ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA

EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE UNA MEZCLA FORRAJERA A LA FERTILIZACIÓN CON BIOL, GALLINAZA Y QUÍMICOS EN LA ZONA DE NONO

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA AGROINDUSTRIAL

HELENA ALEJANDRA ESPAÑA LOAIZA
helentues@gmail.com

DIRECTOR: ING. PABLO MONCAYO
pmoncayo@udla.edu.ec

CODIRECTORA: ING. NEYDA ESPÍN
Neyda.espin@epn.edu.ec

Quito, junio del 2011

© Escuela Politécnica Nacional 2011
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, Helena Alejandra España Loaiza, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

_____

Helena Alejandra España Loaiza

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Helena Alejandra España Loaiza, bajo mi supervisión.

_____

Ing. Pablo Moncayo
DIRECTOR DE PROYECTO

_____

Ing. Neyda Espín
CODIRECTORA DE PROYECTO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN ..... **XIII**
INTRODUCCIÓN ..... **XV**
ABREVIATURAS ..... **XIX**

1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA **1**

1.1 FUENTES DE FERTILIZACIÓN **1**

1.1.1 Fertilidad 1
1.1.2 Fertilización 1
1.1.3 Fertilizantes 3
1.1.4 Materia orgánica 6
1.1.5 Comparación entre la fertilización química y la fertilización orgánica 6

1.2 MEZCLAS FORRAJERAS **8**

1.2.1 Aspectos generales de la mezcla forrajera 9
1.2.2 Condiciones de clima y suelo 13
1.2.3 Requerimientos nutricionales 14
1.2.4 Características de las especies forrajeras 15
1.2.5 Valor nutritivo 17

1.3 ALIMENTACIÓN DEL GANADO **18**

1.3.1 Sistemas de alimentación en ganado lechero 19
1.3.2 Valoración química de los alimentos 20
1.3.3 Requerimientos nutricionales de los animales en sus diferentes etapas productivas 22
1.3.4 Factores que intervienen en el consumo de materia seca 24

2 MATERIALES Y MÉTODOS **26**

2.1 DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DEL PREDIO **26**

2.1.1 Superficie predial involucrada 26
2.1.2 Diagnóstico 27

2.2 ANÁLISIS DEL SUELO 27

2.3 DISEÑO EXPERIMENTAL 28

2.4 DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES EN ESTUDIO 30

2.4.1 Rendimiento de materia verde 30

2.4.2 Rendimiento de materia seca 30

2.4.3 Determinación de la composición botánica 31

2.4.4 Altura de plantas 32

2.4.5 Gradiente de coloración 32

2.4.6 Tasa de crecimiento diario 33

2.4.7 Valor nutritivo 33

2.5 ELABORACIÓN DEL BIOL 34

2.6 APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS DE FERTILIZACIÓN 34

2.7 BENEFICIO COSTO DE LOS TRATAMIENTOS 36

2.7.1 Beneficio neto 36

2.7.2 Análisis beneficio/costo 38

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN 39

3.1 DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DEL PREDIO 39

3.2 ANÁLISIS DEL SUELO 42

3.2.1 Análisis químico 42

3.2.2 Análisis físico 43

3.3 ANÁLISIS DE LAS VARIABLES EN ESTUDIO 44

3.3.1 Análisis del rendimiento de materia verde 44

3.3.2 Análisis del porcentaje de materia seca 48

3.3.3 Análisis del rendimiento de materia seca 50

3.3.4 Análisis de la composición botánica 53

3.3.5 Altura de la mezcla forrajera 58
3.3.6 Tasa de crecimiento 61
3.3.7 Análisis del gradiente de coloración 63
3.3.8 Análisis del valor nutricional 67

3.4 BENEFICIO COSTO DE LOS TRATAMIENTOS 70

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 74

4.1 CONCLUSIONES 74
4.2 RECOMENDACIONES 75

BIBLIOGRAFÍA 76

ANEXOS 85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de los nutrientes esenciales 2

Tabla 2: Tiempo de retención del biol dentro de biodigestor..... 5

Tabla 3: Comparación entre la fertilización química y la fertilización orgánica 7

Tabla 4: Principales mezclas forrajeras de pastoreo para clima frío 11

Tabla 5: Recomendaciones de fertilización para algunas gramíneas y leguminosas forrajeras 15

Tabla 6: Valor nutritivo de los principales pastos de la Sierra..... 18

Tabla 7: Factores que influyen en la producción de leche 19

Tabla 8: Requerimientos nutricionales para vacas de crías, vaquillas y toros 23

Tabla 9: Tasa de alimentación de concentrados en kg para varios niveles de producción de leche 25

Tabla 10: Métodos utilizados en el análisis del suelo 27

Tabla 11: Codificación y dosificación de los tratamientos de estudio 28

Tabla 12: Características espaciales de las unidades experimentales 29

Tabla 13: Métodos utilizados en el análisis bromatológico 33

Tabla 14: Formulación para producir Biol 34

Tabla 15: Análisis químico del suelo 42

Tabla 16: Análisis físico del suelo..... 43

Tabla 17: Rendimiento de materia verde de la mezcla forrajera medida en tres cortes secuenciales 44

Tabla 18: Análisis de varianza para la variable rendimiento de materia verde..... 45

Tabla 19: Análisis de elementos nutritivos del Biol..... 47

Tabla 20: Porcentaje de materia seca de la mezcla forrajera medida en tres cortes secuenciales..... 48

Tabla 21: Análisis de varianza para la variable porcentaje de materia seca 48

Tabla 22: Rendimiento de materia seca de la mezcla forrajera medida en tres cortes secuenciales..... 50

Tabla 23: Análisis de varianza para la variable rendimiento de materia seca..... 50

Tabla 24: Análisis de varianza para la variable composición botánica de llantén, leguminosa y gramínea de la mezcla forrajera..... 53

Tabla 25: Composición botánica de la mezcla forrajera 54

Tabla 26: Alturas de la mezcla forrajera medidas en los días 20 y 36 después de cada corte 58

Tabla 27: Análisis de varianza para la variable altura de la mezcla forrajera al día 20 y al día 36 a los tres cortes de la mezcla forrajera 58

Tabla 28: Tasa de crecimiento de la mezcla forrajera..... 61

Tabla 29: Análisis de varianza para la variable tasa de crecimiento de la mezcla forrajera..... 61

Tabla 30: Análisis de varianza para la variable gradiente de coloración al día 8, 20 y 36 entre cortes de la mezcla forrajera 63

Tabla 31: Gradiente de coloración medido con la Tabla de Comparación de Colores de cuatro paneles en los días 8, 20 y 36 de cada corte..... 64

Tabla 32: Análisis bromatológico de la mezcla forrajera con los diferentes tratamientos aplicados..... 68

Tabla 33: Análisis del beneficio neto y costos totales variables 71

Tabla 34: Análisis del beneficio costo de los tratamientos con fertilización química, orgánica y complementaria aplicados a la mezcla forrajera 73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cantidad de vacas ordeñadas, producción de leche y promedio de litros de leche por vaca en las diferentes regiones del Ecuador, en al año 2008..... 8

Figura 2: Porcentaje de superficie de praderas en el Ecuador en el año 2008 9

Figura 3: Composición nutricional de los alimentos y los componentes del análisis químico 20

Figura 4: Fibra y energía en la ración diaria del ganado 21

Figura 5: Diagrama de la disposición de las unidades experimentales. 29

Figura 6: Cuadrante utilizado para obtener el rendimiento de materia verde 30

Figura 7: Tabla de comparación de colores de cuatro paneles. 32

Figura 8: Fertiforraje producción 35

Figura 9: Yaramila Activa 35

Figura 10: Fertilización complementaria de gallinaza con Fertiforraje producción (izq) y con Yaramila Activa (der) 36

Figura 11: Ubicación espacial del predio 39

Figura 12: Rendimiento de materia verde de la mezcla forrajera 45

Figura 13: Promedios de producción de materia verde de la mezcla forrajera 46

Figura 14: Porcentaje de materia seca de la mezcla forrajera 49

Figura 15: Rendimiento de materia seca de la mezcla forrajera 51

Figura 16: Promedios de producción de materia seca de la mezcla forrajera 52

Figura 17: Porcentaje de leguminosas presentes en la mezcla forrajera durante los tres cortes. 55

Figura 18: Porcentaje de llantén presente en la mezcla forrajera durante los tres cortes. 56

Figura 19: Porcentaje de gramíneas presentes en la mezcla forrajera durante los tres cortes. 57

Figura 20: Alturas de la mezcla forrajera al día 20 después de cada corte 59

Figura 21: Alturas de la mezcla forrajera al día 36 después de cada corte. 60

Figura 22: Tasa de crecimiento de la mezcla forrajera en los tres cortes..... 62

Figura 23: Promedio del gradiente de coloración de la mezcla forrajera al día 8, día 20 y día 36..... 65

Figura 24: Mezcla forrajera al día 8, al día 20 y al día 36 66

Figura 25: Porcentaje de proteína cruda de la mezcla forrajera..... 67

Figura 26: Energía metabolizante de la mezcla forrajera..... 69

Figura 27: Minerales de la mezcla forrajera..... 70

Figura 28: Beneficio neto de los tratamientos aplicados a la mezcla forrajera..... 72

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I

Cuadro de precipitaciones –Zona de Nono..... 86

ANEXO II

Croquis de las parcelas en estudio..... 87

ANEXO III

Formulario de análisis situacional..... 88

ANEXO IV

Tabla de costos de los tratamientos aplicados..... 93

ANEXO V

Análisis de la varianza para la variable rendimiento de materia verde 95

ANEXO VI

Análisis de la varianza para la variable rendimiento de materia seca 96

ANEXO VII

Análisis de la varianza para la variable porcentaje de materia seca..... 97

ANEXO VIII

Análisis de la varianza para la variable composición botánica 98

ANEXO IX

Análisis de la varianza para la variable altura de la planta..... 101

ANEXO X

Análisis de la varianza para la variable tasa de crecimiento 103

ANEXO XI

Fotografías del ensayo..... 104

RESUMEN

El presente proyecto se realizó con el propósito de evaluar la respuesta de una mezcla forrajera a la fertilización con gallinaza, biol y químicos en la hacienda San Juan, ubicada en la zona de Nono, provincia de Pichincha. Se aplicaron nueve tratamientos sobre una mezcla forrajera ya establecida, conformada por rye-grass perenne, trébol blanco y llantén forrajero. Se empleó un diseño experimental de bloques al azar en parcelas divididas, con tres repeticiones.

Se aplicaron los tratamientos T1, testigo sin fertilización; tratamiento T2 y T3, que corresponden a los fertilizantes químicos Fertiforraje producción (21-12-15-3-4) y Yaramila Activa (20-16-5-3), con una dosis de 150 kg/ha cada uno T4, T5 y T6, que corresponden a la fertilización orgánica con dosis de 3, 5 y 7 t Ecoabonaza/ha respectivamente; los tratamientos T7 y T8, que corresponden a la fertilización complementaria de los fertilizantes químicos con una dosis de 100 kg/ha mezclados con 5 t de Ecoabonaza/ha; y el tratamiento T9, que corresponde a la fertilización con biol, en una dosificación de 200 l/ha.

Las variables que se evaluaron fueron: rendimiento de materia verde, porcentaje de materia seca, rendimiento de materia seca, altura de plantas, gradiente de coloración, composición botánica y valor nutricional de la mezcla forrajera. La altura de las plantas presentó incrementos en cada corte, los mismos que influenciaron el incremento del rendimiento de materia verde. El rendimiento de materia seca fue tomado como indicador del beneficio de la fertilización. La mejor respuesta a la fertilización se registró con el tratamiento T5 (Ecoabonaza 5 t/ha), 3.891,15 kgMS/ha/corte.

En todos los tratamientos, la calidad de la mezcla forrajera fue alta. Se obtuvieron rangos de proteína cruda del 23,3 al 30,8%, resultado que sobrepasa los requerimientos del ganado. De igual manera ocurrió con los de minerales, donde el Ca registró un rango del 0,66 al 0,82%; el P del 0,52 al 0,81% y el K de 0,32 a 0,58%, estos resultados sobrepasan los requerimientos en la alimentación.

El análisis económico se vio afectado por la alta cantidad de materia orgánica inicial del suelo, lo que dio como resultado un alto beneficio/costo de uno de los tratamientos químicos, el T3 (150 kg Yaramila Activa/ha), que presentó un beneficio neto de 8580,43 USD/ha/año y se obtuvo una relación beneficio/costo de 2,47; del testigo se obtuvieron buenos rendimientos de materia seca (2.589,28 kgMS/ha/corte), con un beneficio neto de 7.528,84 USD/año; mientras que, con el tratamiento de mayor rendimiento de materia seca T5 (Ecoabonaza 5 t/ha) el beneficio neto fue de 9.126,28USD/ha/año, pero la relación beneficio costo fue de 0,73. De los tratamientos orgánicos y complementarios, se obtuvo una relación beneficio/costo negativo, lo que indica pérdida económica.

INTRODUCCIÓN

El sector más importante en cuanto a la generación de empleo en el sector agrícola y en la economía del Ecuador, es la producción lechera, especialmente en la región Andina. Alrededor de 600.000 personas dependen directamente de la producción de leche, la mayoría son mujeres campesinas (SIPAE, 2006).

La leche es el único producto tradicional que ha dado un ingreso relativamente seguro y creciente en los últimos años, a los pequeños productores. Los productores de leche garantizan el autoabastecimiento del Ecuador y contribuyen fundamentalmente a la seguridad y soberanía alimentaria del país (SIPAE, 2006).

De acuerdo con el análisis de rendimientos productivos, realizados por el INEC (2009), los rendimientos de leche a nivel nacional han tenido un modesto incremento entre el año 2000 y 2008, ya que pasaron de 4,4 l/vaca/día a 5,4 l/vaca/día; lo que significa un litro en ocho años.

Una parte de la solución para frenar el deterioro, los problemas de baja producción y calidad del forraje son las prácticas de mejoramiento de pastizales, entre ellas el uso de materiales orgánicos como fertilizantes y mejoradores de suelo (Jurado, 2004).

La cantidad de leche producida por un animal es el resultado de una serie de acciones combinadas, donde la nutrición de los animales influye en el 50 a 60% de la producción (Viera, 2007).

De lo mencionado anteriormente, en el aspecto económico, dentro de la producción de leche, los rubros con mayor costo son la mano de obra y la nutrición, es por ello que los forrajes de alta calidad son utilizados como alimento básico de los animales. Es así que los forrajes pueden constituir las dos terceras partes de la ración, además contribuyen a que las vacas tengan crías con mayor frecuencia y produzcan el máximo posible de leche (Combs, 2001; Gaitán y Lacky, 1993).

Como fuente orgánica de fertilizantes se tiene la gallinaza. Su disponibilidad ha aumentado, como resultado del incremento en la producción de carne de ave. La utilización de este residuo orgánico en la actividad agrícola es beneficiosa, contribuye al reciclaje de nutrientes y disminuye su acumulación, en las zonas de producción (Hirzel, 2007).

De acuerdo con Aliaga (2005), otra fuente orgánica es el biol, bio-estimulante rico en nutrientes de fácil asimilación por la planta, que tiene además un gran contenido de materia orgánica y una alta concentración de microorganismos

El presente estudio tuvo la finalidad de evaluar la respuesta de una mezcla forrajera al aplicar fertilizantes biológicos y químicos, para la obtención de forrajes de altos rendimientos y calidad. Esto se determina al evaluar la respuesta de la mezcla forrajera al tratamiento con biol, gallinaza y químicos a través de la medición de las variables rendimiento de materia verde, rendimiento de materia seca, altura de planta, gradiente de coloración y valor nutricional de la mezcla forrajera.

Se estableció el beneficio costo de los tratamientos, para dar al productor una alternativa de disminuir los costos de alimentación, incrementar el rendimiento de los pastizales y mejorar las condiciones fisicoquímicas de los suelos.

ABREVIATURAS

BN	Beneficio neto
CC	Carga animal
CIC	Capacidad de intercambio de cationes
CNE	Carbohidratos no estructurales
CRC	Corporación Autónoma Regional del Cauca
CT	Cenizas
CV	Costos variables
DBCA	Diseño de bloques completamente al azar
EE	Extracto etéreo
EM	Energía metabolizante
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FDA	Fibra detergente neutra
FDN	Fibra detergente ácido
ha	Hectárea
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
INIAP	Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias
INTA	Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
K	Potasio
kg	Kilogramo
KWS	Klein Wanzleben Society
M.O	Materia orgánica
MS	Materia seca
MV	Materia verde
m.s.n.m	Metros de altura sobre el nivel del mar
N	Nitrógeno
P	Fósforo
PAO	Programa de Agricultura Orgánica
PC	Proteína cruda
PMS	Porcentaje de materia seca

PPI	Instituto de la potasa y el fósforo
RMS	Rendimiento de materia seca
RMV	Rendimiento de materia verde
SINP	Sistema Integrado de Nutrición de las Plantas
t	Tonelada
TC	Tasa de crecimiento
TCC	Tabla de comparación de colores
UA	Número de unidades animales
UBA	Unidad bovina adulta
UNC	Universidad Nacional de Colombia

1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 FUENTES DE FERTILIZACIÓN

Las trayectorias que toman los nutrientes para ser biodisponibles se denominan ciclos. Sin importar la forma en la cual estos elementos entran primero en sus respectivos ciclos, tienen que convertirse en formas iónicas para ser absorbidos por las plantas. Por esta razón, al final todos los fertilizantes orgánicos o químicos participarán en las reacciones químicas en el suelo independientemente de su origen (Dibb, 2000; Herrera, 2001).

1.1.1 FERTILIDAD

La fertilidad se define como la capacidad del suelo para suministrar a las plantas agua y nutrientes esenciales para su crecimiento y desarrollo; indica la disponibilidad de nutrientes para la planta. Es considerada como una forma indirecta de medir la productividad de un suelo (CRC, 2005; Sadeghian *et al*., 1999; GLOBE, 2005).

La importancia económica de la fertilidad quedó demostrada por los estudios realizados por Sadeghian *et al* (1999) quienes por medio de una valoración económica del suelo y su fertilidad, encontraron que el suelo representa el 20% sobre el valor total del predio y la fertilidad contribuye con un 12%.

1.1.2 FERTILIZACIÓN

Es el cuidado o labor que consiste en suministrar al suelo los elementos nutritivos o nutrientes que se precisan para obtener la máxima rentabilidad en la producción del sistema pastoril (Ortiz, 2007).

Los nutrientes se clasifican en macronutrientes que son elementos que se necesitan en grandes cantidades y micronutrientes, que se necesitan en

cantidades más pequeñas, ambos necesarios para el crecimiento de las plantas (Universidad Nacional de Colombia, 2009; GLOBE, 2005).

En la Tabla 1, se muestra la clasificación de los nutrientes esenciales y las formas iónicas, en las que las plantas pueden absorberlos del suelo, por medio de las raíces.

Tabla 1: Clasificación de los nutrientes esenciales

MACRONUTRIENTES		**MICRONUTRIENTES**	
Elemento	**Forma utilizable por la planta**	**Elemento**	**Forma utilizable por la planta**
Azufre	$SO_4^{=}$	Molibdeno	$Mo\ O_4^{=}$
Fósforo	H_2PO_4, $HPO_4^{=}$	Cobre	Cu^{+} Cu^{2+}
Magnesio	Mg^{2+}	Zinc	Zn^{2+}
Calcio	Ca^{2+}	Manganeso	Mn^{2+}
Potasio	K^{+}	Hierro	Fe^{3+} Fe^{2+}
Nitrógeno	NO_3^{-}, NH_4^{+}	Boro	BO_3, B_4O_7, H_2BO_3, H_3BO_3, HBO_3
		Cloro	Cl^{-}

Fuente: Epstein y Bloom, 2004

De acuerdo con Ortiz (2007), el suelo pierde nutrientes por extracción del cultivo, lixiviación y fijación irreversible en el suelo. Para devolver al suelo estos nutrientes existen dos tipos de fertilización; de mantenimiento y de enriquecimiento.

a) **Fertilización de mantenimiento.** Es la fertilización que tiene como fin el mantener el nivel de fertilidad del suelo. Para ello hay que restituir las pérdidas de elementos nutritivos.

b) **Fertilización de enriquecimiento.** Es la fertilización que se realiza en suelos pobres en uno o varios elementos para hacer una aportación inicial superior a las pérdidas, con el fin de elevar el nivel de fertilidad hasta los límites exigidos por el cultivo intensivo.

1.1.3 FERTILIZANTES

Se denomina fertilizante a cualquier material natural o industrializado, que contenga al menos cinco por ciento de uno o más de los tres nutrientes primarios: N, P_2O_5, K_2O (FAO e IFA, 2002).

1.1.3.1 Fertilizantes químicos

Se denomina fertilizante químico, mineral o sintético al fabricado industrialmente, como los fertilizantes nitrogenados, hechos a partir de combustibles fósiles y aire o los obtenidos de la minería (Sullivan, 2007).

Los fertilizantes químicos pueden ser un valioso recurso para los agricultores durante la transición a un sistema más sostenible. También pueden ayudar a mitigar la necesidad de nutrientes durante temporadas de alta demanda de nutrición de los cultivos, ó cuando las condiciones del clima resultan en bajas liberaciones de nutrientes de los recursos orgánicos (Sullivan, 2007).

a. Fertilizantes simples

Fertilizante simple se considera a aquel constituido por una sola sustancia, aunque esta posea uno o más elementos nutrientes en su molécula (FAO e IFA, 2002).

b. Fertilizantes multinutrientes

Se denominan fertilizantes multinutrientes a aquellos que contienen dos o tres nutrientes primarios (FAO e IFA, 2002).

De acuerdo con la FAO e IFA (2002), en general, hay tres tipos de fertilizantes multinutrientes:

a) **Fertilizantes complejos**. Son fabricados a través de procesos que incluyen una reacción química entre los componentes que contienen los nutrientes primarios (cada gránulo contiene la fórmula declarada de nutrientes).

b) **Fertilizantes compuestos**. Son fertilizantes simples granulados o intermedios, los gránulos contienen los nutrientes en diferentes proporciones.

c) **Fertilizantes mixtos o mezclados.** Son mezclas físicas de los fertilizantes simples.

1.1.3.2 Fertilizantes orgánicos

Los abonos orgánicos o bioabonos son aquellas sustancias o compuestos de origen biógeno, vegetal o animal que pertenecen al campo de la química orgánica, y que son, en general, incorporados directamente al suelo, sin tratamientos previos (Sztern y Pravia, 1999).

La cantidad de nutrientes que los fertilizantes orgánicos aportan al suelo, depende de la fuente de la cual provienen; para comprobar su calidad se deben medir sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Su transformación, en nutrientes disponibles para las plantas, depende de las condiciones ambientales, físicas y químicas del suelo (Acosta, 2009; Corrales, 2000).

a. Abonos verdes

Se conceptúa como abono verde a las plantas en rotación, sucesión y asociación con cultivos comerciales, que se incorporan al suelo o se dejan en la superficie, y ofrecen protección, ya sea como un mantenimiento y/o recuperación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (FAO, 1997).

b. Biol o bioabono

El biol es el líquido que se descarga de un biodigestor y se utiliza como abono foliar. Es una fuente orgánica de fitoreguladores que permite promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas (Brechelt, 2004).

En el proceso de fermentación se remueven solo los gases generados (CH_4, CO_2, H_2S) que representan del 5% al 10% del volumen total del material de carga. Se conservan, en el efluente, todos los nutrientes originales (N, P, K) contenidos en la materia prima, que son esenciales para las plantas. Lo anterior lo convierte en un valioso abono orgánico, prácticamente libre de olores, patógenos y de fácil aplicación (IICA, 2005).

Para que el biol sea de excelente calidad, tiene que cumplir con un tiempo de residencia en el biodigestor. En la Tabla 2, se presentan los tiempos de retención de acuerdo con la zona donde este se produzca (Martí, 2008).

Tabla 2: Tiempo de retención del biol dentro de biodigestor

Región característica	Temperatura ambiente (°C)	Altura sobre el nivel del mar (m)	Tiempo de retención (días)
Trópico	13 a 38	0 - 1800	25
Valle	5 a 30	1800 - 2900	37
Altiplano	-12 a 20	2900 - 4500	75

Fuente: Martí , 2008

c. Compost

El compostaje es una forma de tratamiento de los residuos orgánicos, que tiene como meta transformar estos residuos mediante la descomposición biológica aeróbica, en un producto útil, aplicable a la tierra como abono, que fertiliza a las tierras de cultivo. Este producto recibe el nombre de compost. Cabe señalar que el compost no es propiamente un abono, sino más bien un regenerador orgánico de los suelos, pero por analogía con los abonos químicos es reconocido usualmente como abono orgánico (Flores y Cabrera, 2006; Reta, 2000).

1.1.4 MATERIA ORGÁNICA

La materia orgánica (M.O.) se refiere a la totalidad de los compuestos de origen orgánico que se suman a la fracción mineral del suelo. La M.O. está compuesta de moléculas pequeñas, grasas y ceras, polisacáridos, sustancias húmicas, enzimas y la biomasa de microorganismos de origen vegetal y animal. Estos materiales provienen de la descomposición del material biológico (Herrera, 2001).

De acuerdo con Cuberos (1999), los desequilibrios de la materia orgánica hacen que los suelos se tornen más frágiles a ciertas transformaciones, tales como: disminución del poder tampón del suelo, aumento de la susceptibilidad de los suelos a la compactación, reducción de la variabilidad y competencia de la biota.

1.1.5 COMPARACIÓN ENTRE LA FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA

Cuberos (1999) sostiene que ambos sistemas de fertilización (química y orgánica) deberían ser siempre analizados y evaluados desde los puntos de vista técnico, agronómico, socioeconómico y ambiental, se evita dicotomizar la discusión en defensa de planteamientos basados en otros factores, además se evita los planteamientos que conlleven a su parcialización, a su vez se busca el entendimiento de estos sistemas en su complementariedad. En la Tabla 3 se presenta una comparación entre la fertilización química y la fertilización orgánica.

La combinación de abono orgánico y/o materia orgánica y fertilizantes minerales (Sistema Integrado de Nutrición de las Plantas, SINP) ofrece las condiciones ambientales ideales para el cultivo, cuando el abono orgánico y/o materia orgánica mejora las propiedades físico, químicas y biológicas del suelo, la planta incrementa la absorción de nutrientes suministrados por los fertilizantes minerales. Se ha encontrado la complementariedad entre los fertilizantes químicos y los orgánicos al demostrarse que el abono orgánico, a menudo, crea la base para el uso exitoso de los fertilizantes minerales lo que reduce su uso en un 50% (FAO e IFA, 2002; Cooperband, 2002).

