

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA**

### **DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD NUTRITIVA DE MEZCLAS FORRAJERAS ENSILADAS Y FRECUENCIAS DE APROVECHAMIENTO**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA  
AGROINDUSTRIAL**

**PALACIOS HUALCA DIANA MARITZA**  
**diamiliabonespal@hotmail.com**

**DIRECTOR: ING. ZOOT. LUIS FERNANDO RODRÍGUEZ ITURRALDE**  
**luis.rodriguez@iniap.gob.ec**

**CO – DIRECTORA: ING. JENNY MARCELA ÁVILA VÉLEZ**  
**jenny.avila@epn.edu.ec**

**Quito, mayo 2016**

© Escuela Politécnica Nacional (2016)  
Reservados todos los derechos de reproducción

## DECLARACIÓN

Yo, Diana Maritza Palacios Hualca, 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.

---

Diana Maritza Palacios Hualca

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Diana Maritza Palacios Hualca, bajo mi supervisión.

---

Ing. Zoot. Luis Rodríguez

**DIRECTOR DE PROYECTO**

---

Ing. Jenny Ávila M.Sc.

**CODIRECTORA DEL PROYECTO**



## **AUSPICIO**

La presente investigación contó con el auspicio financiero del Proyecto 539-037, “Desarrollo de tecnología para el mejoramiento en el manejo de hatos de leche y carne bovina en áreas críticas del Ecuador”, que se ejecutó en el Programa de Ganadería de la Estación Experimental Santa Catalina INIAP.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por haber estado junto a mí, en la realización de este proyecto, sobre todo, en los momentos de dificultad. Con su amor infinito, fue él quien me animó a seguir.

A mis padres, por su amor, comprensión y apoyo absoluto en todo el transcurso de mi vida.

A mi familia, mi esposo Lenin, mis hijos Emilia, Martín y María Paz, por animarme a finalizar el proyecto y por confiar en mí.

Al Ing. Luis Rodríguez, Ing. Francisco Clavijo, Agr. Arturo Godoy y a la Ing. Jenny Ávila, por su apoyo incondicional y por compartir todo su conocimiento y sabiduría para la elaboración de este trabajo.

A mis hermanos en Cristo, familiares y a todos quienes fueron un pilar fundamental para cumplir este sueño.

Todo lo puedo, en Cristo que me fortalece

Fil. 4,13

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>viii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>x</b>
<b>1. PARTE TEÓRICA</b>	<b>1</b>
1.1. Mezclas forrajeras para ganado vacuno	1
1.1.1. Manejo para la producción de mezclas forrajeras	1
1.1.2. Establecimiento del cultivo de mezclas forrajeras	11
1.1.3. Grado de madurez de un forraje	17
1.2. Ensilaje de mezclas forrajeras	17
1.2.1. Proceso de ensilaje	18
1.2.2. Fermentación del ensilaje	20
1.2.3. Parámetros de la calidad del ensilaje	20
1.2.4. Ventajas del ensilaje	21
1.3. Digestibilidad <i>in situ</i> en rumiantes	22
1.3.1. Métodos para la evaluación de la digestibilidad	23
1.3.2. Uso del método de la digestibilidad <i>in situ</i>	23
1.3.3. Tamaño de poro de la bolsa	24
1.3.4. Tamaño de partícula de la muestra	25
1.3.5. Relación entre la cantidad de muestra y tamaño de la bolsa	25
1.3.6. Posición de las bolsas en el rumen	25
1.3.7. Tiempo de incubación ruminal en las bolsas	25
<b>2. PARTE EXPERIMENTAL</b>	<b>26</b>
2.1. Materiales	26
2.2. Localización	27
2.3. Siembra y manejo de forrajes	28
2.3.1. Variables y métodos de evaluación	29
2.3.2. Tipo de diseño experimental	30
2.4. Ensilaje	30
2.4.1. Tratamientos en estudio	32
2.4.2. Variables y métodos de evaluación	32

2.5.	Digestibilidad <i>in situ</i>	34
2.5.1.	Variables y métodos de evaluación	35
2.5.2.	Tipo de diseño experimental	36
2.6.	Análisis económico de los tratamientos	36
<b>3.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>37</b>
3.1.	Siembra y manejo de forrajes	37
3.1.1.	Composición botánica de 4 mezclas forrajeras	37
3.2.	Ensilaje de mezclas forrajeras y frecuencias de aprovechamiento	41
3.2.1.	Variable pH	41
3.2.2.	Variable densidad	43
3.2.3.	Carga microbiana	44
3.2.4.	Valor nutritivo	47
3.2.5.	Calidad fermentativa	61
3.2.6.	Análisis de las características organolépticas	70
3.3.	Digestibilidad ruminal de la materia seca	71
3.4.	Análisis económico de los tratamientos	76
3.4.1.	Análisis de presupuesto parcial	77
<b>4.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>80</b>
4.1.	CONCLUSIONES	80
4.2.	RECOMENDACIONES	82
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>83</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>91</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

		<b>PÁGINA</b>
<b>Tabla 1.1.</b>	Características morfológicas de gramíneas y leguminosas	12
<b>Tabla 1.2.</b>	Efecto del contenido de materia seca y tipo de forraje fresco en el pH requerido para evitar el crecimiento clostridial	21
<b>Tabla 2.1.</b>	Características edafo - climáticas donde se llevó a cabo la investigación. EESC-INIAP	27
<b>Tabla 2.2.</b>	Detalle de las mezclas forrajeras a sembrarse	28
<b>Tabla 2.3.</b>	Detalle de las frecuencias de aprovechamiento de la pastura	31
<b>Tabla 2.4.</b>	Descripción de los 12 tratamientos del ensayo que corresponden a 4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento	32
<b>Tabla 2.5.</b>	Características organolépticas para evaluar la calidad del ensilaje de acuerdo al tipo de fermentación	34
<b>Tabla 3.1.</b>	Esquema del ADEVA para la variable composición botánica de 4 mezclas forrajeras	37
<b>Tabla 3.2.</b>	Prueba de Tukey al 5 % para la variable porcentaje de gramíneas de 4 mezclas forrajeras	39
<b>Tabla 3.3.</b>	Prueba de Tukey al 5 % para la variable porcentaje de leguminosas de 4 mezclas forrajeras	39
<b>Tabla 3.4.</b>	Prueba de Tukey al 5 % para la variable porcentaje de malezas de 4 mezclas forrajeras	40
<b>Tabla 3.5.</b>	Características organolépticas de los 12 tratamientos del forraje ensilado.	71
<b>Tabla 3.6.</b>	Esquema ADEVA para variable digestibilidad de la materia seca de 4 mezclas forrajeras ensiladas y 3 frecuencias de aprovechamiento a las 24 horas de incubación ruminal	72
<b>Tabla 3.7.</b>	Prueba de Tukey al 5 % para la variable digestibilidad de la materia seca de 4 mezclas forrajeras ensiladas a las 24 horas de incubación ruminal	73

<b>Tabla 3.8.</b>	Prueba de Tukey al 5 % para la variable digestibilidad de la materia seca de 3 frecuencias de aprovechamiento a las 24 horas de incubación ruminal	73
<b>Tabla 3.9.</b>	Prueba de Tukey al 5 % para la variable digestibilidad de la materia seca de 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras ensiladas y 3 frecuencias de aprovechamiento) a las 24 horas de incubación ruminal	74
<b>Tabla 3.10.</b>	Resultados del análisis económico del presupuesto parcial de los tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)	77
<b>Tabla 3.11.</b>	Análisis de dominancia de los tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)	78
<b>Tabla 3.12.</b>	Análisis Marginal de los tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)	79

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>PÁGINA</b>
<b>Figura 3.1.</b> Porcentaje en promedio de gramíneas, leguminosas y malezas presentes en 4 mezclas forrajeras	41
<b>Figura 3.2.</b> Porcentaje en promedio de la variable pH inicial (forraje verde) y pH final (ensilaje) de 4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento	42
<b>Figura 3.3.</b> Caracterización de la variable densidad de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)	43
<b>Figura 3.4.</b> Contaje total de aerobios inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)	44
<b>Figura 3.5.</b> Contaje de hongos y levadura inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)	46
<b>Figura 3.6.</b> Contenido del porcentaje de humedad inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)	48
<b>Figura 3.7.</b> Contenido de cenizas inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)	49
<b>Figura 3.8.</b> Contenido de extracto etéreo inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)	50
<b>Figura 3.9.</b> Contenido de proteína inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)	51
<b>Figura 3.10.</b> Contenido de fibra inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)	53
<b>Figura 3.11.</b> Contenido de extracto libre de nitrógeno inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)	54
<b>Figura 3.12.</b> Contenido de calcio inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)	55

<b>Figura 3.13.</b>	Contenido de fósforo inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)	56
<b>Figura 3.14.</b>	Contenido de magnesio inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)	58
<b>Figura 3.15.</b>	Contenido de potasio inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)	59
<b>Figura 3.16.</b>	Contenido de sodio inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)	60
<b>Figura 3.17.</b>	Contenido de energía bruta inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)	62
<b>Figura 3.18.</b>	Contenido de energía metabolizable inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)	63
<b>Figura 3.19.</b>	Contenido de energía digestible inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)	64
<b>Figura 3.20.</b>	Contenido de azúcares totales inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)	65
<b>Figura 3.21.</b>	Contenido de fibra detergente neutra inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)	67
<b>Figura 3.22.</b>	Contenido de fibra detergente ácida inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)	68
<b>Figura 3.23.</b>	Contenido de lignina inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)	69
<b>Figura 3.24.</b>	Digestibilidad de la materia seca de 4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento a las 24 horas de incubación ruminal	75



**ÍNDICE DE ANEXOS**

	<b>PÁGINA</b>
<b>ANEXO I</b>	92
Escala de valoración y calidad para clasificar el ensilaje	
<b>ANEXO II</b>	93
Análisis de varianza y prueba de Tukey al 5 % para los parámetros de evaluación de la composición botánica	
<b>ANEXO III</b>	98
Datos de los 12 tratamientos con 3 repeticiones de la variable pH inicial y pH final	
<b>ANEXO IV</b>	100
Resultado del análisis de los parámetros de evaluación del contaje de aerobios, hongos y levaduras	
<b>ANEXO V</b>	108
Resultados del análisis proximal, macroelementos, energías: bruta, metabolizable y digerible, azúcares y fibra	
<b>ANEXO VI</b>	120
Análisis de varianza y prueba de Tukey al 5 % para los parámetros de evaluación de la digestibilidad ruminal en un periodo de incubación de 24 horas	

## RESUMEN

El presente trabajo se efectuó con el fin de determinar la calidad nutritiva de mezclas forrajeras ensiladas y frecuencias de aprovechamiento. Se emplearon 4 mezclas forrajeras constituidas por: rye grass perenne, rye grass anual, pasto azul, trébol blanco y trébol rojo aprovechadas en 3 frecuencias: 30, 45 y 60 días después del corte resultando en 12 tratamientos.

Se establecieron parcelas en campo, en un diseño experimental de Parcela Dividida, donde se evaluó la composición botánica en el forraje verde. Con el material obtenido se realizó el proceso de ensilaje en microsilos y se caracterizó de cada tratamiento al inicio (forraje verde) y al final (forraje ensilado), su calidad nutritiva (humedad, cenizas, extracto etéreo, proteína, fibra, extracto libre de nitrógeno, calcio, fósforo, magnesio, potasio y sodio), calidad fermentativa (energía bruta, energía metabolizable, energía digerible, azúcares, FDN, FDA y lignina), características organolépticas, carga microbiana (contaje de aerobios, hongos y levaduras) y además, con material ensilado, se evaluó la digestibilidad *in situ* de la materia seca en animales fistulados bajo el diseño experimental completamente al azar en arreglo factorial 4 x 3.

Los resultados obtenidos señalan diferencias significativas entre tratamientos, donde se estableció que el tratamiento T7 (m3f1) presentó los valores más altos de digestibilidad (70,60 %), energía metabolizable (2,17 Mcal/kg), energía digestible (2,65 Mcal/kg), azúcares (11,5 %), características organolépticas (20 puntos) y un menor contenido de FDA (31,79 %), mostrando que una mezcla forrajera ensilada constituida por rye grass perenne y trébol blanco, cosechada a los 30 días, conservará la mayor cantidad de sus nutrientes.

En cuanto al análisis económico, el tratamiento que presentó la mayor tasa de retorno marginal fue el T7 (m3f1) con \$ 2,07 resultando la alternativa más rentable y nutritiva para la adopción e implementación en las fincas de pequeños productores.

## INTRODUCCIÓN

Según el último Censo Agropecuario, existen 5 134 117 cabezas de bovinos a nivel nacional, con una producción de leche de 6 262 407 L diarios y un promedio de 3,31 kg/vaca/día (INEC – ESPAC, 2013). Para los pequeños y medianos productores, la ganadería bovina constituye la única fuente estable de subsistencia e ingreso, pero, estos mismos productores tienen rendimientos bajos de producción lechera, debido principalmente a la degradación de los suelos, a la sequía, al mal manejo de las pasturas, problemas de salud animal, al inadecuado uso del recurso genético animal dentro de los hatos y a los bajos niveles nutricionales de suplementación mineral (Navarro, Sebald y Celis, 2006, p. 10).

Una de las principales actividades dentro del sector ganadero es la producción de leche, en la cual la alimentación y nutrición de los animales debe basarse en el uso de pastos y forrajes que son la fuente más factible y económica del sistema productivo (León, 2003, p. 3).

