	516	522
	2922	443	470	498	470
	2826	549	530	511	530

Fuente. Este estudio

No se encontraron diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre tratamientos y tampoco entre tiempos (Tabla 52)

Tabla 52. Diferencia Mínima Significativa (t) Peso

Differences of Least Squares Means

Effect	TTOS	TIEMPO	TTOS	TIEMPO	Error Estimador	Estándar	DF	Valor t	Pr > t
TTOS	T1		T2		22.6667	27.1367	4	0.84	0.4505
TIEMPO		1		2	6.6667	7.5709	8	0.88	0.4042
TIEMPO		1		3	13.0000	10.3328	8	1.26	0.2438
TIEMPO		2		3	6.3333	7.5709	8	0.84	0.4271

Fuente. Este estudio

Los resultados registrados en la tabla muestran que la mayoría de los animales presentaron pérdida de peso como consecuencia de la movilización de tejido graso por el desbalance energía – proteína durante los 30 días que duro la investigación; la condición corporal de los animales no presento un cambio drástico, sin embargo, de persistir el desbalance energía - proteína identificado en el BUN, la disminución de peso pudo ser más significativa, incluso llegar a la movilización de tejido muscular

3.5.3 Análisis Reproductivo. En la Tabla 53, se registran cuatro de los índices reproductivos más importantes; estos índices permiten una idea clara de la situación reproductiva del sistema.

Tabla 53. Índices Reproductivos Finca Lope

	Ideal	Lope
Intervalo entre partos	365-400	460
Días abiertos	85-110	176
Porcentaje de preñez al primer servicio	60-65	52
Porcentaje de Natalidad	80-85	82

Fuente. Este estudio

De acuerdo con los datos obtenidos, el promedio de días abiertos del hato es el indicador de mayor preocupación, 66 días por encima del límite superior de lo que se acepta como normal para vacas en producción de leche.

En lo económico este valore indica: menos partos por año y menos producción aprovechada por vaca, pérdidas de ingresos por más días de lactancia, más días de seca y menos terneros por año. Esto puede estar asociado a fallas en la detección de celos (manejo reproductivo) y fallas en la concepción posiblemente asociadas al desbalance energía – proteína del sistema, lo cual implica, en ambos casos adicionar 21 días del nuevo ciclo estral a los días abiertos (Sintex, 2012)

3.5.4 Análisis Económico. En las Tabla 54, se registra un resumen con los valores económicos más importantes para cada uno de los tratamientos.

Tabla 54. Parámetros Económicos T1 (kikuyo + concentrado) y T2 (kikuyo)

ITEM	UNIDAD	T1	T2
Total Producción	l	1,490.60	1,488.20
Costo Litro venta	\$	900	900
Costo producción de 1 litro	\$	659	489.1
Ganancia neta	\$	241	410.9
Margen bruto	\$	1,341,540.00	1,339,380.00
Margen neto	\$	359,234.60	611,508.43
RENTABILIDAD		0.06	0.10

Fuente. Este estudio

4. CONCLUSIONES

Por la capacidad de respuesta del pasto kikuyo a la fertilización nitrogenada, este pasto es capaz de proveer el nitrógeno suficiente que requieren los microorganismos ruminales para suplir los requerimientos de proteína de una vaca productora de leche, sin embargo, el aporte de energía es insuficiente y en consecuencia, el desbalance energía – proteína limita la producción, genera pérdida de peso y afecta negativamente el comportamiento reproductivo del hato.

Se deben manejar técnicamente las relaciones; Ca – Mg; Sodio – Potasio y Ca – P ya que intervienen directamente en producción y calidad de la leche y en la salud reproductiva del hato

El suministro de concentrado como parte de la dieta para vacas de leche, en cantidades inferiores al 30% no afecta la química sanguínea de las vacas productoras de leche; los niveles sanguíneos pueden variar debido a adaptaciones que el animal realiza buscando la homeóstasis de los metabolitos evaluados.

La dieta que reciben las vacas productoras de leche, es el principal componente en la interacción suelo – planta – animal y representa el 54,91% del sistema. Los elementos más importantes los constituyen la MS, NDT, Proteína, EE, Ca, P, Mg, S, Fe, Mn, Zn y Cu; igual de importantes son la FDN y el K, especialmente porque pueden llegar a ser limitantes para la digestibilidad del pasto y para la asimilación del magnesio respectivamente.

La producción de leche es el segundo componente más importante en la interacción suelo – planta – animal, junto con la dieta aportan al sistema el 66,91%. La cantidad de leche producida puede verse disminuida por el efecto de la sensación térmica que generan la temperatura y la velocidad del viento en regiones frías, obligando a la movilización de cantidades adicionales de energía para termo regulación en detrimento de la producción.

La alimentación con dietas basadas en forrajes afectan positivamente la calidad composicional de la leche y en consecuencia los ingresos económicos por bonificaciones, sin embargo, la cantidad en la producción puede estar limitada por el desbalance energía – proteína que se presenta en pastos como el kikuyo.

El potasio es un mineral de alta importancia en la interacción suelo – planta – animal porque junto con el sodio constituyen la bomba Na/K-ATPasa, los niveles sanguíneos de este elemento están altamente correlacionados con los niveles encontrados en los pastos; las altas cantidades de K en el sistema pueden causar problemas en el metabolismo de los lípidos, los glúcidos y la absorción del magnesio.

5. RECOMENDACIONES

Implementar en las empresas ganaderas, sistemas de evaluación de la productividad, basada en factores edáficos, climáticos, bromatológicos y metabólicos que permitan mayor precisión técnica en el momento de tomar decisiones.

Evitar la sobrecarga de nitrógeno y mejorar el aporte energético en el sistema, mediante el suministro de dietas balanceadas desde la pradera, procurando disminuir al máximo el uso de concentrados comerciales.

Realizar investigaciones similares con otro tipo de pastos, en diferentes fincas y en fincas ubicadas en pisos térmicos distintos, incrementando en lo posibles el número de unidades productivas.

Realizar un monitoreo periódico de BUN para efectuar ajustes oportunos de la relación energía proteína y de esta manera evitar bajas en la productividad de la empresa ganadera, representadas en: bajas en la producción, pérdidas de peso y patologías reproductivas como las más limitantes.

BIBLIOGRAFIA

Álvarez, J. Bioquímica Nutricional Y Metabólica Del Bovino En El Trópico. Medellín, Colombia: Ciencia y Tecnología, Editorial Universidad de Antioquia; 2001.

Amézquita, E. La Fertilidad Física Del Suelo, XVI Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo 2004. Conferencia magistral N°3. En Actas. Cartagena de Indias, Colombia.

Amézquita, E. y Pinzón A. Compactación De Suelos Por Pisoteo De Animales En Pastoreo En El Piedemonte Amazónico De Colombia. Pasturas Tropicales 1991; Vol. 13, No. 2. 21 - 26 p.

Andrew, C. Use of BUN and MUN as Guides for Protein and Energy Supplementation in Cattle, Revista CORPOICA, volume 2, No 2, Colombia, 1998
Aranda. M Y Brave, N. Colesterol en Bovinos. Casagrande, INTA 2002; URL: http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/00-carne_y_subproductos.htm.