Tabla 3: Comparación entre la fertilización química y la fertilización orgánica

FERTILIZANTE QUÍMICO	FERTILIZACIÓN ORGÁNICA
Dependencia de la finca por los insumos	
Son preparados a partir de materias primas importadas y su procesamiento es altamente dependiente de energía. Están en manos de unas pocas empresas a nivel mundial.	Para que sean baratos en el mercado y puedan competir ventajosamente ante los fertilizantes químicos deben estar en una situación de exceso de oferta.
Concentración de nutrientes y humedad	
Tienen una elevada concentración de nutrientes y baja humedad. Estos dos factores generan una reducción de los costos para el transporte, su aplicación y manejo de forma general.	Tienen una baja concentración de nutrientes y elevados niveles de humedad, lo que genera costos más elevados de transporte, aplicación y manejo Las cantidades a utilizar deben ser elevadas.
Aspectos de contenido, formulación y riesgos de contaminación	
Las formulaciones no atienden necesidades específicas de la finca, sino a situaciones promedio muy generales. Puede producirse un desequilibrio en la fertilidad del suelo. Los nutrientes acumulados en exceso pueden definirse como una contaminación. Los contenidos de nutrientes en los fertilizantes químicos son más fácilmente conocidos, fijables y controlables. Además, a nivel de la finca se pueden manejar más racionalmente ya sea industrialmente o en mezclas, y así tener en los suelos concentraciones adecuadas de nutrientes que respondan a necesidades específicas.	Presentan un contenido más variado de nutrientes, a pesar de sus bajas concentraciones. Ciertos abonos derivados de residuos urbanos, suelen presentar concentraciones peligrosas de metales pesados. Los contenidos de nutrientes son poco manejables y están en función de la concentración en los residuos utilizados. El procesamiento de los productos de desecho es vital para el control de una fuente importante de contaminación de las aguas superficiales.
Eficiencia como abono y mejorador del suelo	
En general son solubles, los nutrientes están rápidamente disponibles para las plantas, sin embargo con exceso de agua en el suelo gran cantidad de estos nutrientes puede ser desaprovechada ya sea por erosión o lixiviación. Si son utilizados de manera indiscriminada e inadecuada, pueden constituirse en contaminantes del suelo y del agua. No son considerados como mejoradores del suelo, sus efectos en este sentido pueden ser indirectos a través del aumento de la producción de biomasa.	Son menos solubles, ponen los nutrientes a disposición de las plantas de manera más gradual. Al aumentar la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo, pueden mantener más nutrientes absorbidos, por ende se reduce las perdidas por lixiviación. Pueden ser catalogados como mejoradores del suelo. Para que actúen como mejoradores, las cantidades que deben ser adicionadas al suelo anualmente, deben ser elevadas.
Facilidades de manejo y costos	
Pueden ser fácilmente adoptados para su aplicación mecánica. Los costos de transporte y mano de obra para el manejo y aplicación de los fertilizantes son relativamente bajos.	Tienen altos requerimientos de mano de obra para su fabricación, siembra, manejo y aplicación lo que genera costos adicionales. Los costos de mano de obra pueden compensarse con la reducción de las necesidades de fertilizar químicamente y la obtención de sobreprecios de la venta de los productos producidos orgánicamente.

Fuente: Cuberos, 1999

Una práctica que mejora la fertilidad y calidad del suelo es la adición de proporciones adecuadas de fertilizantes orgánicos y fertilizantes minerales. De esta manera, es posible aprovechar todas las ventajas que provienen del incremento de materia orgánica en el suelo y, a la vez, proporcionan la cantidad de nutrientes necesarios para una producción rentable (Herrera, 2001).

1.2 MEZCLAS FORRAJERAS

El 65,13% de la explotación pecuaria a nivel nacional corresponde al ganado vacuno, que representan 4.892.216 cabezas de ganado, de los cuales 991.500 vacas son ordeñadas con una producción anual de 5.325.653 litros de leche, en la Figura 1 se muestra la producción nacional de leche, por regiones (INEC, 2008).

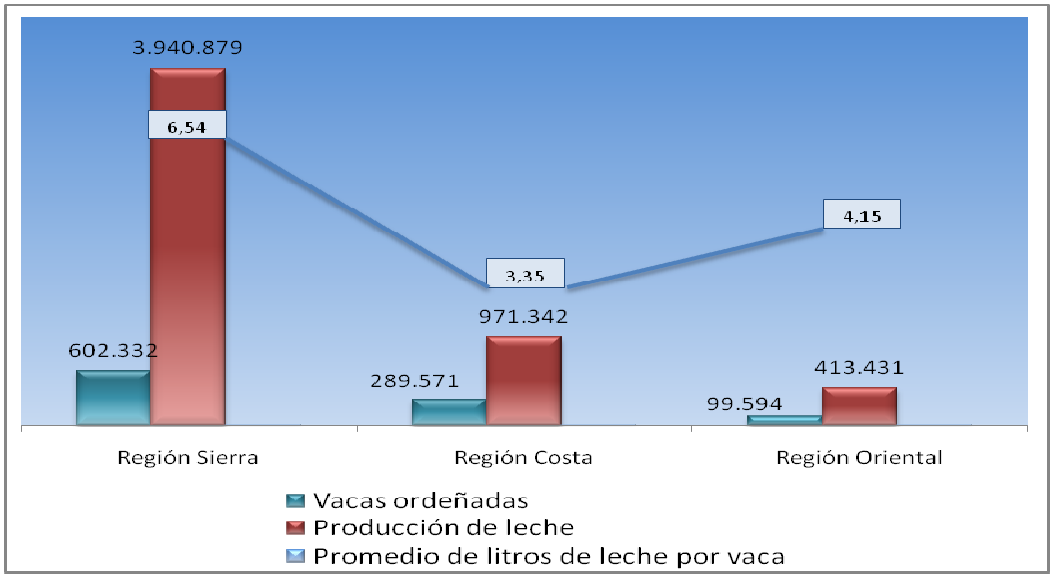


Figura 1: Cantidad de vacas ordeñadas, producción de leche y promedio de litros de leche por vaca en las diferentes regiones del Ecuador, en el año 2008 (INEC, 2008).

Como se puede apreciar en los datos presentados, la actividad ganadera es una de las más importantes en el país y el sostén de esta actividad son las praderas, que proporcionan el alimento básico del ganado.

En el Ecuador, según el INEC (2008), las praderas tienen una superficie total de 5.508.650 ha, de las cuales el 67% corresponden a praderas artificiales y el 33% a praderas naturales y páramos.

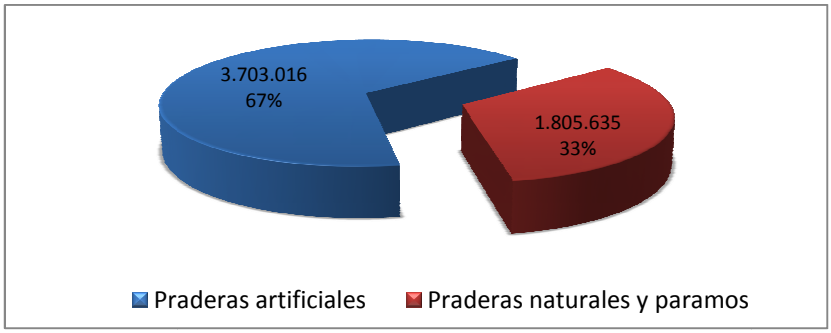


Figura 2: Porcentaje de superficie de praderas en el Ecuador en el año 2008 (INEC, 2008)

El principal recurso de la ganadería es la mezcla forrajera de gramíneas y leguminosas. Las razones por las que se debe emplear una mezcla en lugar de un cultivo puro son: mayor y más uniforme distribución estacional de la producción de forraje, menor variabilidad interanual y ventajas en la alimentación. (Scheneiter, 2005).

1.2.1 ASPECTOS GENERALES DE LA MEZCLA FORRAJERA

1.2.1.1 Definición de especie forrajera

Una especie forrajera es cualquier vegetal que crece en las praderas de forma natural o cultivada, que tiene un valor nutricional aceptable para el ganado y cuyo manejo (siega o pastoreo) comprende más de un aprovechamiento a lo largo de su existencia (Gómez, 2005).

1.2.1.2 Mezcla forrajera

Las mezclas forrajeras son aquellas praderas que están constituidas por más de una especie vegetal, puede ser una mezcla de 2 o más especies sembradas por el hombre para combinar especies vegetales que aporten diferentes aptitudes a la mezcla, o una pradera natural no sembrada por el hombre en la que coexisten gran número de especies vegetales de muy diversas características, incluso especies vegetales con poco valor nutritivo (Gómez, 2005).

Alarcón (2007) menciona que el establecimiento de leguminosas forrajeras, asociadas con pastos anuales, permite un incremento en la acumulación de forraje, no solo debido a la fijación de nitrógeno sino a una acumulación de forraje en los diferentes estratos. Entre las ventajas de las mezclas de gramíneas y leguminosas se tiene:

- Mejor aprovechamiento del suelo por el diferente tamaño de las raíces. Las gramíneas tienen raíces superficiales y las leguminosas más profundas.
- Mayor cobertura del suelo por el diferente hábito de crecimiento de las plantas. Algunas son erguidas, otras rastreras.
- Menor invasión de malezas por estar el suelo cubierto con especies cultivadas.
- Mayor rendimiento de forraje en cuanto a cantidad y calidad.
- Aumento de la capacidad de carga de la pastura.
- Mejor balance en la ración proporcionada a los animales en cuanto a proteína (leguminosas) y energía (gramíneas).
- Mayor palatabilidad y digestibilidad de la pastura.
- Menores pérdidas por heladas y sequías, debido a que se forma un microclima protector de la evaporación de la humedad del suelo y del descenso de temperatura.
- Fijación del nitrógeno del aire por las bacterias *Rhyzobium* que viven en simbiosis con las raíces de las leguminosas.

Los neozelandeses aconsejan incluir, en las mezclas forrajeras, también otro tipo de plantas nutritivas y/o estimulantes de la producción lechera. Tal es el caso del llantén para el ganado vacuno, por el elevado contenido de proteína, además de minerales y antibióticos que mantienen saludables los animales (León, 2003).

1.2.1.3 Formulación de mezclas forrajeras para la Sierra ecuatoriana

En términos generales, en la Sierra ecuatoriana se acostumbra establecer mezclas complejas (varias gramíneas y varias leguminosas) como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4: Principales mezclas forrajeras de pastoreo para clima frío

ZONA	ESPECIE	CANTIDAD (kg/ha)	PORCENTAJE (%)
ZONA DE PÁRAMO Desde 3200 a 3500 m.s.n.m.*	Pasto azul	15	33
	Rye grass perenne	10	22
	Rye grass anual	10	22
	Trébol híbrido	5	11
	Trébol blanco	3	7
	Llantén forrajero	2	4
ZONA ALTA Praderas interandinas Desde 2800 a 3200 m.s.n.m. con suficiente humedad	Pasto azul	10	20
	Rye grass perenne	20	40
	Rye grass anual	10	20
	Trébol rojo	5	10
	Trébol blanco	3	6
	Llantén forrajero	2	4
ZONA BAJA Praderas interandinas Desde 2200 a 2800 m.s.n.m.* con suelos bien drenados	Pasto azul	10	21
	Rye grass perenne	15	31
	Rye grass annual	10	21
	Alfalfa	8	7
	Trébol blanco	3	6
	Llantén forrajero	2	4
ZONA SECA	Pasto azul o Bromo	10	31
	Alfalfa	20	63
	Llantén forrajero	2	6

* m.s.n.m: metros de altura sobre el nivel del mar
Fuente: León, 2003

León (2003) recomienda que para mantener el equilibrio entre las especies es preferible usar mezclas simples con funciones determinadas; sin embargo, Deak (2007) demostró que la mezcla de varias especies aumenta el contenido de materia seca de la pradera.

La composición botánica ideal en la Sierra ecuatoriana es gramíneas en un 70-75%, leguminosas (tréboles) 25-30% y otras especies forrajeras 2-3% (León, 2003).

Las especies más utilizadas para las mezclas forrajeras de acuerdo al uso son las siguientes:

a) **Gramíneas de pastoreo:** rye grass anual (*Lolium multiflorum*), rye grass perenne (*Lolium perenne*), rye grass tetraploide (*Lolium hybridum*), pasto azul (*Dactylis glomerata*), kikuyo (*Pennisetum clandestinum*).

b) **Gramíneas de corte:** avena (*Avena sativa*), maíz (*Zea mayz*)
c) **Leguminosas de pastoreo:** alfalfa (*Medicago sativa*), trébol blanco (*Trifolium repens*), trébol rojo (*Trifolum pratense*)
d) **Leguminosas de corte:** alfalfa (*Medicago sativa*), vicia común (*Vicia sativa*)
e) **Otras especies forrajeras:** llantén forrajero (*Plantago lanceolata*)

1.2.1.4 Gramíneas forrajeras

Se calcula que en el mundo existen más de 10.000 especies de gramíneas, de las cuales el 60%, aproximadamente, se encuentran como pasturas naturales. El 40% restante serían pasturas cultivadas, en monocultivo o asociadas con leguminosas. Las gramíneas son plantas generalmente herbáceas de crecimiento anual o perenne (Lobo y Díaz, 2001).

Las raíces de las gramíneas son fibrosas o fasciculadas, generalmente poco profundas. Las raíces primarias, persisten poco tiempo y luego son sustituidas por las raíces secundarias o adventicias, que surgen de los nudos. A la facilidad de emitir raíces adventicias o nodales se liga la mayor o menor rapidez de establecimiento de cada especie. Las especies de establecimiento rápido, como el rye grass (*Lolium* spp.), producen más peso de raíces durante los primeros meses de desarrollo que las especies de crecimiento lento, como la festuca alta (*Festuca arundinacea)*. La mayor parte de especies desarrollan raíces en los primeros 10 cm de la capa superficial (Buendía, 2000).

La hoja envainadora es una característica distintiva de las gramíneas, envuelve una porción del entrenudo y generalmente está abierta por el lado opuesto a la lámina. En la parte superior de la vaina surge la lámina o limbo, de nervación paralela, que comúnmente tiene un meristema intercalar bien desarrollado en la base (zonas de tejido primario en crecimiento activo), el cual permite que la lámina crezca continuamente a pesar de la eliminación de su parte distal por pastoreo o corte (Buendía, 2000).

1.2.1.5 Leguminosas forrajeras

Las leguminosas forrajeras presentan un valor nutritivo superior a las gramíneas forrajeras, tanto en el nivel de proteína, como en su digestibilidad y contenido de calcio. Otra cualidad es la capacidad de fijar nitrógeno y, por medio de la siembra (abonos verdes), mejoran la estructura física del suelo al incorporar materia orgánica de alto valor biológico; además, reciclan nutrientes de capas profundas del suelo, sitios hasta los que las raíces de las gramíneas no llegan (Lobo y Díaz, 2001; Sierra, 2005).

La raíz de las leguminosas se caracteriza por la presencia de nódulos de fijación de nitrógeno atmosférico, formados por la agrupación de bacterias. Estas bacterias nitrificantes pertenecen a las especies *Rhizobium meliloti, Rh. Trifolii* y *Rh. Leguminosarum,* principalmente, cada uno se asocia con un grupo determinado de leguminosas. Así, la primera se asocia con los géneros *Medicago*, *Melilotus, Trigonella*; la segunda, con *Trifolium*; y la tercera con *Vicia* (Buendía, 2000).

1.2.2 CONDICIONES DE CLIMA Y SUELO

1.2.2.1 Clima

La temperatura óptima para el crecimiento de pastos de zona templada se encuentra alrededor de 20º C, aunque pueden producirse muy eficientemente a temperaturas inferiores. Los pastos tropicales se desarrollan mejor entre 30 y 35ºC y rinden muy poco por debajo de los 15º C (Bernal y Espinosa, 2003).

El crecimiento de los pastos, en el Ecuador, depende principalmente de la humedad del suelo y del contenido de nutrientes que servirán de alimento para las plantas. Para crecer al máximo de su capacidad genética, las plantas necesitan que el suelo esté húmedo y que tenga todos los elementos nutritivos en cantidad suficiente. La humedad proviene de la lluvia y cuando esta es insuficiente debe complementarse con el riego. El crecimiento dependerá entonces de manera

importante, de la cantidad del agua de lluvia, de las posibilidades de riego y de los nutrientes del suelo (Paladines e Izquierdo, 2002).

Una investigación realizada por el laboratorio de pastos de la Universidad Central determinó como requerimientos de humedad lo siguiente: para producir 1 t de MS/ha de rye grass perenne puro se requiere una lámina de agua (lluvia o riego) de 52 mm; para la mezcla de rye grass perenne más trébol blanco se requieren 83 mm por 1 t de MS/ha (Paladines e Izquierdo, 2002).

1.2.2.2 Suelo

Los suelos difieren ampliamente en cuanto a sus propiedades físicas y químicas, lo mismo que en profundidad y en condiciones topográficas. Estas diferencias se pueden reflejar en la productividad y persistencia de las especies forrajeras que se establecen en ellos. Los suelos dedicados a los pastos son inadecuados para otros tipos de cultivo y su fertilidad generalmente baja (Jones, 1983). En términos generales, las gramíneas crecen bien a pH 5,6 - 6,5; las leguminosas a pH 6,5 - 7,0 (León, 2003).

1.2.3 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

Para establecer y mantener una mezcla balanceada de gramíneas y leguminosas se requiere un programa de fertilización diferente al de una pradera de gramíneas puras (Bernal y Espinosa, 2003). Los requerimientos nutricionales de las especies forrajeras varían de acuerdo con la especie y al potencial de rendimiento como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5: Recomendaciones de fertilización para algunas gramíneas y leguminosas forrajeras

Especie	Producción esperada	Materia seca (t/ha/año)	Extracción			Cantidad a aplicarse		
			N	P	K	N	P_2O_5	K_2O
			(kg/ha/año)			(kg/ha/año)		
Kikuyo	Baja	4,5	125	27	133	100	46	60
	Media	7,5	208	45	222	150	69	90
	Alta	14,0	389	83	415	200	137	120
Festuca alta	Baja	2,1	42	10	55	42	23	30
	Media	4,2	80	38	109	80	69	60
	Alta	8,0	151	73	207	120	137	120
Pasto Azul	Baja	1,7	55	15	49	50	23	30
	Media	3,0	96	26	86	80	46	60
	Alta	7,0	224	61	201	200	115	120
Rye grass perenne	Baja	1,8	54	21	60	50	46	30
	Media	3,6	108	45	127	100	69	60
	Alta	8,0	240	95	268	200	137	120
Rye grass anual	Baja	3,5	95	24	105	100	46	60
	Media	8,0	216	55	240	200	92	90
	Alta	16,0	432	110	480	400	183	120
Alfalfa	Baja	8,0	285	43	215	50-100	92	120
	Media	12,5	445	67	336	100-150	137	240
	Alta	25,0	890	134	672	200	275	360
Tréboles	Baja	3,8	85	25	102	40	46	60
	Media	9,5	213	63	255	100	137	120
	Alta	15,0	336	100	403	150	183	240

Fuente: Bernal y Espinosa, 2003

1.2.4 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES FORRAJERAS

1.2.4.1 Rye grass perenne (*Lolium perenne*)

El rye grass perenne se aclimata muy bien a altitudes comprendidas entre los 2.500 y 3.600 m.s.n.m., lugares con clima templado húmedo. Se adapta a suelos francos o arcillosos que tenga suficiente humedad y fertilidad, principalmente ricos en nitrógeno (León, 2003).

En pastoreos cada 30-40 días se puede obtener rendimientos de 80 t MV/ha/año. Su cultivo tiene una duración aproximada de 4 a 5 años, puede durar más años pero la calidad de la planta disminuye (León, 2003).

1.2.4.2 Rye grass anual (*Lolium multiflorum*)

El rye grass anual se aclimata muy bien a altitudes comprendidas entre los 2.500 y 3.600 m.s.n.m., lugares con clima templado húmedo. Se adapta a suelos de textura intermedia o ligeramente pesada, ricos en nitrógeno, pH óptimo 6-7. Responde bien a la fertilización y no soporta períodos de sequía (León, 2003).

Se utiliza especialmente para corte, producir heno o ensilaje, también para pastoreo. En cortes cada 28-30 días se obtienen rendimientos de 120 t MV/ha/año. Por su alta potencialidad productiva y la alta calidad de su forraje se emplea habitualmente como cultivo forrajero de corta duración (León, 2003).

Para praderas de pastoreo y siega de media duración (2-4 años), se han obtenido híbridos poliploides de *Lolium perenne* y *L. multiflorum*, que reciben el nombre de rye grass híbrido o *Lolium x hibridum* Hausskn. Reúnen características intermedias de las dos especies parentales. Sus características temperamentales son similares a las del rye grass perenne (Garmendia, 2007).

1.2.4.3 Pasto Azul (*Dactilis glomerata*)

El pasto azul se aclimata muy bien a altitudes comprendidas entre los 2.500 y 3.600 m.s.n.m., lugares con clima templado, frío y húmedo, tolera la sombra. Se adapta a suelos francos, profundos, no soporta suelos alcalinos y erosionados. Es un pasto poco exigente en fertilidad, resiste la acidez del suelo (León, 2003).

Cultivado solo rinde 7 t MV/ha/corte y con alfalfa o trébol blanco 10-15 t MV/ha/corte. Al principio el rendimiento de materia verde es bajo, luego se incrementa con los cortes sucesivos.

Se debe pastorear tan pronto empieza a macollar, ya que de inmediato empieza a florecer, se vuelve fibroso y por esta causa deja de ser apetecido por el ganado (León, 2003).

1.2.4.4 Trébol blanco (*Trifolium repens*)

El trébol blanco se aclimata muy bien en zonas frío-templadas y zonas húmedas. Se adapta a suelos fértiles, francos a franco-arcillosos, con humedad suficiente, con cantidades adecuadas de fósforo y pH entre 5-7. No resiste los suelos anegados permanentemente (León, 2003).

Su uso básicamente es para pastoreo en mezcla con gramíneas. Su porcentaje ideal en potreros es 25%. La aplicación de altas cantidades de nitrógeno, reduce la población de trébol. Tiene un rendimiento de 10 t MS/ha/año (León, 2003).

1.2.4.5 Llantén forrajero (*Plantago lanceolata*)

Presente como maleza de cultivos en casi todo el mundo, fue mejorado genéticamente para convertirse en una planta forrajera de enorme potencial (KWS, 2004).

Es perenne, resiste sequías y se adapta a un amplio rango de climas y suelos. Tiene alto potencial de producción de forraje, es activa todo el año, y la calidad forrajera es muy alta. Su alto contenido de minerales importantes para los rumiantes (principalmente cobre y selenio) la convierten en un componente importante de las praderas (KWS, 2004).

1.2.5 VALOR NUTRITIVO

Toda especie vegetal, consumida por un animal, contiene una serie de componentes orgánicos y minerales, que una vez metabolizados se convertirán en energía y en el producto final deseado (Gómez, 2005).

De acuerdo con Gómez (2005), el valor nutritivo de cada tipo de forraje es muy distinto y cambia no solo según la especie vegetal de que se trate, sino según la

edad de la misma. Es muy importante conocer el momento óptimo de aprovechamiento (siega o pastoreo) de una pradera, para que esta tenga su mayor valor nutritivo posible. En la Tabla 6 se presenta el valor nutritivo de los pastos de la Sierra ecuatoriana obtenidos por el INIAP.

Tabla 6: Valor nutritivo de los principales pastos de la Sierra

Pastos de la Sierra	**Materia Seca (g/kg)**	**Proteína Cruda (g/kg MS)**	**Proteína digestible (g/kg MS)**	**Energía metabolizante (Mcal/kg MS)**
ALFALFA				
Antes de la floración	284	241	194	2,38
Iniciación de la floración	246	223	173	2,19
Después de la floración	276	229	165	2,26
KIKUYO				
Antes de la floración	224	150	97	2,42
Iniciación de la floración	213	153	93	2,26
PASTO AZUL				
Antes de la floración	244	177	146	2,59
Iniciación de la floración	245	168	144	2,55
RYE GRASS PERENNE				
Antes de la floración	172	195	146	2,45
Iniciación de la floración	235	175	131	2,36
RYE GRASS ANUAL				
Antes de la floración	213	147	110	2,48
Iniciación de la floración	250	113	104	2,35
TRÉBOL BLANCO				
Antes de la floración	205	255	211	2,92
Iniciación de la floración	188	248	198	2,70
TRÉBOL ROJO				
Antes de la floración	212	249	207	2,79
Iniciación de la floración	214	221	183	2,57

Fuente: INIAP, 1995

1.3 ALIMENTACIÓN DEL GANADO

Hay cerca de 1.500 millones de bovinos en el mundo, la mayoría criados en ecosistemas de base pastoril, el pasto es uno de los ingredientes básicos de las raciones para rumiantes. Cuando se consideran los costos y la mano de obra, el pastoreo es la forma más atractiva de uso del forraje para muchas granjas. La posibilidad de aplicar un sistema de pastoreo apropiado depende básicamente de la ubicación de las parcelas, el número de animales por hectárea (carga) y el tipo de granja (Duinkerken, 2000; Rutledge, 2004).

Estudios realizados en Estados Unidos indican que los sistemas lecheros basados en pasturas manejadas intensivamente pueden reducir los costos de insumo e incrementar el retorno neto en granjas de tamaño pequeño y medio hasta 150 USD/vaca/mes, en comparación con los sistemas lecheros de confinamiento convencionales; la mayor ventaja económica está asociada con las reducciones en el costo de producción de forraje.

Sin embargo, si los productores adoptan el pastoreo deben tener en cuenta que los ahorros potenciales en costos de producción se pierden rápidamente si la producción de leche declina. Estos mismos estudios sugieren que la ventaja financiera del pastoreo se pierde si la producción potencial de leche desciende en más de 650-700 litros/vacas/año (Combs, 2001).

1.3.1 SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN EN GANADO LECHERO

La cantidad de leche producida por un animal es el resultado de una serie de acciones combinadas: genéticas, estado nutricional, estado de lactación y prácticas de manejo. Los porcentajes en los que influye cada factor se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7: Factores que influyen en la producción de leche

FACTOR	PORCENTAJE
Genética	10%
Prácticas de manejo	30-40%
Nutrición	50-60%

Fuente: Viera, 2007

La producción de leche en el Ecuador, depende casi totalmente, de los recursos forrajeros utilizados bajo pastoreo. Las pasturas son el recurso disponible más abundante y barato para alimento de los animales, tanto en explotaciones pequeñas como en explotaciones comerciales. El pasto es la fuente de la mayoría

de los nutrientes (80%) necesarios y consumidos por los bovinos en el Ecuador (Viera, 2007).

La producción de los pastizales está, en buena medida, influenciada por varios factores y un adecuado cuidado ya sea en su fertilización y riego. La ganadería debe alcanzar una eficiente conversión de los alimentos en leche, de tal manera que garantice la rentabilidad de la explotación (Guachamín, 2007).

1.3.2 VALORACIÓN QUÍMICA DE LOS ALIMENTOS

Los alimentos (pradera, heno, ensilaje, avena forrajera, etc.) están compuestos por 6 tipos de nutrientes (agua, carbohidratos, grasas, proteínas, minerales y vitaminas), que varían en las concentraciones y dependen de los alimentos. La Figura 3, presenta los principales nutrientes contenidos en los alimentos y la evaluación en el análisis químico de alimentos.

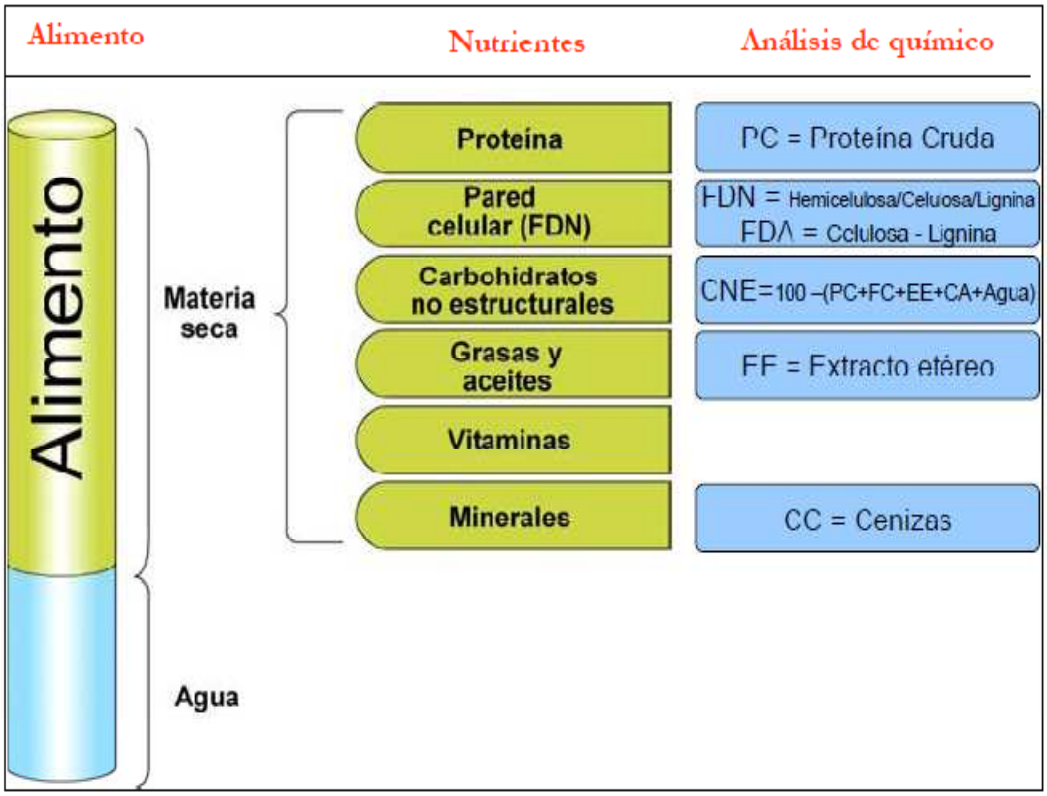


Figura 3: Composición nutricional de los alimentos y los componentes del análisis químico (Martínez, 2005)

Materia seca (MS). Es la fracción del alimento que queda después que el agua ha sido eliminada y se expresa en % (Martínez, 2005).