En el Ecuador la superficie con uso agropecuario oscila alrededor de 7 514 470 ha, de las cuales 3 227 321 corresponden a pastos cultivados y 1 623 359 a pastos naturales, se evidencia que casi una tercera parte de la superficie con uso agropecuario pertenece a pastos cultivados (INEC – ESPAC, 2013). Los forrajes mejorados contienen casi todos los nutrimentos necesarios en la producción de leche y el desarrollo del ganado (Barrera et al., 2004, p. 5).

Así, en las mezclas forrajeras, las especies más comunes que se encuentran son las gramíneas, cuya característica principal es su elevado valor alimenticio y riqueza en hidratos de carbono y las leguminosas que son más ricas en proteínas y vitaminas. Por esta razón se asocian estas especies forrajeras ya que proporcionan un alimento balanceado para el ganado (Paladines, 2004, p. 115).

El momento óptimo de cosecha del pasto se puede determinar cuando el valor nutritivo y las características físico químicas estén relacionadas, es decir, los

forrajes aunque siendo jóvenes presentan un valor nutritivo elevado, un gran contenido de agua y material nitrogenado, dando lugar a una baja producción por hectárea y consumo elevado, cuando son recolectados tardíamente, presentan un alto contenido de glúcidos estructurales en sus paredes (celulosa, hemicelulosa y lignina) y un bajo contenido en materias nitrogenadas, lo que determina un bajo valor nutritivo y un menor consumo provocando que el animal no digiera completamente el alimento (Cañete y Sacha, 1998, citado por Mier, 2009, p. 28).

En la Sierra ecuatoriana existen dos temporadas climáticas marcadas la lluviosa y la seca. En la época seca, se posee baja cantidad de pasto ya que se produce una disminución de la tasa de crecimiento del pasto, por lo que se hace necesario en la época de lluvia usar con más eficiencia los recursos que se tienen disponibles y buscar una alternativa de alimentación para la época de baja producción de pasto (Barrera et al., 2004, p. 63).

Los principales sistemas de conservación de cultivos forrajeros son la henificación, el henolaje y el ensilaje (Volvamos al campo, 2004, p. 1005).

La henificación tiene dificultad de realizarse debido a las condiciones climáticas, que en ocasiones son adversas y evitan que el forraje alcance un nivel adecuado de humedad (20 -25 %), mientras que el henolaje únicamente se puede realizar con la ayuda de maquinaria agrícola. El ensilaje es un proceso de conservación de forrajes frescos u otros alimentos que poseen un alto contenido de humedad, este proceso se realiza mediante la fermentación anaeróbica de los materiales, ocasionado por la formación o adición de ácidos; el producto resultante se coloca en silos de diferentes tipos y capacidad (Cañete et al., 1998, citado por Mier, 2009, p. 29).

La calidad del ensilaje está dada por el contenido de nutrientes y por la aptitud fermentativa del pasto cosechado, siendo un factor fundamental, la técnica de ensilado (Alomar, 2011, p. 32). Sin embargo, para los pequeños y medianos productores que no disponen de mayores recursos económicos se recomienda

realizar el ensilado, empleando materiales de bajo costo y que no impliquen la utilización de gran cantidad de mano de obra (Giraldo et al., 2011, p. 24).

Por lo expuesto, se observa que el proceso de ensilaje es muy importante en los sistemas productivos debido a que proporciona alimento a los animales principalmente en épocas de escases, por esta razón es importante utilizar las diferentes mezclas empleadas y frecuencias de aprovechamiento con el fin de mejorar la digestibilidad y el contenido nutricional.

# **1. PARTE TEÓRICA**

## **1.1. MEZCLAS FORRAJERAS PARA GANADO VACUNO**

Con la finalidad de proporcionar y mantener una alimentación balanceada para los bovinos se recomienda efectuar un manejo adecuado de los pastos utilizando eficientemente el recurso forrajero para incrementar la producción de leche y consecuentemente los ingresos económicos de los pequeños y medianos productores (Rodríguez et al., 2013, p. 4).

### **1.1.1. MANEJO PARA LA PRODUCCIÓN DE MEZCLAS FORRAJERAS**

Los cultivos y forrajes requieren de una provisión de agua y nutrientes, entre otros factores, para alcanzar y mantener en el tiempo las altas producciones y a su vez, lograr que la calidad de las cosechas sea la adecuada (León, 2003, p. 10).

En el establecimiento de un proyecto pecuario y agrícola forestal el suelo es la base, por lo que es fundamental conocer sus características mediante la evaluación de sus propiedades físicas, químicas y/o biológicas. Una vez que han sido detectadas se puede determinar el uso más adecuado y el manejo racional que se debería proporcionar (Lacki, 2006, p. 2).

Para proporcionar un manejo adecuado a las pasturas es necesario considerar prácticas en el suelo como toma de muestra, análisis, preparación, enmiendas y fertilización.

#### **1.1.1.1. Toma de muestra de suelo y análisis de suelo**

Para implementar algún cultivo como primer paso se debe realizar un análisis de suelo, ya que provee información simple para determinar la reserva de nutrientes

del suelo en relación con las necesidades de consumo del cultivo. El análisis se toma como referencia para una recomendación de la cantidad de fertilizantes a aplicar. Esta se elabora para corregir la fertilidad del suelo y así poder alcanzar el máximo rendimiento, evitando un impacto negativo sobre el ambiente y permitiendo un ahorro de dinero (Llangarí y Rodríguez, 2013, p. 13).

#### **1.1.1.2. Preparación del suelo**

Una vez obtenidos los resultados del análisis de suelo, se procede a preparar el terreno para obtener una cama lo más nivelada posible, firme y sin malezas y de esta manera, lograr una germinación uniforme de la semilla (Fontanetto y Bianchini, 2010, p. 34).

Entre las labores de preparación de un terreno están:

- **Mecánica:** se puede realizar a través de la arada con discos a una profundidad de 25 a 30 cm, para, después, de 3 a 4 semanas, pasar una rastra (2 a 3 veces) hasta que el suelo este lo más suelto posible (Llangarí y Rodríguez, 2013, p. 14).
- **Fuerza animal:** debido a las condiciones topográficas y texturas del suelo es recomendable utilizar este método ya que evita la compactación y erosión del suelo (Cárdenas y Garzón, 2011, p. 5).
- **Manual:** en este método se utiliza un azadón o pico el cual se introduce a una profundidad de 15 a 20 cm. Al momento que se desfonda el suelo se procura nivelarlo (Cárdenas y Garzón, 2011, p. 5).

Antes de iniciar a preparar un lote de terreno, mediante labores de arada y rastra, se debe tomar en cuenta factores como el tipo de suelo y el clima, porque pueden evitar la ejecución de las actividades programadas en el campo y además, dañar la maquinaria empleada (Rodríguez et al., 2013, p. 7).

### 1.1.1.3. Enmiendas y correcciones

Las enmiendas son productos o materiales minerales u orgánicos que al incorporarse al suelo modifican favorablemente las propiedades físicas, químicas o biológicas (actividad microbiana). La aplicación de estos productos tiene el fin de rehabilitar el suelo, solubilizar los elementos tóxicos, subir el pH e incrementar la saturación de bases (Cartagena, 2002, p. 40).

Entre las causas de la acidificación de suelos se encuentran las naturales, probablemente provocadas por el lavado de calcio en regiones de clima lluvioso, materia original pobre en cationes básicos, etc., la principal causa externa provocadas por el hombre, la incorporación de residuos o fertilizantes ácidos (Bernier y Alfaro, 2006, p. 24).

Para un desarrollo adecuado de la mayoría de los cultivos, los suelos deben encontrarse en condiciones favorables, no así, los suelos ácidos, por lo que se debe realizar la operación de enmienda caliza o encalado, que consiste en corregir la acidez mediante la sustitución de cationes hidrógeno por los cationes calcio (León, 2003, p. 95).

La manifestación de deficiencia de cal en las plantas se observa sobre todo en las hojas tiernas ya que se tuercen en forma de ganchos y en la punta y los bordes de las hojas terminales se produce una desecación (León, 2003, p. 96).

En sí un suelo que presente un pH por debajo de 6 se considera como un suelo con problemas de acidificación. Según León (2003), indica que existen varios métodos para calcular la necesidad de correctivo a emplear en dichos suelos, entre los cuales están:

- Método basado en el pH y en el poder tampón del suelo.
- Método basado en el estado de saturación del complejo absorbente.
- Método de incubación.
- Método basado en el desplazamiento del aluminio de cambio.



- Método rápido basado solamente en el pH (p. 96).

A parte de los métodos mencionados es de vital importancia realizar un análisis de suelo porque determina los niveles de calcio y magnesio presentes, permitiendo decidir qué material aplicar y la dosis adecuada (Cartagena, 2002, p. 43).

Dentro de las enmiendas a utilizarse para la corrección del pH se encuentra:

- Cal dolomítica (Carbonato doble de calcio y magnesio)
- Cal Agrícola o Calcita (Carbonato de Calcio)
- Yeso Agrícola (Sulfato de Calcio)
- Magnesita
- Sulfato de magnesio

Los métodos de laboratorio utilizados para el cálculo de los materiales a aplicarse para corregir el pH son sobreestimados ya que en el campo es necesario tomar en cuenta ciertos parámetros como:

- Tamaño de partícula: la granulometría del material a aplicarse para la corrección del pH es de vital importancia debido a que determina la efectividad o eficiencia relativa del correctivo. La velocidad de reacción en los materiales más gruesos es más lenta y de forma incompleta presentando una residualidad, no así en los materiales de granulometría de alrededor de 250 micrones presentan una efectividad del 100 % y reaccionan de una forma más rápida y completa ya que tienen una mayor superficie específica (Bernier y Alfaro, 2006, p. 26).
- Forma de aplicación: para que exista una mayor eficiencia la adecuada distribución del correctivo es fundamental porque se producirá una reacción rápida del material. La forma más recomendada de la aplicación del correctivo es a través de la distribución al voleo en cobertura y el mezclado en capa arable con rastra de discos o dientes procurando que se mezcle bien con el suelo en la profundidad deseada (León, 2003, p. 97).

- Época de aplicación: se recomienda aplicar la enmienda de 1 a 4 meses antes de la siembra o implantación de cualquier cultivo, según la solubilidad del producto a utilizarse. En el primer año de la aplicación la reacción avanza rápidamente, pero al pasar de los años declina gradualmente. Por lo tanto es recomendable realizar un nuevo análisis de suelo para determinar la necesidad de efectuar un encalado de mantenimiento (Bernier y Alfaro, 2006, p. 26).

#### **1.1.1.4. Fertilización**

El propósito de la fertilización es obtener el mayor rendimiento posible con un mínimo costo y lograr la máxima rentabilidad. Esto se logra a través de una combinación entre la aplicación de una fertilización con abonos químicos y abonos orgánicos, elevando a un nivel óptimo los elementos del suelo (Llangari y Rodríguez, 2013, p. 17). Los factores y componentes que se deben tomar en cuenta en la fertilización son:

- Dosis de aplicación: de acuerdo al requerimiento nutricional de cada cultivo se aplicará la cantidad de nutrientes y fertilizantes por unidad de superficie.

Para aplicar la cantidad correcta de fertilizante es necesario tomar en cuenta factores como: la fertilidad del suelo, que consiste en la capacidad para suministrar los nutrientes necesarios a la planta, determinada mediante un análisis químico que debe ser interpretado por un técnico para lograr identificar un plan de fertilización para cada caso y el requerimiento nutricional, que incide en la dosis de fertilizante a aplicarse, ya que se espera tener un rendimiento óptimo del cultivo con el menor costo posible (Proyecto FIA, 2007, p. 65).

Para la fertilización de pasturas es importante conocer los requerimientos de nutrientes, sin embargo, para aplicar la dosis exacta de fertilizante se toma los datos del análisis de suelo tomando las siguientes consideraciones:

El contenido de nitrógeno es menor en las gramíneas que en las leguminosas debido a que estas especies obtienen una parte de este nutriente del aire atmosférico, la relación fósforo – nitrógeno puede aproximarse 5 a 1, el potasio en las pasturas presenta valores de extracción de 200 a 400 kg/ha y el azufre es removido por el suelo por los diferentes cultivos en cantidades similares al fósforo (Wattiaux, 2004, p. 67).

El rendimiento de un cultivo es directamente proporcional al requerimiento de nutrientes, así las variedades mejoradas de pastos tienen requerimientos nutricionales altos y por ende un rendimiento potencial elevado, sin embargo, factores como las características del suelo (textura, estructura, aireación, drenaje, porosidad, etc.) y las condiciones climáticas (precipitación pluvial, temperatura, etc.) influyen directamente en el crecimiento y desarrollo de la planta (Barrera et al., 2004, p. 62).

- Eficiencia de la fertilización: se determina mediante la absorción de los nutrientes por parte del cultivo luego de la fertilización, sin embargo, pueden ocurrir pérdidas por el lavado o lixiviado de los nutrientes, que es causado por el agua de drenaje que penetra en el suelo y arrastra parte del fertilizante en forma de sales disueltas; otra forma de pérdida de nutrientes, es provocada por la volatilización y denitrificación ocurre en forma de  $\text{NH}_3^+$  principalmente a partir de la urea y la pérdida de nitrógeno mediante los nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) (Bernal, 2005, p. 6-7).
- Tipo de fertilizante: una vez conocido el requerimiento de fertilización es necesario determinar qué clase de fertilizante se debe aplicar. Si se va a trabajar con fertilizantes completos (N, P, K) se tendrá que escoger la fórmula que más se ajuste para satisfacer las necesidades identificadas mediante el análisis de suelo. Se debe tomar en cuenta algunos parámetros como la solubilidad, naturaleza química del nutriente y la granulación (Barrera et al., 2004, p. 76).

- Época de aplicación: si se realiza la aplicación del fertilizante al momento adecuado aumentará la eficacia de la fertilización. Sin embargo, hay que considerar que, técnicamente, tanto el tipo de suelo como las condiciones climáticas podrían evitar que la fertilización sea aprovechada por el cultivo.