Andrews, A et al. Bovine medicine. Diseases and husbandry of cattle: Blackwell Scientific Publications, 1992.

Apráez, E Y Moncayo, O. Caracterización agronómica y bromatológica de una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) sometida a rehabilitación mediante labranza y fertilización orgánica y/o mineral. 2006. [Online] [Citado octubre7/2010]. Disponible en internet: <http://www.virtualcentre.org/es/enl/keynote14.htm>.

Arias, R. Environmental factors affecting daily water intake on cattle finished in feedlots. *Master Thesis*, University of Nebraska-Lincoln, Nebraska, USA, 2006.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. Official methods of analysis. Estados Unidos: AOAC International, 1995.

Bartolome, J. Endocrinología y fisiología de la gestación y el parto en el bovino. *Taurus*, Bs. As., 11(42):20-28.. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Pampa, Argentina. Conferencia dictada en el Curso de Postgrado de Manejo Reproductivo en Bovinos Lecheros, organizado por la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UNCPBA, 25 al 27 de marzo de 2009, Tandil, provincia de Buenos Aires. [Online]. Disponible: www.produccion-animal.com.ar

Bauchart, D; Vérité, R Y Remond, B. Long-chain fatty acid digestion in lactating cows fed fresh grass from spring to autumn. *Can J Anim Sci* 1984; 64 Suppl 330-

331. [Online]. [Citado 11/01/2011]. Disponible: <http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/view/655/634>

Bedoya, O; Arenas, F; Rosero, R Y Posada, S. Efecto de la suplementación de ensilajes sobre perfiles metabólicos en cabras lactantes. *Journal of Agriculture and Animal Sciences*, Volumen 1 No 1. 2012. [Online]. Disponible: <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/647/1/153-330-1-PB.pdf>.

Beguet, H. Bavera G. Fisiología De La Planta Pastoreada En Producción Bovina De Carne. Disponible 2001; [2012] URL: <http://www.producciónbovina.com>

Benton, J; Wolf B and. Mills H. *Plant analysis handbook*. Micro-Macro Publishing Inc. Georgia 1991. 213 pp.

Bernal, J. *Pastos y forrajes tropicales: Producción y manejo*. 3ªed. Bogotá, Colombia: Buda; 1994. 81- 89 p.

Berry, M et al. *Clin. Chem.* 35,817. En: *Determinación cuantitativa de potasio*. 1989. [Online]. [Citado 4/01/2012]. Disponible: <http://www.spinreact.com/>

Birkelo, C y Johnson, D. Seasonal environment, performance and energy metabolism of feedlot cattle in northern Colorado. *Proc 4th Int Livest Envir Symp*, University of Warwick, Coventry, England, 1993. Pp 1117-1124

Blackshaw, J Y Blackshaw, A. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: a review. *Aust J Exp Agric* 34, 285-295. 1994.

Blood, D. Y Henderson, J. *Veterinarian Medicine*. 3rd. Ed., Willians & Wilkins Co., Baltimore. 1092 pp. 1976

Bruno, R et al. *Examen Clínico Básico: Claves Para Identificar Animales Enfermos Tempranamente*, National Center For Foreign Animal and Zoonotic Disease Defense, Dairy Extension Program, 2012, <http://texasdairymatters-org.wpengine.netdna-cdn.com/files/2011/08/Examen-b%C3%A1sicoFS.pdf>

Burt, R. *Soil Survey Laboratory Methods Manual*. Report No. 42. Version 4.0. United States Department of Agriculture; Natural Resources Conservation Service: 735 ps. 2004

Bush, B. *Manual del Laboratorio Veterinario de Análisis Clínicos*. Zaragoza, España: Editorial Acribia; 1982.

Campos, R; Cubillos, C y Rodas, A. Indicadores metabólicos en razas lecheras especializadas en condiciones tropicales de Colombia. *Acta Agron*, 56 (2): 85-92. 2007. [Online]. Disponible: [http://ftp.censa.edu.cu/ict/TGC%20CENSA/JUAN%](http://ftp.censa.edu.cu/ict/TGC%20CENSA/JUAN%20)

20RAMON%20TESIS%20DOCTORADO/TESIS%20DOCTORAL%20JUAN%20RAMON%202008.pdf.

Casler, M and Jung, H, Relationships of fibre, lignin, and phenolics to in vitro fibre digestibility in three perennial grasses. United States Department of Agriculture, Agriculture Research service. 2006. [Online]. [Citado 30/01/2007] http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm?SEQ_NO_115=173895

Ceballos, A. Tratamiento y Prevención de la Hipocalcemia Posparto en Vacas Productoras de Leche, Artículo Publicado en la Revista Despertar Lechero No 14, Octubre de 1997

Ceballos, A; Villa, N; Bohórquez, A; Quinceno, J; Jaramillo, J Y Giraldo, G. Análisis de los resultados de perfiles metabólicos en lecherías. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 2001. [Online]. [Citado: 27 de mayo de 2012.] <http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/view/68/67>.

Christison, G Y Milligan, J. A seven year study of winter performance of feedlot steers in western Canada. *Proceeding of the International Livestock Environment Symposium*, University of Nebraska-Lincoln, USA, 1974. Pp 296-300.

Church, D Y Pond, W. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales, Mexico. Editorial Noruega – Limusa. 210 pp. 1998.

Conti, M. Potasio en el suelo. Principio de Edafología con énfasis en suelos argentinos. Buenos Aires – Argentina: Editorial Facultad de Agronomía. Distribución Orientación Gráfica Editora S.R.L; 2000.

Cook, R Y Miller, D. Utilization of Volatile Fatty Acids in Ruminants. Removal of them from Portal Blood by the Liver. *Journal of Dairy Science*. 48:1339-1345. 1965.

Correa, H; Pabón, M Y Carulla, J. Valor Nutricional Del Pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) Para La Producción De Leche En Colombia Composición química y digestibilidad ruminal y posruminal, *Livestock Research for Rural Development*, Volume 20, Number 4, April 2008, <http://www.lrrd.org/lrrd20/4/cont2004.htm>

Coyne, M. Microbiología del suelo: un enfoque exploratorio. Madrid, España: Editorial Paraninfo; 2000, ISBN: 84-283-2648-7

Cruañas, R. Nuevo Método Potenciométrico para la Determinación de la Capacidad de Intercambio Catiónico y Estudio de su Dinámica en Suelos y Archillas, Tesis Doctoral en Ciencias Químicas, Universidad de Barcelona; 1983: [2012] URL: www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/.../04.RCT_4de4.pdf?...4

Da Silva, R. Weather and climate and animal production. In: *Update of the guide to agricultural meteorological practices*. WMO-No.134 published in 1982, 2006.

Dexter, A. Physical Properties of tilled soils. *Soil Tillage Res* 1997; 43: 41-63; URL: <http://www.agroestrategias.com>

Dewhurst, R; Scollan, N Y Youell, S. Tweed, J. K. S. and Humphreys, M. O. (2001). Influence of species, cutting date and cutting interval on the fatty acid composition of grasses. *Grass and Forage Science*, 56:68-74

Dewhurst, R; Shingeld, K; Lee MR Y Scollan N. Increasing the concentrations of bene cal polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems. *Anim feed sci technol* 2006; 131:168.