Energía metabolizable (EM). Representa la cantidad de energía de un alimento que el animal realmente utiliza. Es el término usado para estimar los requerimientos y los valores energéticos de los alimentos de los rumiantes (Martínez, 2005).

Fibra detergente neutra (FDN). Es la pared celular y contiene celulosa, hemicelulosa, y lignina. A mayor contenido de FDN, el consumo total de alimento disminuye. El contenido de FDN de un alimento está relacionado con la digestibilidad y el consumo de alimento a través del llenado ruminal (límite físico). Por lo general, se asume que los rumiantes consumen un máximo de 1,2 a 1,5% del peso vivo (PV) como FDN, esto depende de la calidad del forraje (Martínez, 2005).

Fibra detergente ácida (FDA). Consiste principalmente en celulosa y lignina. Está relacionada con la fracción no digestible del forraje. Cuanto mayor es el contenido en FDA menor es la digestibilidad del alimento y la energía que contiene (Martínez, 2005). La Figura 4 presenta las relaciones entre fibra y energía en la ración diaria.

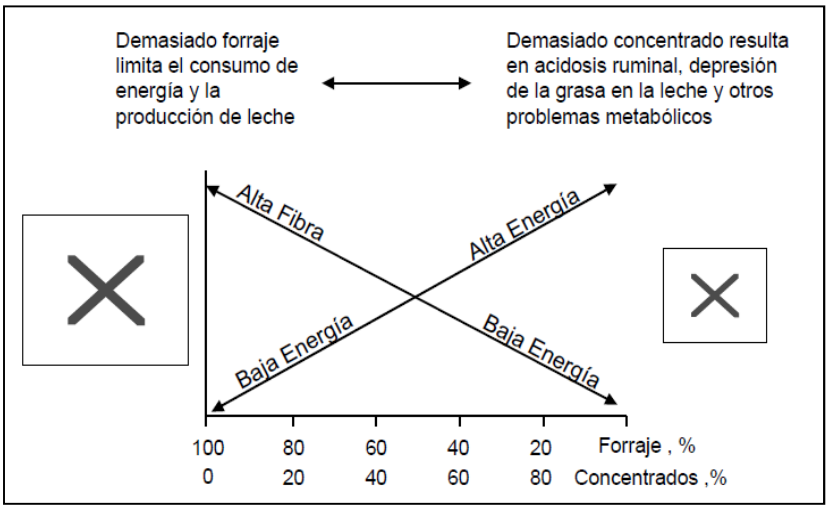


Figura 4: Fibra y energía en la ración diaria del ganado (Combs y Wattiaux, 2001)

Carbohidratos no estructurales (CNE). Representan los carbohidratos no contenidos en la pared celular o estructurales (ejemplo almidón) y son de alta digestibilidad (Martínez, 2005).

Extracto etéreo (EE). Evalúa el contenido de grasas y aceites que se denominan lípidos y son sustancias solubles en éter. Aportan 2,5 veces más energía por unidad de peso que los carbohidratos. El contenido elevado de EE en una ración limita la digestión de la fibra (Martínez, 2005).

Proteína cruda (PC). Se denomina cruda porque no es una medición directa de la proteína sino una estimación de la proteína total basada en el contenido en nitrógeno del alimento (Nitrógeno x 6,25 = proteína cruda). La PC incluye la proteína verdadera y el nitrógeno no proteico como el nitrógeno ureico (urea) y el amoniacal (Martínez, 2005).

Ceniza (CT). Consiste en toda la materia inorgánica (minerales) del alimento y los contaminantes inorgánicos de una muestra (tierra, arena, etc.). Los valores de calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg), y potasio (K) se expresan como % (Martínez, 2005).

1.3.3 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LOS ANIMALES EN SUS DIFERENTES ETAPAS PRODUCTIVAS

Los bovinos tienen necesidades biológicas de mantención, crecimiento, producción de leche y reproducción, que son determinadas por factores que afectan los requerimientos y el uso de los nutrientes de los alimentos (Martínez, 2005).

En la Tabla 8 se presentan los requerimientos de materia seca y nutriente en los distintos períodos del ciclo productivo y están en función del peso vivo, dentro de cada categoría.

Tabla 8: Requerimientos nutricionales para vacas de crías, vaquillas y toros

Peso (kg)	Ingesta MS (kg/día)	PC (%)	EM (Mcal/kg)	Ca (%)	P (%)
Requerimiento de vacas adultas preñadas sin terneros al pie (mitad de gestación)*					
455	7,6	7,2	1,77	0,18	0,18
545	8,8	7,2	1,76	0,19	0,19
635	10,6	6,9	1,77	0,20	0,20
Requerimiento de vacas adultas preñadas sin terneros al pie (tercio final de gestación)*					
455	9,5	7,6	1,92	0,24	0,15
545	10,9	7,5	1,91	0,25	0,16
635	12,2	7,8	1,95	0,26	0,17
Requerimiento de vacas adultas primeros 3 a 4 meses postparto (4,5 l/día de leche o equivalente a destetar un ternero de 205 kg al destete si hay forraje suficiente)*					
455	10,4	8,3	2,00	0,23	0,16
545	11,8	8,1	1,98	0,23	0,16
635	13,2	7,9	1,95	0,23	0,16
Vaquillas de 2 años hasta el tercio final de gestación**					
455	9,4	8,7	2,23	0,25	0,23
500	10,1	8,5	2,22	0,22	0,22
545	10,8	8,4	2,25	0,21	0,22
590	11,4	8,3	2,24	0,19	0,22
635	12,1	8,3	2,23	0,19	0,22
Toros en crecimiento y mantención, con actividad moderada**					
635	12,2	7,5	2,02	0,21	0,19
726	13,5	7,4	2,02	0,22	0,19
820	13,1	6,9	1,75	0,21	0,21
910	14,2	6,7	1,73	0,21	0,21
1000	15,2	6,8	1,75	0,22	0,22

Fuente: NCR*, 1996; Taylor**, 1999

La ingesta de pasto es mayor cuando se provee a las vacas pasto fresco y tierno (aproximadamente 1.700 kg MS/a). En la práctica, un sistema rotativo de 3-4 días en cada parcela da muy buenos resultados. En condiciones no tan buenas de pastoreo, la ración debería suplementarse con otros alimentos como maíz ensilado, para mantener la ingesta de materia seca en niveles constantes. Esto es esencial para obtener una producción óptima de leche (Duinkerken, 2000).

La baja ingesta de pasto es un factor limitante, muy importante en la producción de leche de animales en pastoreo. Estos animales consumen aproximadamente 20% menos materia seca (MS) por día que los animales confinados, aun cuando se los alimenta con forraje de la misma calidad (Combs, 2001).

1.3.4 FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL CONSUMO DE MATERIA SECA

El principal objetivo en el manejo de la alimentación es que las vacas aumenten la ingesta de materia seca, lo que conlleva a un incremento de los niveles de producción de leche. En animales en pastoreo el consumo de pradera depende del tiempo de pastoreo, la tasa de ingesta o velocidad de consumo y el tamaño de bocado. (Martínez, 2005; Ishler *et al*, 2004).

El principal factor que afecta el consumo de forraje vaca/día es la disponibilidad ya que por cada kilogramo de pasto disponible/vaca/día se incremente el consumo en 0.33 kgMS/vaca/día con un coeficiente de determinación de 93% (Guachamín, 2007).

Los bovinos de alto potencial para la producción lechera también tienen altos requerimientos de energía y proteína. Los bovinos pueden comer solo cierta cantidad cada día, los forrajes solos no pueden suministrar la cantidad requerida de energía y proteína (Wattiaux, 2006).

El propósito de agregar concentrados a la ración de la vaca lechera es el de proveer una fuente de energía y proteína para suplementar los forrajes y cumplir con los requisitos del animal. Así, los concentrados son alimentos importantes que permiten formular dietas que maximizan la producción lechera. Generalmente, la máxima cantidad de concentrados que una vaca puede recibir cada día no debe sobrepasar de 12 a 14 kg (Wattiaux, 2006).

En la Tabla 9 se presentan las recomendaciones de concentrado a suministrar de acuerdo con la producción de leche y la calidad del forraje que consumen las vacas. Los cálculos asumen que el forraje es suministrado *ad-libitum* (a voluntad de lo que la vaca desee comer) y que la cantidad de forraje no esté restringida (Wattiaux, 2006).

Tabla 9: Tasa de alimentación de concentrados en kg para varios niveles de producción de leche

Producción de leche cuando calidad de forraje es:			**Vaca de 600 kg**			**Vaca de 500 kg**			
			Grasa en la leche (%)			**Grasa en la leche (%)**			
Pobre	**Medio**	**Alto**	3,0	3,5	4,0	4,0	4,5	5,0	5,5
--	**4**	**13**	--	--	--	--	--	--	--
--	**6**	**15**	--	--	--	0,5	0,7	0,8	1,0
--	**8**	**17**	0,2	0,5	0,7	1,3	1,6	1,8	2,0
2	**10**	**19**	1,0	1,0	1,5	2,2	2,5	2,7	3,0
4	**12**	**21**	1,7	2,0	2,4	3,0	3,4	3,7	4,0
6	**14**	**23**	2,4	2,8	3,2	3,9	4,3	4,6	5,0
8	**16**	**25**	3,2	3,6	4,0	4,7	5,1	5,6	6,0
10	**18**	**27**	3,9	4,4	4,9	5,6	6,0	6,5	7,0
12	**20**	**29**	4,6	5,2	5,7	6,4	6,9	7,5	8,0
14	**22**	**31**	5,4	6,0	6,6	7,2	7,8	8,4	9,0
16	**24**	**33**	6,1	6,8	7,4	8,1	8,7	9,4	10,1
18	**26**	**35**	6,8	7,5	8,3	8,9	9,6	10,3	11,1
20	**28**	**37**	7,6	8,3	9,1	9,8	10,5	11,3	12,1
22	**30**	**39**	8,3	9,1	9,9	10,6	11,4	12,2	13,1
24	**32**	**41**	9,0	9,9	10,8	11,4	12,3	13,2	14,1
26	**34**	**43**	9,8	10,7	116	12,3	13,2	14,1	15,1
28	**36**	**45**	10,5	11,5	12,5	13,1	14,1	15,1	16,1
30	**38**	**47**	11,2	12,3	13,3	14,0	15,0	16,0	17,1
32	**40**	**49**	11,9	13,0	14,1	14,8	15,9	17,0	--

Fuente: Wattiaux, 2006

Producción de leche cuando calidad de forraje es pobre: Vacas que comen 1,5 % de su peso corporal (es decir 9 kg. MS por una vaca de 600 kg.) de un forraje de baja calidad (como paja o panca) que contiene 0.9 Mcal ENl/kg. MS.

Producción de leche cuando calidad de forraje es medio: Vacas que comen 2,0 % de su peso corporal (12 kg forraje MS por una vaca de 600 kg) de un forraje de media calidad (pasto de madurez media) que contiene 1,2 Mcal ENl/kg. MS.

Producción de leche cuando calidad de forraje es alto: Vacas que comen 2,5 % de su peso corporal 15 kg forraje MS por una vaca de 600 kg) de un forraje de alta calidad (leguminosa en una etapa inicial de madurez) que contiene 1,45 Mcal ENL/kg. MS.

Área gris: Cantidades de forraje que deben ser suministradas con cautela para evitar posibles problemas de salud (desordenes de ingestión, acidosis del rumen, baja grasa en la leche etc.).

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DEL PREDIO

2.1.1 SUPERFICIE PREDIAL INVOLUCRADA

El presente estudio se realizó en la hacienda San Juan, ubicada en la parroquia de San Miguel de Nono, provincia de Pichincha a 18 kilómetros hacia el Noroccidente de la ciudad de Quito.

La hacienda San Juan tiene una extensión de 74 hectáreas dedicadas a la ganadería lechera.

Las coordenadas geográficas de la hacienda San Juan, fueron localizadas a través del sistema satelital Google Earth.

Altitud: 2854 msnm

Latitud: 0°04´ 29.31” S

Longitud: 78º 34´56.31” O

La parroquia San Miguel de Nono, se ubica en una zona que se denomina Boca de Montaña, donde existen fuertes vientos, existe presencia permanente de neblina producida por la humedad de los bosques.

Temperatura media: 14º C a 15º C

Temperatura mínima: 7º C a 8º C

Precipitación anual: 1259 mm. Tiene épocas lluviosas entre los meses de noviembre a mayo, durante el ciclo del estudio no se presentaron las lluvias hasta mediados del mes de diciembre, como se presenta en el cuadro de precipitaciones del Anexo I.

2.1.2 DIAGNÓSTICO

El diagnóstico situacional del predio se llevó a cabo por medio de las siguientes actividades:

- Recorrido inicial de la hacienda
- Entrevista con el administrador propietario y trabajadores de la hacienda San Juan, con el fin de recopilar información sobre el manejo de la hacienda.

  Los principales aspectos que abordó la entrevista fueron la distribución de la superficie, los equipos y maquinaria, la producción agrícola y pecuaria que se realiza en la hacienda.

2.2 ANÁLISIS DEL SUELO

El análisis de suelo se realizó antes de aplicar los tratamientos en las parcelas. Para realizar el muestreo del suelo, se recogieron veinte muestras de suelo al azar, las cuales se escogieron al caminar en zigzag y se tomó en cuenta que los veinte puntos abarquen toda la superficie del lote de ensayo. Primero se retiró el material vegetal de la superficie de cada punto y se recogió cada muestra a una profundidad de 15 a 20 cm, las muestras fueron recogidas en un balde plástico. Luego se homogenizaron todas las muestras y se obtuvo una sola muestra de un kilogramo; posteriormente, esta muestra fue llevada al laboratorio de suelos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), donde se realizó el análisis químico y físico. Los métodos empleados para el análisis físico-químico del suelo se detallan en la Tabla 10.

Tabla 10: Métodos utilizados en el análisis del suelo

ELEMENTO	MÉTODO
pH	Potenciométrico, solución en agua 1: 2,5
N - NH_4	Colorimétrico – fenol básico
P	Colorimétrico – azul de indofenol
K, Ca, Mg	Espectrofotométrico – absorción atómica
Zn, Cu, Fe, Mn	Espectrofotométrico – absorción atómica

Fuente: Medina, 2009

2.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el análisis se tomaron en cuenta dos factores de estudio, que son los que van a influir en la respuesta de la mezcla forrajera. Como factores tenemos la fertilización química y la fertilización orgánica.

Los tratamientos son el resultado de la combinación de los factores en estudio, para el presente proyecto se evaluaron nueve tratamientos, para los cuales se emplearon los siguientes tipos de fertilización:

a) Fertilización química: Se aplicaron dos fertilizantes químicos comerciales.
b) Fertilización orgánica: Se aplicaron tres niveles diferentes de gallinaza y biol
c) Fertilización complementaria: Se aplicó una mezcla de fertilizante químico con un nivel de gallinaza.

La dosificación que se aplicó en cada tratamiento se detalla en la Tabla 11.

Tabla 11: Tratamientos para la evaluación de la respuesta de una mezcla forrajera a la fertilización con biol, gallinaza y químicos.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	DOSIS
T1	Testigo	Sin fertilizante
T2	Fertiforraje producción	150 kg ha^{-1}
T3	Yaramila Activa	150 kg ha^{-1}
T4	Ecoabonaza 1	3 t ha^{-1}
T5	Ecoabonaza 2	5 t ha^{-1}
T6	Ecoabonaza 3	7 t ha^{-1}
T7	Ecoabonaza + Fertiforraje producción	3 t ha^{-1}+100 kg ha^{-1}
T8	Ecoabonaza + Yaramila Activa	3 t ha^{-1}+100 kg ha^{-1}
T9	Biol	200 l ha^{-1}

El trabajo experimental se realizó en un lote dividido en parcelas iguales, se empleó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA). Cada tratamiento

se realizó con tres repeticiones, que se dispusieron en bloques como se muestra en la Figura 5. El croquis de las parcelas en estudio se presenta en el Anexo II. Durante el ensayo se realizaron tres cortes de igualación consecutivos.

BLOQUE I	T1	T5	T3	T7	T2	T8	T9	T4	T6
BLOQUE II	T2´	T4´	T8´	T9´	T1´	T6´	T5´	T3´	T7´
BLOQUE III	T7´´	T3´´	T6´´	T5´´	T4´´	T2´´	T8´´	T1´´	T9´´

Bloque I: Primera repetición (T)
Bloque II: Segunda repetición (T´)
Bloque III: Tercera repetición (T´´)

Figura 5. Diagrama de la disposición de las unidades experimentales.

Todas las unidades experimentales tuvieron la misma forma y tamaño, las características se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12: Características espaciales de las unidades experimentales

CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES	
Forma	Parcelas rectangulares
Dimensiones	6 m x 5 m
Superficie	30 m^2
Superficie de la parcela neta	20 m^2 (se eliminaron 0,5 m por lado para eliminar el efecto de borde)
Superficie del bloque	270 m^2
Superficie del ensayo	810 m^2
Superficie neta	540 m^2

Para el estudio estadístico se realizó un análisis de varianza ANOVA y se empleó el software estadístico INFOSTAT. Para calcular la significancia entre tratamientos se utilizó la prueba de LSD- Fisher al 5%.

2.4 DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES EN ESTUDIO

2.4.1 RENDIMIENTO DE MATERIA VERDE

El rendimiento de materia verde (RMV) se determinó 36 días después de cada corte de igualación. Se empleó el método de cortado y pesado del pasto, por ser el más preciso (León, 2003). Para lo cual, se tomaron cuatro muestras en cada parcela con un cuadrante de 0,25 m^2 para obtener el rendimiento de materia verde en 1 m^2, como se puede ver en la Figura 6, luego se extrapoló a 10.000 m^2. La altura del corte dentro de la rejilla fue a 5 cm del suelo. Inmediatamente después de cortar, se pesó con una balanza de masa de 1 gramo de precisión. El forraje, en el resto de la parcela, se cortó con una podadora calibrada a 5 cm de altura.

Figura 6: Cuadrante utilizado para obtener el rendimiento de materia verde

2.4.2 RENDIMIENTO DE MATERIA SECA

Para obtener el porcentaje de materia seca (PMS) se utilizó el método de determinación del porcentaje de materia seca en horno de microondas, tecnología utilizada por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Argentina (Crespo

et al., 2002). En una balanza de masa se pesó una bolsa de papel, luego se tomó una submuestra del forraje cosechado (entre 50 y 100 gramos) y se colocó en la bolsa de papel, se pesó y registró el dato. Se colocó la muestra en un microondas marca SAMSUNG, por tres minutos, a una potencia de 750 watts, con un vaso de agua en el interior. Luego se sacó la submuestra y se pesó. Se colocó nuevamente la submuestra en el microondas durante un minuto, se pesó nuevamente, este proceso se repitió hasta que se obtuvo un peso constante.

Para el cálculo del porcentaje de materia seca se utilizó la ecuación [1].

$$PMS = \frac{P_f - P_p}{P_o - P_p}\,, \qquad \textbf{[1]}$$

donde:

P_o: Peso inicial de la muestra

P_f: Peso final de la muestra

P_p: Peso de la bolsa de papel

Una vez obtenido el porcentaje de materia seca, se calculó el rendimiento de materia seca (RMS), mediante la multiplicación del rendimiento de materia verde por el porcentaje de materia seca, como se muestra en la ecuación [2].

$$\boldsymbol{RMS} = RMV * PMS, \qquad \textbf{[2]}$$

donde:

RMS: Rendimiento de materia seca expresado en kg/ha

RMV: Rendimiento de materia verde expresado en kg/ha

PMS: Porcentaje de materia seca

2.4.3 DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA

Para determinar la composición botánica se tomó una submuestra de 300 g del forraje cosechado en cada corte y frecuencia. Se utilizó el método de separación

manual. La submuestra fue llevada al laboratorio para volver a ser pesada, luego se separó el material en tres grupos: gramíneas, leguminosas y malezas. Se pesó cada grupo y se registró cada dato obtenido.

2.4.4 ALTURA DE PLANTAS

La altura alcanzada por las plantas de la mezcla forrajera se midió al día 20 y al día 36, después de cada corte de igualación con una regla de 1 m de longitud y 1,0 mm de precisión. Se efectuaron veinte mediciones dentro de cada parcela, en plantas tomadas al azar, con la regla colocada completamente vertical, desde la base de la planta hasta la hoja superior.

2.4.5 GRADIENTE DE COLORACIÓN

El gradiente de coloración se midió con la Tabla de Comparación de Colores (TCC) de 4 paneles, desarrollada por el International Rice Research Institute (IRRI) (Witt *et al.*, 2005). Esta tabla posee paneles de plástico, que cubren un rango de tintes de color verde que van desde el verde amarillento (Nº 2) al verde oscuro (Nº 5), como se muestra en la Figura 7.

Figura 7: Tabla de comparación de colores de cuatro paneles.

Para medir la coloración, se muestrearon diez hojas por especie y por parcela. Se utilizó la hoja más joven completamente extendida, se midió el color mediante la

comparación del color de la parte media de la hoja con la Tabla de Comparación de Colores. Si el color de la hoja se encontraba entre dos grados, se tomó el promedio de los dos como lectura final. Las lecturas de las hojas se tomaron cubiertas de la luz solar.

2.4.6 TASA DE CRECIMIENTO DIARIO

La tasa de crecimiento (TC) diario en cada frecuencia de corte, se calculó mediante la ecuación [3], utilizada en la metodología citada por Sotomayor (2001).

$$\boldsymbol{TC} = \frac{RMS}{t}\,, \qquad \textbf{[3]}$$

donde:

RMS: Rendimiento de materia seca expresado en kg/ha

t: Días transcurridos entre un corte y el siguiente

2.4.7 VALOR NUTRITIVO

La determinación del valor nutritivo se realizó mediante análisis bromatológico, para lo cual se homogenizaron las muestras de cada tratamiento de los tres bloques, hasta formar una sola muestra de 1 kg por tratamiento y se colocaron en bolsas de papel rotuladas; posteriormente, las muestras fueron enviadas al Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Central. Los métodos empleados para el análisis bromatológico se detallan en la Tabla 13.

Tabla 13: Métodos utilizados en el análisis bromatológico

ELEMENTO	MÉTODO
Humedad	MAL - 13 Método de referencia AOAC Ed. 18, 2005. 925.10
Ceniza	MAL – 02 Método de referencia AOAC Ed. 18, 2005. 923.03
Proteína	MAL - 04 Método de referencia AOAC Ed. 18, 2005. 981.10
Grasa	MAL - 03 Método de referencia AOAC Ed. 18, 2005. 991.36
Fibra	MAL - 50
Carbohidratos	Cálculo
Energía	Cálculo

Fuente: Cárdenas, 2009

2.5 ELABORACIÓN DEL BIOL

La elaboración del biol se realizó con el método descrito por el Programa de Agricultura Orgánica de la Provincia del Guayas (PAO, 2009). La formulación se describe en la Tabla 14.

Tabla 14: Formulación para producir Biol

MATERIAL	CANTIDAD
Estiércol fresco de vaca	13,30 kg
Melaza	6,70 kg
Fosfato di cálcico	0,45 kg
Leche	0,67 l
Alfalfa	1,67 kg
Sal mineral	0,93 kg
Agua	130 L

Fuente: PAO, 2009

Para elaborar el Biol, se colocó un tanque de 150 litros en un lugar sombreado, luego se adicionó agua hasta llegar a la mitad de su contenido. Se agregó el estiércol y se agitó con una estaca. Después se tomó la melaza y se diluyó en agua. Una vez diluida la melaza, se agregó a la mezcla alfalfa previamente picada en pequeños pedazos. A continuación, se adicionó la leche, sin dejar de agitar la mezcla. Para finalizar se llenó el tanque con agua y se dejó un espacio libre de 20 cm y se selló el tanque herméticamente. Siete días después se abrió el biodigestor para agregar la sal mineral y el fosfato dicálcico.

El tanque se mantuvo sellado durante 35 días más, tiempo recomendado por Martí (2008) para la elaboración de biol de excelente calidad, en zonas de 1800 a 2900 m.s.n.m. Para utilizarlo se filtró la mezcla en un sarán con la finalidad de separar la fase líquida (Biol) de la sólida (Biosol).

2.6 APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS CON FERTILIZACIÓN

La aplicación de los tratamientos a cada parcela se realizó al día siguiente de cada corte de igualación.

Fertiforraje producción (21-12-15-3-4): De acuerdo con Fertisa para la zona de Nono, la dosis recomendada fue de 150 kg/ha. Mientras que la recomendación para la fertilización complementaria fue de 100 kg/ha. Se aplicaron al voleo.

Figura 8: Muestra del fertilizante Fertiforraje producción

Yaramila Activa (20-16-5-3): De acuerdo con India la dosis recomendada fue de 150 kg/ha y la recomendación para la fertilización complementaria fue de 100 kg/ha. Se aplicaron al voleo.

Figura 9: Muestra del fertilizante Yaramila Activa

Ecoabonaza: Por recomendación del INIAP se aplicaron al voleo las tres dosis más utilizadas en el medio, las cuales son: 3, 5 y 7 t/ha.

Biol: La dosis recomendada por Suquilanda (2003) para gramíneas, fue de 200 l Biol/ha, en cuatro aplicaciones foliares por aspersión en una dilución del 20%.

Figura 10: Fertilización complementaria de gallinaza con Fertiforraje producción (izq) y con Yaramila Activa (der)

2.7 BENEFICIO COSTO DE LOS TRATAMIENTOS

2.7.1 BENEFICIO NETO

Para calcular el beneficio neto se utilizó la metodología citada por Sotomayor, (2001) con la cual se determinaron los siguientes parámetros:

1. **Carga animal.** Se refiere número de animales (UBA) por hectárea que, en promedio, se puede mantener a través del año en forma productiva y sin recurrir a otros alimentos introducidos a la finca. La carga animal se calculó mediante la ecuación [4].

$$\frac{\quad}{\quad}, \qquad [4]$$

donde:

RMSa: Rendimiento ajustado de materia seca expresado en kg/ha/año (representa una fracción (0,90) del rendimiento promedio que el investigador obtiene bajo condiciones experimentales debido a que el productor, no usa la misma precisión y puntualidad del investigador)

f : Eficiencia de utilización, igual a 0,7

C: Consumo de forraje por unidad animal, considerado como el 3% de una vaca de 450 kg de peso promedio, igual a 13 kg MS/día

t : 365 días

2. **Producción de leche al año.** Se multiplicó la carga animal por la producción de una vaca por día, que aproximadamente es de 15 litros, y se multiplicó por 365 días. Sus resultados se expresaron en litros/vaca/ha/año.