El nitrógeno, nutriente con alta movilidad, puede provocar pérdidas ya sea por lixiviación o denitrificación, se recomienda que la aplicación de este nutriente se realice empleando el 50 % del fertilizante al momento de la siembra y la otra mitad a los 30 o 45 días después de la siembra (Paladines, 2004, p. 20).

- Sistema de aplicación: la función de aplicar un fertilizante no es la de alimentar al suelo sino a las plantas, logrando que estas absorban los nutrientes necesarios. Es por esto que la aplicación del fertilizante debe realizarse en las zonas que puedan ser utilizadas con mayor eficacia. Entre los sistemas de aplicación más comunes están:

A mano con máquina boleadora o avión.

Al voleo: este sistema permite que el fertilizante permanezca en la superficie del suelo y es muy útil en cultivos densos como el pasto, sin embargo, en cultivos sembrados en surcos no es recomendable utilizar esta técnica porque el fertilizante se mantiene entre los surcos.

En banda: consiste en aplicar el fertilizante a un lado o a ambos lados de la semilla o de las plantas, este método es más utilizado en cultivos sembrados en surcos.

Fondo del surco: el fertilizante queda ubicado en el fondo del surco

En corona: se coloca el fertilizante alrededor de la semilla o tallo de la planta a distancias variables dependiendo de la especie.

Incorporada: el fertilizante aplicado en la superficie es mezclado con el suelo utilizando un arado o rastrillo (Cartagena, 2002, p. 29-32).

#### **1.1.1.4.1. Características de los nutrientes del suelo**

Los pastos mejorados para obtener altas producciones requieren suficientes nutrientes los cuales se encuentran disponibles en el suelo, sin embargo, si los resultados del análisis de suelo muestran la ausencia de estos elementos, la aplicación de diferentes fertilizantes cubrirá los requerimientos necesarios para la alimentación de las plantas, los principales nutrientes y sus características se describen a continuación:

El nitrógeno es un constituyente importante de los aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, vitaminas, fosfolípidos y clorofila. Está involucrado en la mayoría de las reacciones bioquímicas determinantes de la vida vegetal, las formas de absorción se realizan a través de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) o amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). La fijación biológica del N es un proceso en el cual  $\text{N}_2$  se transforma en  $\text{NH}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$  siendo las bacterias del género *Rhizobium* las que fijan el N por un proceso metabólico (Calvache, 2001, p. 22).

Este nutriente aporta mucho a la planta y dentro de las funciones más importantes están las de aumentar el vigor general de las plantas, dar color verde a las hojas y demás partes aéreas, favorecer el crecimiento del follaje y el desarrollo de los tallos. En resumen, contribuye a la formación de los tejidos y se puede decir que es el elemento de crecimiento (León, 2003, p. 25).

Las deficiencias de este elemento provocan un color verde pálido en las hojas inferiores las cuales caen prematuramente, un macollamiento escaso y los tallos cortos y delgados, además, un crecimiento lento y poco desarrollo de la planta. El exceso puede causar retardo en la maduración y la formación de frutos, escaso desarrollo del sistema radicular, debilidad de la planta, reducción de la calidad del cultivo y menor resistencia a enfermedades. El nitrógeno en las plantas varía entre

el 1 - 5 % del peso seco, en pastos se considera un contenido normal 3 %, alto si es mayor al 4 % y bajo sí es menor al 2,9 % (Wattiaux, 2004, p. 64).

El fósforo es un elemento que se encuentra en el humus del suelo y juega un papel fundamental en la vida de las plantas. Es constituyente de ácidos nucleicos, fosfolípidos, vitaminas y además, es indispensable en los procesos donde hay transformaciones de energía. Otra de sus funciones importantes es la de estimular el desarrollo de la raíz y plántulas, interviniendo en la formación de los órganos de reproducción y en la maduración de los frutos (Terán, 2004, p. 32).

Los efectos de su carencia se observan en las hojas viejas que presentan un color verde pálido, con los bordes secos y un color entre violeta y castaño. La floración es baja y las raíces presentan poco desarrollo. El exceso de este elemento acelera la maduración a expensas del crecimiento y puede generar efectos adversos sobre otros elementos como el Zinc (Wattiaux, 2004, p. 65).

El potasio es un cofactor enzimático que interviene en la fotosíntesis, controlando y regulando la actividad de varios minerales. Además, juega un papel importante en el control de la transpiración y en el metabolismo de los carbohidratos y proteínas.

Una de las funciones más importantes del potasio es el controlar el movimiento de los estomas, ya que al activar su cierre limita la transpiración generando en la planta resistencia a la sequía. A través del control enzimático ayuda a la síntesis de los compuestos polimerizados como carbohidratos y proteínas y a la translocación y acumulación de los azúcares (Calvache, 2001, p. 24).

Los primeros síntomas de su carencia, cuando es leve, se observan en las hojas viejas; pero cuando es aguda, son los brotes jóvenes los más severamente afectados, llegando a secarse. Las hojas jóvenes se ven algo rojizas y las adultas se mantienen verdes, pero con los bordes amarillentos y marrones. Se reduce la floración, fructificación y desarrollo de toda la planta (León, 2003, p. 83).

El azufre es el constituyente de las proteínas y varias vitaminas como la biotina y tiamina además, es un componente importante de numerosas enzimas y forma parte de algunos compuestos orgánicos responsables del olor y sabor (Spears, 1994, p. 285).

Los síntomas de deficiencia son muy similares a los generados por la deficiencia de nitrógeno. En ambos casos la planta se torna amarillenta. Sin embargo, la deficiencia del N genera clorosis general del follaje, en tanto que la del azufre se localiza en las hojas más jóvenes y el crecimiento de los brotes se restringe y los tallos se toman duros, leñosos y delgados (Terán, 2004, p 34).

El hierro es un elemento asociado con la producción de clorofila. Aún en suelos con gran cantidad de materia orgánica y nutrientes, puede estar combinado en forma no asimilable, creando sería deficiencia en la planta.

El manganeso juega un papel muy similar al del hierro, en el crecimiento de la planta y especialmente en la asimilación de fósforo, calcio y magnesio. Su deficiencia es característica en suelos arenosos.

El cobre juega un papel importante en el control de humedad de los tejidos de la planta y en el crecimiento del tallo y de las hojas.

El boro es un elemento importante en el desarrollo de la raíz y hojas. En general todos los suelos poseen deficiencia de boro y el zinc interviene en la síntesis de la clorofila y estimula el vigor de la planta (Wattiaux, 2004, p. 67).

Para la producción de forrajes mejorados la demandan de minerales y nutrientes es alta, por lo tanto el suelo debe contener proporciones de macro y micronutriente adecuadas para suplir las exigencias de estas especies (Rodríguez et al., 2013, p. 12).

### 1.1.2. ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO DE MEZCLAS FORRAJERAS

La alimentación de los animales, en especial de los bovinos, se basaba en su mayoría en pastos naturales, sin embargo, en estas 3 últimas décadas se ha incrementado la utilización de pastos mejorados. En gran parte este aumento se debe a que las casas comerciales han desarrollado diferentes especies y variedades de forrajes que poseen un gran rendimiento (Navarro, 2006, p. 5).

Para proporcionar a un bovino una dieta equilibrada se requieren la unión de especies forrajeras nutritivas como las gramíneas, que aportan energía y tienen un rendimiento alto por su desarrollo rápido y de leguminosas, que contribuyen con proteína a pesar de ser más lentas en su crecimiento (Barrera, 2004, p. 35).

Para que la mezcla forrajera sea balanceada se recomienda que su composición botánica tenga un porcentaje de gramíneas sobre el 75 %, leguminosas máximo 30 % y malezas de 2 a 3 %. Esta composición permite que los animales cubran sus requerimientos nutricionales y no sufran trastornos como el torzón que se provoca por la ingesta de un alto porcentaje de leguminosas (León, 2003, p. 18).

Para el establecimiento de las especies que conforma una mezcla forrajera se debe tomar en cuenta el grado de adaptación de cada especie, condiciones del suelo, humedad, entre otros.

La mayoría de los pastizales están conformados básicamente por gramíneas como rye grass perenne (*Lolium perenne*), rye grass anual (*Lolium multiflorum*), pasto azul (*Dactylis glomerata*) y leguminosas como trébol rojo (*Trifolium pratense*) y trébol blanco (*Trifolium repens*), especies que en condiciones similares de suelo, son más productivas que una pradera natural como el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), holco (*Holcus lanatus*) (Barrera et al., 2004, p. 64).

Las gramíneas y leguminosas presentan diferencias morfológicas en la raíz, tallo, hojas, inflorescencias, flor, fruto y semilla, las cuales permiten diferenciar a estas



especies y proporcionarles el manejo adecuado específicamente. Las características morfológicas de estas especies se detallan en la Tabla 1.1.

**Tabla 1.1.** Características morfológicas de gramíneas y leguminosas

	<b>GRAMÍNEAS</b>	<b>LEGUMINOSAS</b>
<b>Raíz</b>	Sistema radical compuesto por raíces seminales y adventicias (poco profundas).	Raíz principal o pivotante con ramificaciones laterales que se originan luego de la germinación y producen numerosas ramificaciones secundarias.
<b>Tallos y hojas</b>	Tallo cilíndrico, constituido en su mayoría por varios nudos que se alternan unos cortos macizos y otros más largos con entrenudos huecos (tallos herbáceos). Hojas alternadas con nervaduras paralelas, la base de la hoja envuelve al tallo.	Tallo estolonífero con nódulos que son la principal característica de las leguminosas, porque permiten fijar nitrógeno atmosférico. Estos nódulos son formados en las raíces por ciertas bacterias ( <i>Rhizobium</i> ), existiendo una simbiosis entre la planta y el microorganismo. Hojas trifoliadas bien definidas.
<b>Inflorescencia</b>	Constituida por espiguillas.	En forma de capítulo.
<b>Flor</b>	La flor puede ser hermafrodita, pero existen algunas especies que no posee flor.	Flor hermafrodita amariposada con corola y cáliz bien diferenciados.
<b>Fruto y semilla</b>	El fruto es un cariósipide, fruto seco e indehisciente que se encuentra soldado con la verdadera semilla formando lo que corrientemente se denomina grano.	Vaina, que se desarrolla a partir del único pistilo. La semilla presenta dos cotiledones, los cuales pueden realizar actividad fotosintética antes de que aparezcan las hojas verdaderas.

(Paladines, 2007, p. 68; Benito, 2000).

Las gramíneas o poáceas son una familia de plantas herbáceas o leñosas, tienen una gran distribución geográfica por lo cual se desarrollan en climas fríos, tropicales y templados, además, se encuentran presentes en todas las latitudes con alrededor de 700 géneros y 10.000 especies en todo el mundo (León, 2003, p. 8).

Las leguminosas o fabáceas, poseen la capacidad de captar el nitrógeno molecular gaseoso, debido a lo cual producen semillas con alto contenido de

proteína. Entre las leguminosas se encuentra el trébol, frijol, haba, lenteja, etc., alrededor de 15 mil especies conforma esta numerosa familia (León, 2003, p. 10). Las malezas son consideradas como especies dañinas para los cultivos, debido a que compiten con las especies establecidas por nutrientes, agua, luz, etc., por lo cual es necesario el empleo de métodos de control para evitar que estas especies infesten todo el cultivo (Rodríguez et al., 2013, p. 8).

Las características botánicas y agronómicas de las pasturas comúnmente utilizadas para la combinación de una mezcla forrajera, se detallan a continuación:

#### **1.1.1.1. Gramíneas**

- **Rye grass perenne**

Nombre común: rye grass perenne o inglés.

Nombre científico: *Lolium perenne L.*

Origen: Europa, zona templada de Asia y norte de África.

Valor nutritivo: 80,2 % humedad, 19,8 % materia seca, 17 % proteína, 17,5 % fibra y 79,5 % digestibilidad (Velarde e Izquierdo, 1993, p. 52-53).

Este tipo de rye grass se adapta muy bien en zonas con un clima templado húmedo a una altitud entre los 1 800 y 3 600 m, puede llegar a alcanzar una altura máxima de 60 cm, la temperatura adecuada de crecimiento está entre los 18 °C y 20 °C decreciendo a los 35 °C.

Esta especie posee un periodo de recuperación de 15 a 30 días, es exigente en nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, se puede pastorear cada 31 a 35 días en un total al año de 10 a 12 veces. Bajo condiciones de fertilidad y humedad adecuadas, se puede obtener una producción de 50 a 70 t/ha/corte (Grijalva y Rodríguez, 2007, p. 24-26).

La implementación se la realiza en la época que inicia la lluvia, con una densidad de siembra de 20 a 25 kg/ha, la semilla se debe ubicar máximo a 3 cm de profundidad y después de 15 días ya se encuentra en estado de nacencia. Esta especie generalmente no es afectada por plagas o enfermedades (Proyecto FIA, 2007, p. 15).

- **Rye grass anual**

Nombre común: rye grass anual o italiano.

Nombre científico: *Lolium multiflorum* L.

Origen: sur Europa, zona templada de Asia y norte de África.

Valor nutritivo: 77,3 % humedad, 22,7 % materia seca, 16,6 % proteína, 24,2 % fibra y 73,8 % digestibilidad (Velarde e Izquierdo, 1993, p. 52-53).

Se adapta bien en altitudes de 2 500 a 3 600 m y se desarrolla en climas templado - húmedos, presenta un ciclo vegetativo de 2 años con un intervalo de cosecha de 35 a 60 días. La altura de la planta oscila de 60 a 90 cm con un rendimiento de 400 a 700 kg/ha, los cortes se pueden efectuar cada 28 a 30 días con un total de 10 a 12 cortes al año (León, 2003, p. 151).