Echevarría, A y Miazzo, R. El ambiente en la producción animal. *Cursos de Producción Animal*, FAV UNRC. 2002. [Online]. Disponible: http://www.produccion-animal.com.ar/clima_y_ambientacion/

Echeverri, A. Pastoreo inteligente: una nueva alternativa en el manejo de la pastura para aumentar la productividad de los rebaños lecheros. Medellín, Colombia. 2009.

Elgersma, A. Tamminga, S Y Ellen, G. Modifying milk composition through forage. *Anim Feed Sci Technol* 2006; 131:207-225.

Escobosa, A Y Avila, S. Alimentación. Producción de leche con ganado Bovino. UNAM. Mexico. 2003. [Online]. [Citado 8/09/2003]. Disponible: http://ftpctic.agr.ucv.ve/intranet/zootecnia/alimentanimal/lecturas/regnutricionales/r_eqvacunosleche.pdf

FAO, Optimización de la Humedad del Suelo para la Producción Vegetal, El Significado de la Porosidad del Suelo, Boletín de suelos de la FAO No 79. 2005.

Farrel, E. Magnesium, in *Clinical Chemistry – Theory Analysis and Correlattion*, edited by Kaplan, L.A. and Pesce, A.J. The C.V. Mosby Company. Missouri, U.S.A 1984.. 1065 – 1069. [Online]. [Citado 22/06/2011] <http://www.spinreact.com.mx/public/instructivo/QUIMICA%20CLINICA/LIQUIDOS/1001280%20MAGNESIOG%202011.pdf>.

Farrel, E. Phosphurus, in *Clinical Chemistry – Theory Analysis and Correlattion*, edited by Kaplan, L.A. and Pesce, A.J. The C.V. Mosby Company. Missouri, U.S.A. 1984. 1065 – 1069. En: Determinación cuantitativa de fósforo. [Online]. [Citado 04/01/2012]. Disponible: http://www.spinreact.com.mx/public/_pdf/1001155.pdf

Fedegan, Lo que usted necesita saber sobre la leche en Colombia. 2013. [Online]. Disponible:

http://portal.fedegan.org.co/pls/portal/docs/PAGE/PORTAL/PG_SERVICIOS/COY_UNTURA_LECHERA1/LO_QUE_USTED_NECESITA_SABER_CARTILLA.PDF

Flores, D y Alcaja, J. Manual de Procedimientos Analíticos. Laboratorio de Física de Suelos. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología. Departamento de Edafología. 2009.

Fox, D y Tylutki, I. Accounting for the effects of environment on the nutrient requirements of dairy cattle. *J Dairy Sci* 81, 3085-3095. 1998.

French, P; Stanton, C; Lawless, F; O'Riordan, E; Monahan, F; Caffrey, P and Moloney, A. Fatty acid composition, including cis-9, trans-11 octadecanoic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage or concentrates. *Journal of Animal Science* 78, 2849-2855. 2000.

Fuenmayor, C; Chicco, C; Bodisco, V Y Capó, E. Estudio de los componentes de la leche de vacas Holstein y Pardo Suiza durante cuatro lactancias en Venezuela. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura y Cría. Maracay, Venezuela. *Agronomía Tropical*. 23(6): 541-554. 1973.

Fuentes J. Manual Práctico Sobre Utilización De Suelos Y Fertilizantes. Madrid, España: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación; 1997.

Gil, R. El comportamiento físico-funcional de los suelos. Buenos Aires: Instituto de Suelos. Inta Castelar, 2002. 19 p.

Gayton, A Y Hall, J. Textbook of Medical Physiology. Philadelphia, PA: Saunders Elsevier, 2006. ISBN: 978-1-4160-4574-8. [Online]. Disponible: <http://www.worldcat.org/title/guyton-and-hall-textbook-of-medical-physiology/oclc/664693642>

Hahn, G; Mader, T; Eigenberg, R. Perspectives on development of thermal indices for animal studies and management. Proc Symp Interactions between climate and animal production, EAAP Technical series 2003. N° 7, Pp 31-44.

Havlin, J; Beaton, J; Tisdale, S. Y. Nelson, W. Soil fertility and fertilizers. An Introduction to Nutrient Management. 7th ed. New Jersey: Pearson Education, Inc. Simon and Schuster/A Viacom Company Upper Saddle River; 2005.

Hincapie, J. Perfiles Metabólicos. cuenca: s.n., 2012. [Online]. Disponible: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/441/1/TESIS.pdf>.

Insuasty, E. 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, Universidad de Nariño, Tesis de Grado, 2011.

Jojoa, L y Silva, J. Determinación de factores edafoclimáticos que afectan la productividad del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) en condiciones naturales en la zona rural del Municipio de Ipiales y el Municipio de Aldana, Departamento de Nariño, Universidad de Nariño, Tesis de Grado. 2009.

Jordán, A. Manual de Edafología. Universidad de Sevilla: Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola; 2006.

Kaneko, J. Clinical biochemistry of domestic animals. Edit. Academic Press. New York, EEUU. 1989. [Online]. [Citado 12/2000]. Disponible en: <http://www.avancesveterinaria.uchile.cl/index.php/ACV/article/viewPDFInterstitial/9231/9261>

Kaplan, A. Urea nitrogen and urinary ammonia. In: Standard methods of clinical chemistry, v. 5. Academic. 1965. p. 245-256 [Online]. [Citado el 13 de junio de 2013]. Disponible en: aslo.org/lo/toc/vol_15/issue_2/0313.pdf

Kessler, G. et al. Clin Chem; 10 (8); 686-706. En: Quantitative determination of calcium IVD. 1964. [Online]. [Citado 17/01/2013]. Disponible: http://www.spinreact.com/files/Inserts/SERIE_MINDRAY/Sustratos/MIBSIS09_Ca_A_III_2013.pdf

Khalifa, H. Bioclimatology and adaptation of farm animals in a changing climate. In: Interactions between climate and animal production. Proc Symp, EAAP Technical, 2003. Series N° 7, Pp 15-29.

Khanal, R; Dhiman, T Y Boman, R. Changes in fatty acid composition of milk from lactating dairy cows during transition to and from pasture. Livest Sci. 2007; 114:164-175.

Kolmans, E y Vásquez, D. Manual de Agricultura Ecológica, 2da Edición. La Habana: Grupo de Agricultura Orgánica de ACTAF; 1999.

Kulli, B; Gysi, M Y Fluhler, H. Visualizing soil compaction based on flow pattern analysis. Soil Tillage 2003; Res. 70: 29-40.

Lafaurie, J. Los Desafíos Frente al TLC con los Estados Unidos, Carta FEDEGAN, No 130, 2012, URL: <http://proyectosfedegan.co/carta/cartafedegan>.

Lapierre, H; Berthiaume, R; Raggio, G; Thivierge, M; Doepel, L; Pacheco, D; Dubreuil, P and Lobley, G. The route of absorbed nitrogen into milk protein. 2005.