3. **Beneficio neto en el campo.** Es el resultado de multiplicar la producción de la leche en el año, por el precio a la entrada de la finca, que es el precio que el productor recibe, menos cualquier costo por comercialización y ordeño. El valor de comercialización del litro de leche en el periodo septiembre/diciembre 2009 fue de 0,40 USD.

4. **Costos totales que varían.** Se obtuvieron al sumar solamente los costos que varían al aplicar cada tratamiento.

5. **Beneficio neto.** Se obtuvo al sustraer los costos totales del beneficio neto en el campo, como se indica en la ecuación [5].

$$\boldsymbol{BN} = BB - CT \ , \qquad \textbf{[5]}$$

donde:

BN: Beneficio neto

BB: Beneficio neto en el campo

CT: Costos totales

2.7.2 ANÁLISIS BENEFICIO/COSTO

Se obtuvo la relación beneficio/costo al dividir el beneficio neto para el costo total variable de cada tratamiento, como se muestra en la ecuación [6].

$$\boldsymbol{B/C} = \frac{BN}{CV}\ , \qquad \textbf{[6]}$$

donde:

BN: Beneficio neto

CV: Costo total variable

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DEL PREDIO

La hacienda San Juan se encuentra a 15 minutos del centro poblado de San Miguel de Nono. El fácil acceso a la misma hace que la producción se entregue rápidamente a los distribuidores.

A través de la entrevista realizada al propietario se obtuvo información sobre el manejo de los recursos y la producción de la misma.

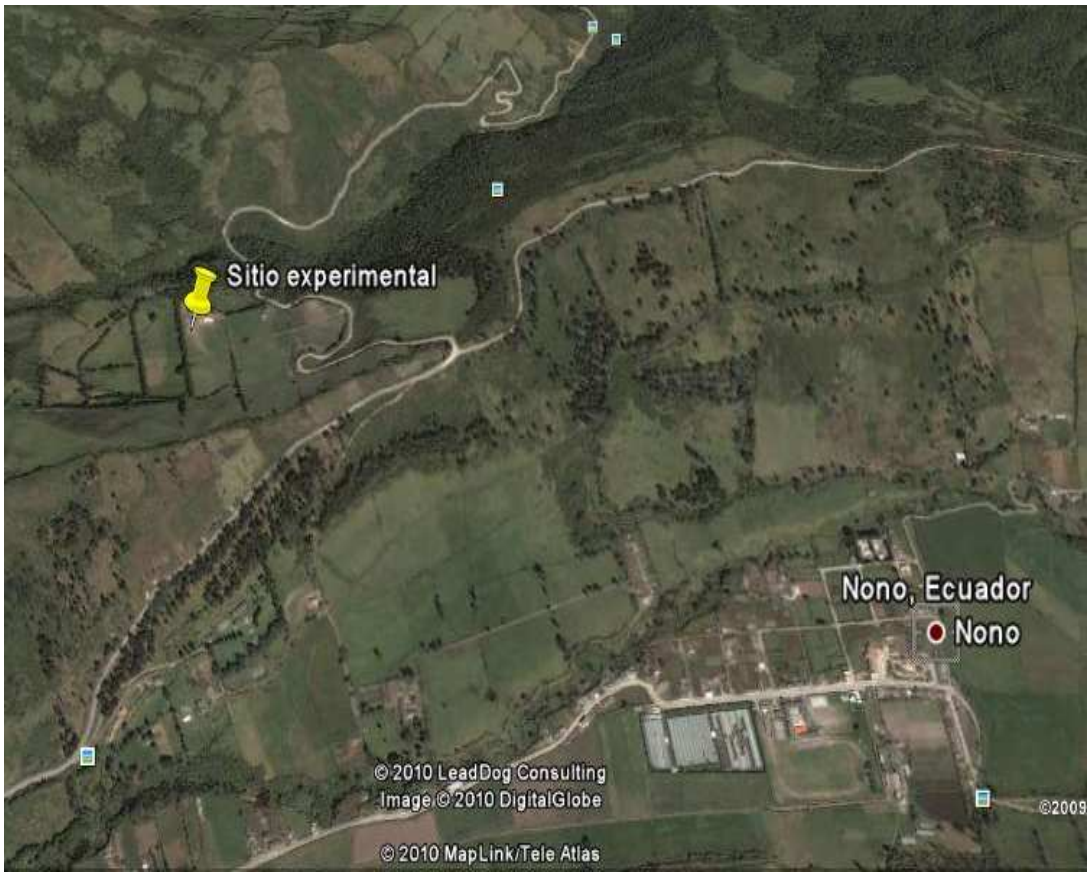


Figura 11: Ubicación espacial del predio (Google Earth, 2010)

a. Recursos hídricos

El agua utilizada para las labores agrícolas y ganaderas, proviene de una vertiente, poseen derechos de agua y no participan en organizaciones regantes.

b. Infraestructura predial

El predio posee como infraestructura una bodega de 12 m^2, un galpón de 25 m^2 para la elaboración de balanceado, y un corral para el ordeño de 15 m^2.

c. Maquinaria agrícola

De manera general la maquinaria agrícola es escasa en la zona, pocos productores cuentan con maquinaria agrícola pesada.

En el caso de la hacienda San Juan, las instalaciones cuentan con el siguiente equipo: 1 molino-picadora, un equipo de ordeño mecánico y una podadora. Solo en casos necesarios la maquinaria agrícola es alquilada.

d. Actividad silvoagropecuaria

Agricultura

El uso del suelo en la mayoría de su extensión corresponde al cultivo de pastos, para la alimentación de ganado. Existen praderas naturales de kikuyo y praderas mejoradas.

Producción pecuaria

La hacienda es ganadera, se dedica a esta actividad en un 81%. Dispone de 84 cabezas de ganado, 30 están en ordeño con una producción diaria de 250 litros de leche, destinados a la venta.

No se realiza la cría de ganado para la venta. Solamente se realiza la venta de dos a tres animales en pie por año.

Actividad forestal

El predio posee 7 ha de plantaciones forestales, que no son comercializadas. Las podas realizadas anualmente se destinan para el consumo familiar.

e. Uso de tecnología

Agricultura

La hacienda San Juan, es semitecnificada por no poseer maquinaria agrícola para las labores culturales. El uso de tecnología en la actividad agrícola del predio está representado por el empleo de fertilizantes (urea y 10-30-10), aplicación de gallinaza en el suelo, uso de herbicidas los mismos que son utilizados únicamente para la preparación de potreros y uso de semilla certificada para el establecimiento y mejora de potreros.

Los potreros son pastoreados cada 28 días y no se realizan cortes de igualación, también se pudo observar que hay una cobertura vegetal de aproximadamente un 60 a 70% en los potreros, lo que disminuye los rendimientos de producción.

Los propietarios son accionistas de la empresa PROLAN y participan en un grupo de transferencia de tecnología integrado por los otros socios hacendados. El grupo realiza reuniones donde se expone y explica las nuevas técnicas aplicadas en sus fincas, tanto en cultivos como en sanidad y reproducción animal.

El riego también es considerado como uso de tecnología. Se proporciona riego por aspersión a las praderas artificiales, mientras que las praderas naturales no son regadas.

Ganadería

El uso de tecnología, en el ámbito ganadero está representado por el aspecto sanitario. Los animales son vacunados de acuerdo con el plan de vacunación y

desparasitados, dos veces por año. No se realiza inseminación artificial, la reproducción se da por monta directa.

3.2 ANÁLISIS DEL SUELO

3.2.1 ANÁLISIS QUÍMICO

En la Tabla 15, se presentan los resultados obtenidos del análisis químico del suelo. Se puede observar que los niveles de nutrientes son altos, especialmente de materia orgánica.

Tabla 15: Análisis químico del suelo

NUTRIENTE	VALOR	UNIDAD	INTERPRETACIÓN
Nitrógeno	75,00	ppm	Alto
Fósforo	260,00	ppm	Alto
Azufre	21,00	ppm	Medio
Potasio	0,80	meq / 100 ml	Alto
Calcio	15,30	meq / 100 ml	Alto
Magnesio	5,80	meq / 100 ml	Alto
Zinc	20,70	ppm	Alto
Cobre	4,60	ppm	Alto
Hierro	404,00	ppm	Alto
Manganeso	5,80	ppm	Medio
Boro	1,40	ppm	Medio
Materia Orgánica	13,40	%	Alto
pH	6,1		Ligeramente ácido

$\frac{Ca}{Mg}$	$\frac{Mg}{K}$	$\frac{(Ca + Mg)}{K}$	$\frac{Ca}{(Mg + K)}$	(meq /100 ml) (∑ Bases)
2,6	7,3	26,4	2,3	21,9

Fuente: Laboratorio de suelos INIAP Santa Catalina

Se puede observar que el pH del suelo es ligeramente ácido. Anteriormente se realizaban aplicaciones de gallinaza en el lote de ensayo y según Carballas (1991) el pH de la gallinaza es bajo y a largo plazo puede acidificar el suelo debido a la oxidación del amonio a ácido nítrico.

La capacidad de intercambio catiónico (C.I.C) es alta, a pesar de ser un suelo franco arenoso donde la C.I.C tiende a ser baja, esto puede deberse a que la C.I.C se incrementa también a medida que la materia orgánica se incrementa (PPI, 1997).

Del resultado se observa que las relaciones Ca:Mg y Mg:K se encuentran equilibradas; de acuerdo con Tejos (2007), los rangos normales para la relación Ca:Mg va de 1,2 a 6,2 y para la relación Mg:K va de 1,6 a 14.

Según el mismo autor, la relación más importante es Ca:(Mg+K), que está directamente asociada con la disponibilidad forrajera. La producción es más elevada cuando la relación alcanza valores cercanos a 2,0. Por encima o por debajo de esta cifra el rendimiento forrajero es inferior al potencial productivo de la pastura. En este caso la relación es de 2,3, lo que indica que el suelo tiene un alto potencial productivo.

3.2.2 ANÁLISIS FÍSICO

En la Tabla 16, se presenta el análisis físico del suelo; se trata de un suelo franco-arenoso. Según Amadeo (2002) estos suelos, por lo general, tienen menos poder de retención de agua que los arcillosos. Sin embargo, el alto contenido de materia orgánica 13,40% presente en el suelo, hace que se incremente la retención del agua en el mismo (PPI, 1997).

Tabla 16: Análisis físico del suelo

Porcentaje (%)			Clase Textural
Arena	**Limo**	**Arcilla**	
64	29	7	**Franco - Arenoso**

Fuente: Laboratorio de suelos INIAP Santa Catalina

La continua aplicación de gallinaza, en este suelo ha logrado mejorar las características físico-químicas del mismo, es un suelo con alta cantidad de nutrientes; un factor que debe ser tomado en cuenta es el pH, ya que a largo plazo, podría influir en la absorción de nutrientes y disminuir la producción.

3.3 ANÁLISIS DE LAS VARIABLES EN ESTUDIO

Inicialmente se realizó el análisis estadístico con la prueba de Tukey al 5%, sin embargo, esta prueba no detectaba la diferencia estadística entre los tratamientos, debido a la variabilidad de los datos. Por esta razón, para los siguientes análisis se utilizó la prueba LSD-Fisher al 5%

3.3.1 ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DE MATERIA VERDE

En la Tabla 17, se presenta los resultados obtenidos en la medición del rendimiento de materia verde. Durante el ensayo se realizaron tres cortes consecutivos, 36 días después de cada corte de igualación.

Tabla 17: Rendimiento de materia verde de la mezcla forrajera medida en tres cortes secuenciales

CÓD.	TRATAMIENTO	CORTE			TOTAL	MEDIA
		1	2	3		
		(kg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)
T1	Testigo absoluto	14.320,36	16.017,88	19.547,21	49.885,44	**16.628,48** [ab]
T2	Fertiforraje producción (150 kg / ha)	14.979,20	17.444,11	20.990,74	53.414,05	**17.804,68** [ab]
T3	Yaramila Activa (150 kg / ha)	18.437,82	22.313,83	22.684,41	63.436,06	**21.145,35** [ab]
T4	Ecoabonaza (3 t / ha)	19.531,43	20.526,97	28.893,86	68.952,26	**22.984,09** [ab]
T5	Ecoabonaza (5 t / ha)	18.432,43	25.284,69	34.581,24	78.298,36	**26.099,45** [b]
T6	Ecoabonaza (7 t / ha)	17.181,64	18.991,11	36.278,06	72.450,81	**24.150,27** [ab]
T7	Ecoabonaza (5 t / ha) + Fertiforraje producción (100 kg /ha)	12.694,37	16.723,28	26.061,72	55.479,36	**18.493,12** [ab]
T8	Ecoabonaza (5 t / ha) + Yaramila Activa (100 kg / ha)	16.148,18	25.017,57	26.757,31	67.923,06	**22.641,02** [ab]
T9	Biol (200 l / ha)	13.003,70	13.448,73	16.727,50	43.179,94	**14.393,31** [a]

[ab] Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<=0,05)

De acuerdo con el análisis de varianza, que se indica en la Tabla 18, hubo diferencia estadística (p<=0,05) entre los tratamientos y se presentó una tendencia de incremento del rendimiento de materia verde en cada tratamiento, como se observa en la Figura 12.

Tabla 18: Análisis de varianza para la variable rendimiento de materia verde

Fuentes de variación	gl	CUADRADOS MEDIOS
Total	26	
Tratamiento	8	44.782.207,74*
Error	18	34.285.770,33
CV (%)		28,59

* Diferencia significativa al 5%

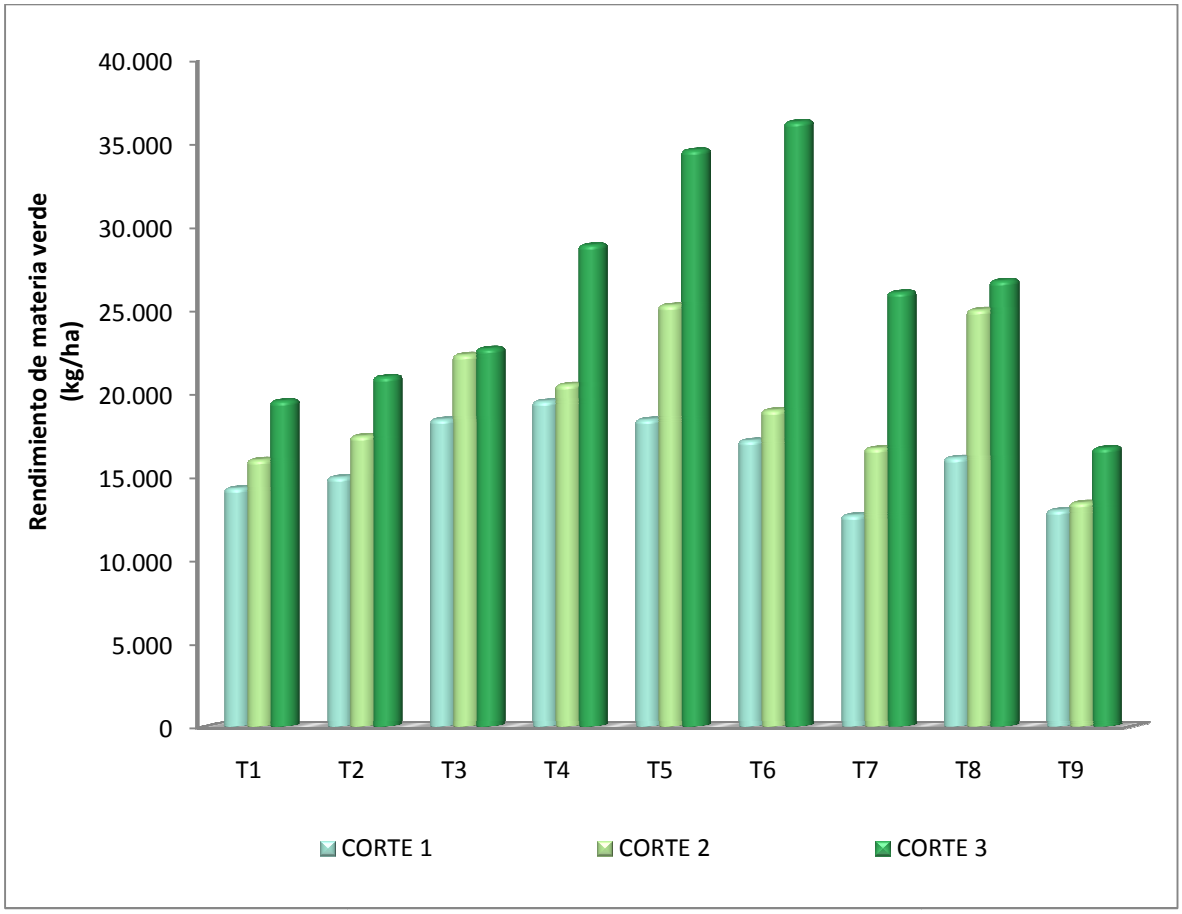


Figura 12: Rendimiento de materia verde de la mezcla forrajera

Las variaciones de los incrementos con respecto al primer corte, fueron mayores con los tratamientos de fertilización orgánica (T4, T5 y T6), de los que se obtuvo un incremento promedio del 82,23%, seguido por los tratamientos de fertilización complementaria (T7 y T8), de los que se obtuvo un incremento promedio del 80,11%; mientras que con los tratamientos químicos (T2 y T3) se obtuvo un incremento promedio del 31,58% y con el biol (T9) se obtuvo un incremento del 28,64%.

El mayor incremento de los rendimientos de materia verde se dio durante el tercer corte, esto puede deberse a que la fase de mineralización de los fertilizantes es muy lenta y acumulativa en el caso de los fertilizantes orgánicos e inmediata en el caso de los fertilizantes químicos (León, 2003).

Del análisis estadístico se tuvo que el tratamiento T5 (Ecoabonaza 5t/ha) es el que produjo los mejores rendimientos, mientras que del tratamiento T9 (Biol 200 l/ha) se obtuvo los rendimientos más bajos, incluso que del testigo. Estos resultados se observan en la Figura 13, donde se indica los promedios de producción de materia verde de la mezcla forrajera.

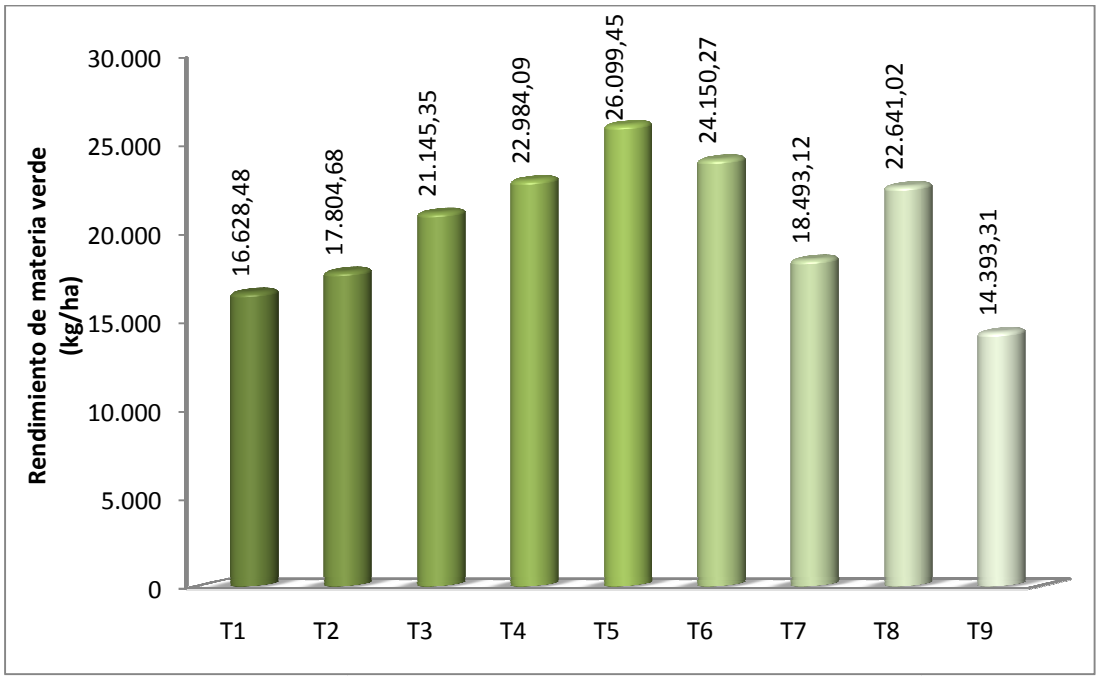


Figura 13: Promedios de producción de materia verde de la mezcla forrajera

Se esperaba que la menor producción se obtuviera con el testigo, por no realizar ningún aporte de nutrientes al suelo, sin embargo el tratamiento T9 (Biol 200 l/ha) tuvo una producción menor del 13% que el testigo.

La Tabla 19, muestra la composición del biol, elaborado de acuerdo con las recomendaciones de la PAO (2009). Se puede observar que existe un bajo aporte de nutrientes y que no cumple con la composición dada por IICA (2005), donde el nitrógeno debería encontrarse en el rango del 2,3 al 4,7%, el fósforo debería estar en el rango del 0,9 al 2,1% y el potasio del 4,2 al 7,6%.

Tabla 19: Análisis de elementos nutritivos del Biol

BIOL	CONTENIDO NUTRITIVO EN 100 ml DE BIOL (%)
Humedad	97,9
Cenizas	1.1
Materia seca	2.1
Nitrógeno	0.433
Fósforo	0.056
Potasio	0.149

Fuente: Laboratorio de Nutrición Animal UCE

La causa de este bajo aporte de nutrientes, se debe a que no se realizó un balance inicial de los nutrientes de los materiales que se utilizaron para la elaboración del biol. De esta manera, se añadieron las cantidades indicadas de material, pero estas no contenían las cantidades necesarias de nutrientes.

Otra causa del bajo rendimiento del biol, pudo deberse a la presencia de fitohormonas, lo cual se vio reflejado en las parcelas del tratamiento T9 (Biol 200 l/ha), debido a que se diferenciaron de las demás por ser las únicas que presentaron floración de las leguminosas y algunos rye grasses. De acuerdo con León (2003), una vez iniciada la fase de floración, también inicia la inhibición del macollaje por acción de la hormona citocinina y en consecuencia el rebrote será lento; el fenómeno presente, no se atribuye al estrés hídrico debido a que todas las parcelas recibieron la misma cantidad de agua, sin embargo pudo deberse la inhibición de un nutriente.

3.3.2 ANÁLISIS DEL PORCENTAJE DE MATERIA SECA

Los resultados obtenidos de la medición del porcentaje de materia seca en los tres cortes se detallan en la Tabla 20.

Tabla 20: Porcentaje de materia seca de la mezcla forrajera medida en tres cortes secuenciales

CÓD.	TRATAMIENTO	CORTE			TOTAL	MEDIA
		1	2	3		
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
T1	Testigo absoluto	19,00	15,40	13,20	47,60	**15,87** [a]
T2	Fertiforraje producción (150 kg/ ha)	14,70	16,10	17,60	48,40	**16,13** [a]
T3	Yaramila Activa (150 kg / ha)	17,10	14,40	12,90	44,40	**14,80** [a]
T4	Ecoabonaza (3 t / ha)	17,20	14,40	12,00	43,60	**14,53** [a]
T5	Ecoabonaza (5 t / ha)	17,50	14,40	13,90	45,80	**15,27** [a]
T6	Ecoabonaza (7 t / ha)	17,30	14,70	12,10	44,10	**14,70** [a]
T7	Ecoabonaza (5 t / ha) + Fertiforraje producción (100 kg / ha)	16,80	16,90	12,90	46,60	**15,53** [a]
T8	Ecoabonaza (5 t / ha) + Yaramila Activa (100 kg / ha)	15,90	14,90	12,80	43,60	**14,53** [a]
T9	Biol (200 l / ha)	18,10	16,50	14,70	49,30	**16,43** [a]

[ab] Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<=0,05)

El análisis de varianza del porcentaje de materia seca se muestra en la Tabla 21. No existió diferencia estadística entre los tratamientos. El primer corte presentó los más altos porcentajes de materia seca, mientras que, en el tercer corte se presentaron los porcentajes más bajos, como se observa en la Figura 14, salvo el caso del tratamiento T2 (Fertiforraje producción 150 kg/ha), en el cual el porcentaje de materia seca se incrementó en cada corte.

Tabla 21: Análisis de varianza para la variable porcentaje de materia seca

Fuentes de variación	gl	CUADRADOS MEDIOS
Total	26	
Tratamiento	8	1,55 [ns]
Error	18	4,79
CV (%)		14,30

[ns] No significancia

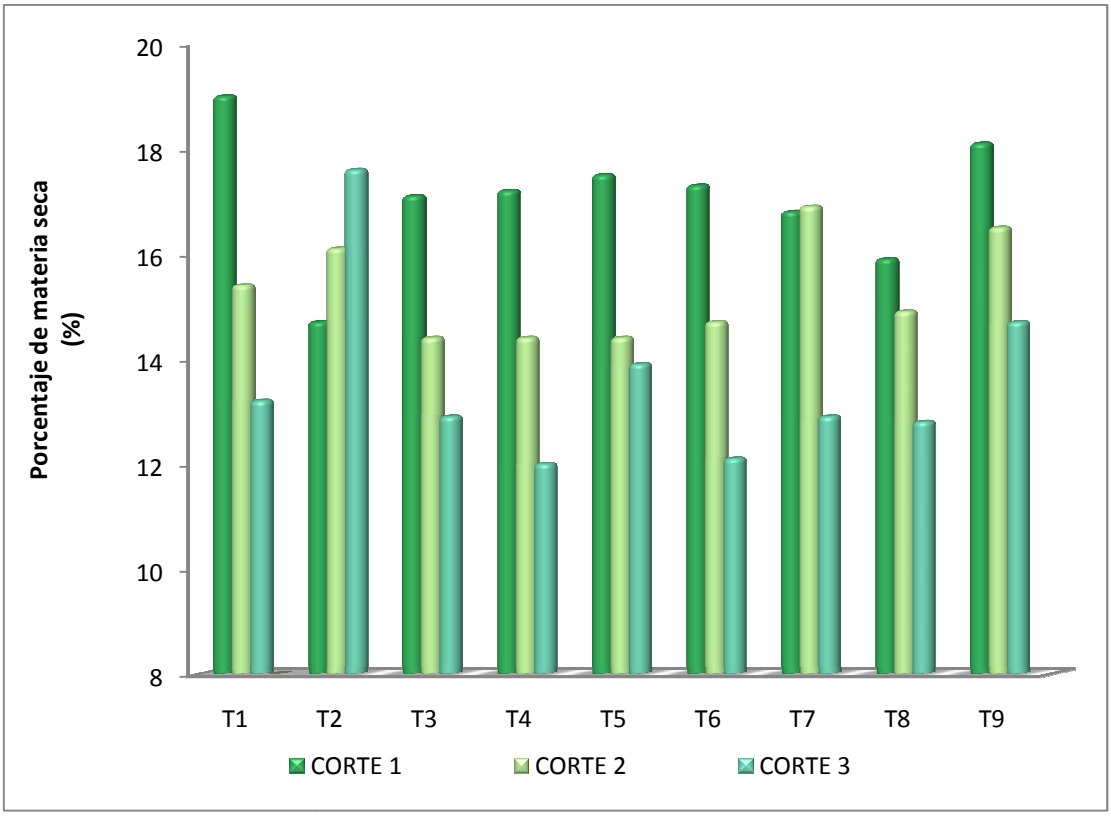


Figura 14: Porcentaje de materia seca de la mezcla forrajera

El porcentaje más alto presentó en el tratamiento T9 (Biol 200 l/ha), con 16,43%, esto se debe a que durante la época de floración los porcentajes de materia seca son mayores y como se mencionó anteriormente estas parcelas eran las únicas que presentaban floración. Los tratamientos T3 (Yaramila Activa 150 kg/ha) y T8 (Ecoabonaza 5 t/ha + Yaramila Activa 100 kg/ha) presentaron el porcentaje de materia seca más bajo, de 14,53%.