Para su establecimiento se puede sembrar de 30 a 40 kg/ha al voleo o 25 a 30 kg/ha en surcos separados. Al momento de la cosecha se puede utilizar para corte, pastoreo o para conservación de forrajes (Wattiaux, 2004, p. 50).

- **Pasto azul**

Nombre común: pasto azul.

Nombre científico: *Dactylis glomerata*.

Origen: Europa.

Valor nutritivo: 74,1 % humedad, 25,9 % materia seca, 15,1 % proteína, 27,1 % fibra y 69,4 % digestibilidad (Velarde e Izquierdo, 1993, p. 52-53).

El pasto azul es una especie que forma parte de la familia de las gramíneas, se adapta en altitudes entre 2 300 y 3 600 m; climas templados, fríos, altas temperaturas y sequía, ya que es más tolerante que el rye grass. Al ser una gramínea macollosa puede llegar a medir hasta 2 m de altura (León, 2003, p. 12).

La siembra se realiza al voleo con una densidad de siembra de 10 a 15 kg/ha produciendo alrededor de 300 a 500 kg/ha. Es un forraje de alto valor nutritivo cuando se encuentra en su estado óptimo de aprovechamiento, sin embargo, al florecer pierde su calidad y digestibilidad, es muy utilizado para la conservación de pastos como el ensilaje, henolaje y henificación (Wattiaux, 2004, p. 51).

- **Kikuyo**

Nombre común: kikuyo.

Nombre científico: *Pennisetum clandestinum*.

Origen: Africano.

Valor nutritivo: 18,2 % materia seca, entre 12,0 a 20,0 % proteína, 30,70 % fibra y 68,1 % digestibilidad (Osorio y Roldan, 2006, p. 104; Barreara et al., 2004, p. 67).

Esta gramínea se adapta a las zonas de clima frío, a una altitud entre 1 000 y 3 000 m. El método de siembra se realiza a través de estolones que se cortan en trozos de 0,15 a 0,20 m, debido a que la multiplicación mediante semilla resulta muy difícil. Posee un crecimiento agresivo y puede formar una especie de colchón denso con un espesor de 15 a 30 cm (Hernández, 2004, p. 89).

El kikuyo posee varios usos entre los cuales se mencionan prados, campos deportivos, pastoreo y conservación de forrajes (henificación, henolaje y ensilaje). Además, se puede combinar con otras especies para formar mezclas forrajeras. En invierno, debido a las heladas, sus hojas toman un color amarillo y puede permanecer en estado de latencia hasta el verano (Grijalva y Rodríguez, 2007, p. 37).

### 1.1.1.2. Leguminosas

- **Trébol blanco**

Nombre común: trébol blanco.

Nombre científico: *Trifolium repens L.*

Origen: Europa mediterránea y las islas Británicas.

Valor nutritivo: 76,2 % humedad, 23,8 % materia seca, 23,9 % proteína, 22,8 % fibra y 85,1 % digestibilidad (Velarde e Izquierdo, 1993, p. 52-53).

Esta leguminosa se adapta muy bien en altitudes entre los 1 800 y 3 200 m, clima templado, frío y húmedo, temperatura entre 20 a 25 °C y por debajo de los 10 °C su crecimiento es lento.

El trébol blanco es una leguminosa de tipo perenne que se difunde fácilmente por su crecimiento rastrero, posee hojas trifoliadas con forma ovalada y en cada una de sus hojas tiene manchas blancas y alcanza una altura de 40 a 50 cm (León, 2003, p. 11) .

Para el establecimiento se recomienda asociar esta especie con otro tipo de gramíneas ya tiene un gran aporte de proteína. La densidad de siembra es de 1,5 a 2,0 kg/ha. Para la siembra de cultivo puro se utiliza de 3 a 6 kg de semilla produciendo de 600 a 800 kg/ha (Paladines, 2004, p. 54).

- **Trébol rojo**

Nombre común: trébol rojo.

Nombre científico: *Trifolium pratense L.*

Origen: sur de Europa y el Mediterráneo.

Valor nutritivo: 80,1 % humedad, 19,9 % materia seca, 21,5 % proteína, 18,5 % fibra y 80,5 % digestibilidad (Velarde e Izquierdo, 1993, p. 52-53).

El trébol rojo se adapta en altitudes de 2 000 a 3 000 m en zonas templadas frías en temperaturas entre 20 a 25 °C. Para el establecimiento se recomienda sembrar juntamente con gramíneas y con una densidad de siembra de 1 kg/ha, se utiliza para el pastoreo y para corte (Barrera et al., 2004, p. 68).

### **1.1.3. GRADO DE MADUREZ DE UN FORRAJE**

El estado fenológico de una planta se define como las etapas de vida que inician con la germinación y finalizan en la producción de semillas a través de la formación de los órganos reproductivos. Es así que mientras la madurez de la planta avanza, los cambios de los componentes celulares provocan que el valor nutritivo disminuya (Proyecto FIA, 2007, p. 62).

La primera utilización del pasto luego de la siembra se efectuará dependiendo de las condiciones climáticas y del desarrollo de las especies aproximadamente a los 90 días, en especies anuales el aprovechamiento se realizará cuando el 30 % de las especies estén en floración y en las especies perennes cuando poseen sus 3 hojas verdaderas (Rodríguez et al., 2013, p. 15).

## **1.2. ENSILAJE DE MEZCLAS FORRAJERAS**

Las precipitaciones ocasionan una alta producción de forraje debido a que el sistema radicular se desarrolla rápidamente, permitiendo la extracción de agua y nutrientes del suelo necesarios para la fabricación de azúcares en el proceso de la fotosíntesis. Al existir un exceso de forraje los animales no pueden aprovechar todo el pasto, por lo cual se recomienda conservar el material verde elaborando ensilaje, henolaje o heno (Barrera et al., 2004, p. 94).

Los métodos de conservación como el henolaje y la henificación requieren de maquinaria y de condiciones adecuadas para su desarrollo por lo cual se

recomienda la elaboración de ensilaje por la sencillez de su proceso (Bragachini, 2005, p. 13).

El ensilaje es una técnica de conservación que se basa en procesos químicos y biológicos generados en los tejidos vegetales de los forrajes. La presencia de hidratos de carbono fermentables es necesaria para que se efectúe una anaerobiosis adecuada (Cañete y Sancha, 1998, p. 63).

La conservación se realiza en un medio húmedo y debido a la formación de ácidos que actúan como agentes conservadores, es posible obtener un alimento succulento y con valor nutritivo muy similar al forraje original, sin embargo, el ningún caso se mejorara la calidad nutritiva del forraje inicial a menos de que se haya adicionado un aditivo (Bertoia, 2007)

#### **1.2.1. PROCESO DE ENSILAJE**

Una vez cortado el forraje con motoguadaña o ataro, en su estado óptimo de madurez, se recomienda picarlo y pre-secarlo (exponiendo el material vegetal al sol durante varias horas) para alcanzar niveles adecuados de humedad, luego se introduce el forraje en el silo y se procede a compactar para eliminar todo el aire (provocando una fermentación anaeróbica), finalmente se sella herméticamente el silo y se almacena en un lugar fresco y cubierto durante 30 a 45 días mínimo (Llangarí y Rodríguez, 2013, p. 38).

Inevitablemente existen pérdidas tanto en el campo como en el interior del silo que pueden ser causadas por la humedad del forraje, mala compactación y mal sellado del silo (Romero, 2004).

Al encontrarse el forraje dentro del silo se inicia el proceso biológico del ensilaje que se efectúa en las siguientes fases:

- La fase aeróbica dura aproximadamente 5 horas y se inicia una vez que se cosecha el forraje, las células continúan respirando debido a la presencia de oxígeno, lo cual produce anhídrido carbónico y agua proveniente de los carbohidratos, aumentando la temperatura de 58 a 60 °C. Un proceso indeseable que ocurre en esta fase es la descomposición de proteínas y la pérdida de nitrógeno en forma de amonio lo que inhibe la producción de ácido láctico (Rodríguez et al., 1997, p. 5).
- Fase de acidificación, el tiempo de duración es de 24 a 72 h, a partir de esta fase se producen fermentaciones anaeróbicas, las cuales dependiendo del pH, temperatura, sustrato, etc., van a producir varios productos finales entre los cuales están el ácido fórmico, ácido acético, ácido láctico, ácido butírico, alcohol o anhídrido carbónico (Brock, 2000, p. 12).
- Fase de fermentación láctica, se efectúa entre los 14 y 21 días donde las condiciones de anaerobiosis permiten que haya la producción de las bacterias benéficas (bacterias lácticas) para el ensilaje. El producto de esta fermentación es el ácido láctico, el cual se produce a un pH de 4,0 a 5,0. Posteriormente se inhibirán el crecimiento de cualquier tipo de bacterias incluyendo las lácticas, permitiendo que se mantenga en un ambiente estable hasta la apertura del silo (Schroeder, 2004).

En la técnica de elaboración del ensilaje, el sellado del silo debe ser hermético, ya que la entrada de oxígeno permitirá el desarrollo de microorganismos como hongos y levaduras que descomponen y putrefactan el material (cantidad recomendada de poblaciones microbianas menor a 100 000 UFC/g), resultando un alimento no apto para el consumo de los rumiantes (Frioni, 1999, p. 10; Carrillo, 2003, p. 91).

Para que el proceso de ensilaje se efectúe en las mejores condiciones, es recomendable utilizar diferentes aditivos que permiten mejorar la preservación del ensilaje, estos se encuentran en el mercado y son de tipo químico o biológico,



dependiendo del requerimiento como aporte nutritivo y estimulantes e inhibidores de la fermentación (Flores et al., 2005, p. 18).

### **1.2.2. FERMENTACIÓN DEL ENSILAJE**

Los azúcares y almidones que se encuentran en los tejidos vegetales de los forrajes contribuyen al proceso de fermentación del ensilaje, estos producen ácidos que preservan el valor nutritivo del material. Para evitar pérdidas, por respiración de los microorganismos aeróbicos, el material ensilado debe ser colocado en silos donde el oxígeno no ingrese para evitar la putrefacción y conservar condiciones adecuadas de temperatura a 25 °C y pH de 4,2 (Cañete y Sancha, 1998, p. 65).

Las fermentaciones del ensilaje según la acción de los microorganismos son:

Fermentación deseable: es la fermentación láctica producida por la acción de las bacterias lácticas, cuya actividad se desarrolla en anaerobiosis, el resultado final es la producción de ácido láctico a partir de los azúcares del forraje.

Fermentación indeseable: o fermentación butírica provocada por las bacterias de tipo *Clostridium*, el producto final es el ácido butírico que provoca un bajo consumo de alimento por parte de los animales, por el aroma desagradable y sabor rancio, además, de segregar toxinas perjudiciales para el ganado (Frioni, 1999, p. 75).

### **1.2.3. PARÁMETROS DE LA CALIDAD DEL ENSILAJE**

En la determinación de la calidad del ensilaje en relación al valor nutritivo los parámetros más relevantes son:

Para conseguir un contenido adecuado de materia seca es necesario disminuir la humedad del forraje hasta un 65 %, por lo cual antes de iniciar el proceso de ensilaje se recomienda tender el forraje sobre el mismo lote y dejarlo pre secar durante 3 a 4 horas. Para alcanzar el nivel deseado de humedad se debe considerar varios factores como la especie del forraje, grado de madurez, densidad de población y las condiciones del clima (Reyes et al., 2009, p. 29 - 30).

El contenido de materia seca ideal se encuentra entre 30,0 y 40,0 %, si posee un 20,0 % es probable que el ensilaje resulte viscoso y putrefacto, un 50,00 % resultará difícil compactar y permitirá el ingreso de oxígeno al silo (Navarro et al., 2006, p. 69). El valor de pH de gramíneas y leguminosas de acuerdo al contenido de materia seca se detalla en la Tabla 1.2.

**Tabla 1.2.** Efecto del contenido de materia seca y tipo de forraje fresco en el pH requerido para evitar el crecimiento clostridial

Materia seca	pH estable	
	Gramíneas	Leguminosas
%		
20	4,16	4,26
25	4,26	4,45
30	4,43	4,60
35	4,63	5,04
40	4,90	5,56
45	5,14	5,83

(Ojeda, 1986, citado por Mier 2009, p. 10).

La calidad del ensilaje también está determinada por el contenido de proteína (mínimo 14,0 %), digestibilidad (68,0 %), ácido láctico (4,0 a 6,0 %), ácido butírico (menor a 0,1 %), energía metabolizable (2,51 Mcal/kg), etc. (Frioni, 1999, p. 75 y Reyes et al., 2009, p. 29-30).

#### 1.2.4. VENTAJAS DEL ENSILAJE

La práctica de elaboración de ensilajes proporciona las siguientes ventajas:

- Mantener una reserva de forraje fermentado, durante varios años en condiciones adecuadas.
- El material ensilado adecuadamente presentará mínimas diferencias con en relación al material original.
- Aumento de la productividad del forraje, al ser cosechado en estado óptimo de madurez se acorta el ciclo de crecimiento y se mantiene una producción constante.
- Uso adecuado del excedente del forraje ya que se considera como desperdicio, pero al ensilar se evita las pérdidas por efectos de la madurez del forraje.
- Almacenamiento de alimentos que son perecederos por un periodo de tiempo extenso (Reyes et al., 2009, p. 10).

### **1.3. DIGESTIBILIDAD *IN SITU* EN RUMIANTES**

La calidad nutritiva de los forrajes está en función de la proporción y el nivel de consumo, digestibilidad, contenido de nutrientes y eficiencia en que estos pueden ser metabolizados y utilizados por los animales (León, 2003, p 32).