Animal Science 80: 11 - 22. Retrieved January 23, 2007 from http://www.bsas.org.uk/Publications/Animal_Science/%3Fprint%3D1/Volume_80_Part_1/11/AS.pdf

León, J Y Zambrano, D. Determinación de factores edafoclimáticos que intervienen en la producción y calidad nutritiva del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) en condiciones de no intervención en el Municipio de Pasto, Departamento de Nariño, Universidad de Nariño, Tesis de Grado. 2008.

Loneragan, G; Wagner, J; Gould, D; Garry, F Y Thoren, M. Effects of water sulfate concentration on performance, water intake, and carcass characteristics of feedlot steers. *J Anim Sci* 79, 2941-2948, 2001.

Lovejoy JC: The influence of sex hormones on obesity across de female life span. *J Women's Health*, 1998, 7:1247-1255.

Lusk, R. Thermoregulation. En: *Textbook of Veterinary Internal Medicine*. S. J. Ettinger (Ed). W.B. Saunders, Philadelphia. pp. 23-27, 1989.

McDowell, R. Improvement of Livestock Production in Warm Climates. W. H. Freeman and Company. San Francisco. U.E. pp.711. 1972.

Mader, T; Dahlquist, J; Hahn, G Y Gaughan, J. Shade and wind barrier effects on summer-time feedlot cattle performance. *J Anim Sci* 77, 2065-2072. 1999.

Mader, T; Davis, M Y Brown, M. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J Anim Sci* 84, 712-719, 2006.

Mansilla, V. Estudio preliminar de algunas variables climáticas sobre la eficiencia reproductiva en vacas Holstein Friesian en la Provincia de Nuble. *Tesis*, Universidad de Concepción, Concepción, Chile, 1996.

Marais, J. Nitrate and oxalates; In: D'Mello JPF (ed.) *Plant and fungal toxicants*. CRC Press, New Cork. pp. 205 – 218. 1997. [Online]. Disponible: <http://www.veterinaria.unal.edu.co/inv/nutricion/kikuyo%201.pdf>.

Marais, J. Factors affecting the nutritive value of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) - a review; *Tropical grasslands*. 35: 65 – 84. 2001. [Online]. Disponible: http://www.tropicalgrasslands.asn.au/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/PDFs/Vol_35_2001/Vol_35_02_01_pp65_84.pdf

Martínez, E; Fuentes, J Y Acevedo. Carbono Orgánico y Propiedades del Suelo, *Revista De La Ciencia Del Suelo Y Nutrición Vegetal* 2008; versión On-line: ISSN 0718-2791.

Meyer, U; Everinghoff, M; Gädeken, D; Flachowsky, G. Investigations on the water intake of lactating cows. *Livest Prod Sci* 90, 117-121, 2004.

Meeske, R; Rothauge, A; Van der Merwe, G; and Greyling, J. The effect of concentrate supplementation on the productivity of grazing Jersey cows on a pasture based system. *South African Journal of Animal Science* Volume 36 (2) 2006. [Online]. [Citado 02/14/2007] Disponible: from <http://www.sasas.co.za/publications/meesker36issue2.pdf?slD=>

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

Montecinos, C. Manejo Biológico del Fósforo en el Suelo. *Agroecología Y Desarrollo, Revista de CLADES, Numero Especial 8/9 Noviembre 1997*; URL: <http://www.clades.org/r8.art4.htm>

Montoya, M. Modelación Matemática del Transporte y Transformaciones del Nitrógeno Procedente de la Aplicación Agrícola de Purines en la Zona No Saturada del Suelo. Influencia de las Variables Relacionadas con la Estructura del Terreno 2008. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia; 2008 [2012] URL: <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/4624/tesisUPV2819.pdf>

Mufarrege, D. El sodio en la alimentación mineral del ganado en la región nea. E.E.A. INTA Mercedes, Corrientes, *Noticias y Comentarios* N° 370. 2003. [Online]. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/55-sodio_en_corrientes.pdf

Murray, R; Granner, D; Mayes, P y Rodwell. V. *Bioquímica de Harper*, Editorial El Manual Moderno, S.A., México, 1992. pp. 140

Murray, R. Creatinine. In *Clinical Chemistry: Theory, Analysis and Correlation*, 2nd Edition, Kaplan LA and Pesce AJ 1989. (Eds.) pp 1015-1020. [Online]. [Citado en enero de 2011]. Disponible: www.thermoscientific.com

Nacci, S Y Pla Sentis, I. Estudio de la resistencia a la penetración de los suelos con equipos de penetrometría desarrollados en el país. *Agronomía Trop* 1992; 42:1-2, 115-132.

Naito, H. The association of serum lipids, lipoproteins and apolipoproteins with coronary artery disease. *Ann N Y Ac Sci USA* 1985: 454:230-B. [Online]. [Citado 5 de noviembre de 1992]. Disponible: http://www.msssi.gob.es/biblioPublic/publicaciones/recursos_propios/resp/revista_cdrom/VOL66/66_5_251.pdf

Navarrete, E. Respuesta del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* hoechst).a la aplicación de diferentes fuentes y dosis de nitrógeno. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía Bogotá; 1996, 211 p.

National Research Council (NRC). Nutrient requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC. 360 p. 2001. [Online]. Disponible: <http://agro.unc.edu.ar/~pleche/Carne%20y%20leche/FACTORES%202012.pdf>

National Research Council (NRC). Effect of environment on nutrient requirement of domestic animals. National Acad-emy Press. Washington DC, USA, 1981.

Oblitas, F. Uso De Los Perfiles Metabólicos En El Diagnóstico Y Prevención De Trastornos Metabólicos Y Nutricionales En Vacas Lecheras De La Campiña De Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Medicina Veterinaria: Siriv; 2009.

Ortega, F. Composición fraccional del humus en suelos de Cuba. Tesis Doctoral en Ciencias Agrícolas. Instituto de Suelo, La Habana, Cuba. 1985

Oskoui, K y Voorhees, W. Economic Consequences Of Soil Compaction; 1990; [2012]URL:<http://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=31874&t=2&redir=&redirType> Pagani A., Echeverria H y Sainz H. Respuesta A Nitrógeno Y Azufre En El Cultivo De Maíz En Diferentes Ambientes De La Provincia De Buenos Aires. Ciencia del Suelo [online]. 2009, vol.27, n.1, pp. 21-29. ISSN 1850-2067.

Pendini, C.Y Carrizo, M. El Pastoreo y la Utilización de las Pasturas: efecto sobre la producción de leche. Rev. Sociedad Rural N°7. Córdoba (Argentina). Mayo 1993.

Pérez, E, Plantas útiles de Colombia Ediciones FONDO FEN COLOMBIA, DAMA, Jardín Botánico "José Celestino Mutis" Quinta Edición (Edición del Centenario), Bogotá 1996, 831 pp.

Persijn, J. et al. Clin Chem Clin Biochem 1976.; (14) 9: 421-427. [Online]. [Citado 30 de junio de 2013]. Disponible: http://www.spinreact.com/files/Inserts/Bioquimica/BEIS47_GGT-LQ_2013.pdf.