La reducción de materia seca que se presenta en este ensayo, está relacionada a la frecuencia de los cortes, que en este caso fueron consecutivos, lo que concuerda con el estudio realizado por Everson (1966), quien indica que la producción de materia seca, es más alta en las parcelas cortadas solamente dos a tres veces en el año que aquellas que se cortan cuatro veces o más. Sin embargo, no es conveniente aumentar el tiempo entre pastoreos o cortes, puesto que disminuiría la cantidad de proteína presente en la mezcla forrajea (García, 2005).

3.3.3 ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DE MATERIA SECA

En la tabla 22, se presentan los datos obtenidos del cálculo del rendimiento de materia seca.

Tabla 22: Rendimiento de materia seca de la mezcla forrajera medida en tres cortes secuenciales

CÓD.	TRATAMIENTO	CORTE 1 (kg/ha)	CORTE 2 (kg/ha)	CORTE 3 (kg/ha)	TOTAL (kg/ha)	MEDIA (kg/ha)
T1	Testigo absoluto	2.720,87	2.466,75	2.580,23	7.767,85	**2.589,28** [ab]
T2	Fertiforraje producción (150 kg/ ha)	2.201,94	2.808,50	3.694,37	8.704,81	**2.901,60** [ab]
T3	Yaramila Activa (150 kg / ha)	3.152,87	3.213,19	2.926,29	9.292,35	**3.097,45** [abc]
T4	Ecoabonaza (3 t / ha)	3.359,41	2.955,88	3.467,26	9.782,55	**3.260,85** [abc]
T5	Ecoabonaza (5 t / ha)	3.225,68	3.641,00	4.806,79	11.673,46	**3.891,15** [c]
T6	Ecoabonaza (7 t / ha)	2.972,42	2.791,69	4.389,65	10.153,76	**3.384,59** [bc]
T7	Ecoabonaza (5 t / ha) + Fertiforraje producción (100 kg / ha)	2.132,65	2.826,23	3.361,96	8.320,85	**2.773,62** [ab]
T8	Ecoabonaza (5 t / ha) + Yaramila Activa (100 kg / ha)	2.567,56	3.727,62	3.424,94	9.720,11	**3.240,04** [abc]
T9	Biol (200 l / ha)	2.353,67	2.219,04	2.458,94	7.031,65	**2.343,88** [a]

[ab] Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<=0,05)

De acuerdo con el análisis de varianza, mostrado en la Tabla 23, esta variable presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos aplicados.

Tabla 23: Análisis de varianza para la variable rendimiento de materia seca

Fuentes de variación	gl	CUADRADOS MEDIOS
Total	26	
Tratamiento	8	641798,60*
Error	18	318798,03
CV (%)		18,49

* Diferencia significativa al 5%

La mayor variación de los incrementos con respecto al primer corte se dieron en el tercer corte, como se muestra en la Figura 15.

Los mayores rendimientos de materia seca corresponden a las parcelas con mayores valores de altura y cobertura del pasto y menor incidencia de malezas.

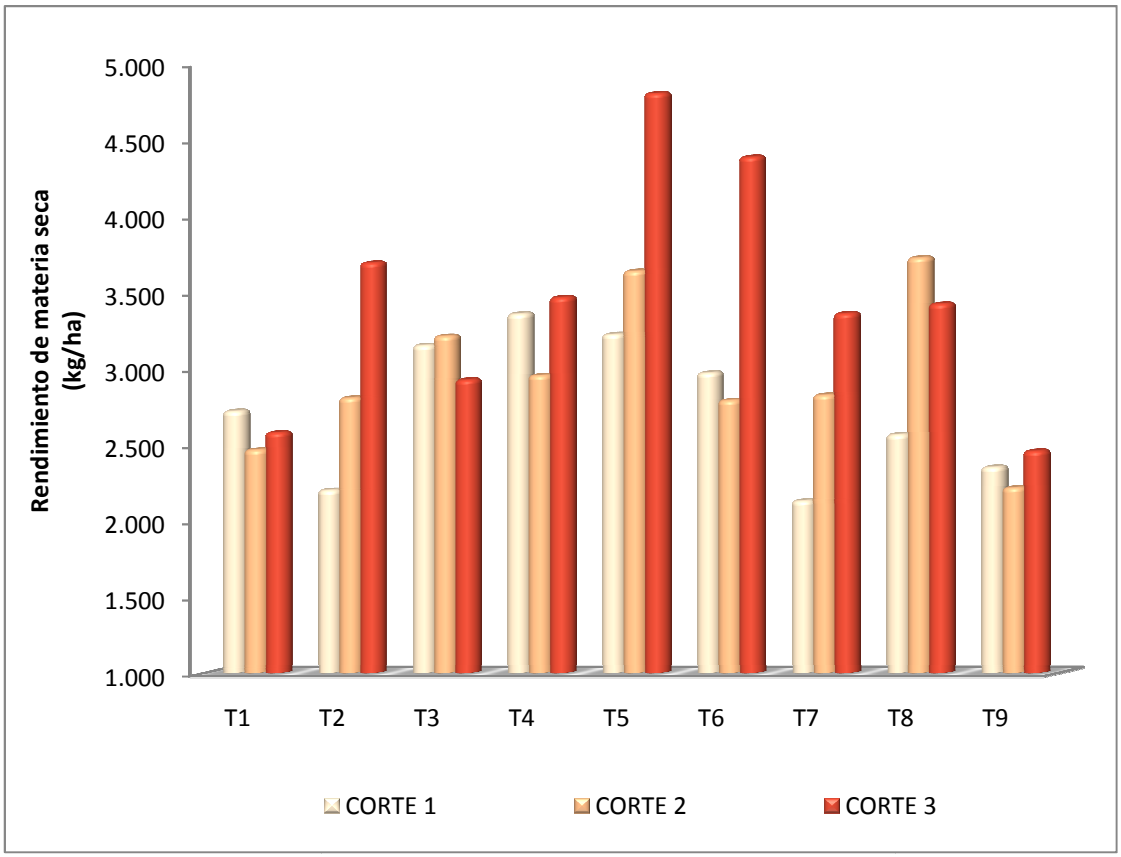


Figura 15: Rendimiento de materia seca de la mezcla forrajera

Los resultados obtenidos en el presente ensayo concuerdan con Bernal y Espinosa (2003), quienes afirman que la respuesta de los pastos a la fertilización se expresa de diferente manera, y el efecto más notable de la fertilización es el incremento de materia seca. Esta respuesta es la que generalmente se analiza para demostrar los beneficios obtenidos con la fertilización.

En la Figura 16, se muestran los promedios obtenidos con los tratamientos de fertilización. El tratamiento T5 (Ecoabonaza 5 t/ha) expresó el mayor potencial de

rendimiento de materia seca, 3.891,15 kgMS/ha y del tratamiento T9 (biol 200 l/ha) se obtuvo el menor rendimiento de materia seca 14.393,31 kgMS/ha.

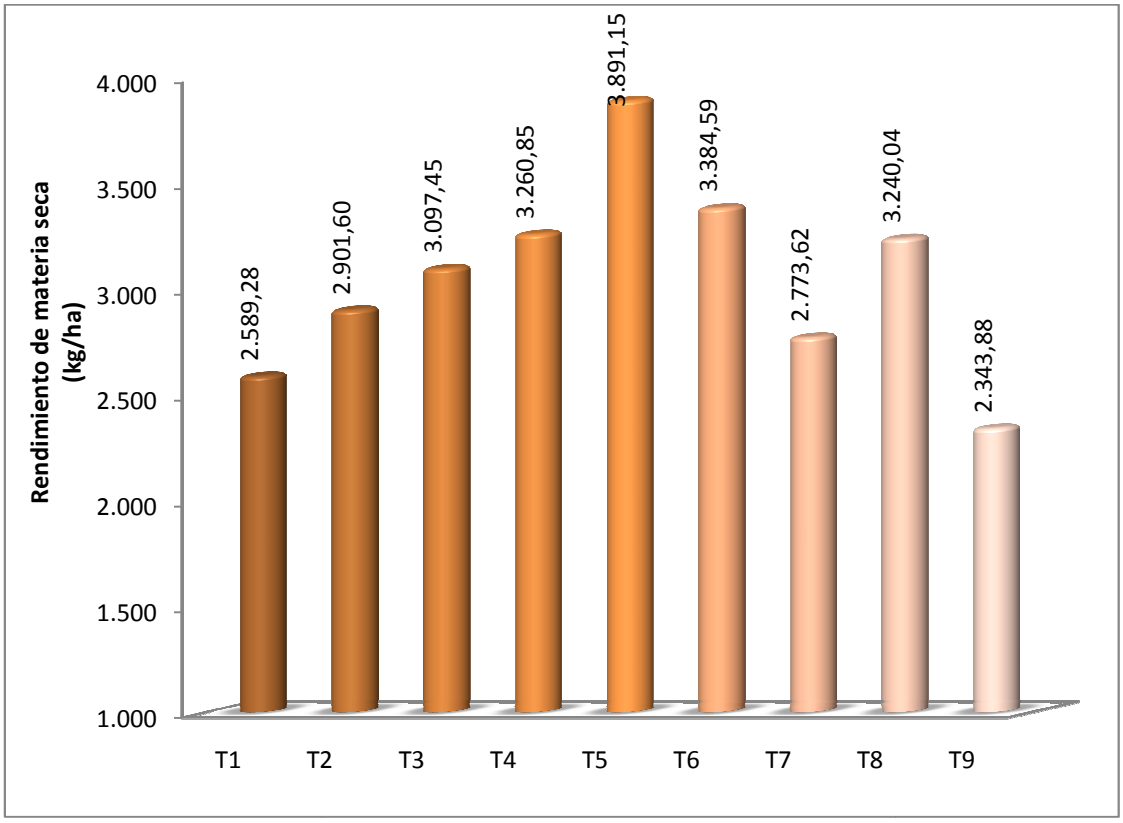


Figura 16: Promedios de producción de materia seca de la mezcla forrajera

Al realizar la comparación entre los tipos de fertilización que se utilizaron, se tiene que en la fertilización química, con Fertiforraje producción se obtuvo un rendimiento del 7% mayor al testigo y con Yaramila Activa se produjo un rendimiento mayor del 27%. En la fertilización complementaria esta tendencia se mantiene, Yaramila Activa presentó un rendimiento del 36% mayor al testigo y Fertiforraje producción presentó el 11% de incremento en el rendimiento de materia seca.

De los tratamientos de fertilización orgánica, con la que se obtuvo el mejor rendimiento a nivel general fue con 5 t/ha, seguido de la dosis de 7 t/ha, las que presentaron rendimientos mayores del 57% y 45% respectivamente. Con la dosis de 3 t/ha el rendimiento aumentó en un 38% con respecto a testigo.

La fertilización con biol no dio los resultados esperados, tuvo un rendimiento 13% menor al testigo.

De los resultados obtenidos, se puede observar que el mejor tratamiento de fertilización es el orgánico con una dosis de 5 t /ha de Ecoabonaza; en este suelo es innecesaria la fertilización complementaria, puesto que se obtienen resultados menores a los obtenidos con la fertilización orgánica.

3.3.4 ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA

Para el análisis de la composición botánica se separó cada especie por cortes, para observar con mayor facilidad la evolución de las mismas, como se observa en la Tabla 25.

La Tabla 24, presenta el análisis de varianza realizado para cada especie, se presentó diferencia estadística entre los tratamientos aplicados para las tres especies. En el caso de las leguminosas y el llantén los porcentajes disminuyeron en cada corte, mientras que el porcentaje de gramíneas, se incrementó con cada corte.

Tabla 24: Análisis de varianza para la variable composición botánica de llantén, leguminosa y gramínea de la mezcla forrajera

		CUADRADOS MEDIOS		
Fuentes de variación	**gl**	**LLANTÉN**	**LEGUMINOSAS**	**GRAMÍNEAS**
Total	26			
Tratamiento	8	24,07*	22,32*	46,29*
Error	18	12,79	26,21	47,56
CV (%)		23,76	27,45	8,51

* Diferencia significativa al 5%

Tabla 25: Composición botánica de la mezcla forrajera

CÓD.	TRATAMIENTO	LEGUMINOSAS					LLANTÉN					GRAMÍNEAS				
		CORTE			SUMA	MEDIA	CORTE			SUMA	MEDIA	CORTE			SUMA	MEDIA
		1	2	3			1	2	3			1	2	3		
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
T1	Testigo absoluto	13,00	16,00	15,80	44,80	**14,93** [b]	6,70	3,70	3,50	13,90	**4,63** [a]	80,30	80,30	80,70	241,30	**80,43** [ab]
T2	Fertiforraje producción (150 kg/ha)	16,50	11,30	12,20	40,00	**13,33** [ab]	15,70	7,30	6,60	29,60	**9,87** [ab]	67,80	81,40	81,20	230,40	**76,80** [ab]
T3	Yaramila Activa (150 kg / ha)	8,70	13,50	3,40	25,60	**8,53** [ab]	11,50	3,70	3,90	19,10	**6,37** [ab]	79,80	82,80	92,70	255,30	**85,10** [ab]
T4	Ecoabonaza (3 t / ha)	14,90	15,70	2,00	32,60	**10,87** [ab]	15,30	7,00	7,30	29,60	**9,87** [ab]	69,80	77,20	90,80	237,80	**79,27** [ab]
T5	Ecoabonaza (5 t / ha)	7,20	15,80	1,00	24,00	**8,00** [a]	11,10	8,20	10,60	29,90	**9,97** [ab]	81,70	76,00	88,40	246,10	**82,03** [ab]
T6	Ecoabonaza (7 t / ha)	15,40	8,10	1,40	24,90	**8,30** [ab]	11,40	14,50	8,90	34,80	**11,60** [b]	73,20	77,40	89,70	240,30	**80,10** [ab]
T7	Ecoabonaza (5 t / ha) + Fertiforraje producción (100 kg/ha)	14,00	11,20	4,30	29,50	**9,83** [ab]	10,70	3,20	3,40	17,30	**5,77** [ab]	75,40	85,60	92,30	253,30	**84,43** [ab]
T8	Ecoabonaza (5 t / ha) + Yaramila Activa (100 kg / ha)	11,40	10,40	5,10	26,90	**8,97** [ab]	3,10	5,60	4,70	13,40	**4,47** [a]	85,50	83,90	90,20	259,60	**86,53** [b]
T9	Biol (200 l / ha)	14,10	14,50	14,40	43,00	**14,33** [ab]	15,00	10,60	7,50	33,10	**11,03** [b]	70,80	74,90	78,00	223,70	**74,57** [a]

[ab] Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p<=0,05$)

En la figura 17, se muestra el comportamiento de la composición de leguminosas durante los tres cortes y se observa que el porcentaje de leguminosas disminuyó notablemente en el tercer corte, excepto en el caso del testigo T1 y el tratamiento T9 (Biol 200 l/ha) los cuales mantuvieron un pequeño incremento con cada corte.

De manera general el testigo absoluto presentó el mayor porcentaje de leguminosas y el menor porcentaje lo presentó el tratamiento T5 (Ecoabonaza 5 t/ha) con el 14,93% y el 8,00% respectivamente.

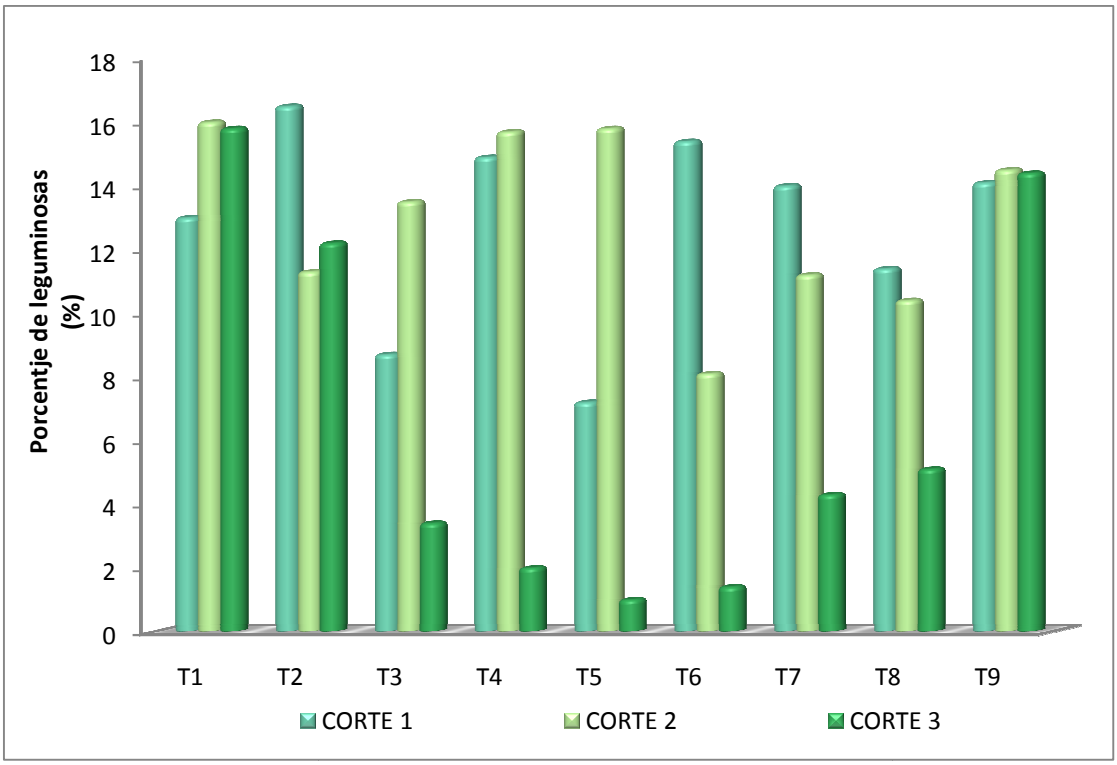


Figura 17: Porcentaje de leguminosas presentes en la mezcla forrajera durante los tres cortes.

Durante el primer corte el mayor porcentaje de leguminosas se presentó en el tratamiento T2 (Fertiforraje producción 150 kg/ha) del 16,5%, mientras que el menor porcentaje se presentó en el T5 (Ecoabonaza 5 t/ha) de 7,2%.

En el segundo corte el porcentaje de leguminosas presentó una tendencia de decrecimiento en los tratamientos T2 (Fertiforraje producción 150 kg/ha), T7 (Ecoabonaza 5 t/ha+ Fertiforraje producción 100 kg/ha) y T8 (Ecoabonaza 5 t/ha + Yaramila Activa 100 kg/ha).

En el tercer corte la tendencia de decrecimiento del porcentaje de leguminosas es drástica, los tratamientos con fertilización orgánica y complementaria presentaron los menores porcentajes entre el 1 y 5,1 %.

Esta disminución puede deberse, a que inicialmente el análisis de suelos indicó que el pH era de 6,1 (ligeramente ácido) y al aplicar consecutivamente gallinaza el pH debió disminuir y de acuerdo con Bordoli (1990), las leguminosas son muy sensibles a la acidez, la cual influye en la persistencia de las mismas en las praderas.

La presencia del llantén disminuyó durante los cortes, esto confirmaría una ligera acidificación del suelo, debido a que al llantén se lo considera como un indicador que prolifera a pH elevados (Perdomo, 2006). Como se puede observar en la Figura 18, los porcentajes más bajos se obtuvieron durante el tercer corte, todos los tratamientos se vieron afectados por este fenómeno.

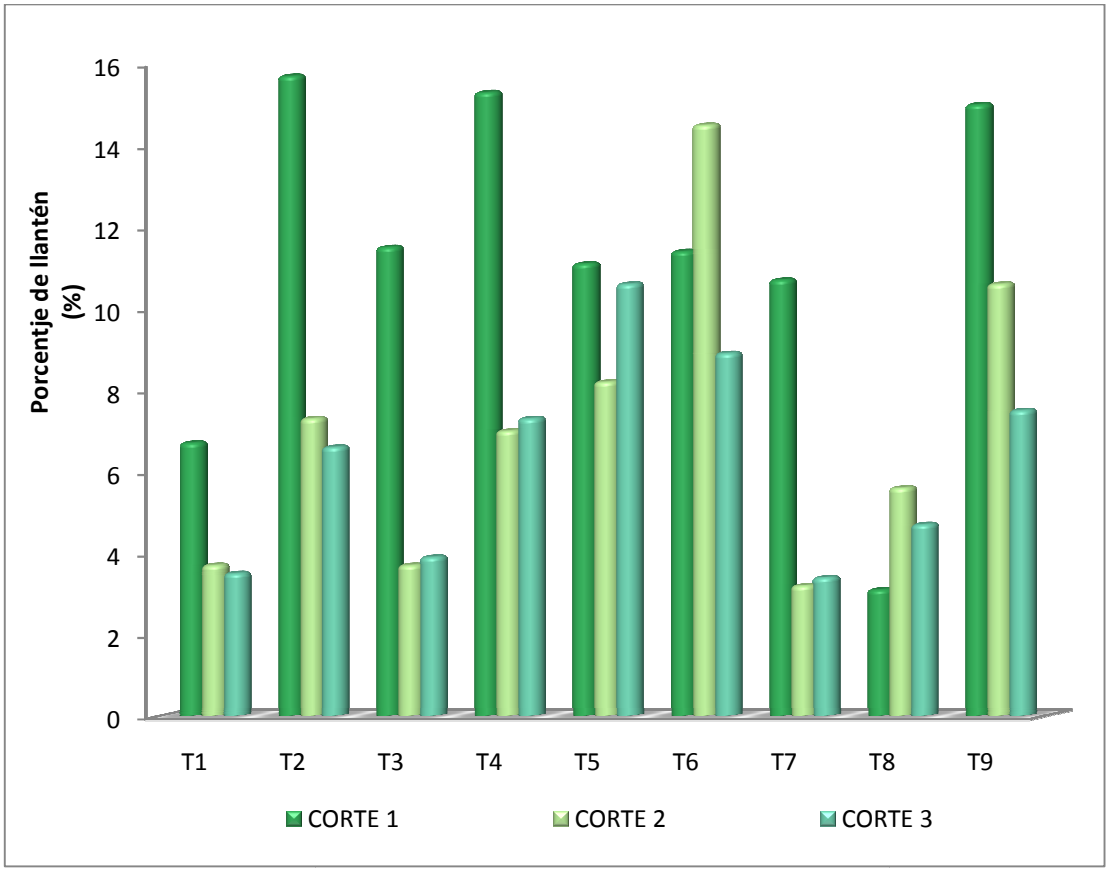


Figura 18: Porcentaje de llantén presente en la mezcla forrajera durante los tres cortes.

El porcentaje de gramíneas se incrementó en cada corte porque macollaron, como se puede apreciar en la Figura 19, esto se debe a que el nitrógeno tiene un efecto sobre la composición botánica de la pastura, especialmente en asociaciones de gramíneas con leguminosas, lo que favoreció el crecimiento de la gramínea debido a que ésta tiene una mayor facilidad y eficiencia para absorber iones monovalentes de N, K, etc., que las leguminosas (Bernal y Espinosa, 2003).

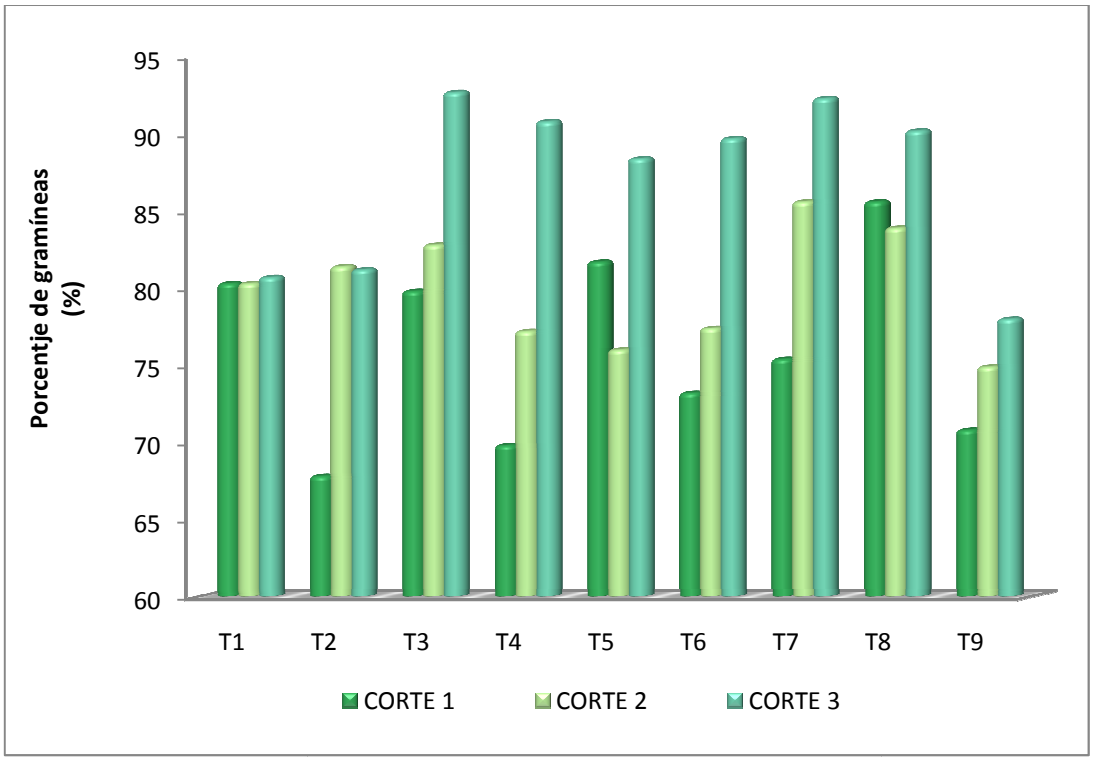


Figura 19: Porcentaje de gramíneas presentes en la mezcla forrajera durante los tres cortes.

De manera general se dio una tendencia de incremento del porcentaje con cada corte, a excepción del testigo, el cual no presentó variaciones durante los tres cortes.

Durante el primer corte, el tratamiento T8 (Ecoabonaza 5 t/ha + Yaramila Activa 100 kg/ha) presentó el mayor porcentaje de gramíneas, un 85,5%; en el segundo corte el tratamiento T7 (Ecoabonaza 5 t/ha+ Fertiforraje producción 100 kg/ha) presentó el mayor porcentaje de gramíneas, con un 85,6% y en el tercer corte los tratamientos T3 (Yaramila Activa 150 kg/ha) y T7 (Ecoabonaza 5 t/ha+ Fertiforraje producción 100 kg/ha) con un 92,7% y 92,3% respectivamente.

3.3.5 ALTURA DE LA MEZCLA FORRAJERA

Los datos obtenidos de las mediciones de la altura de la mezcla forrajera al día 20 y al día 36 después de cada corte se muestran en la Tabla 26.