En el momento que los alimentos (forrajes) transitan por el aparato digestivo de un rumiante, sufren varios procesos, así, los carbohidratos pueden ser hidrolizados, fermentados y degradados en el rumen, mediante la acción de microorganismos ruminales, produciendo amoniaco, ácidos grasos volátiles entre otros productos, que son aprovechados por el animal para transformarlos en energía (Church, 1998, p. 305).

Luego que los nutrientes de los forrajes son degradados en el tracto digestivo, la cantidad de alimento que desaparece por la acción de los microorganismos anaerobios ruminales, se considera como la digestibilidad ruminal de un forraje. El análisis de este parámetro proporciona el conocimiento sobre el valor nutritivo de un alimento, el cual es utilizado en la formulación de raciones para rumiantes (Hall et al., 1998, p. 111).

La digestibilidad de los contenidos celulares del forraje es usualmente total, mientras, que la digestión de la pared celular es variable y depende, principalmente, del grado de lignificación del pasto (Van Soest, 1983).

### **1.3.1. MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD**

Para la determinación cuantitativa de la digestibilidad de un alimento se utilizan métodos *in vitro* e *in situ*. El método *in vitro* requiere de mucho tiempo y trabajo, además, es imprescindible el empleo de un equipo especializado como el Daisy ANKOM Technology, el cual incuba varias muestras de alimento (forraje molido) dentro de 4 recipientes que contienen líquido ruminal obtenido de un animal donante, la mayor dificultad de este procedimiento es que el número de muestras es limitado por cada corrida, sin embargo, el método más exacto es el *in situ* porque es en el mismo animal en donde se efectúa (López, 2005, p. 90 - 95).

### **1.3.2. USO DEL MÉTODO DE LA DIGESTIBILIDAD *IN SITU***

Ruíz y Ruíz (1990) utilizaron por primera vez la técnica de la digestibilidad *in situ* en ovinos, empleando bolsas de seda fina, sin embargo, a través del tiempo y el sin número de investigaciones efectuadas se ha recurrido al uso de materiales sintéticos como nylon o poliéster y dacrón siendo este el más recomendado por sus características y bajo costo (Church, 1998, p. 312).

El método *in situ* o llamado técnica de la bolsa de nylon o *in sacco* simula un ambiente ruminal adecuado en relación a parámetros como temperatura, pH ruminal, sustratos, enzimas, etc., por tal razón está práctica realizada por varios años representa un gran aporte para este tipo de investigaciones (Arreaza, 2005, p. 44).

La técnica *in situ* consiste en colocar 4 g de forraje, previamente molido (cribado a 2 mm) en bolsas de nylon, poliéster o dacrón de 10 x 5 cm con un tamaño de poro de 50  $\mu$ m, las cuales se cierran con ligas de goma para ser atadas a una cadena de acero que se introduce en el rumen de un animal fistulado. Las muestras permanecen durante un periodo de tiempo de 3, 6, 12 y 24 horas en el interior del rumen, para posteriormente ser lavadas, secadas y pesadas para la obtención de datos que permitan determinar la digestibilidad de la materia seca (Arreaza, 2005, p. 54).

Existen varios factores que intervienen en la ejecución de la digestibilidad *in situ* en rumiantes que den ser tomados en cuenta a la hora llevarse a cabo entre los cuales consta el tamaño de poro de la bolsa, tamaño de partícula de la muestra, la relación entre la cantidad de la muestra y tamaño de la bolsa, la dieta de los animales, etc., los cuales se detallan a continuación:

### **1.3.3. TAMAÑO DE PORO DE LA BOLSA**

El tamaño adecuado de poro en las bolsas de nylon, debe mantenerse entre 30 a 50 micras, debido a que un micraje de poro muy pequeño ocasiona que los microorganismos ruminales no puedan ingresar a través de los poros de la bolsa y fermentar la muestra, mientras que en los poros muy grandes es posible que varias partículas lignificadas ingresen a la bolsa y alteren el resultado de la digestibilidad (Arreaza, 2005, p. 54).

#### **1.3.4. TAMAÑO DE PARTÍCULA DE LA MUESTRA**

Varios estudios realizados por Weakley et al., (1983) establecen que el tamaño de partícula más apropiado para la determinación de la digestibilidad *in situ* es de 1 a 3 mm, debido a que existe una relación inversamente proporcional entre el tamaño de partícula y la digestibilidad es decir a menor tamaño de partícula mayor digestibilidad e inversamente (p. 493).

#### **1.3.5. RELACIÓN ENTRE LA CANTIDAD DE MUESTRA Y TAMAÑO DE LA BOLSA**

La cantidad de muestra y el tamaño de la bolsa, que se incuban en el rumen, dependen del alimento a estudiarse, tiempo de incubación, número de muestras, etc., sin embargo, investigaciones realizadas por Mehrez y Orskov (1977), recomiendan que el tamaño de bolsas sea de 10 x 5 cm con 4 g de muestra o de 20 x 10 cm con 10 g de muestra, para la motilidad de las muestras dentro del micro ambiente de la bolsa (p. 647).

#### **1.3.6. POSICIÓN DE LAS BOLSAS EN EL RUMEN**

Las bolsas se deben amarrar a la cánula con un hilo de nylon de 50 cm en bovinos, para permitir una sumersión completa y la movilidad de todas las bolsas en el interior del rumen (Arreaza, 2005, p. 55).

#### **1.3.7. TIEMPO DE INCUBACIÓN RUMINAL EN LAS BOLSAS**

El tiempo de incubación en el rumen de un animal dependerá del tipo de alimento, siendo lo más recomendable de 72 a 96 horas, sin embargo, por los costos en relación a la cantidad de fundas, se recomienda someter las muestras a un tiempo de incubación considerable de 24 horas (Arce, 2003, p. 17).

## 2. PARTE EXPERIMENTAL

### 2.1. MATERIALES

#### **Materiales de campo**

- Baldes de plástico
- Bomba de mochila para fumigar
- Cadena de acero para introducir en el rumen del animal fistulado
- Cámara fotográfica
- Cinta métrica para medir el lote
- Costales para recoger el forraje
- Crisoles de porcelana para pesar el pasto molido
- Cuadrante de 0,25 m<sup>2</sup> para la evaluación de la composición botánica
- Estacas para delimitar el lote
- Fertilizantes 30-15-30, urea
- Fundas de poliéster de 10 x 5 para digestibilidad *in situ*
- Fundas de plástico para toma de muestras
- Hoz para cortar del pasto
- Ligas de goma
- Microsilos de tubo de PVC
- Motoguadaña para aprovechamiento del pasto
- Piola para delimitación del lote
- Semilla de pastos (gramíneas y leguminosas)
- Vacas Brahman de 3 años de edad

#### **Materiales de oficina**

- Bolígrafo
- Hoja de papel bond
- Libreta de campo

## Equipos

- Balanza analítica OHAUS ADVENTURER PRO ANALÍTICA, 260 g, 0,0001 g
- Desecador para vacío
- Estufa MEMMERT, SNE 400 I
- Molino RETSCH, SM 100, 5 l
- pH-metro digital 370 Boeco

## 2.2. LOCALIZACIÓN

La siembra, el manejo de forrajes y el proceso de ensilaje se realizó en la Unidad de Producción de Leche de la Estación Experimental “Santa Catalina” del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), cuyas características edafo - climáticas se presentan en la Tabla 2.1.

**Tabla 2.1** Características edafo - climáticas donde se llevó a cabo la investigación. EESC - INIAP

DETALLE	CARACTERÍSTICAS
Provincia	Pichincha
Cantón	Mejía
Parroquia	Cutuglagua
Latitud	00°22'00'' S
Longitud	78° 33'00''O
Altitud	3058 m
Humedad relativa	79,30 %
Temperatura promedio anual	12,80 °C
Precipitación promedio anual	1 311,60 m
Tipo de suelo	Franco – limoso

(INAMHI, 2014).

Las pruebas para la determinación de la digestibilidad *in situ* se ejecutaron en el Departamento de Ruminología de la Universidad Estatal de Quevedo (UTEQ), debido a un convenio entre el INIAP y la UTEQ.



### 2.3. SIEMBRA Y MANEJO DE FORRAJES

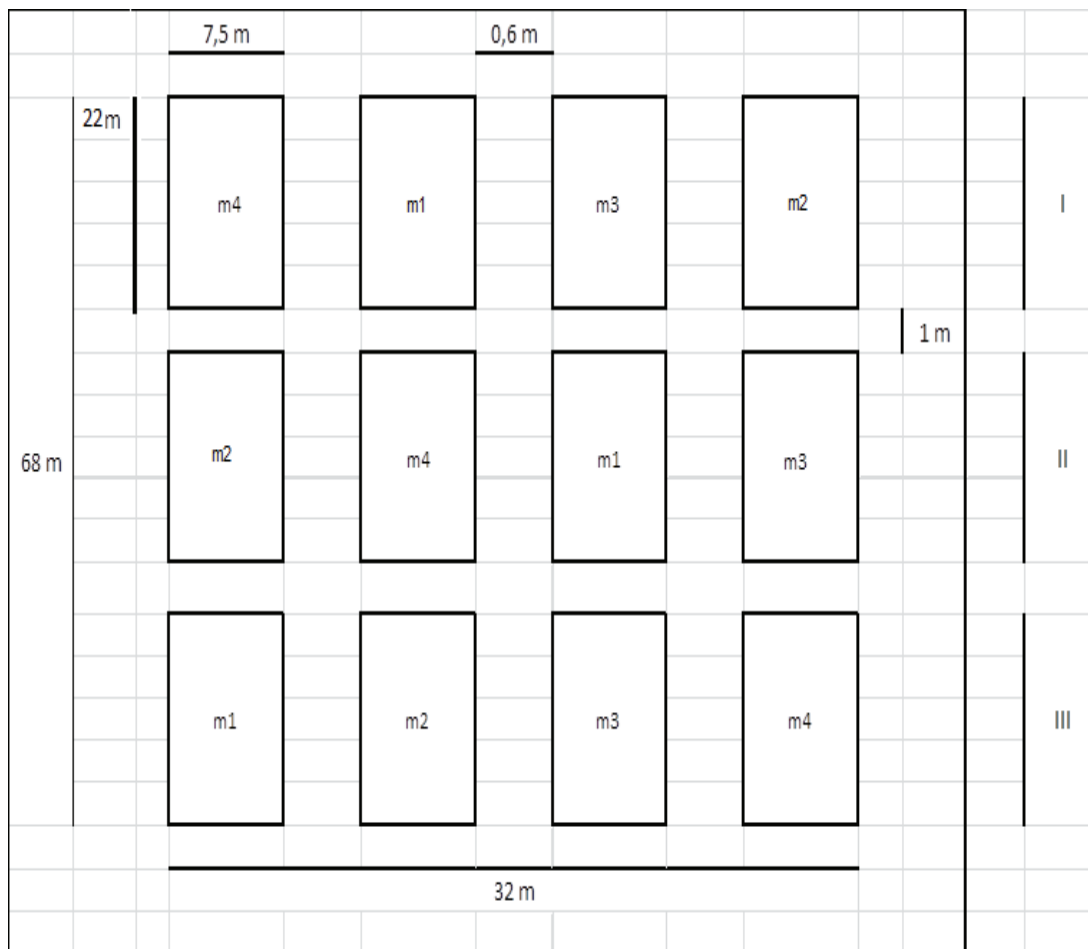
En el lote N° 21 de la Unidad de Producción de Leche, previo a la siembra de las mezclas forrajeras, se efectuó el muestreo del suelo, recolectando una muestra de 1 kg de suelo, la cual se envió al Departamento de suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina – INIAP para su respectivo análisis. Los resultados y la recomendación se emplearon para la fertilización y aplicación de enmiendas o correcciones.

Una vez preparado el terreno mediante labores de arada y rastra, excepto en las parcelas testigo, se procedió a la siembra para lo cual se utilizaron las siguientes mezclas forrajeras que se detallan en la Tabla 2.2

**Tabla 2.2.** Detalle de las mezclas forrajeras a sembrarse

Identificación	Especies de la mezcla forrajera	Proporción (%)
m1	Rye grass perenne ( <i>Lolium perenne</i> )	55
	Rye grass anual ( <i>Lolium multiflorum</i> )	18
	Pasto azul ( <i>Dactylis glomerata</i> )	21
	Trébol blanco ( <i>Trifolium repens</i> )	4
	Trébol rojo ( <i>Trifolium pratense</i> )	2
m2	Rye grass perenne ( <i>Lolium perenne</i> )	64
	Rye grass anual ( <i>Lolium multiflorum</i> )	27
	Trébol blanco ( <i>Trifolium repens</i> )	9
m3	Rye grass perenne ( <i>Lolium perenne</i> )	91
	Trébol blanco ( <i>Trifolium repens</i> )	9
m4 (testigo: pasto ya establecido en el lote)	Kikuyo ( <i>Pennisetum clandestinum</i> )	75
	Trébol blanco ( <i>Trifolium repens</i> )	25

Para la el establecimiento de las mezclas forrajeras se empleó el diseño de parcela dividida (DPD) representado en la Figura 2.1.



**Figura 2.1.** Diagrama de campo de los 12 tratamientos con un Diseño de Parcela Dividida (DPD)

### 2.3.1. VARIABLES Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN

Para la determinación de la composición botánica en cada mezcla forrajera se empleó el método destructivo o de separación manual.

#### **Método destructivo**

De todas las mezclas forrajeras se recolectaron varias sub-muestras, lanzando un cuadrante de  $0,25 \text{ m}^2$  de manera aleatoria en diferentes puntos de cada parcela. Luego las pasturas se cortaron a la altura recomendada (5 cm sobre el nivel del

suelo), utilizando una hoz. Posteriormente se mezclaron las sub muestras por mezclas para extraer 500 g, con la finalidad de clasificar las especies presentes (gramíneas, leguminosas, malezas) y determinar el porcentaje de las mismas (Barrera et al., 2004, p. 72).