Quesada, Ch. Diagnostico de laboratorio: principales pruebas de bioquímica, clínica y hematología. Primera edición. Lehmann, San José, Costa Rica. 2003. [Online]. [Citado 30/01/2013]. Disponible: <http://www.libreroonline.com/costa-rica/libros/4046>

Ramirez, G. Estudio de la Leche. Universidad De Antioquia, Facultad De Química Farmacéutica, Departamento De Farmacia, 2008. [Online] Disponible:

<http://aprendeonline.udea.edu.co/lms/moodle/mod/resource/view.php?inpopup=true&id=48476>.

Rechel, E; DeTar, W; Meek B y Carter L. Alfalfa (*Medicago sativa* L.) water use efficiency as affected by harvest and soil compaction in a sandy loam soil. *Irrigation Science* 1991;12: 61-65.

Relling, A Y Mattioli, G. Fisiología Digestiva y Metabólica de los Rumiantes. Universidad de la Plata. Editorial EDULP. 72 p. 2012.

Remond, D; Meschy, F Y Boivin, R. Metabolites, Water and Mineral Exchanges Across the Rumen Wall: Mechanisms and Regulation. *Ann Zootech*, 45,97-119. 1996.

Renaudeau D. Effects of short-term exposure to high ambient temperature and relative humidity on thermoregulatory responses of European (Large White) and Caribbean (Creole) restrictively-fed growing pigs. *Anim Res* 54, 81-93, 2005.

Rodkey, F. Direct spectrophotometric determination of albumin in human serum. *Clin Chem*; 11:478-487. 1965. [Online]. [Citado el 15 de marzo de 2009]. Disponible: <http://www.clinchem.org/content/55/3/583.full>

Rucks, L. Propiedades Físicas del Suelo. Universidad de la Republica, Facultad de Agronomía, Montevideo Uruguay, 168 p, 2004.

Salamanca R. Pastos y Forrajes Producción y Manejo, Bogotá, Colombia: Universidad Santo Tomas de Aquino; 1990, ISBN: 978-958-631-196-0

Silva, J. Manual Técnico De Pastos Y Forrajes. San Juan de Pasto: Instituto Colombiano Agropecuario; 2001. 75 p.

SPINREACT. Determinación Cuantitativa de Proteínas Totales. España: Spinreact S.A; 2006.

Stanley, A; Moraski, R; Russell, R; Rogers, W; Mantle, J; R; H Y C. Effects of glucose-insulin-potassium on myocardial substrate availability and utilization in stable coronary artery disease. *Studies on myocardial carbohydrate, lipid and oxygen arterial-coronary sinus differences in patients with coronary artery disease*. 498(Pt1):17-29.1997.[Online].Disponible: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>.

Suquilanda, M. Fertilización Orgánica. Manual Técnico. FUNDAGRO (Fundación para el Desarrollo Agropecuario). Quito, EC: Ed. UPS FUNDAGRO/Col General/631.422 S959f, 9978-04-128-1, 78 p; 1995.

Swirsen, K; Hvelplund, T Y Nielsen, M. Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction. 2006. [Online]. [Citado 15/12/2011].

Disponible: <http://www.amazon.com/Ruminant-Physiology-Digestion-Metabolism-Reproduction/dp/0851994636>

Tapia, E y Rivera, C. Determinación de factores edafoclimáticos que intervienen en la producción y calidad nutritiva del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) en condiciones de no intervención en el Municipio de Guachucal, Departamento de Nariño, Universidad de Nariño, Tesis de Grado. 2009.

Thompson, L y Troeh, F. Los suelos y su fertilidad. 4ta Edición. Barcelona España: Editorial Reverte; p 80, 2002.

Tietz, N. Clinical guide to Laboratory Tests, p.384, W.B. Saunders Co., Philadelphia. En: Determinación cuantitativa de sodio. 1983. [Online].[Citado 4/01/2012]. <http://www.spinreact.com.mx/public/instructivo>.

Troncy, P (1981). Tratado de parasitología veterinaria tropical. Helminthos gastrointestinales del ganado y las aves de corral en el Instituto de África tropical de Ganadería y Medicina Veterinaria en los países tropicales, Maisons Alfort, Francia, p.113-126

INSTITUTE OF INTERNATIONAL CENTER FOR TROPICAL AGRICULTURE (CIAT), Tropical Soil Biology and Fertility Programme (TSBF), 2007.

Urquhart, G., Armour, J., Duncan, A., Jennings, F. Parasitología Veterinaria. 2° Ed. Acibia S.A. Zaragoza, España. pp. 117-127. 2001.

Vargas, A; Osorio, CA; Loaiza, J; Villa, N y Ceballos, A. Efecto del uso de una somatotropina bovina recombinante (STbr) en vacas lecheras a pastoreo bajo condiciones tropicales. Arch. Med. Vet., Vol. XXXVIII N° 1, 2006, p. 33-38.

Van Soest, P. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. New York, Cornell University Press. p. 476.

Wadsworth, J. Análisis de sistemas de producción animal Tomo 1: Las bases conceptuales, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma, © FAO, 1997, M-21 ISBN 92-5-304088-2

Wattiaux, M. Procedimiento de ordeño. Esenciales Lecheras. Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera. Universidad de Wisconsin-Madison. USA. 1985. [Online]. Disponible: <http://babcock.wisc.edu/node/223>

Weiss, W Y Wyatt, D. Macromineral digestion by lactating dairy cows: estimating phosphorus excretion via manure. Journal of Dairy Science (87): 2158-2166. 2004.

Wenger, C. et al. Alkaline phosphatase. Kaplan A et al. Clin Chem The C.V. Mosby Co. St Louis. Toronto. 1984. Princeton; 1094-1098. En: Quantitative determination of alkaline phosphatase (ALP) IVD. [Online]. [Citado 23/06/2011]. Disponible: http://www.spinreact.com/files/Inserts/Bioquimica/BEIS01_ALP-amp_buffer_2011.pdf.

Whitehead, D. Nutrient Elements In Grassland. Soil-Plant-Animal. CABI, Publishing. USA; 2000.

Wiersma, F. Temperature Humidity Index (THI) for dairy cows. Department of Agricultural Engineering, University of Arizona, Tucson. 1990. [Online]. [Citado 15/01/2007]. Disponible: http://www.agweb.com/assets/1/6/Revisiting_The_Temperature_Humidity_Index2.pdf.

Yoshioka, A, et al. Caracterización de la Cadena Láctea en el Departamento de Nariño, Pontificia Universidad Javeriana, Centro de Investigación en Economía y Competitividad Internacional /CIECI, Grupo:"Formas Sociales de Organización de la Producción", Cali – Colombia, 2003

Young, B. Cold stress as it affects animal production. *J Anim Sci* 52, 154-163, 1981.