Tabla 26: Alturas de la mezcla forrajera medidas en los días 20 y 36 después de cada corte

CÓD.	TRATAMIENTO	ALTURA DÍA 20				ALTURA DÍA 36			
		CORTE 1 (cm)	CORTE 2 (cm)	CORTE 3 (cm)	MEDIA (cm)	CORTE 1 (cm)	CORTE 2 (cm)	CORTE 3 (cm)	MEDIA (cm)
T1	Testigo absoluto	20,20	27,80	39,30	**29,10** [a]	33,40	37,60	59,20	**43,40** [a]
T2	Fertiforraje producción (150 kg/ha)	23,30	31,70	38,20	**31,07** [a]	38,80	40,00	60,50	**46,43** [a]
T3	Yaramila Activa (150 kg/ha)	21,90	33,10	37,40	**30,80** [a]	37,70	39,40	61,30	**46,13** [a]
T4	Ecoabonaza(3 t/ha)	21,30	30,60	38,90	**30,27** [a]	35,50	40,60	62,20	**46,10** [a]
T5	Ecoabonaza(5 t/ha)	22,60	31,60	38,30	**30,83** [a]	37,20	40,50	63,00	**46,90** [a]
T6	Ecoabonaza(7 t ha)	22,50	34,10	40,20	**32,27** [a]	36,80	41,80	63,30	**47,30** [a]
T7	Ecoabonaza (5 t/ha) + Fertiforraje producción (100 kg/ha)	24,80	31,70	38,00	**31,50** [a]	35,40	36,30	60,50	**44,07** [a]
T8	Ecoabonaza (5t/ha)+ Yaramila Activa (100 kg/ha)	21,80	34,60	41,60	**32,67** [a]	38,20	44,10	67,60	**49,97** [a]
T9	Biol (200 L / ha)	21,60	26,30	34,30	**27,40** [a]	33,40	33,70	55,80	**40,97** [a]

[ab] Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<=0,05)

En la Tabla 27 se presenta el análisis de varianza para la altura de la mezcla forrajera, la cual no presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Tabla 27: Análisis de varianza para la variable altura de la mezcla forrajera al día 20 y al día 36 a los tres cortes de la mezcla forrajera

		CUADRADOS MEDIOS	
Fuentes de variación	**gl**	**DÍA 20**	**DÍA 36**
Total	26		
Tratamiento	8	7,78 [ns]	20,04 [ns]
Error	18	68,71	191,07
CV (%)		27,04	29,25

[ns] No significancia

La altura de la mezcla forrajera y el rendimiento de materia verde están íntimamente relacionados entre sí, es así que existen métodos de cálculo del rendimiento de materia verde a partir de la altura de forraje. En el caso específico del presente estudio, la altura de la mezcla forrajera aumentó, esto influyó en el incremento del rendimiento de materia verde, y consecuentemente en el rendimiento de materia seca.

En la Figura 20, se presentan las alturas de la mezcla forrajera al día 20 después de cada corte, las mismas que muestran una tendencia de crecimiento constante en cada corte. El tratamiento T8 (Ecoabonaza 5t/ha + Yaramila Activa 100 kg/ha), nuevamente presentó la mayor altura promedio, de 49,97 cm, mientras que el tratamiento T9 (Biol 200 l/ha) presentó la menor altura promedio de 40,97 cm.

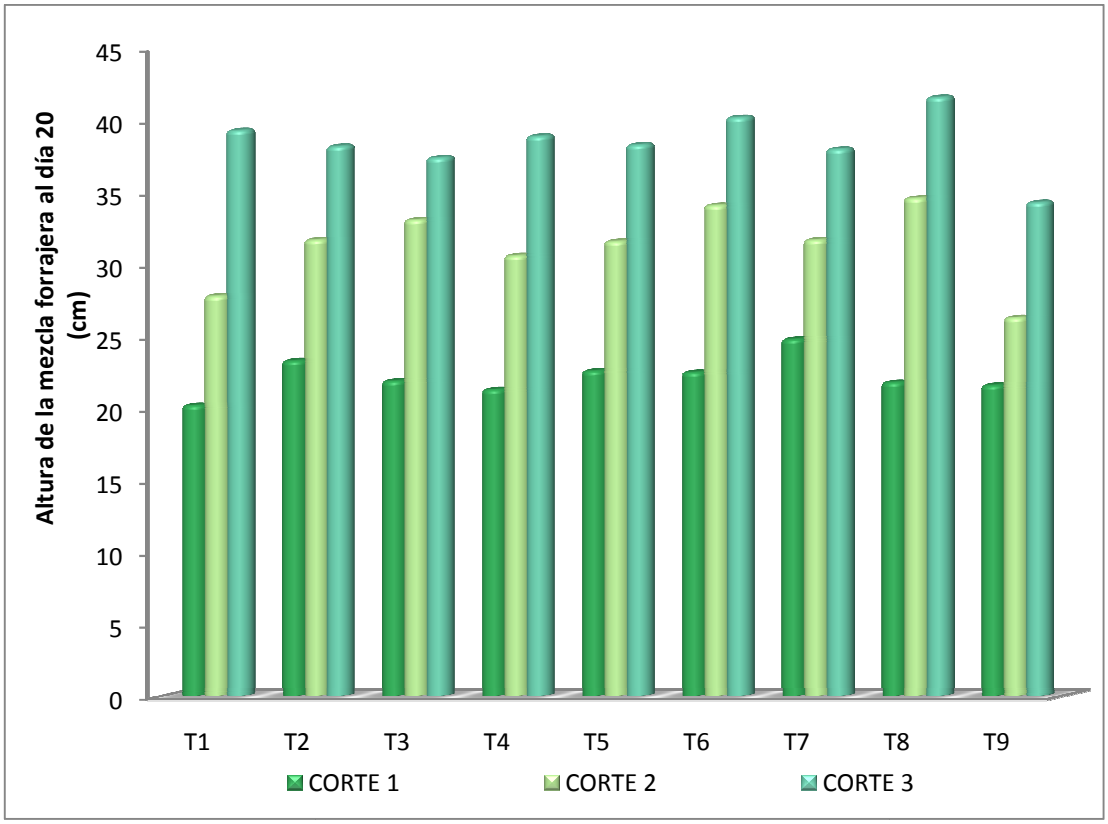


Figura 20: Alturas de la mezcla forrajera al día 20 después de cada corte

La altura de la mezcla forrajera medidas al día 36 después de cada corte, muestran un pequeño incremento entre el primer y segundo corte y aumentan considerablemente en el tercer corte, como se observa en la Figura 21.

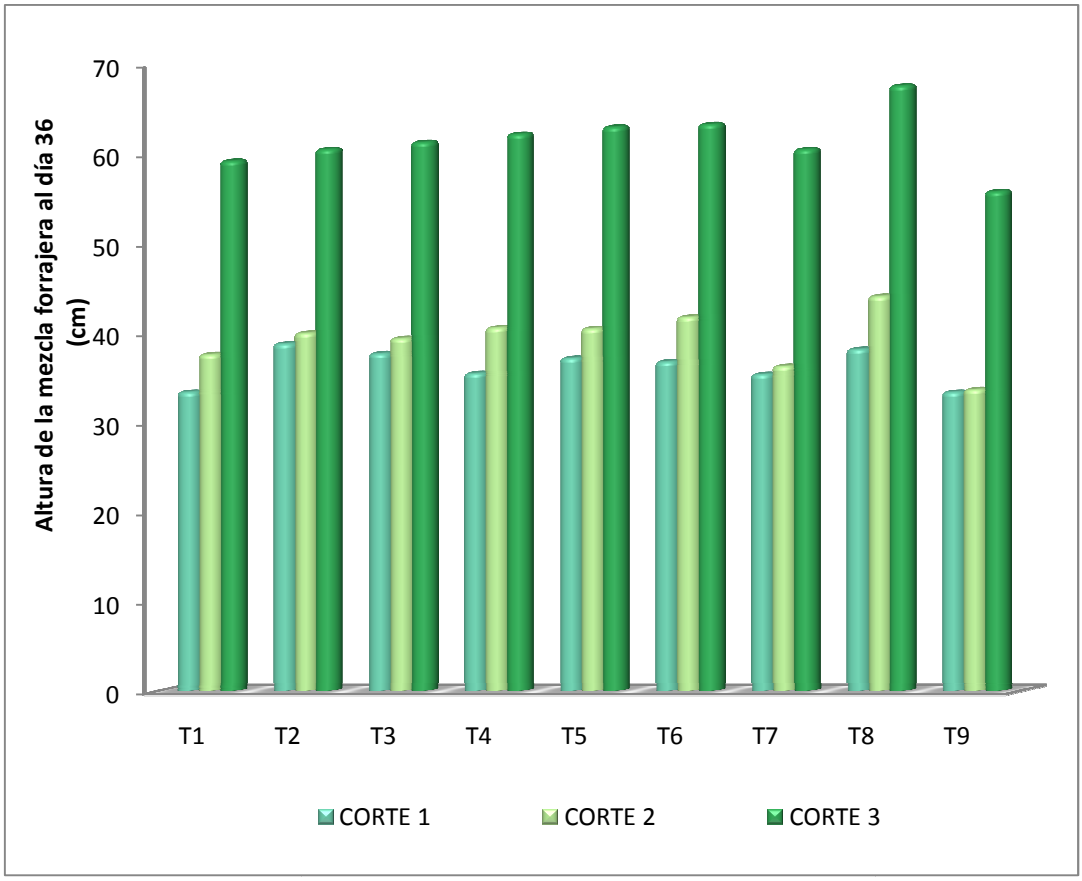


Figura 21: Alturas de la mezcla forrajera al día 36 después de cada corte.

Se mantuvo la tendencia de las alturas de la mezcla al día 20 y el tratamiento T8 (Ecoabonaza 5t/ha + Yaramila Activa 100 kg/ha), nuevamente presentó la mayor altura promedio de 32,67 cm, al igual que el tratamiento T9 (Biol 200 l/ha), que presentó la menor altura promedio de 29,10 cm.

Como se puede observar en las Figuras 20 y 21, la altura de la mezcla forrajera se incrementa con cada corte, el aumento de la altura de la planta con la aplicación de fertilizante, es la respuesta fisiológica del pasto, cuando crece en un medio donde existe mayor suministro de elementos nutritivos, dándole oportunidad al pastizal de expresar su potencial forrajero.

Como se ha mencionado antes, el testigo también responde por la mineralización de la materia orgánica inicial del suelo. Esto a su vez conlleva el incremento de materia verde, lo que hace que el cultivo sea más productivo.

3.3.6 TASA DE CRECIMIENTO

Los datos calculados para la tasa de crecimiento de la mezcla forrajera se presentan en la Tabla 28.

Tabla 28: Tasa de crecimiento de la mezcla forrajera

CÓD.	TRATAMIENTO	CORTE			SUMA	MEDIA
		1 (kg/ha)	2 (kg/ha)	3 (kg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)
T1	Testigo absoluto	88,65	79,67	80,67	249,00	**83,00** [ab]
T2	Fertiforraje producción (150kg/ha)	69,84	91,69	116,36	277,88	**92,63** [ab]
T3	Yaramila Activa (150 kg / ha)	98,85	99,94	95,73	294,52	**98,17** [ab]
T4	Ecoabonaza (3 t / ha)	99,16	92,83	107,92	299,92	**99,97** [ab]
T5	Ecoabonaza (5 t / ha)	88,46	103,61	129,42	321,48	**107,16** [b]
T6	Ecoabonaza (7 t / ha)	89,35	85,76	135,40	310,52	**103,51** [ab]
T7	Ecoabonaza (5 t / ha) + Fertiforraje producción (100 kg / ha)	58,99	77,52	92,21	228,72	**76,24** [ab]
T8	Ecoabonaza (5 t / ha) + Yaramila Activa (100 kg / ha)	57,12	83,88	75,82	216,83	**72,28** [ab]
T9	Biol (200 L / ha)	49,09	46,30	51,12	146,51	**48,84** [a]

[ab] Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<=0,05)

De acuerdo al análisis estadístico presentado en la tabla 29, esta variable presentó diferencias estadísticas entre tratamientos y se obtuvo en el tercer corte la mayor tasa de crecimiento de la mezcla forrajera.

Tabla 29: Análisis de varianza para la variable tasa de crecimiento de la mezcla forrajera.

Fuentes de variación	Gl	CUADRADOS MEDIOS
Total	26	
Tratamiento	8	1053,24*
Error	18	254,97
CV (%)		18,38

* Diferencia significativa al 5%

El tratamiento T5 (Ecoabonaza 5t/ha) presentó la tasa promedio de crecimiento más alta, de 103,51 kg MS/ha/día y el tratamiento T9 (Biol 200 l/ha) presentó la menor tasa promedio de crecimiento, de 48,84 kg MS/ha/día.

De manera general, la tendencia fue de incremento de la tasa de crecimiento con cada corte, excepto en el testigo como se puede apreciar en la figura 22.

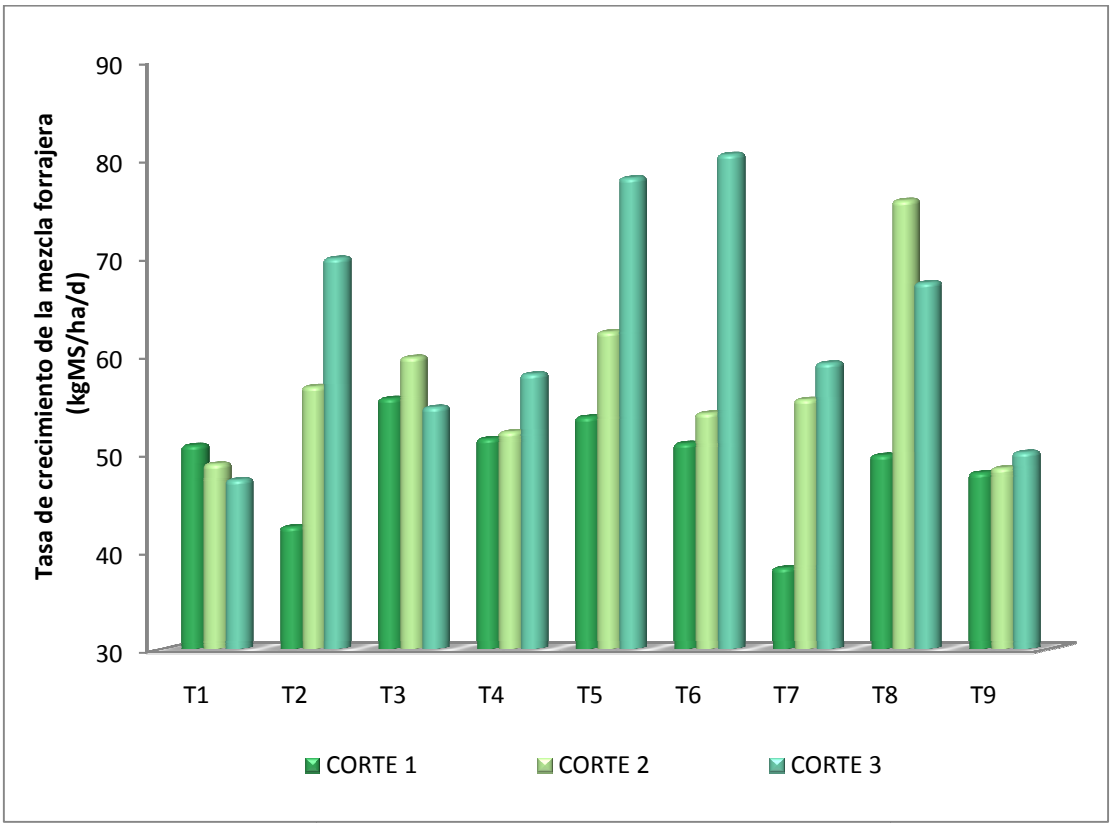


Figura 22: Tasa de crecimiento de la mezcla forrajera en los tres cortes

En el primer corte, la mayor tasa de crecimiento 99,16 kg MS/ha/d, la presentó el tratamiento T4 (Ecoabonaza 5 t/ha), mientras el tratamiento T9 (Biol 200 l/ha) presentó la menor tasa de crecimiento, 49,09 kg MS/ha/d.

Durante el segundo corte, el tratamiento T5 (Ecoabonaza 5 t/ha), registró la mayor tasa de crecimiento, 103,61 kg MS/ha/día, mientras que la menor tasa de crecimiento se registró con el tratamiento T9 (Biol 200 l/ha) y el testigo con 46,30 y 79,67 kg MS/ha/día respectivamente.

En el tercer corte el tratamientos T6 (Ecoabonaza 7 t/ha), presentó la mayor tasa de crecimiento con 135,40 kg MS/ha/día. La menor tasa de crecimiento se obtuvo con el tratamiento T9 (Biol 200 l/ha), 51,12 kg MS/ha/día.

Los tratamientos de fertilización incrementaron la tasa de crecimiento, esto es de gran ayuda, pues se podría reducir el tiempo entre los cortes y de esta manera obtener mayor producción en el año.

3.3.7 ANÁLISIS DEL GRADIENTE DE COLORACIÓN

El análisis de coloración se realizó para evaluar la respuesta de la mezcla forrajera a los diferentes tratamientos y su influencia en la coloración. Al inicio del macollamiento (día 8), a mitad del crecimiento (día 20) y antes del corte (día 36), como se indica en la Tabla 31.

El análisis de varianza que se detalla en la Tabla 30, se realizó para el segundo y tercer corte, debido a que no se utilizó la misma escala durante el primer corte.

No se presentó diferencia estadística entre tratamientos para el gradiente de coloración medido en los días 8, 20 y 36. La coloración tuvo una tendencia de disminución al tercer corte.

Tabla 30: Análisis de varianza para la variable gradiente de coloración al día 8, 20 y 36 entre cortes de la mezcla forrajera

		CUADRADOS MEDIOS		
Fuentes de variación	**gl**	**DÍA 8**	**DÍA 20**	**DÍA 36**
Total	17			
Tratamiento	8	0,02 ^{ns}	0,2 ^{ns}	3,8E-03 ^{ns}
Error	9	0,02	0,4	0,02
CV (%)		5,76	6,13	4,12

^{ns} No significancia

Tabla 31: Gradiente de coloración medido con la Tabla de Comparación de Colores de cuatro paneles en los días 8, 20 y 36 de cada corte

CÓD.	TRATAMIENTO	DÍA 8				DÍA 20				DÍA 36			
		CORTE		SUMA	MEDIA	CORTE		SUMA	MEDIA	CORTE		SUMA	MEDIA
		2	3			2	3			2	3		
T1	Testigo absoluto	2,80	2,60	5,40	**2,70** [a]	3,00	3,50	6,50	**3,25** [a]	3,30	3,50	6,80	**3,40** [a]
T2	Fertiforraje producción (150 kg / ha)	2,70	2,60	5,30	**2,65** [a]	3,50	3,10	6,60	**3,30** [a]	3,30	3,30	6,60	**3,30** [a]
T3	Yaramila Activa (150 kg / ha)	2,90	2,60	5,50	**2,75** [a]	3,40	3,40	6,80	**3,40** [a]	3,50	3,30	6,80	**3,40** [a]
T4	Ecoabonaza (3 t / ha)	2,60	2,60	5,20	**2,60** [a]	3,10	3,40	6,50	**3,25** [a]	3,60	3,30	6,90	**3,45** [a]
T5	Ecoabonaza (5 t / ha)	2,90	2,50	5,40	**2,70** [a]	3,30	3,40	6,70	**3,35** [a]	3,50	3,30	6,80	**3,40** [a]
T6	Ecoabonaza (7 t / ha)	2,90	2,70	5,60	**2,80** [a]	3,50	3,30	6,80	**3,40** [a]	3,50	3,30	6,80	**3,40** [a]
T7	Ecoabonaza (5 t / ha) + Fertiforraje producción (100 kg / ha)	2,90	2,70	5,60	**2,80** [a]	3,20	3,20	6,40	**3,20** [a]	3,50	3,20	6,70	**3,35** [a]
T8	Ecoabonaza (5 t / ha) + Yaramila Activa (100 kg / ha)	2,70	2,60	5,30	**2,65** [a]	3,10	3,40	6,50	**3,25** [a]	3,40	3,40	6,80	**3,40** [a]
T9	Biol (200 L / ha)	2,40	2,60	5,00	**2,50** [a]	3,00	3,30	6,30	**3,15** [a]	3,30	3,40	6,70	**3,35** [a]

[ab] Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p<=0,05$)

De manera general, en el día 8, es decir a inicio del macollamiento (aparición de macollos), la mezcla presenta una coloración más clara de 2,7, que corresponde al panel verde amarillento del la Tabla de comparación de colores (TCC). Los tratamientos con Ecoabonaza (3, 5 y 7 t/ha), presentaron las coloraciones más oscuras dentro del rango durante el segundo corte, mientras que el tratamiento T9 (Biol 200 l/ha) presentó la coloración más clara. En el tercer corte los gradientes fueron similares en todos los tratamientos.

Al día 20, se acentúa la coloración verde con un promedio de 3,3, al que le corresponde una coloración intermedia entre el panel 3 y el 3,5 de la TCC. El tratamiento T6 (Ecoabonaza 7 t/ha) presentó la coloración más oscura, mientras que el testigo y el tratamiento T9 (Biol 200 l/ha), las coloraciones más claras.

Finalmente al día 36, no existe mucha diferencia con el día 20, el promedio general es de 3,4, un verde más intenso. En ningún caso se llegó a la coloración más intensa, que correspondía al panel 4,5.

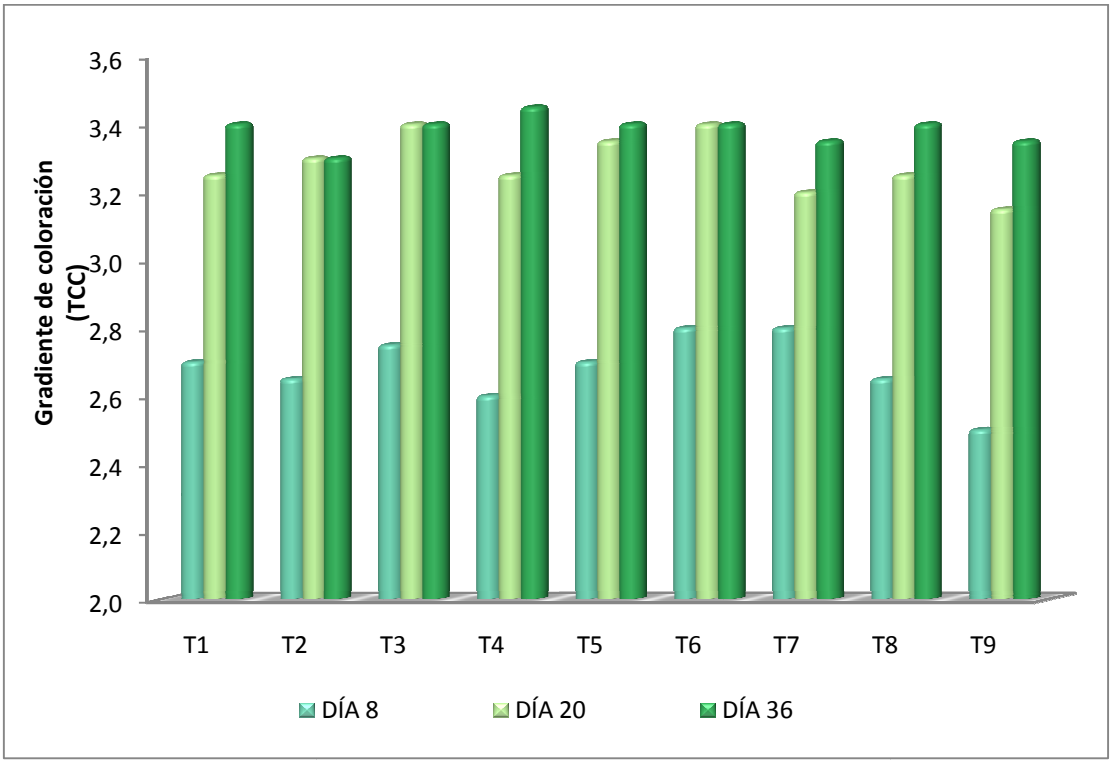


Figura 23: Promedio del gradiente de coloración de la mezcla forrajera al día 8, día 20 y día 36

Este comportamiento corresponde al hecho de que la planta tiende a restablecer su aparato fotosintético después de un evento de defoliación. Las hojas nuevas son delgadas con un porcentaje del 80 a 90% de agua, lo que les confiere una tonalidad más clara al inicio del macollamiento.

Cabe señalar que en las mediciones del gradiente de color, se tomó en cuenta a todas las especies de la mezcla.

En la Figura 24, se muestra la mezcla forrajera del tratamiento con Ecoabonaza 5 t/ha, en los diferentes días de medición.

Figura 24: Mezcla forrajera al día 8(sup izq), al día 20 (sup der) y al día 36 (inf centro)

La TCC es usada como medida indirecta del nivel de fertilización en arroz, actualmente el INIAP se realiza estudios para adaptar la misma para medir el nivel de fertilización en el maíz y papa; en este estudio, solo se utilizó como una referencia de color.

3.3.8 ANÁLISIS DEL VALOR NUTRICIONAL

En la Tabla 32, se presentan los resultados obtenidos del análisis bromatológico de cada uno de los tratamientos aplicados en la mezcla forrajera.

De acuerdo a León y Tobón (2003), la fertilización en general no aumenta el contenido de proteína y minerales de los pastos, por consiguiente, no eleva su valor nutritivo. En estos casos, el beneficio de la fertilización consiste en la mayor producción de forraje y de nutrientes totales por unidad de área.

La proteína cruda, que es el indicador de calidad del forraje, va de 23 a 30%, que de manera general es mayor al obtenidos por Sotomayor (2001) en un ensayo similar donde se obtuvo un rango de proteína cruda de 19 a 25%, lo que sugiere que la fertilización si afectó a la calidad del forraje.

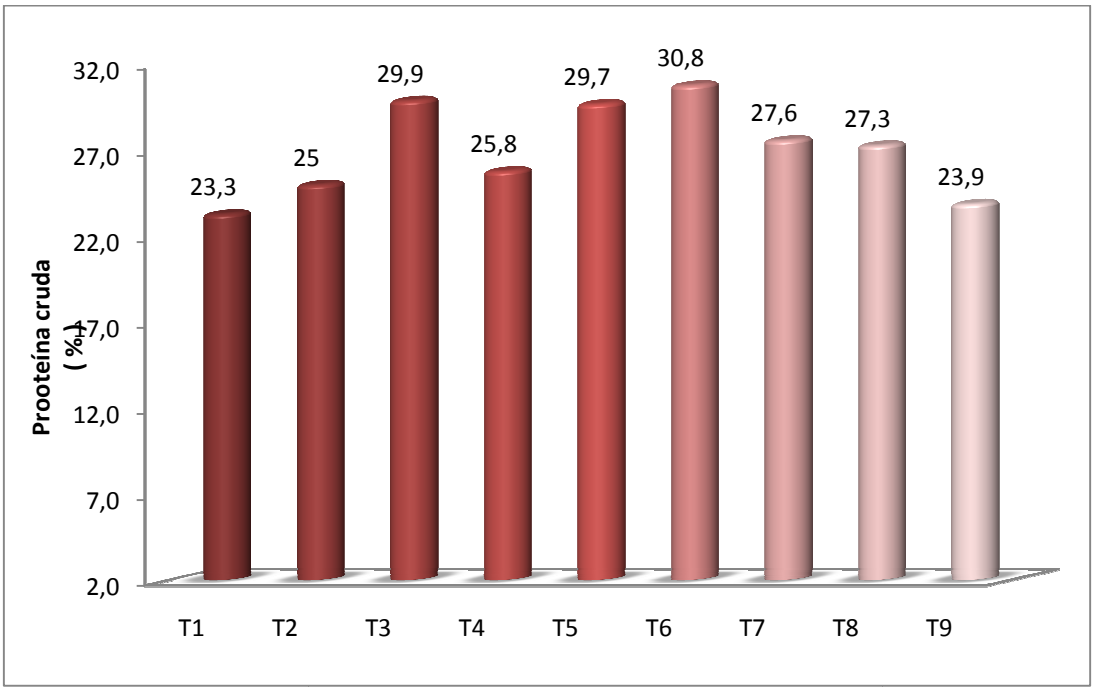


Figura 25: Porcentaje de proteína cruda de la mezcla forrajera

Tabla 32: Análisis bromatológico de la mezcla forrajera con los diferentes tratamientos aplicados

				PORCENTAJE EN BASE SECA								
CÓD.	**TRATAMIENTO**	**HUMEDAD**	**MATERIA SECA**	**CENIZA CRUDA**	**PROTEÍNA CRUDA**	**EXTRACTO ETÉREO**	**FIBRA CRUDA**	**EXTRACTO NO NITROGENADOS**	**Ca**	**P**	**K**	**ENERGÍA BRUTA**
		%	**%**	**%**	**%**	**%**	**%**	**%**	**%**	**%**	**%**	**(kcal/kg)**
T1	Testigo absoluto	87,4	12,6	16,6	23,3	2,9	24,4	32,8	0,664	0,612	0,465	3490
T2	Fertiforraje producción (150 kg / ha)	86,5	13,5	15,3	25,0	3,0	25,1	31,6	0,655	0,653	0,457	3530
T3	Yaramila Activa (150 kg / ha)	87,5	12,5	16,4	29,9	2,1	23,4	28,2	0,824	0,600	0,532	3450
T4	Ecoabonaza (3 t / ha)	86,9	13,1	16,2	25,8	2,9	28,6	26,5	0,687	0,558	0,578	3506
T5	Ecoabonaza (5 t / ha)	88,0	12,0	16,2	29,7	4,0	24,5	25,6	0,795	0,616	0,443	3552
T6	Ecoabonaza (7 t / ha)	83,5	16,5	19,4	30,8	2,8	23,7	23,3	0,797	0,793	0,320	3302
T7	Ecoabonaza (5 t / ha) + Fertiforraje producción (100 kg / ha)	87,1	12,9	17,4	27,6	2,5	21,5	31,0	0,667	0,524	0,506	3464
T8	Ecoabonaza (5 t / ha) + Yaramila Activa (100 kg / ha)	87,4	12,6	15,4	27,3	2,6	23,2	31,5	0,718	0,815	0,525	3539
T9	Biol (200 L / ha)	86,4	13,6	13,9	23,9	2,2	18,4	11,6	8,130	0,583	0,458	3566

Fuente: Laboratorio de Nutrición Animal UCE

La proteína presente en todos los tratamientos cubre los requerimientos del ganado que de acuerdo a NCR (1996) y Taylor (1999) es de 8,3% para el ganado con mayor requerimiento de proteína.