### **2.3.2. TIPO DE DISEÑO EXPERIMENTAL**

Se utilizó un diseño experimental de Parcela Dividida (DPD) con 3 repeticiones para cada mezcla, este diseño presenta unidades experimentales llamadas parcelas grandes y unidades experimentales menores conocidas como sub - parcelas.

Cada unidad experimental estuvo constituida por una parcela con un área de 157,5 m<sup>2</sup> (22,0 m x 7,5 m), la cual estuvo conformada por cada mezcla forrajera con 3 repeticiones como se observa en la figura 2.1.

Número de unidades experimentales:	12
Área de las unidades experimentales:	165 m <sup>2</sup>
Largo:	22,0 m
Ancho:	7,5 m
Caminos:	196 m
Forma de la Unidad experimental:	Rectangular
Área Total del ensayo:	2 176 m <sup>2</sup>
Largo:	68 m
Ancho:	32 m
Forma del ensayo:	Rectangular

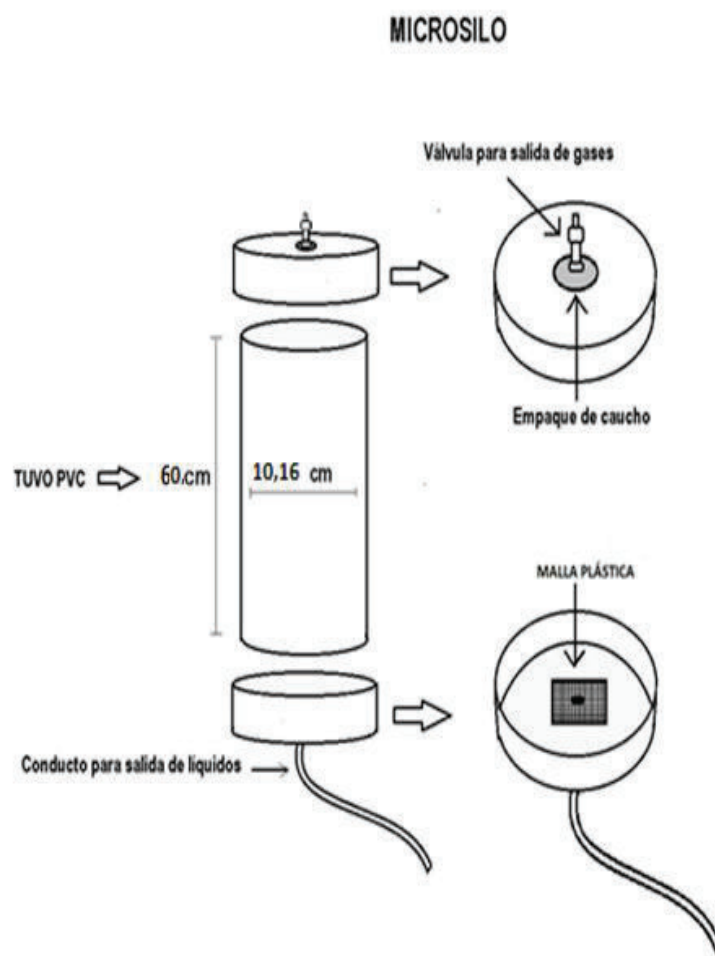
### **2.4. ENSILAJE**

Para el proceso de ensilaje se empleó el forraje después segundo corte en las siguientes frecuencias de aprovechamiento detalladas en la Tabla 2.3

**Tabla 2.3.** Detalle de las frecuencias de aprovechamiento

Código	Identificación	Características
f1	Primera frecuencia de aprovechamiento	30 días después del segundo corte
f2	Segunda frecuencia de aprovechamiento	45 días después del segundo corte
f3	Tercera frecuencia de aprovechamiento	60 días después del segundo corte

El pasto cortado se dejó al ambiente (sobre la misma parcela) durante 3 horas para pre-secarlo. Posteriormente se colocó el forraje verde en los microsilos elaborados de cloruro de polivinilo (PVC) con una capacidad volumétrica de 5 l, durante 30 días, de acuerdo al siguiente diagrama detallado en la Figura 2.2.

**Figura 2.2.** Esquema de la estructura del microsililo (Reyes et al., 2009, p. 29).

### 2.4.1. TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

De la combinación de las 4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento se obtuvo un total de 12 tratamientos. Los cuales se presentan en la Tabla 2.4.

**Tabla 2.4.** Descripción de los 12 tratamientos del ensayo que corresponden a 4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento

Tratamientos	Código	Descripción
1	m1f1	Mezcla 1 + primera frecuencia de aprovechamiento
2	m1f2	Mezcla 1 + segunda frecuencia de aprovechamiento
3	m1f3	Mezcla 1 + tercera frecuencia de aprovechamiento
4	m2f1	Mezcla 2 + primera frecuencia de aprovechamiento
5	m2f2	Mezcla 2 + segunda frecuencia de aprovechamiento
6	m2f3	Mezcla 2 + tercera frecuencia de aprovechamiento
7	m3f1	Mezcla 3 + primera frecuencia de aprovechamiento
8	m3f2	Mezcla 3 + segunda frecuencia de aprovechamiento
9	m3f3	Mezcla 3 + tercera frecuencia de aprovechamiento
10	m4f1	Mezcla 4 + primera frecuencia de aprovechamiento
11	m4f2	Mezcla 4 + segunda frecuencia de aprovechamiento
12	m4f3	Mezcla 4 + tercera frecuencia de aprovechamiento

### 2.4.2. VARIABLES Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN

Para determinar la calidad del ensilaje se realizó la caracterización de las variables pH y densidad. En las variables del valor nutritivo y carga microbiana evaluadas al corte del forraje y al final del proceso del ensilaje, no se emplearon repeticiones debido al valor económico de cada análisis, por lo cual se realizaron cuadros comparativos para su explicación.

**pH del forraje:** se midió al inicio (corte) y al final (30 días de elaborado el ensilaje), se tomó una muestra de 25 g de forraje y se mezcló con 250 ml de agua

destilada durante 1 h para que se forme un extracto acuoso con el cual se procedió a medir el pH con un pH-metro digital 370 Boeco (Mier, 2009, p. 11).

**Densidad:** se evaluó por medio de la balanza mecánica Deteoto, modelo T5 K. para determinar la diferencia de masa y volumen, pesando cada microsilos al inicio y al final del proceso de ensilaje (Jobim et al., 2007, p. 2).

**Carga microbiana:** se realizó en el Laboratorio de Ciencia de Alimentos y Biotecnología DECAB de la Escuela Politécnica Nacional. Se obtuvieron datos de conteo total de aerobios, hongos y levaduras de acuerdo al método FDA/CFSAN BAM Cap. 3 y 18.- 2001

**Indicadores de la Calidad Nutritiva:** se efectuaron en el laboratorio certificado del Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina - INIAP empleando los métodos oficiales de la AOAC (2000). Los análisis realizados con sus respectivos parámetros evaluados se detallan a continuación:

- **Análisis proximal:** humedad, cenizas, extracto etéreo, proteína, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno.
- **Análisis de paredes celulares:** fibra detergente neutra, fibra detergente ácida y lignina.
- **Análisis de minerales:** calcio, fósforo, magnesio, potasio y sodio.

**Indicadores de la calidad fermentativa:** se realizaron en el laboratorio certificado del Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina - INIAP empleando de los métodos oficiales de la AOAC (2000). Se obtuvieron datos de azúcares totales, energía bruta, digerible y metabolizable.

**Análisis de las características organolépticas:** se aplicó el “Sensory test” propuesto por Bernal y Chaverra (2002). Extrayendo una muestra de 100 g de material fermentado de cada frecuencia de aprovechamiento para caracterizar la

calidad del ensilaje mediante el color, olor y textura (p. 57). Estos indicadores se obtuvieron a través de una evaluación visual y sensorial, además, se utilizó una escala de valoración y calidad para clasificar el ensilaje como se refiere en el Anexo I.

**Tabla 2.5.** Características organolépticas para evaluar la calidad del ensilaje de acuerdo al tipo de fermentación

INDICADOR	FERMENTACIÓN
<b>Color:</b> verde oliva, levemente amarillento	Fermentación láctica
<b>Olor:</b> agradable, aromático dulzón	
<b>Textura:</b> firme	
<b>Color:</b> verde amarillento	Fermentación láctica
<b>Olor:</b> ligeramente avinagrado	
<b>Textura:</b> firme	
<b>Color:</b> verde azuláceo secciones oscuras	Fermentación acética
<b>Olor:</b> fuertemente avinagrado	
<b>Textura:</b> blanda y viscosa	
<b>Color:</b> marrón tabaco secciones quemadas	Fermentación butírica
<b>Olor:</b> rancio, putrefacto	
<b>Textura:</b> floja y mullida	

(Bernal y Chaverra, 2002, p. 147).

## 2.5. DIGESTIBILIDAD *IN SITU*

El forraje ensilado fue secado a 40 °C en la estufa MEMMERT, SNE 400 I durante 2 días y molido (cribado a 2 mm) en el molino RETSCH, SM 100, 5 l, en la Estación Experimental Santa Catalina – INIAP. Posteriormente para determinar la digestibilidad *in situ* el material molido fue trasladado al Departamento de Ruminología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ).

### 2.5.1. VARIABLES Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN

El método que se aplicó para la evaluación de la digestibilidad *in situ* fue la técnica de las bolsas de nylon según lo indicado por Van Lier (2008) para lo cual se emplearon 3 animales de la raza Brahman canulados con una edad promedio de 3 años (p. 68). El procedimiento de esta técnica se describe a continuación:

Las bolsas de poliéster (10 x 5 cm; tamaño de poro 50 µm), se identificaron y se colocaron a 65 °C por 48 h en la estufa MEMMERT, SNE 400 I.

A continuación se pesaron en la balanza analítica OHAUS ADVENTURER PRO ANALÍTICA, 260 g, 0,0001 g, para obtener su peso seco.

A cada una de las bolsas se colocó 4 g del forraje molido (tamaño de partícula de 2 mm) cerrándolas con ligas de goma.

Posteriormente las bolsas se incubaron en el rumen de cada bovino (sujetadas a una cadena de acero) por periodos de tiempo de 0, 3, 6, 12 y 24 horas.

Cumplidos los tiempos de incubación se extrajeron las muestras para ser lavadas en agua corriente fría y retirar el exceso del material ruminal, este proceso no elimina el material del interior de la bolsa debido a que el tamaño de la muestra es mayor (2 mm) que el micraje de la bolsa (50 µm).

Finalmente se secaron las bolsas en una estufa MEMMERT, SNE 400 I durante 48 h a 65°C, para registrar su peso (Van Lier, 2008, p. 68).

Los resultados de la digestibilidad en materia seca se expresaron en porcentaje y se calcularon mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Digestibilidad } in \text{ situ } (\%) = \frac{(A - B)}{A} \times 100$$

Donde:



- A: peso inicial de la muestra (g).  
B: peso final de la muestra (g).

### **2.5.2. TIPO DE DISEÑO EXPERIMENTAL**

Se empleo un diseño experimental completamente al azar en arreglo factorial 4x3, los datos obtenidos fueron anlizados el programa InfoStat versión 2.0 y para establecer rangos de significancia se utilizó la prueba de Tukey al 5 %.

## **2.6. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS TRATAMIENTOS**

Con el propósito de evidenciar la conveniencia económica de las alternativas analizadas y determinar los tratamientos económicamente rentables, se realizó un análisis económico parcial mediante el método propuesto por el CIMMYT (1998), en su programa de evaluación económica detallada a continuación:

Establecido el rendimiento promedio (kg/ha) de cada tratamiento se procedió a conocer el beneficio bruto en campo (BB) aplicando un ajuste del 10 % del rendimiento promedio de los tratamientos y un precio en campo de cada bolsa de ensilaje (22,7 kg) de mezclas forrajeras a \$ 6,50 y a \$ 5,00 de pasto natural. Para los costos variables se consideró el precio de las semillas de pasto.

Una vez establecido el beneficio bruto y el total de los costos variables se obtuvo el beneficio neto (BN), el cual permitió calcular los beneficios netos marginales y la tasa de retorno marginal.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. SIEMBRA Y MANEJO DE FORRAJES

##### 3.1.1. COMPOSICIÓN BOTÁNICA DE 4 MEZCLAS FORRAJERAS

En relación a la siembra y manejo de forrajes, se evaluó el porcentaje de gramíneas, leguminosas y malezas presentes en cada mezcla forrajera mediante la estimación de la composición botánica (León, 2003, p. 72). Los datos del análisis de varianza (ADEVA) se representan en la Tabla 3.1. Los resultados completos del ADEVA se refieren en el Anexo II.

**Tabla 3.1.** Esquema del ADEVA para la variable composición botánica de 4 mezclas forrajeras

		Cuadrado Medio					
Fuente de variación.	de GL	% Gramíneas		% Leguminosas		% Malezas	
Total	35						
Repeticiones	2	9,73	ns	9,92	ns	0,16	ns
Mezclas	3	120,51	*	125,93	*	2,10	**
Error	30	39,56		40,07		0,17	
Frecuencias	2	154,16	**	158,90	**	0,04	ns
Mezclas x Frecuencias	6	53,74	*	50,69	*	0,14	ns
Error	24	23,98		25,00		0,19	
<b>Promedio:</b>		<b>79,44</b>		<b>19,25</b>		<b>1,31</b>	
<b>CV:</b>		<b>7,92</b>		<b>32,88</b>		<b>31,98</b>	

En la Tabla 3.1 se observa diferencia significativa para mezclas, frecuencias y mezclas x frecuencias para gramíneas y leguminosas. Para malezas existen diferencias para mezclas. No se presentó diferencias significativas en repeticiones para las tres variables.