Zapata, R. Química De La Acidez Del Suelo. Medellín – Colombia: Editorial Cargraphis; 2004. ISBN: 95867125

Zapata, R. Química de los procesos pedogeneticos. Medellín - Colombia 2006. ed: Universidad Nacional de Colombia; 2006. ISBN: 958-33-9866-7

ANEXOS

Anexo A. Medidas Repetidas Colesterol Sanguíneo

Sistema SAS 18:57 Tuesday, June 22, 2013 1
 Procedimiento Mixed
 Model Information

Conj. Datos	WORK.COLESTEROL
Variable dependiente	Y
Estructura de covarianza	Variance Components
Efecto de asunto	UE(TTOS)
Método de estimación	REML
Método de varianza del residual	Parámetro
Método SE de efectos fijos	Basado en el modelo
Método de grados de libertad	Contención

Información de nivel de clase

Class	Levels	Values
TTOS	2	T1 T2
UE	6	2704 2906 2824 2800 2922 2826
TIEMPO	3	1 2 3

Dimensions

Parámetros de covarianza	2
Columnas en X	12
Columnas en Z	6
Asuntos	1
Obs máx por asunto	18
Observaciones utilizadas	18
Observaciones no utilizad	0
Observaciones totales	18

Estimadores de parámetro de covarianza

Cov Parm	Subject	Estimador
UE(TTOS)		0
TIEMPO	UE(TTOS)	71.6920

Fit Statistics

Verosimilitud -2 Res Log	91.9
AIC (mejor más pequeño)	93.9
AICC (mejor más pequeño)	94.3
BIC (mejor más pequeño)	93.7

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
TTOS	1	4	7.23	0.0547
TIEMPO	2	8	5.89	0.0267
TTOS*TIEMPO	2	8	2.46	0.1472

Least Squares Means

Effect	TTOS	TIEMPO	Estimador	Error estándar	DF	Valor t	Pr > t
TTOS	T1		157.40	2.8224	4	55.77	<.0001
TTOS	T2		168.13	2.8224	4	59.57	<.0001
TIEMPO		1	153.96	3.4567	8	44.54	<.0001
TIEMPO		2	163.67	3.4567	8	47.35	<.0001
TIEMPO		3	170.67	3.4567	8	49.37	<.0001

Differences of Least Squares Means

Effect	TTOS	TIEMPO	_TTOS	_TIEMPO	Estimador	Error estándar	DF	Valor t	Pr > t	Adjustment
TTOS	T1		T2		-10.7311	3.9914	4	-2.69	0.0547	Tukey
TIEMPO		1		2	-9.7067	4.8885	8	-1.99	0.0823	Tukey
TIEMPO		1		3	-16.7067	4.8885	8	-3.42	0.0091	Tukey
TIEMPO		2		3	-7.0000	4.8885	8	-1.43	0.1901	Tukey

Differences of Least Squares Means

Effect	TTOS	TIEMPO	_TTOS	_TIEMPO	Adj P
TTOS	T1		T2		0.0547
TIEMPO		1		2	0.1778
TIEMPO		1		3	0.0221
TIEMPO		2		3	0.3708

Anexo B. Medidas Repetidas BUN

Sistema SAS 19:03 Tuesday, June 22, 2013 2
 Procedimiento Mixed
 Model Information

Conj. datos	WORK.BUN
Variable dependiente	Y
Estructuras de covarianza	Variance Components, Unstructured
Efecto de asunto	UE(TTOS)
Método de estimación	REML
Método de varianza del residual	Nada
Método SE de efectos fijos	Basado en el modelo
Método de grados de libertad	Contención

Información de nivel de clase

Class	Levels	Values
TTOS	2	T1 T2
UE	6	2704 2906 2824 2800 2922 2826
TIEMPO	3	1 2 3

Dimensions

Parámetros de covarianza	7
Columnas en X	12
Columnas en Z	6
Asuntos	1
Obs máx por asunto	18
Observaciones utilizadas	18
Observaciones no utilizad	0
Observaciones totales	18

Estimadores de parámetro de covarianza

Cov Parm	Subject	Estimador
UE(TTOS)		0.2650
UN(1,1)	UE(TTOS)	7.4599
UN(2,1)	UE(TTOS)	-1.5479
UN(2,2)	UE(TTOS)	0.7577
UN(3,1)	UE(TTOS)	1.7621
UN(3,2)	UE(TTOS)	0.4027
UN(3,3)	UE(TTOS)	2.1415

Fit Statistics

Verosimilitud -2 Res Log	46.1
AIC (mejor más pequeño)	60.1
AICC (mejor más pequeño)	88.1
BIC (mejor más pequeño)	58.7

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
TTOS	1	4	2.69	0.1765
TIEMPO	2	8	7.80	0.0132
TTOS*TIEMPO	2	8	2.99	0.1070

Least Squares Means

Effect	TTOS	TIEMPO	Estimador	Error estándar	DF	Valor t	Pr > t
TTOS	T1		21.9833	0.7195	4	30.55	<.0001
TTOS	T2		23.6511	0.7195	4	32.87	<.0001
TIEMPO		1	21.2550	1.1347	8	18.73	<.0001
TIEMPO		2	24.7517	0.4128	8	59.95	<.0001
TIEMPO		3	22.4450	0.6333	8	35.44	<.0001

Differences of Least Squares Means

Effect	TTOS	TIEMPO	_TTOS	_TIEMPO	Estimador	Error estándar	DF	Valor t	Pr > t	Adjustment
TTOS	T1		T2		-1.6678	1.0175	4	-1.64	0.1765	Tukey
TIEMPO		1		2	-3.4967	1.3732	8	-2.55	0.0344	Tukey-Kramer
TIEMPO		1		3	-1.1900	1.0064	8	-1.18	0.2710	Tukey-K

Anexo C. Medidas Repetidas Fosfatasa Alcalina (FAL) Sanguínea

Sistema SAS 19:11 Tuesday, June 22, 2013 3
 Procedimiento Mixed
 Model Information

Conj. datos	WORK.FAL
Variable dependiente	Y
Estructuras de covarianza	Variance Components, Autoregressive
Efecto de asunto	UE(TTOS)
Método de estimación	REML
Método de varianza del residual	Perfil
Método SE de efectos fijos	Basado en el modelo
Método de grados de libertad	Contención

Información de nivel de clase

Class	Levels	Values
TTOS	2	T1 T2
UE	6	2704 2906 2824 2800 2922 2826
TIEMPO	3	1 2 3

Dimensions

Parámetros de covarianza	3
Columnas en X	12
Columnas en Z	6
Asuntos	1
Obs máx por asunto	18
Observaciones utilizadas	18
Observaciones no utilizad	0
Observaciones totales	18

Estimadores de parámetro de covarianza

Cov Parm	Subject	Estimador
UE(TTOS)		4.1E-29
AR(1)	UE(TTOS)	0.8828
Residual		4928.96

Fit Statistics

Verosimilitud -2 Res Log	130.6
AIC (mejor más pequeño)	134.6
AICC (mejor más pequeño)	135.9
BIC (mejor más pequeño)	134.2

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
TTOS	1	4	0.57	0.4929
TIEMPO	2	8	5.63	0.0297
TTOS*TIEMPO	2	8	0.62	0.5640