En lo que respecta a energía metabolizante, el tratamiento T9 (Biol 200 l/ha) presentó el nivel más alto 3566 kcal/kg, seguido por el tratamiento T5 (Ecoabonaza 5 t/ha) con 3552 kcal/kg, mientras que el tratamiento T6 (Ecoabonaza 7 t/ha) presentó el menor valor de energía, 3302 kcal/kg. Estos niveles sobrepasan los requerimientos más altos del ganado que son de 2230 kcal/kg de acuerdo con la NCR, 1996 y Taylor, 1999.

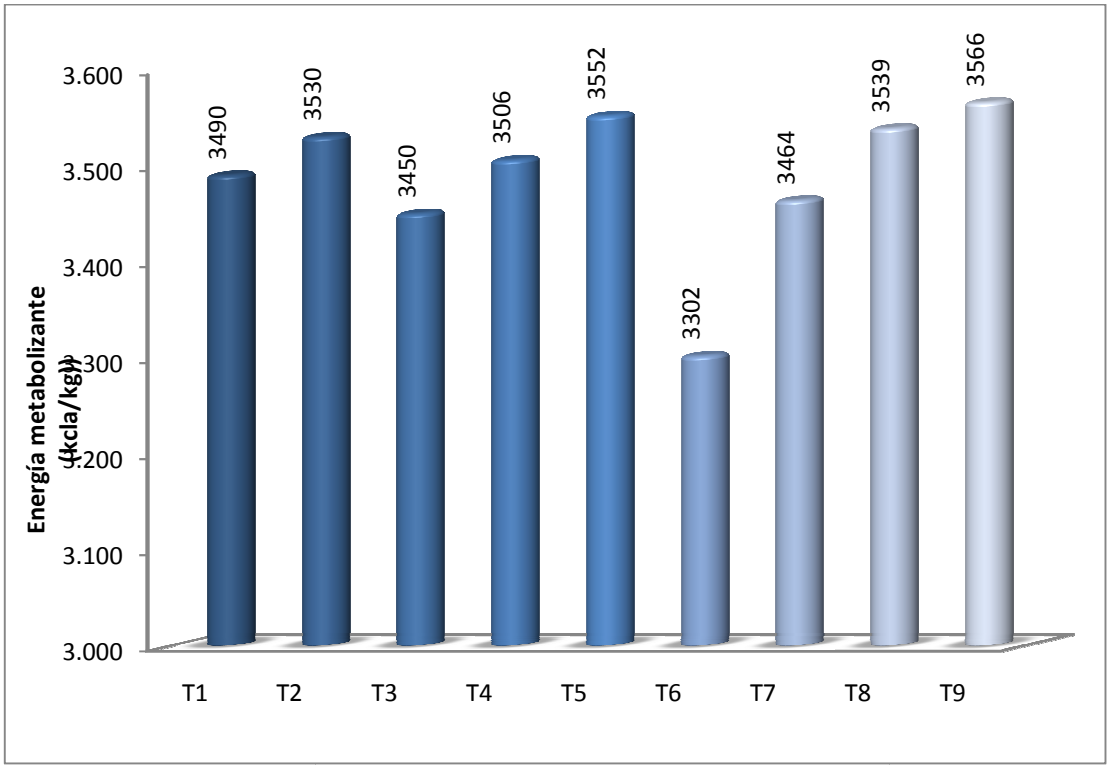


Figura 26: Energía metabolizante de la mezcla forrajera

En cuanto a los minerales, en todos los tratamientos tanto el calcio como el fósforo supera los niveles de aporte mineral por calidad forrajera que se considera como buena de acuerdo a Garmendia (2007), para el calcio > 0,3% y para el fósforo >0,25%; en este ensayo se obtuvo para el calcio un promedio de 0,72% sin contar al tratamiento T9 (Biol 200 l/ha) que tuvo un aporte del 8%, y de fósforo se obtuvo un promedio general de 0,64%

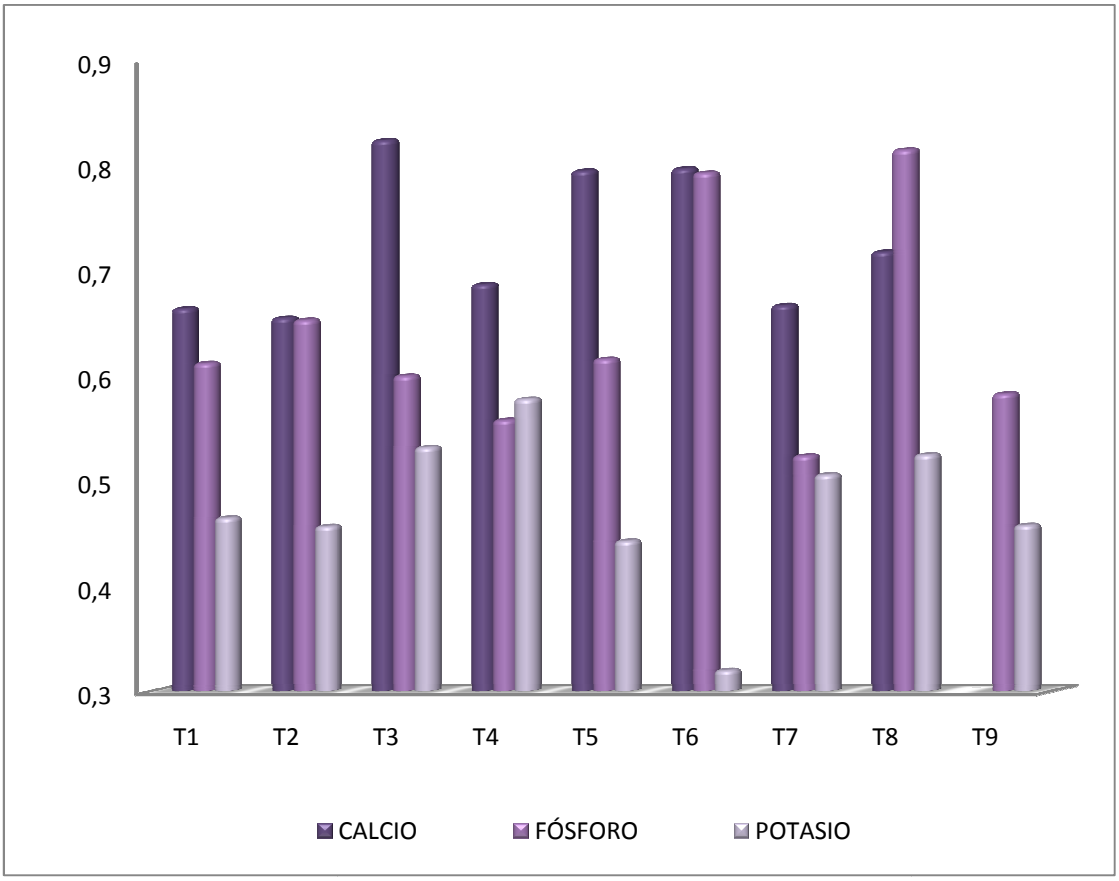


Figura 27: Minerales de la mezcla forrajera

La calidad del forraje en todos los tratamientos es alta, esto puede deberse a la influencia de la materia orgánica encontrada en el suelo.

3.4 BENEFICIO COSTO DE LOS TRATAMIENTOS

Los resultados obtenidos en el análisis de beneficios netos y costos totales variables, se presentan en la Tabla 33.

Por los bajos resultados obtenidos con el tratamiento T9 (Biol 200 l/ha), no se lo tomó en cuenta para el análisis de la relación beneficio costo, puesto que el beneficio neto de este tratamiento mostró una pérdida del 41,90% en comparación al testigo.

Tabla 33: Análisis del beneficio neto y costos totales variables

CÓD.	RMSa (kg/ha/año)	CARGA ANIMAL (UBA)	PRODUCCIÓN DE LECHE (litros/vaca/ha/año)	BENEFICIO NETO EN EL CAMPO (USD/ha)	COSTOS TOTALES VARIABLES (USD/ha)	BENEFICIO NETO (USD/ha)
T1	23.303,56	3,44	18.822,10	7.528,84	0,00	7.528,84
T2	26.114,44	3,85	21.092,44	8.436,97	443,28	7.993,69
T3	27.877,04	4,11	22.516,07	9.006,43	426,00	8.580,43
T4	29.347,66	4,33	23.703,88	9.481,55	1.332,00	8.149,55
T5	35.020,39	5,17	28.285,70	1.1314,28	2.188,00	9.126,28
T6	30.461,29	4,49	24.603,35	9.841,34	3.044,00	6.797,34
T7	24.962,55	3,68	20.162,06	8.064,82	2.451,52	5.613,30
T8	29.160,34	4,30	23.552,58	9.421,03	2.440,00	6.981,03

RMSa: Rendimiento de materia seca ajustada (0,9 de RMS)

El mayor beneficio neto se obtuvo con el tratamiento T5 (Ecoabonaza 5 t/ha) de 9.126,28 USD/ha lo que representa un beneficio del 21,22% mayor que el testigo, mientras que el menor beneficio neto lo presentó el tratamiento T7 (Ecoabonaza 5 t/ha + Fertiforraje producción 100 kg/ha) de 5.613,30 USD7ha, y representa una pérdida del 25,44%, en comparación con el testigo.

Los tratamientos de fertilización química registraron los menores costos variables, mientras que los tratamientos de fertilización orgánica y complementaria registraron los mayores costos variables.

En la Figura 28 se presenta la comparación entre los costos variables y el beneficio neto obtenido en cada tratamiento. Como se puede observar, el tratamiento que incurre en el mayor costo total variable, es el T6 (Ecoabonaza 7 t/ha), 3.044,00 USD, seguido por los tratamientos de fertilización complementaria T7 (Ecoabonaza 5 t/ha + Fertiforraje producción 100 kg/ha) y T8 (Ecoabonaza 5 t/ha + Yaramila Activa 100 kg ha), con costos de 2.451,52 USD y 2.440,00 USD respectivamente.

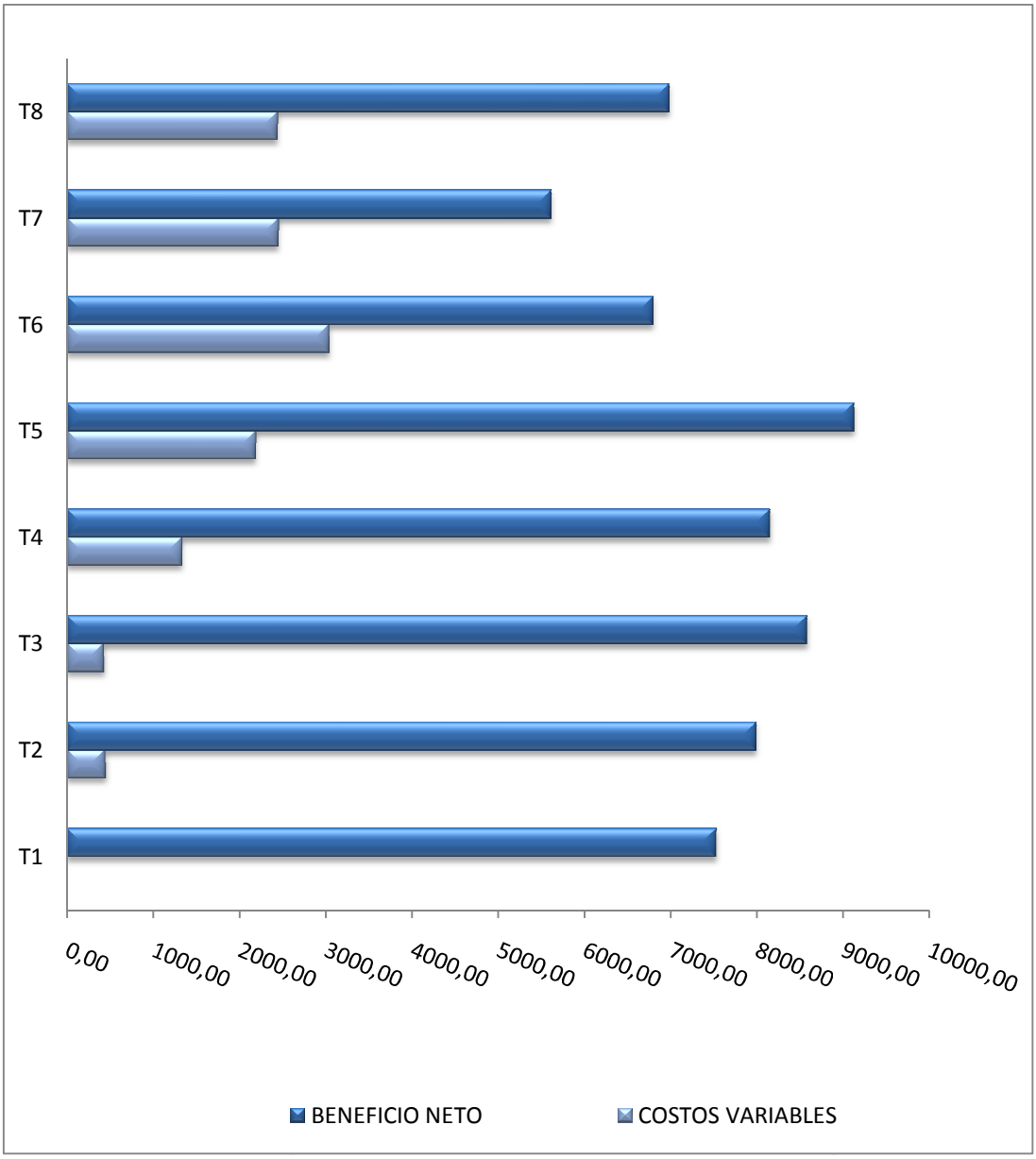


Figura 28: Comparación del beneficio neto con costos variables de los tratamientos aplicados a la mezcla forrajera

Al realizar el análisis beneficio/costo, el tratamiento T3 (Yaramila Activa 150 kg/ha) presenta el mayor beneficio costo, al aplicar este tratamiento, por cada dólar invertido se recibirá una ganancia de 1,47 USD, seguido del tratamiento T2 (Fertiforraje producción 150 kg/ha), con el que se recibiría una ganancia de 0,05 USD, por cada dólar invertido, mientras que con los tratamientos orgánicos y complementarios no se obtiene beneficio, sino pérdidas, como se puede observar en la Tabla 34.

Tabla 34: Análisis del beneficio costo de los tratamientos con fertilización química, orgánica y complementaria aplicados a la mezcla forrajera

CÓDIGO	Δ CV (USD)	Δ BN (USD)	ΔB / ΔC
T1	0,00	0,00	
T2	443,28	464,85	**1,05**
T3	426,00	1.051,59	**2,47**
T4	1.332,00	620,71	**0,47**
T5	2.188,00	1.597,44	**0,73**
T6	3.044,00	-731,50	**-0,24**
T7	2.451,52	-1.915,54	**-0,78**
T8	2.440,00	-547,81	**-0,22**

Según los resultados de este análisis, los tratamientos químicos son los que se deberían aplicar; este resultado no refleja la realidad en el campo, debido a que la eficiencia obtenida con los fertilizantes químicos, se debe a la residualidad de la gallinaza aplicada continuamente en el suelo antes del ensayo, lo que incrementó la materia orgánica del suelo y mejoró las características físico químicas de este suelo.

IMPLEMENTACIÓN DE RESULTADOS

La parte experimental del presente estudio se realizó durante el periodo agosto 2009 - enero 2010 y de los resultados obtenidos, el productor optó por aplicar la fertilización química con Yaramila Activa (150 kg/ha) trimestralmente en los potreros con alto contenido de materia orgánica y duplicó la dosis en potreros con menor contenido de materia orgánica en el suelo.

La reducción de costos que se ha obtenido a la fecha, por el cambio de fertilización, ha traído otros beneficios, como el incremento de mano de obra en la hacienda, establecimiento de nuevos potreros, lo que conlleva a obtener una mayor producción. Sin embargo, es necesario considerar la fertilización orgánica al menos una vez al año, para que el suelo no pierda su fertilidad.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos con el tratamiento con Biol no fueron los esperados, llegó incluso, a presentar resultados menores al testigo. Debido a que los nutrientes del mismo no fueron suficientes para cumplir con los requerimientos de la mezcla forrajera.

2. La mejor respuesta de la mezcla forrajera a los tratamientos con Ecoabonaza, se obtuvo con la dosis de 5 t/ha, superior en un 16% a la dosis de 3 t/ha de Ecoabonaza y en un 13% a la dosis de 7 t/ha de Ecoabonaza.

3. La respuesta de la mezcla forrajera a los tratamientos químicos fue similar, existió una diferencia de 7% de incremento en el rendimiento de materia seca con el fertilizante químico, Yaramila Activa, sobre el fertilizante químico Fertiforraje producción. Con el fertilizante Yaramila Activa, se obtuvo una respuesta menor del 20% de rendimiento de materia seca comparada a la obtenida con la dosis de 5 t/ha de Ecoabonaza.

4. La mayor respuesta de la mezcla forrajera a la fertilización complementaria se obtuvo al mezclar 5 t/ha de Ecoabonaza con 100 kg/ha del fertilizante químico Yaramila Activa, con un rendimiento superior del 12% al obtenido al mezclar 5 t/ha de Ecoabonaza con 100 kg/ha de Fertiforraje producción. Se puede decir que en este ensayo y para esta zona, el fertilizante comercial Fertiforraje producción no se mostró compatible con Ecoabonaza, se obtuvieron resultados menores que al usarlo solo.

5. El análisis beneficio/costo realizado para el presente ensayo indica que los tratamientos químicos son los más viables económicamente, a pesar de que la respuesta de la mezcla forrajera a los tratamientos con Ecoabonaza fue superior. No debe asumirse que solo es necesaria la fertilización

química, puesto que la continua fertilización orgánica que precedió al ensayo, podría ser la razón de que el uso de fertilizantes químicos sea lo más viable.

4.2 RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio de fertilizaciones trimestrales y de manera alternada, de fertilización química con Yaramila Activa, en dosis de 150 kg/ha y fertilización orgánica en dosis de 5 t/ha de Ecoabonaza. Lo que reduciría los costos anuales e incrementaría el potencial de la mezcla forrajera.

2. Incentivar a los ganaderos de la zona para realizar ensayos similares al presente estudio, para incrementar los rendimientos a costos que permitan generar la mayor utilidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta, N. e Íñiguez, G., 2009. Fertilizante orgánico obtenido de las vinazas tequileras y estiércol de ganado. Inter Science Place. Revista Científica Internacional Indexada Año 2, N°4, México.

2. Alarcón, Z., 2007. Producción de forraje verde para ganado bovino en invierno. Reporte de resultados primer año. Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México. Universidad Autónoma de Chapingo México.

3. Aliaga, N., 2005. Manual de bioles Súper Magro. http://www.siatsanta catalina.org.pe/files/Manual_de__Bioles_rina.pdf (Agosto, 2009)

4. Bernal, J. y Espinosa, J., 2003. Manual de nutrición y fertilización de pastos. INPOFOS.

5. Bordoli, J., 1990. Fertilización de pasturas de leguminosas y mezclas de gramíneas leguminosas. Facultad de Agronomía- Montevideo- Uruguay.

6. Brechelt, A., 2004. Manejo Ecológico del Suelo. Fundación Agricultura y Medio Ambiente. Chile.http://www.rap-al.org/articulos_files/Manejo_ Ecolo gico_del_Suelo.pdf. (Abril, 2010)

7. Buendía, F., 2000. Principales especies pascícolas de las zonas templadas. Ed. Mundi-Prensa. Madrid

8. Carballas, T., 1991. Utilización de residuos ganaderos en Galicia. Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia-CSIC. Residuos Ganaderos. Fundación "La Caixa", 1991. Págs: 157- 169

9. Card, A., Whiting, D. y Wilson, C., 2008. Organic Fertilizers. Colorado State University Extension. http://cmg.colostate.edu/gardennotes/242.pdf (Abril, 2010)

10. Cárdenas, G. 2009. Optimización del proceso de secado de la manzanilla (Matricaria chamomilla) y del toronjil (Melissa officinalis) con la unión de comunidades indígenas y campesinas de Juan Montalvo (UCICJUM). Tesis de Grado previa la obtención del título de Ingeniero Agrindustrial. Escuela Politécnica Nacional. Quito Ecuador

11. CEMPRE, 1996. Residuos sólidos Urbanos. Manual de Gestión Integral. Edición adaptada por CEMPRE Uruguay. Diseño e impresión: talleres gráficos Monteverde S.A. http://www.cempre.org.uy/docs/manual_girsu /parte_2.pdf (Abril, 2010)

12. Combs, D. y Wattiaux, M., 2000. Formulación de Dietas para Ganado Lechero (con énfasis en pastoreo). Departamento de Ciencia Lechera Universidad de Wisconsin-Madison

13. Combs,D., 2001. Alimentando vacas de alta producción en Pasturas. Instituto Babcock. Novedades Lácteas. Alimentación No 503. Universidad de Wisconsin. USA. http://babcock.cals.wisc.edu/sites/default/files/documents/ productdownload/du_503.es_.pdf. (Abril, 2010)

14. Cooperband, L., 2002. The Art and Science of Composting, a resource for farmers and compost producers. Department of Soil Science and Center for Integrated Agricultural Systems. University of Wisconsin – Madison. pp.1–14.

15. Corporación Autónoma Regional del Cauca, 2005. Fertilidad de los suelos http://www.crc.gov.co/conocimiento/web/POMCH/Rio%20Sambingo-Hatoviejo. (Octubre, 2009)

16. Corrales, I., 2000. Tecnología para la fertilización con gallinaza y fertilizante mineral en el guayabo (Psidium guajaba L.). Cuba. http://www.bibliociencias.cu/gsdl/collect/tesis/index/assoc/HASH2143.dir/doc. pdf (Julio, 2009)

17. Crespo, R., Capurro, J. y Castaño, J., 2002. Uso del horno microondas para la determinación del peso seco en especies forrajeras. http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/ganaderia/forrajes/crespo1.htm (Octubre, 2009)

18. Cubero, D y Vieira, M., 1999. Abonos orgánicos y fertilizantes: son compatibles con la agricultura. XI Congreso Nacional Agronómico/ III Congreso Nacional de Suelos. http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_XI/a50-6907-III_061.pdf (Enero, 2010)

19. Deak, A., 2007. Production and Nutritive Value of Grazed Simple and Complex Forage Mixtures. Pasture Management. Agronomy Journal, Vol. 99, may–june 2007. Published in Agron. J. 99:814–821. (Mayo, 2010)

20. Dibb, W., 2000. Nutrientes inorgánicos y orgánicos: Cual es la diferencia?. Instituto de la Potasa y el fósforo. Boletín Instituto de la Potasa y el Fosforo

21. Duinkerken, I., 2000, ¿Cómo contribuye la nutrición a la producción de leche y a sus componentes? Revista Nuestro Holando. Argentina. http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/produccion_bovina_leche/101-alimentacion_leche.pdf (Abril, 2010)

22. Everson, A., 1966. Effect of frequent clipping at different stubble height on western with wheat grass (*Agropyron smithii).* Soil Science Society of America. Vol. 58. Nº 1, p. 33-35.

23. FAO, 1997. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. http://www.fao.org/ag/ags/AGSE/agse_s/7mo/iita/iita.htm. (Octubre, 2009)

24. FAO e IFA, 2002. Los fertilizantes y su uso. Cuarta edición. Roma. ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/ fertuso.pdf. (Abril, 2010)

25. Flores, M. y Cabrera, C., 2006. Estudio comparativo para la elaboración de compost por técnica manual. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG Vol. 9, Nº 17, 75-84 (2006) UNMSM ISSN: 1561-0888 (impreso) / 1628-8097. http://www.scielo.org.pe/ pdf/iigeo/v9n17/ a10v9n17.pdf (Abril, 2010)

26. Gaitán, J. y Lacky, P., 1993. La Modernización de la Agricultura: los pequeños también pueden", Serie Desarrollo Rural Nº11, de la Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.

27. Garmendia, J., 2007. Los minerales en la reproducción bovina. Universidad de Venezuela. http://avpa.ula.ve/docuPDFs/xcongreso/minerales.pdf (Octubre, 2009)

28. GLOBE, 2005. Protocolo de Fertilidad del Suelo. http://archive.globe.gov/ tctg/npk_es.pdf?sectionId=98&lang=ES. (Octubre, 2009)

29. Gómez, D., 2005. Praticultura. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia. España.

30. Guachamín, D. y Paladines, O., 2007. Evaluación de las relaciones biológicas y económicas entre la producción de las pasturas y la producción lechera del rebaño lactante del “Cadet”. Tumbaco 2006. Resumen de Tesis de Grado previa la obtención del título de Ingeniera Agrónoma. Universidad Central del Ecuador. Revista RUMIPAMBA VOL. XXI Nº 1. Quito Ecuador.

31. Herrera, A., 2001. Verdades y mitos sobre la materia orgánica y los abonos orgánicos. Boletín Informaciones Agronómicas Instituto de la Potasa y el Fósforo. Diciembre. Vol.5

32. Hirzel, J., Matus, I., Novoa, F. y Walter, I., 2007. Effect of poultry litter on silage maize (Zea mays L.) production and nutrient uptake. Spanish Journal of Agricultural Research 5(1), 102-109

33. IICA, 2005. Construcción de biodigestores o plantas de biogás www.iica.int.ni/Estudios_PDF/ Biodisgestores.pdf. Nicaragua (Junio, 2009)

34. INEC, 2008. Resumen ejecutivo del censo Agropecuario 2008. http://www.inec.gov.ec/c/document_library/get_file?folderId=150465&name= DLFE-22402.pdf (Abril, 2010)

35. INIAP, 1995. Producción y utilización de pastizales en la Región Interandina del Ecuador. Quito, Ecuador.

36. Instituto de la Potasa y el Fósforo (PPI), 1997. Manual Internacional de Fertilidad de Suelos. Primera impresión en español. USA

37. Ishler, V., Heinrichs, J. y Vargas, G., 2004. De la alimentación a la leche: Comprendiendo la función del rumen. Universidad Estatal de Pensilvania. Pensilvania. EEUU. http://www.das.psu.edu/research-extension/dairy/ nutrition/pdf /feed-to-milk-spanish.pdf (Abril, 2010)

38. Jones, R., 1983. Efecto del clima, el suelo y el manejo del pastoreo en la producción y persistencia del germoplasma forrajero tropical. CIAT. Cali Colombia.