El porcentaje promedio de cada especie fue: gramíneas 79,44 %, leguminosas 19,25 % y malezas 1,31 %, valores que se ajustaron a varias investigaciones sobre la composición de mezclas forrajeras (Rodríguez et al., 2013, p. 9; León, 2003, p. 7).

Las fuentes de variación que presentaron diferencias significativas en relación al porcentaje de gramíneas y leguminosas se deben a que cada mezcla forrajera mostraba una proporción de especies diferente. El porcentaje de malezas fue significativo en las fuentes de variación en mezclas debido a que las especies de este tipo poseen un metabolismo acelerado el cual supera a los pastos mejorados. Dependiendo de las especies presentes en un potrero existe mayor o menor competencia la cual proporciona condiciones adecuadas o adversas para el desarrollo (Clavijo, 2015, p. 73).

En relación al porcentaje de gramíneas, el promedio general fue de 79,44 %, valor considerado adecuado debido a que sobrepasa el 75 % de estas especies en la composición de una mezcla forrajera. El contenido de gramíneas en una pastura es muy importante ya que aportan la mayor cantidad de materia seca y glúcidos (carbohidratos), los cuales proveen al animal la energía necesaria para la producción de leche (Llangarí, 2013, p. 12).

El porcentaje promedio de leguminosas presentes fue de 19,25 %, valor que concuerda con datos citados por Fernández et al., (2010), quien indica que en una mezcla forrajera no debe sobrepasar el 30 % (p. 12).

Para una alimentación balanceada de los bovinos se recomienda que a más de carbohidratos proporcionados por las gramíneas, se aporte proteínas provenientes de las leguminosas, sin embargo, el exceder el contenido de proteína en la dieta del ganado bovino, provoca un trastorno denominado timpanismo caracterizado por acumulación de gases en el rumen, respiración difícil, que puede terminar en la muerte del animal si no se trata inmediatamente (Benito, 2000).

El promedio de malezas fue de 1,31 %, valor que se ajusta a lo recomendado por Rodríguez et al., (2013), el cual señala que este valor debe encontrarse entre el 2 y 3 % (p. 10).

Para determinar el grado de significancia en gramíneas, leguminosas y malezas se aplicó la prueba de Tukey al 5 %. Los datos obtenidos aparecen en las tablas 3.2, 3.3 y 3.4.

**Tabla 3.2.** Prueba de Tukey al 5 % para la variable porcentaje de gramíneas de 4 mezclas forrajeras

Mezcla	Promedio
1	79,17 <sup>ab</sup>
2	79,96 <sup>ab</sup>
3	74,87 <sup>a</sup>
4	83,79 <sup>b</sup>

En la tabla 3.2 se observa que el mayor porcentaje de gramíneas se encuentra presente en la mezcla 4, constituida por kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) con el 83,79 %, la cual presenta estolones y rizomas gruesos y succulentos, alcanzando grandes alturas por lo cual es considerado un pasto agresivo (León, 2003, p. 26). En cambio la mezcla 3 obtuvo un menor porcentaje de gramíneas, ya que el rye grass perenne es una especie con menor tamaño y producción de biomasa (Paladines, 2004, p. 14).

**Tabla 3.3.** Prueba de Tukey al 5 % para la variable porcentaje de leguminosas de 4 mezclas forrajeras

Mezclas	Promedio
1	19,87 <sup>ab</sup>
2	18,02 <sup>ab</sup>
3	24,02 <sup>b</sup>
4	15,09 <sup>a</sup>

La tabla 3.3 muestra los resultados de la presencia de leguminosas en las 4 mezclas forrajeras, donde se observa que el mayor porcentaje de leguminosas se encuentra presente en la mezcla 3 con el 24,02 %, debido a que contiene mayor cantidad de trébol blanco, especie con hábito de crecimiento estafilonero que permite una proliferación rápida de esta especie (Proyecto FIA, 2007, p. 14). Los resultados obtenidos no sobrepasan lo recomendado por León (2003) que señala que el valor debe ser menor al 30 % (p. 77)

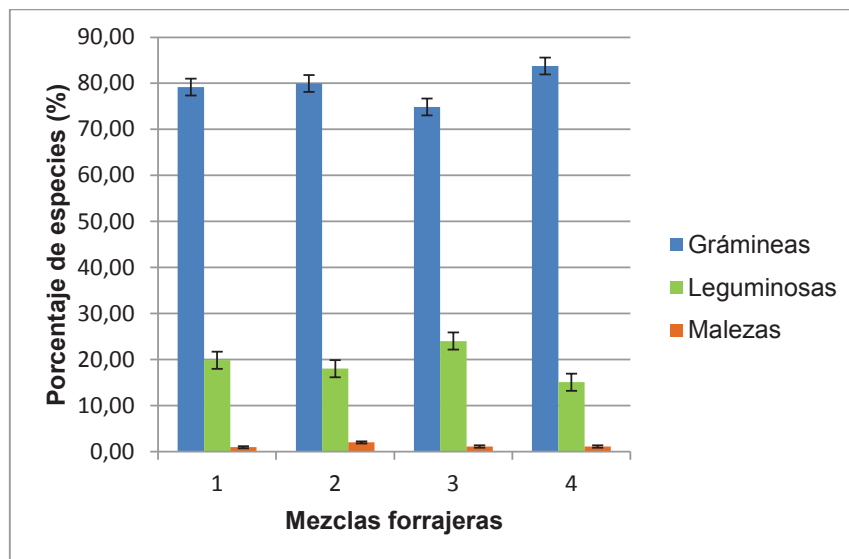
En la tabla 3.4, se observa que la mezcla 2 presentó el mayor porcentaje de malezas con un valor de 2,02 %, por el contrario las mezclas 1, 3 y 4 presentaron el menor porcentaje de malezas con el 0,97 %, 1,11 % y 1,12 %, respectivamente. Sin embargo, la presencia de las malezas no es mayor a lo recomendado (3 %) por Clavijo (2015), que menciona que estas plantas afectan el crecimiento adecuado de las pasturas y además, absorben los nutrientes que utilizan las gramíneas y leguminosas (p. 73).

**Tabla 3.4.** Prueba de Tukey al 5 % para la variable porcentaje de malezas de 4 mezclas forrajeras

Mezclas	Promedio
1	0,97 <sup>a</sup>
2	2,02 <sup>b</sup>
3	1,11 <sup>a</sup>
4	1,12 <sup>a</sup>

En la figura 3.1 se observan los porcentajes promedio de las especies gramíneas, leguminosas y malezas en cada mezcla forrajeras.

En relación a las gramíneas el mayor porcentaje se presenta en la mezcla 4 con un valor de 83,79 % y el menor porcentaje en la mezcla 3 con un valor de 74,87 %, la proporción de leguminosas es mayor en la mezcla 3 con el 24,02 % y menor en la mezcla 4 con 15,09 %, en las malezas el mayor contenido se encuentra en la mezcla 2 con el 2,02 % y el menor contenido en la mezcla 1 con 0,97 %.



**Figura 3.1.** Porcentaje en promedio de gramíneas, leguminosas y malezas presentes en 4 mezclas forrajeras

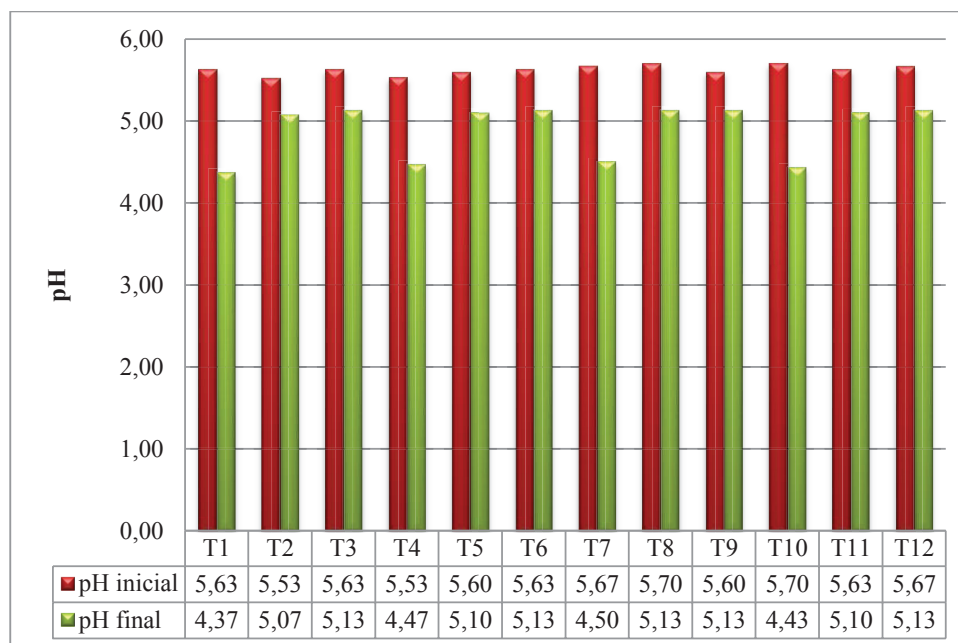
## 3.2. ENSILAJE DE MEZCLAS FORRAJERAS Y FRECUENCIAS DE APROVECHAMIENTO

### 3.2.1. VARIABLE pH

La Figura 3.2 muestra la caracterización para la variable pH inicial (forraje verde) y pH final (ensilado). Los datos obtenidos se refieren en el Anexo III.

El pH inicial en los 12 tratamientos se mantuvo entre 5,50 y 5,70 mostrando mínimas o casi nulas variaciones, valores aceptables de acuerdo a lo manifestado por Frioni (2009), que indica que el valor del pH de un forraje se mantiene constante mientras no exista la presencia de un proceso donde ciertas bacterias (lácticas o butíricas) lo modifiquen (p. 11).

En los tratamientos T1, T4, T7 y T10, se observa que el pH final se mantuvo entre 4,30 y 4,40, mientras que los tratamientos T2, T3, T5, T6, T8, T9, T11 y T12, mostraron valores superiores entre 5,07 y 5,13.



**Figura 3.2.** Porcentaje en promedio de la variable pH inicial (forraje verde) y pH final (ensilaje) de 4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento

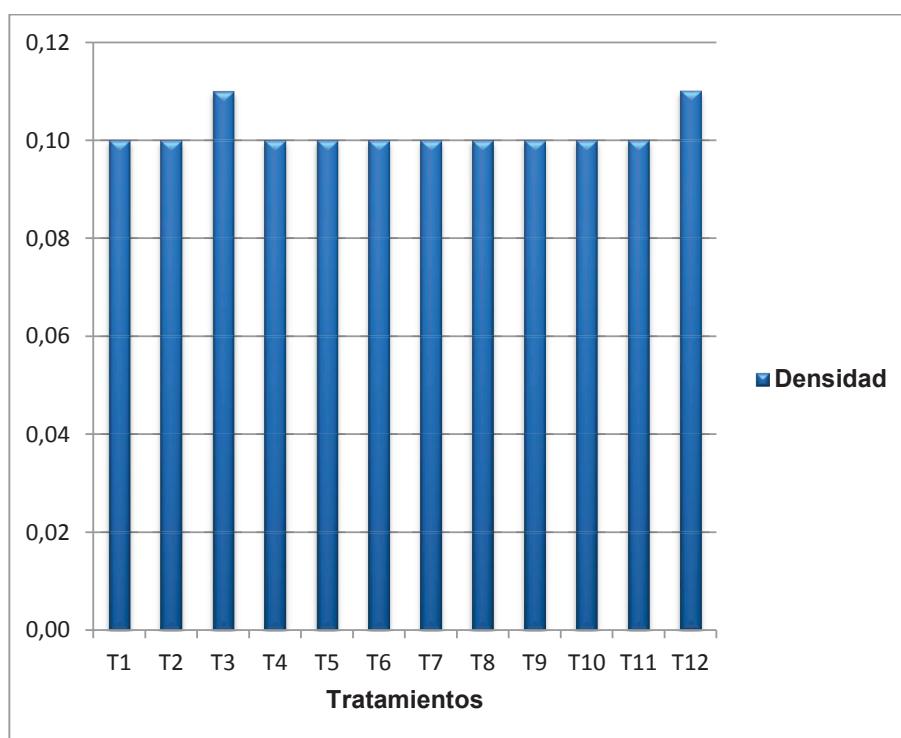
Las variaciones obtenidas coinciden a lo expuesto por Rodríguez et al., (2013), que indica que los forrajes cosechados tempranamente presentan pH menores debido a que poseen bajo contenido de materia seca y altos contenidos de azúcares y carbohidratos (principal fuente de alimento de las bacterias en la transformación de ácido láctico durante la fermentación), mientras que los forrajes maduros muestran pH elevados debido a la relación tallo – hojas, la cual no permite que haya el suficiente alimento para la producción de ácido láctico por el incremento de la pared celular ( Mier, 2009, p. 7).

Además, un alto contenido de fibra en los forrajes permitirá el ingreso de oxígeno al interior del silo produciendo un fermentación butírica la cual se lleva a cabo en pH mayores a 5, 0, por lo cual, se recomienda que las gramíneas se cosechen poco antes de la floración por el mayor desarrollo de los tallos y porque la mayoría de sus reservas son utilizadas para formación de la espiga y las leguminosas se aprovechen después de la aparición de yemas, es decir al inicio de la floración (Reyes et al., 2009, p. 14).

### 3.2.2. VARIABLE DENSIDAD

En la Figura 3.3 se presenta la caracterización de la variable densidad donde se observa que no existe variabilidad.