Least Squares Means

Effect	TTOS	TIEMPO	Estimador	Error estándar	DF	Valor t	Pr > t
TTOS	T1		120.89	38.4297	4	3.15	0.0347
TTOS	T2		161.86	38.4297	4	4.21	0.0136
TIEMPO		1	173.92	28.6617	8	6.07	0.0003
TIEMPO		2	128.20	28.6617	8	4.47	0.0021
TIEMPO		3	122.00	28.6617	8	4.26	0.0028

Differences of Least Squares Means

Effect	TTOS	TIEMPO	_TTOS	_TIEMPO	Estimador	Error estándar	DF	Valor t	Pr > t	Adjustment
TTOS	T1		T2		-40.9644	54.3478	4	-0.75	0.4929	Tukey
TIEMPO		1		2	45.7167	13.8765	8	3.29	0.0109	Tukey-Kramer
TIEMPO		1		3	51.9200	19.0407	8	2.73	0.0260	Tukey-Kramer
TIEMPO		2		3	6.2033	13.8765	8	0.45	0.6667	Tukey-Kramer

Differences of Least Squares Means

Effect	TTOS	TIEMPO	_TTOS	_TIEMPO	Adj P
TTOS	T1		T2		0.4929
TIEMPO		1		2	0.0264
TIEMPO		1		3	0.0606
TIEMPO		2		3	0.8971

Anexo D. Medidas Repetidas Sodio Sanguíneo

Sistema SAS 14:33 Tuesday, June 22, 2013 4
 Procedimiento Mixed
 Model Information

Conj. datos	WORK.SODIO
Variable dependiente	Y
Estructuras de covarianza	Variance Components, Unstructured
Efecto de asunto	UE(TTOS)
Método de estimación	REML
Método de varianza del residual	Nada
Método SE de efectos fijos	Basado en el modelo
Método de grados de libertad	Contención

Información de nivel de clase

Class	Levels	Values
TTOS	2	T1 T2
UE	6	2704 2906 2824 2800 2922 2826
TIEMPO	3	1 2 3

Dimensions

Parámetros de covarianza	7
Columnas en X	12
Columnas en Z	6
Asuntos	1
Obs máx por asunto	18
Observaciones utilizadas	18
Observaciones no utilizad	0
Observaciones totales	18

Estimadores de parámetro de covarianza

Cov Parm	Subject	Estimador
UE(TTOS)		27.1478
UN(1,1)	UE(TTOS)	193.66
UN(2,1)	UE(TTOS)	7.9464
UN(2,2)	UE(TTOS)	1.1860
UN(3,1)	UE(TTOS)	53.6797
UN(3,2)	UE(TTOS)	1.6038
UN(3,3)	UE(TTOS)	18.3565

Fit Statistics

Verosimilitud -2 Res Log	81.0
AIC (mejor más pequeño)	95.0
AICC (mejor más pequeño)	123.0
BIC (mejor más pequeño)	93.6

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
TTOS	1	4	4.98	0.0895
TIEMPO	2	8	11.19	0.0048
TTOS*TIEMPO	2	8	3.22	0.0943

Least Squares Means

Effect	TTOS	TIEMPO	Estimador	Error	DF	Valor t	Pr > t
--------	------	--------	-----------	-------	----	---------	---------

				estándar			
TTOS	T1		152.94	4.6507	4	32.88	<.0001
TTOS	T2		138.26	4.6507	4	29.73	<.0001
TIEMPO		1	137.80	6.0664	8	22.72	<.0001
TIEMPO		2	149.00	2.1731	8	68.57	<.0001
TIEMPO		3	150.00	2.7539	8	54.47	<.0001

Differences of Least Squares Means

Effect	TTOS	TIEMPO	_TTOS	_TIEMPO	Estimador	Error estándar	DF	Valor t	Pr > t	Adjustment
TTOS	T1		T2		14.6733	6.5771	4	2.23	0.0895	Tukey
TIEMPO		1		2	-11.2000	5.4613	8	-2.05	0.0744	Tukey-Kramer
TIEMPO		1		3	-12.2000	4.1765	8	-2.92	0.0193	Tukey-Kramer
TIEMPO		2		3	-1.0000	1.6500	8	-0.61	0.5613	Tukey-Kramer

Differences of Least Squares Means

Effect	TTOS	TIEMPO	_TTOS	_TIEMPO	Adj P
TTOS	T1		T2		0.0895
TIEMPO		1		2	0.1622
TIEMPO		1		3	0.0455
TIEMPO		2		3	0.8209

Anexo E. Medidas Repetidas Calcio Sanguíneo

Sistema SAS 19:54 Tuesday, June 22, 2013 5
 Procedimiento Mixed
 Model Information

Conj. datos	WORK.CALCIO
Variable dependiente	Y
Estructura de covarianza	Variance Components
Efecto de asunto	UE(TTOS)
Método de estimación	REML
Método de varianza del residual	Parámetro
Método SE de efectos fijos	Basado en el modelo
Método de grados de libertad	Contención

Información de nivel de clase

Class	Levels	Values
TTOS	2	T1 T2
UE	6	2704 2906 2824 2800 2922 2826
TIEMPO	3	1 2 3

Dimensions

Parámetros de covarianza	2
Columnas en X	12
Columnas en Z	6
Asuntos	1
Obs máx por asunto	18
Observaciones utilizadas	18
Observaciones no utilizad	0
Observaciones totales	18

Estimadores de parámetro de covarianza

Cov Parm	Subject	Estimador
UE(TTOS)		0
TIEMPO	UE(TTOS)	0.9439

Fit Statistics

Verosimilitud-2 Res Log	40.0
AIC (mejor más pequeño)	42.0
AICC (mejor más pequeño)	42.4
BIC (mejor más pequeño)	41.7

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
TTOS	1	4	1.09	0.3557
TIEMPO	2	8	4.65	0.0457
TTOS*TIEMPO	2	8	0.22	0.8049

Least Squares Means

Effect	TTOS	TIEMPO	Estimador	Error estándar	DF	Valor t	Pr > t
TTOS	T1		9.9111	0.3238	4	30.60	<.0001
TTOS	T2		9.4333	0.3238	4	29.13	<.0001
TIEMPO		1	8.7167	0.3966	8	21.98	<.0001
TIEMPO		2	10.3667	0.3966	8	26.14	<.0001
TIEMPO		3	9.9333	0.3966	8	25.04	<.0001

Differences of Least Squares Means

Effect	TTOS	TIEMPO	_TTOS	_TIEMPO	Estimador	Error estándar	DF	Valor t	Pr > t	Adjustment
TTOS	T1		T2		0.4778	0.4580	4	1.04	0.3557	Tukey
TIEMPO		1		2	-1.6500	0.5609	8	-2.94	0.0187	Tukey
TIEMPO		1		3	-1.2167	0.5609	8	-2.17	0.0619	Tukey
TIEMPO		2		3	0.4333	0.5609	8	0.77	0.4620	Tukey

Differences of Least Squares Means

Effect	TTOS	TIEMPO	_TTOS	_TIEMPO	Adj P
TTOS	T1		T2		0.3557
TIEMPO		1		2	0.0442
TIEMPO		1		3	0.1370
TIEMPO		2		3	0.7292

Anexo F. Medidas Repetidas Fósforo Sanguíneo

Sistema SAS 19:23 Tuesday, June 22, 2013 6
 Procedimiento Mixed
 Model Information