39. Jurado, P., Luna, M., Barretero R., 2004. “Aprovechamiento de biosólidos como abonos orgánicos en pastizales áridos y semiáridos”. Téc Pecu Méx 2004; 42(3):379-395. http://www.tecnicapecuaria.org.mx/trabajos/200410 184341.pdf (Octubre, 2009)

40. KWS (Klein Wanzleben Society), 2004. Llanten forrajero Tónic. Argentina. http://www.kws.com.ar/go/id/zwn/ (Abril, 2010)

41. León, R., 2003. Pastos y forrajes: Producción y manejo. Ediciones científicas Agustín Alvares. Quito, Ecuador.

42. León, F y Tobón, C., 2003. Establecimiento y manejo racional de praderas en el Nordeste Antioqueño. En: Curso Teórico-Práctico sobre sistemas ganaderos sostenibles en el Nordeste Antioqueño. CORPOICA-PRONATTA. 8 al 10 de julio. 130p.

43. Little, T. y Hill, J., 1981.Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Editorial Trillas. México D.F. México

44. Lobo, M. y Díaz, O., 2001. Agrostología. Primera edición. Editorial Universidad a Distancia San José. Costa Rica.

45. Ministerio de Agricultura y Ganadería. 2006. “Evolución de la producción y la ganadería de leche (1974–2000). http://www.sica.gov.ec/cadenas/leche/index.html (Junio, 2009)

46. Martí, J., 2008. Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de instalación. GTZ-Energía. www.cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/10bib_arch.pdf. Bolivia. (Octubre, 2009)

47. Martínez, E., 2005. Bases fisiológicas y nutricionales de la unidad vaca-ternero http://intranet.uach.cl/dw/canales/repositorio/archivos/994.pdf. Universidad Austral de Chile. (Abril, 2010)

48. Medina, C., 2009. Evaluación morfoagronómica y nutricional de cinco variedades de Rye grass bianual (Lolium multiflorum), en lugares representativos de las zonas ganaderas de leche en las provincias de Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo. Tesis de Grado previa la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial. Escuela Politécnica Nacional. Quito Ecuador.

49. Ortiz, L., 2007. Prácticas de fertilización de pastizales http://193.146.36.56/catedra /silvo /practica/fertilizacion.pdf. Colombia. (Abril, 2010)

50. Paladines, O. e Izquierdo, F., 200. Manual de Pasturas. Asociación de Ganaderos de la Sierra y Oriente. Ecuador.

51. Programa de Agricultura Orgánica, 2009. Gobierno Provincial del Guayas. Taller de elaboración de fertilizantes. Bioles (Bioestimulante foliar y del suelo). www.pao.ec/archivo_taller/8.doc. (Julio, 2009)

52. Perdomo, P., 2006. Pastos y paisajes. The State University of New Jersey. Rutgers. Volumen 5. Número 2. http://njaes.rutgers.edu/pubs/pastosy paisajes/pyp-v05n02.pdf (Abril, 2010)

53. Reta, M., 2000. Breve enciclopedia del ambiente. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Argentina. http://www.cricyt.edu.ar /enciclopedia/terminos/ Compost.htm (Mayo, 2010)

54. Rivero, C. y Carracedo C., 1999. Efecto del uso de gallinaza sobre algunos parámetros de fertilidad química de dos suelos de pH contrastante. Rev. Fac. Agron. (Maracay) 25:83-93. Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay. http://revistaagronomiaucv. org.ve/revista/articulos/1999_25_2_1.pdf (Mayo, 2010)

55. Rutledge, P., 2004. Innovaciones tecnológicas que mejoran los negocios ganaderos. Instituto Babcock. Novedades Lácteas. Manejo del Hato Lechero No. 302. Universidad de Wisconsin. http://babcock.cals.wisc.edu/sites/ default/files/docuents/productdownload/du_302.es_.pdf (Marzo, 2010)

56. Sadeghian, S., Rivera, J. y Gómez, M., 1999. Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia.

57. Scheneiter, O., 2005. Mezclas de especies forrajeras perennes templadas. Generación y Evaluación de Cultivares de Especies Forrajeras, Instituto

Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina http://www.produccion bovina.com/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/33-mezclas_forrajeras_ perennes_ templadas.pdf (Octubre, 2009)

58. Sierra, J., 2005. Fundamentos para el establecimiento de pasturas y cultivos forrajeros. 2º edición. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín Colombia.

59. Sistema de la Investigación de la Problemática Agraria del Ecuador (SIPAE), 2006. Prólogo libre comercio y lácteos. http://www.sipae.com /pdf/prologo_ibre_comercio_y_lacteos.pdf. Universidad Central del Ecuador. Quito. (Agosto, 2010)

60. Sotomayor, N., 2001. “Evaluación del efecto de la fertilización orgánica, química, y complementaria en la producción de una mezcla forrajera de Gramíneas y Leguminosas. Lloa-Picincha”. Quito, Ecuador

61. Sullivan, P., 2007. El Manejo Sostenible de Suelos. ATTRA - El Servicio Nacional de Información de la Agricultura Sostenible. www.attra.org/espanol /pdf/suelos.pdf.(Abril, 2010)

62. Suquilanda, M., 2003. Manejo integrado de plagas en el cultivo de arroz. Proyecto manejo adecuado de plaguicidas. Organización mundial de la salud. Organización panamericana de la salud. http://www.opsecu. org/bevestre/revistas/Dr.%20Aráuz/MIPARROZ.pdf (Enero, 2010)

63. Sztern, D. y Pravia M., 1999. Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos. Manual preparado por la Oficina de Planeamiento y Presupuesto Unidad de Desarrollo Municipal. http://www.gea.com.uy/relacionados/Manual_fabricacion_compost.pdf (Mayo, 2010)

64. Tejos, R., 2007. Pastos nativos de sabanas inundables. Caracterización y manejo. Capítulo 2. Impreso por Litografía Megagraf. Barquisimeto,

Venezuela. http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/pastos_nativos (Septiembre, 2010)

65. Viera, J., 2007. Planificación del manejo del pastoreo con el rebaño lactante del Cadet. Tumbaco-Pichincha 2006. Resumen de Tesis de Grado previa la obtención del título de Ingeniera Agrónoma. Universidad Central del Ecuador. Revista RUMIPAMBA VOL. XXI Nº 1. Quito Ecuador

66. Wattiaux, M., 2006. Guía técnica lechera: Esenciales Lecheras. Universidad de Wiconsin. Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera Universidad de Wisconsin-Madison. Estados Unidos.

67. Wade, M., 1983. Mulching and green manure applications for continuous crop production in the Amazon basin. Agron. J. 75: 39-45.

68. Witt, C., Pasuquín, J., Mutters, R. y Buresh, R., 2005. Tabla de comparación de colores para el manejo efectivo del nitrógeno en arroz. Better Crops IRRI. 89(1):36-39

ANEXOS

ANEXO I

Cuadro de precipitaciones –Zona de Nono

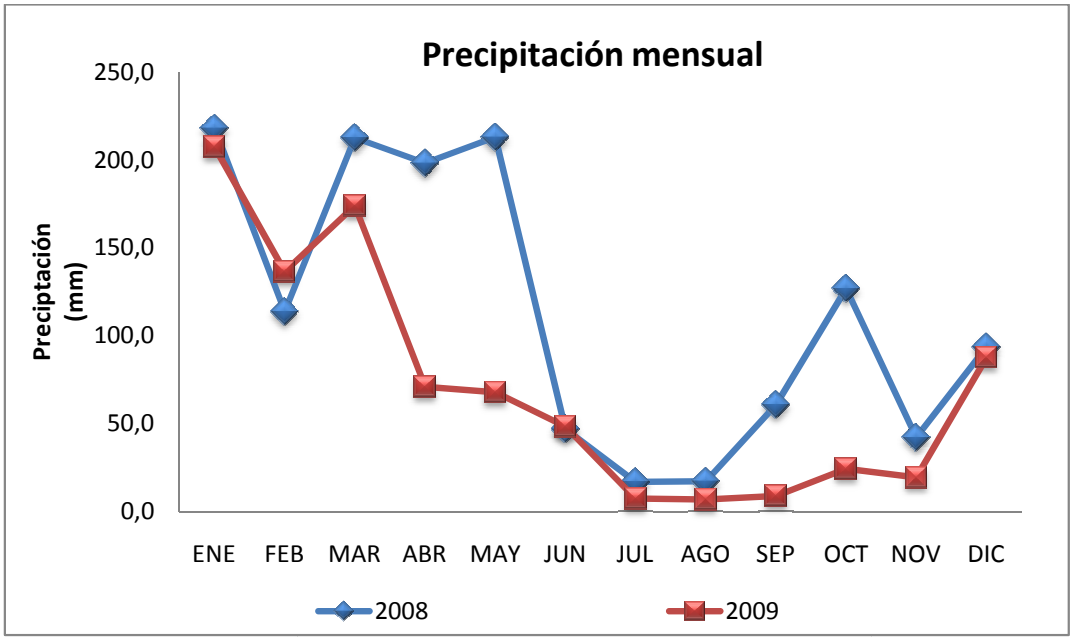
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA
PRECIPITACION MENSUAL (mm)

S E R I E S M E N S U A L E S D E D A T O S M E T E O R O L O G I C O S

NOMBRE: NONO **CODIGO: M361**
PERIODO: 2008 - 2010
LATITUD: 0 4 24 S LONGITUD: 78 34 22 W ELEVACION: 2710

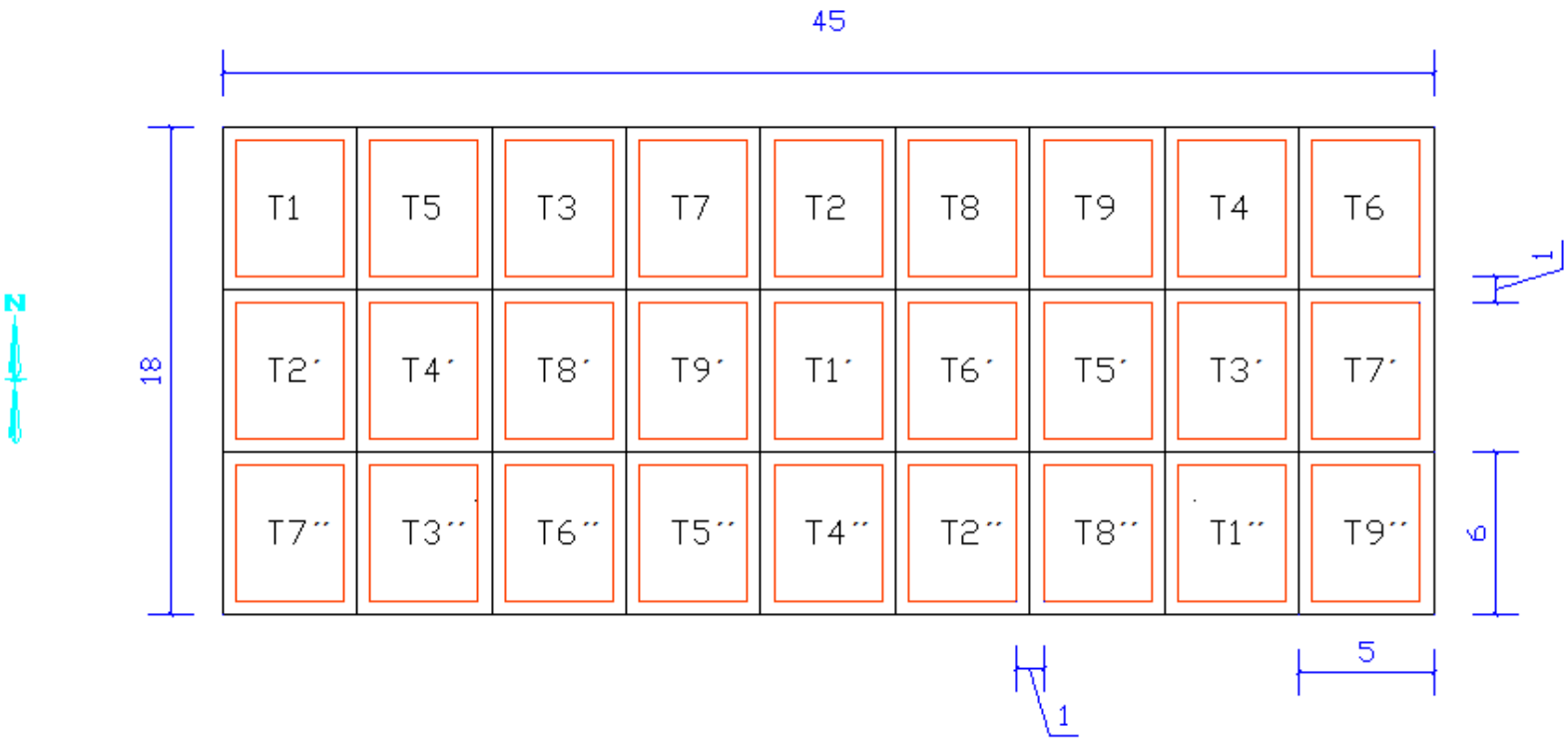
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
2008	217,9	113,7	212,5	198,1	212,8	47,0	17,0	17,2	60,7	126,9	42,2	93,7	1359,7	113,3
2009	207,3	136,4	174,0	71,0	67,9	48,4	7,5	7,0	9,0	24,3	19,4	87,7	859,9	71,7
2010	11,2	63,5	58,5	217,7	105,8	56,3	103,2	42,5						

suma	436,4	313,6	445,0	486,8	386,5	151,7	127,7	66,7	69,7	151,2	61,6	181,4
media	145,5	104,5	148,3	162,3	128,8	50,6	42,6	22,2	34,9	75,6	30,8	90,7
mímina	11,2	63,5	58,5	71,0	67,9	47,0	7,5	7,0	9,0	24,3	19,4	87,7
máxima	217,9	136,4	212,5	217,7	212,8	56,3	103,2	42,5	60,7	126,9	42,2	93,7



ANEXO II

Croquis de las parcelas en estudio



ANEXO III

Formulario de análisis situacional

1. Estructura de la propiedad agrícola

Nombre del predio: San Juan
Superficie predial: 74 ha
Propietario: María Elena Moncayo y Ernesto Moncayo

2. Recursos Hídricos

a. Origen del Agua de Riego Predial

Río	
Agua canal	
Agua vertiente	
Agua pozo	x
Sin Riego	

b. Situación de los Derechos de Agua y Participación en Organizaciones de Regantes

Posee derechos de agua

Si	x
No	

Participa en organizaciones de regantes

Si	
No	x

3. Infraestructura Predial

Bodegas		**Cantidad**	**m²**
Si	x	1	12
No			

Galpones

Si	x	1	25
No			

Corrales

Si	x	1	15
No			

Gallineros

Si			
No	x		

4. Maquinaria Agrícola

1 molino picadora
Equipo de ordeño mecánico
Podadora

5. Actividad Silvoagropecuaria

a. Agricultura	SI	NO	Superficie
Chacras			
Cereales			
Frutas			
Huerta			
Pradera natural		x	
Pradera mejorada		x	
Pradera artificial			

b. Ganadería	SI	NO	Cantidad
Vacas	x		82
Caballos	x		14
Cerdos		x	
Aves		x	
Otros		x	

6. Producción Pecuaria

Leche		**Cantidad**
Si	x	250 litros/día
No		

Carne

Si		
No	x	

Queso

Si		
No	x	

Huevos

Si		
No	x	

Animal en pie

Si	x	2 a 3 /año
No		

Otros:

Si		
No	x	

Consumo Familiar y Venta de Productos Pecuarios

	% consumo promedio del producto	% venta promedio del producto
Leche	0	100
Carne	0	0
Queso	0	0
Huevos	0	0
Animal en pie	0	0
Otros	0	0

7. Actividad forestal

Plantaciones forestales		**Cantidad**
Si	x	7 ha
No		

Consumo familiar

Si	x	podas
No		

Venta de producción forestal

Si		
No	x	

8. Uso de Tecnología

a. Agrícola

Fertilizantes

Si	x	Gallinaza, urea, 10-30-10
No		

Pesticidas/ Herbicidas

Si	x	Ranger (preparación de potreros)
No		

Semilla Certificada

Si	x	Potreros
No		

Participación en Grupos de Transferencia Tecnológica

Si	x	PROLAN (Socios hacendados de la zona)
No		

Métodos de Riego en Actividades Agrícolas

Pradera natural

Tendido (inundación)	
Sin Riego	x

Pradera mejorada

Tendido (inundación)	
Aspersión	x
Sin Riego	

b. Ganadería

Vacunas

Si	x	Veces al año:.....2..... Más usadas: aftosa
No		

Desinfección / Desparasitación

Si	x	Veces al año:....2...ivermectina, albendazol, undazol
No		

9. Mercados de Venta de Productos

(Marque con una x)

Producto	**Compradors directos**	**Sociedad**	**Feria**	**Sin Venta**
Leche		x		
Carne				
Queso				
Huevos				
Animal en pie	x			
Otros				

10. Acceso a compra de insumos

Centro Agrícola de Quito
Semagro (Quito)
Asociación de ganaderos (Quito)

ANEXO IV

Tabla de costos de los tratamientos aplicados

ESTABLECIMIENTO DEL POTRERO (1 Ha)									
VALOR TOTAL DÓLARES									
VARIABLE CONCEPTO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
LABORES									
Análisis de suelos	26,86	26,86	26,86	26,86	26,86	26,86	26,86	26,86	26,86
Preparación manual	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Preparación mecánica	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Aplicación de correctivos	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Siembra	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Resiembra	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Aplicación de fertilizantes	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Control de malezas	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Control de plagas	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Control de enfermedades	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Instalación cercas eléctrica	24	24	24	24	24	24	24	24	24
SUB-TOTAL LABORES	158,86	158,86	158,86	158,86	158,86	158,86	158,86	158,86	158,86
INSUMOS									
Semillas	312	312	312	312	312	312	312	312	312
Correctivos	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Fertilizantes	0	98,82	94,5	321	535	749	600,88	598	30
Insecticida	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Herbicidas	44,55	44,55	44,55	44,55	44,55	44,55	44,55	44,55	44,55
Impulsor	167,44	167,44	167,44	167,44	167,44	167,44	167,44	167,44	167,44
Kit de Materiales	333,85	333,85	333,85	333,85	333,85	333,85	333,85	333,85	333,85
SUB-TOTAL INSUMOS	877,84	976,66	972,34	1198,84	1412,84	1626,84	1478,72	1475,84	907,84
TOTAL COSTOS ESTABLECIMIENTO	1036,7	1135,52	1131,2	1357,7	1571,7	1785,7	1637,58	1634,7	1066,7
DURACIÓN DEL POTRERO: 8 AÑOS									
COSTOS ESTABLECIMIENTO/AÑO :	129,59	141,94	141,40	169,71	196,46	223,21	204,70	204,34	133,34

MANTENIMIENTO DEL POTRERO

VALOR TOTAL DÓLARES									
VARIABLE CONCEPTO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
LABORES									
Aplicación de fertilizantes	0	48	48	48	48	48	48	48	48
Control de malezas químico	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Control de plagas	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Manejo de cerca	24	24	24	24	24	24	24	24	24
SUB-TOTAL LABORES	60	108	108	108	108	108	108	108	108
INSUMOS									
Fertilizantes	0	296,46	283,5	963	1605	2247	1802,64	1794	90
Mantenimiento Cerca Eléctrica	30	30	30	30	30	30	30	30	30
SUB-TOTAL INSUMOS	30	326,46	313,5	993	1635	2277	1832,64	1824	120
TOTAL COSTOS SOSTENIMIENTO/ AÑO	90	434,46	421,5	1101	1743	2385	1940,64	1932	228
TOTAL COSTOS/AÑO	**219,59**	**576,40**	**562,90**	**1270,71**	**1939,46**	**2608,21**	**2145,34**	**2136,34**	**361,34**
COSTOS TOTALES VARIABLES	**0,00**	**443,28**	**426,00**	**1332,00**	**2188,00**	**3044,00**	**2451,52**	**2440,00**	**168,00**

ANEXO V

Análisis de la varianza para la variable rendimiento de materia verde

Análisis de la varianza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
RMV	27	0,37	0,09	28,59

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	358257661,89	8	44782207,74	1,31	0,3015
TRATAMIENTOS	358257661,89	8	44782207,74	1,31	0,3015
Error	617143865,88	18	34285770,33		
Total	975401527,77	26			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=10044,33591

Error: 34285770,3265 gl: 18

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.		
T9	14393,31	3	3380,62	A	
T1	16628,48	3	3380,62	A	B
T2	17804,68	3	3380,62	A	B
T7	18493,12	3	3380,62	A	B
T3	21145,35	3	3380,62	A	B
T8	22641,02	3	3380,62	A	B
T4	22984,09	3	3380,62	A	B
T6	24150,27	3	3380,62	A	B
T5	26099,45	3	3380,62		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

ANEXO VI

Análisis de la varianza para la variable rendimiento de materia seca

Análisis de la varianza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
RMS	27	0,47	0,24	18,49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5134415,51	8	641801,94	2,01	0,1038
TRATAMIENTO	5134415,51	8	641801,94	2,01	0,1038
Error	5738383,84	18	318799,10		
Total	10872799,34	26			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=968,55172

Error: 318799,1020 gl: 18

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.			
T9	2343,88	3	325,99	A		
T1	2589,28	3	325,99	A	B	
T7	2773,61	3	325,99	A	B	
T2	2901,60	3	325,99	A	B	
T3	3097,45	3	325,99	A	B	C
T8	3240,04	3	325,99	A	B	C
T4	3260,85	3	325,99	A	B	C
T6	3384,59	3	325,99		B	C
T5	3891,16	3	325,99			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

ANEXO VII

Análisis de la varianza para la variable porcentaje de materia seca

Análisis de la varianza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
PMS	27	0,13	0	14,3

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12,42	8	1,55	0,32	0,9461
TRATAMIENTO	12,42	8	1,55	0,32	0,9461
Error	86,29	18	4,79		
Total	98,71	26			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=3,75578

Error: 4,7937 gl: 18

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
T8	14,53	3	1,26	A
T4	14,53	3	1,26	A
T6	14,7	3	1,26	A
T3	14,8	3	1,26	A
T5	15,27	3	1,26	A
T7	15,53	3	1,26	A
T1	15,87	3	1,26	A
T2	16,13	3	1,26	A
T9	16,43	3	1,26	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

ANEXO VIII

Análisis de la varianza para la variable composición botánica

Llantén

Análisis de la varianza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
LLANTEN	27	0,46	0,21	23,76

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	192,6	8	24,07	1,88	0,1264
TRATAMIENTO	192,6	8	24,07	1,88	0,1264
Error	230,27	18	12,79		
Total	422,87	26			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=6,13550

Error: 12,7930 gl: 18

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
T8	4,47	3	2,07	A	
T1	4,63	3	2,07	A	
T7	5,77	3	2,07	A	B
T3	6,37	3	2,07	A	B
T4	9,87	3	2,07	A	B
T2	9,87	3	2,07	A	B
T5	9,97	3	2,07	A	B
T9	11,03	3	2,07		B
T6	11,6	3	2,07		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

Análisis de la varianza para la variable composición botánica

Leguminosas

Análisis de la varianza

Variable	N	R²	R² Aj	CV
LEGUMINOSAS	27	0,27	0	27,45

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	178,54	8	22,32	0,85	0,572
TRATAMIENTO	178,54	8	22,32	0,85	0,572
Error	471,77	18	26,21		
Total	650,31	26			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=8,78196

Error: 26,2093 gl: 18

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
T5	8	3	2,96	A
T6	8,3	3	2,96	A
T3	8,53	3	2,96	A
T8	8,97	3	2,96	A
T7	9,83	3	2,96	A
T4	10,87	3	2,96	A
T2	13,33	3	2,96	A
T9	14,33	3	2,96	A
T1	14,93	3	2,96	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

Análisis de la varianza para la variable composición botánica

Gramíneas

Análisis de la varianza

Variable	N	R²	R² Aj	CV
GRAMINEAS	27	0,3	0	8,51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	370,32	8	46,29	0,97	0,4866
TRATAMIENTO	370,32	8	46,29	0,97	0,4866
Error	856,16	18	47,56		
Total	1226,48	26			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=11,83057

Error: 47,5644 gl: 18

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
T9	74,57	3	3,98	A	
T2	76,8	3	3,98	A	B
T4	79,27	3	3,98	A	B
T6	80,1	3	3,98	A	B
T1	80,43	3	3,98	A	B
T5	82,03	3	3,98	A	B
T7	84,43	3	3,98	A	B
T3	85,1	3	3,98	A	B
T8	86,53	3	3,98		B

ANEXO IX

Análisis de la varianza para la variable altura de la planta

Día 20

Análisis de la varianza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
ALTURA D20	27	0,05	0	27,04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	62,23	8	7,78	0,11	0,9981
TRATAMIENTO	62,23	8	7,78	0,11	0,9981
Error	1236,73	18	68,71		
Total	1298,97	26			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=14,21890

Error: 68,7074 gl: 18

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
T9	27,4	3	4,79	A
T1	29,1	3	4,79	A
T4	30,27	3	4,79	A
T3	30,8	3	4,79	A
T5	30,83	3	4,79	A
T2	31,07	3	4,79	A
T7	31,5	3	4,79	A
T6	32,27	3	4,79	A
T8	32,67	3	4,79	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

Análisis de la varianza para la variable altura de la planta

Día 36

Análisis de la varianza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
ALTURA D36	27	0,04	0	29,05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	160,36	8	20,04	0,1	0,9985
TRATAMIENTO	160,36	8	20,04	0,1	0,9985
Error	3439,25	18	191,07		
Total	3599,61	26			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=23,71156

Error: 191,0696 gl: 18

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
T9	40,97	3	7,98	A
T1	43,4	3	7,98	A
T7	44,07	3	7,98	A
T4	46,1	3	7,98	A
T3	46,13	3	7,98	A
T2	46,43	3	7,98	A
T5	46,9	3	7,98	A
T6	47,3	3	7,98	A
T8	49,97	3	7,98	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

ANEXO X

Análisis de la varianza para la variable tasa de crecimiento

Análisis de la varianza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
TASA DE CRECIMIENTO	27	0,65	0,49	18,38

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8425,91	8	1053,24	4,13	0,0059
TRATAMIENTO	8425,91	8	1053,24	4,13	0,0059
Error	4589,42	18	254,97		
Total	13015,33	26			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=27,39094

Error: 254,9677 gl: 18

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.				
T9	48,84	3	9,22	A			
T8	72,27	3	9,22	A	B		
T7	76,24	3	9,22		B	C	
T1	83,00	3	9,22		B	C	D
T2	92,63	3	9,22		B	C	D
T3	98,17	3	9,22		B	C	D
T4	99,97	3	9,22			C	D
T6	103,50	3	9,22			C	D
T5	107,16	3	9,22				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

ANEXO XI

Fotografías del ensayo

Figura 1. Corte de igualación

Figura 2. Fertilización de parcelas

Figura 3. Evaluación del rendimiento de materia verde

Figura 4. Evaluación de alturas