Conj. datos	WORK.FOSFORO
Variable dependiente	Y
Estructura de covarianza	Variance Components
Efecto de asunto	UE(TTOS)
Método de estimación	REML
Método de varianza del residual	Parámetro
Método SE de efectos fijos	Basado en el modelo
Método de grados de libertad	Contención

Información de nivel de clase

Class	Levels	Values
TTOS	2	T1 T2
UE	6	2704 2906 2824 2800 2922 2826
TIEMPO	3	1 2 3

Dimensions

Parámetros de covarianza	2
Columnas en X	12
Columnas en Z	6
Asuntos	1
Obs máx por asunto	18
Observaciones utilizadas	18
Observaciones no utilizad	0
Observaciones totales	18

Estimadores de parámetro de covarianza

Cov Parm	Subject	Estimador
UE(TTOS)		0
TIEMPO	UE(TTOS)	0.7228

Fit Statistics

Verosimilitud-2 Res Log	36.8
AIC (mejor más pequeño)	38.8
AICC (mejor más pequeño)	39.2
BIC (mejor más pequeño)	38.5

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F-Valor	Pr > F
TTOS	1	4	0.09	0.7756
TIEMPO	2	8	6.45	0.0215
TTOS*TIEMPO	2	8	0.17	0.8492

Least Squares Means

Effect	TTOS	TIEMPO	Estimador	Error estándar	DF	Valor t	Pr > t
TTOS	T1		5.3889	0.2834	4	19.02	<.0001
TTOS	T2		5.5111	0.2834	4	19.45	<.0001
TIEMPO		1	4.9000	0.3471	8	14.12	<.0001
TIEMPO		2	6.4667	0.3471	8	18.63	<.0001
TIEMPO		3	4.9833	0.3471	8	14.36	<.0001

Differences of Least Squares Means

Effect	TTOS	TIEMPO	_TTOS	_TIEMPO	Estimador	Error estándar	DF	Valor t	Pr > t	Adjustment
TTOS	T1		T2		-0.1222	0.4008	4	-0.30	0.7756	Tukey
TIEMPO		1		2	-1.5667	0.4908	8	-3.19	0.0128	Tukey
TIEMPO		1		3	-0.08333	0.4908	8	-0.17	0.8694	Tukey
TIEMPO		2		3	1.4833	0.4908	8	3.02	0.0165	Tukey

Differences of Least Squares Means

Effect	TTOS	TIEMPO	_TTOS	_TIEMPO	Adj P
TTOS	T1		T2		0.7756
TIEMPO		1		2	0.0307
TIEMPO		1		3	0.9843
TIEMPO		2		3	0.0393

Anexo G. Análisis Clúster

Cluster Analysis for Tesis Data 1 08:43 Wednesday, September 15, 2013

Procedimiento CLUSTER
Análisis del conglomerado de la varianza mínima de Ward

Variable	Media	Dev std	Asimetría	Kurtosis	Bimodalidad
Ca	9.6717	0.5314	0.2509	-2.0851	0.2552
P	5.4500	0.3182	-0.6478	-0.6965	0.2556
Mg	2.2100	0.2393	0.9098	0.5494	0.2688
Na	145.6	10.7947	-0.8298	-1.8720	0.3857
K	5.4433	0.2545	0.3820	-0.1495	0.1878
GGT	10.0867	2.0786	0.5197	-1.9733	0.2970
ALT	36.4850	5.9365	0.00539	-1.3261	0.2031
FAL	141.4	59.0481	1.9584	4.2687	0.4597
CRE	1.6950	0.1050	0.6876	1.1713	0.1985
GLU	44.2867	2.6825	-0.3901	-1.1892	0.2277
COL	162.8	7.2506	-0.7266	0.5185	0.2258
ALB	3.1000	0.1200	1.8448	3.6517	0.4447
BUN	22.8167	1.4395	1.0855	1.6259	0.2766
PRO	17.6317	4.0736	0.8487	-1.8928	0.3948
ACI	0.1667	0.00516	-0.9682	-1.8750	0.4429
GRA	1.7133	0.2744	-0.5315	0.6876	0.1849
PROT	3.1833	0.3053	1.7419	3.1332	0.4299
ST	10.8967	0.4034	0.5711	-0.9090	0.2483
DEN	1.0317	0.00408	2.4495	6.0000	0.5714
PESO	518.8	30.2663	-0.2965	1.5653	0.1392

Desviación estándar de la muestra total cuadrática media = 15.22845
Historia de conglomerado

NCL	-Conglomerados unidos-		Frecuencia	RMS STD	SPRSQ	RSQ	BSS	Tie
5	A	B	2	3.6673	0.0116	.988	268.98	
4	C	D	2	3.7591	0.0122	.976	282.61	
3	CL4	E	3	6.2213	0.0546	.922	1265.6	
2	CL5	CL3	5	7.2245	0.1017	.820	2358.3	
1	CL2	F	6	15.2285	0.8199	.000	19015	

Cluster Analysis for Tesis Data 2
3-cluster solution
08:43 Wednesday, September 15, 2013

----- CLUSTER=1 -----

Obs	Vaca	Ca	P	Mg	Na	K	GGT	ALT	FAL	CRE	GLU
1	A	10.0	5.57	2.08	154.12	5.43	10.53	29.57	97.93	1.67	44.33
2	B	9.1	5.83	2.07	151.00	5.83	8.33	44.67	96.29	1.63	46.80

Obs	COL	ALB	BUN	PRO	ACI	GRA	PROT	ST	DEN	PESO
1	161.40	3.12	22.70	22.80	0.16	2.07	2.95	10.62	1.03	507
2	169.16	3.07	22.21	22.83	0.16	1.77	2.96	10.65	1.03	522

----- CLUSTER=2 -----

Obs	Vaca	Ca	P	Mg	Na	K	GGT	ALT	FAL	CRE	GLU
3	C	10.40	4.97	2.22	149.69	5.11	13.00	30	137.53	1.56	42.00
4	D	9.20	5.53	2.34	132.16	5.27	12.00	40	132.89	1.87	40.43
5	E	9.33	5.63	1.94	155.00	5.62	8.33	39	127.22	1.73	47.33

Obs	COL	ALB	BUN	PRO	ACI	GRA	PROT	ST	DEN	PESO
3	160.00	3.01	21.14	14.33	0.17	1.60	3.76	11.51	1.04	520.33

4	164.28	3.01	25.33	14.33	0.17	1.27	3.13	10.44	1.03	530.00
5	150.80	3.06	22.11	16.17	0.17	1.67	3.04	11.19	1.03	563.00

----- CLUSTER=3 -----

Obs	Vaca	Ca	P	Mg	Na	K	GGT	ALT	FAL	CRE	GLU
6	F	10	5.17	2.61	131.63	5.4	8.33	35.67	256.38	1.71	44.83

Obs	COL	ALB	BUN	PRO	ACI	GRA	PROT	ST	DEN	PESO
6	170.95	3.33	23.41	15.33	0.17	1.9	3.26	10.97	1.03	470.33