La diferencia de peso en los microsilos (peso final – peso inicial) fue insignificante debido a la ausencia de pérdidas por efluentes (líquido emitido por forraje ensilado, que provoca pérdidas de nutrientes, minerales, compuestos nitrogenados, ácidos orgánicos y azúcares) por lo cual se puede decir que no hubo variación entre tratamientos.



**Figura 3.3.** Caracterización de la variable densidad de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)

Martínez y Delgado (2008), señalan que la presencia de efluentes durante el proceso de ensilaje es mínima al efectuar el pre secado del forraje por varias horas, los resultados concuerdan con lo indicado, ya que después del corte el forraje se pre secó hasta alcanzar un nivel de humedad entre 60 y 70 %, además, realizó el llenado, compactado y sellado del silo en el menor tiempo posible.

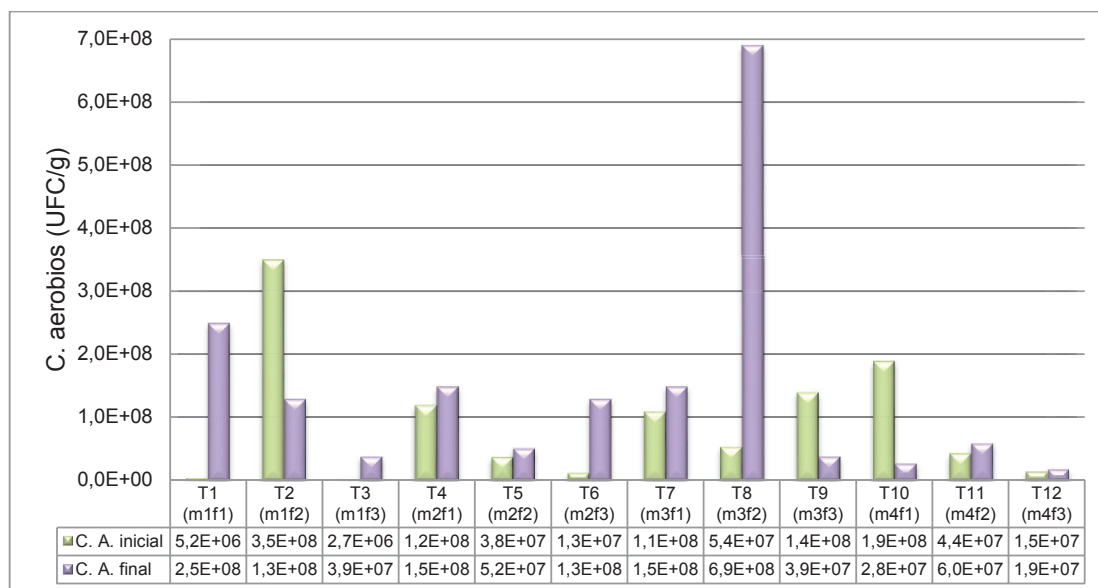


### 3.2.3. CARGA MICROBIANA

Para la determinación de la carga microbiana se evaluaron las variables: contejo de aerobios totales y contejo de hongos y levaduras.

#### 3.2.3.1. Contaje de aerobios

La figura 3.4 muestra los resultados del contejo total de aerobios, inicial y final, en UFC/g de todos los tratamientos. Los datos del análisis del contejo de aerobios se presentan en el anexo IV.



**Figura 3.4.** Contaje total de aerobios inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)

En el contejo de aerobios totales inicial (forraje verde) el tratamiento T2 (m1f2) obtuvo el máximo valor de 3,50E+08 UFC/g y el tratamiento con el menor valor fue el T3 (m1f3) con 2,70E+06 UFC/g. En el forraje ensilado el tratamiento T8 (m3f2) presentó el mayor valor con 6,90E+08 UFC/g y el tratamiento con el mínimo valor fue el T12 (m4f3) con 1,90E+07 UFC/g.

Se observa que los valores de contaje total de aerobios son mayores en el forraje ensilado que en el forraje verde (final e inicial). Alaniz (2008), señala al inicio del proceso de ensilaje las bacterias aerobias se multiplican rápidamente y a medida que transcurre el tiempo van disminuyendo debido a que las condiciones para su desarrollo no son favorables (falta de oxígeno) (p. 11). Sin embargo, Maciorowski et al., (2007), manifiesta que el contaje de aerobios totales se considera aceptable entre  $1E+7$  UFC/g.

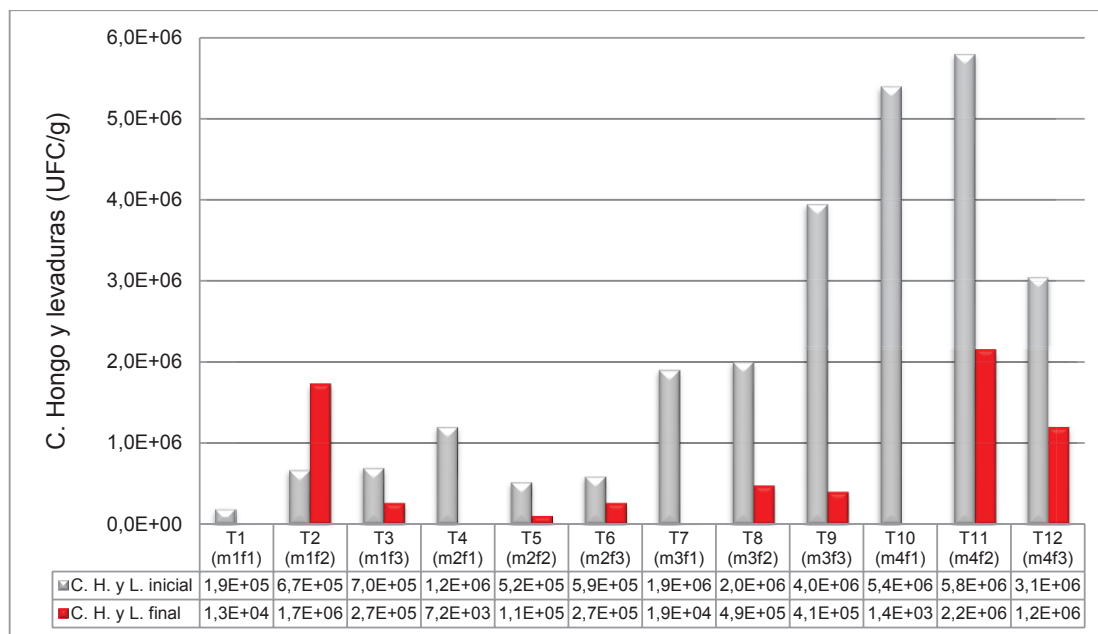
Los valores obtenidos en los resultados no concuerdan con lo expuesto por Maciorowski (2007), posiblemente debido al tiempo transcurrido entre la toma de las muestras y su traslado al laboratorio (aproximadamente 1 h), lo cual pudo provocar que las bacterias, nuevamente al entrar en contacto con el oxígeno, se desarrollen y aumente el contaje total, ya que los valores de pH antes de tomar las muestras se mantuvo en los rango adecuados (p. 114).

El tratamiento que presentó menor contaje de aerobios totales luego del proceso del ensilaje fue el T12 (m4f3) con un valor de  $1,90E+07$  UFC/g. Estos resultados se deben a que este tratamiento está constituido principalmente por kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), especie que posee menor cantidad de follaje por ende, menor cantidad de alimento (azúcar) necesario para el desarrollo de estos microorganismos, además, el contenido de humedad de esta especie fue de 46,68 %, condición no favorable para la proliferación de estas bacterias ya que un forraje maduro no posee un ambiente adecuado como un forraje tierno que es más turgente (Alaniz, 2008 p. 12).

### **3.2.3.2. Contaje de hongos y levaduras**

En la figura 3.5 se muestra los resultados del contaje de hongos y levaduras inicial y final en UFC/g de los 12 tratamientos. Los datos del análisis del contaje de aerobios se presentan en el anexo IV.

En el conteo de hongos y levaduras del forraje verde el tratamiento T11 (m4f2) obtuvo el máximo valor de  $5,80E+06$  UFC/g y el tratamiento con el menor valor fue el T1 (m1f1) con  $1,90E+05$  UFC/g. En el forraje ensilado el tratamiento T11 (m4f2) presentó el mayor valor con y el tratamiento con el mínimo valor fue el T10 (m4f1) con  $1,40E+03$  UFC/g.



**Figura 3.5.** Contaje de hongos y levadura inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)

Se observa que los valores de conteo de hongos y levaduras son mayores en el forraje verde, que en el forraje ensilado. Esto se debe a que la fermentación del ensilaje de pastos es de tipo anaeróbica por lo cual estos microorganismos no poseen condiciones adecuadas para su desarrollo como la presencia de oxígeno. La cantidad de hongos y levaduras se recomienda que no sobrepase el  $1E+5$  UFC/g (Alaniz 2008 p. 12).

En el análisis por el menor contenido de hongos y levaduras lo obtuvo el tratamiento T10 (m4f1) con  $1,40E+03$  UFC/g, debido a que este tratamiento posee principalmente kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), pasto natural de bajo rendimiento y tallos rastrosos (León, 2003, p. 7), que facilitan la compactación del

forraje evitando la presencia de espacios donde pueda ingresar oxígeno y crear un medio adecuado para el desarrollo de este tipo de microorganismos (Carillo, 1999, p. 18).

### **3.2.4. VALOR NUTRITIVO**

El valor nutritivo de los forrajes está en función de la habilidad de proveer energía y nutrientes necesarios a la especie que lo consuma. La respuesta del animal al alimento depende de la composición de la dieta, su preparación y su valor nutritivo (Wattiaux, 2004, p. 65).

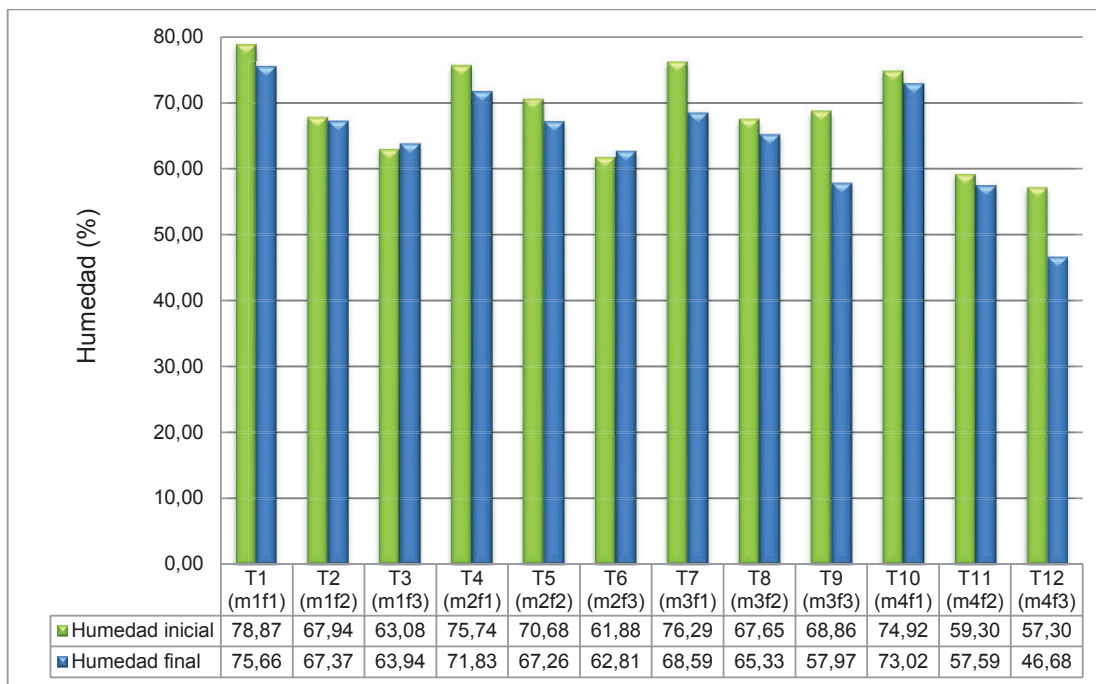
Para la determinación del valor nutritivo de los 12 tratamientos se determinó: el contenido de humedad, cenizas, extracto etéreo, proteína, fibra, extracto libre de nitrógeno, calcio, fósforo, magnesio, potasio y sodio. Los datos obtenidos del análisis proximal y macroelementos se detallan en el Anexo V.

#### **3.2.4.1. Contenido de humedad (%)**

La figura 3.6 muestra los resultados del contenido de humedad inicial y final en porcentaje de los 12 tratamientos.

En la humedad inicial (forraje verde) el tratamiento T1 (m1f1) obtuvo el máximo valor de 78,87 % y el tratamiento con el menor contenido fue el T12 (m4f3) con 57,30 %. En el forraje ensilado el tratamiento T1 (m1f1) presentó el mayor valor con 75,66 % y el tratamiento con el mínimo valor fue el T12 (m4f3) con 46,68 %.

Se observa que los valores de humedad son mayores en el forraje verde (inicial) que en el forraje ensilado (final), debido a que las células de un forraje verde están turgentes y poseen un contenido alto de agua (78 – 82 %).



**Figura 3.6.** Contenido del porcentaje de humedad inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)

El tratamiento con mejor contenido de humedad fue el T1 (m1f1) con el 75,66 % debido a que este tratamiento está constituido por varias especies de gramíneas con alto contenido de agua cosechadas en estado vegetativo temprano. Grijalva (1995) señala que una pradera en estado vegetativo contiene una alta concentración de agua (78 – 84 %), sin embargo, al pre secar el forraje para someterlo al proceso del ensilaje la humedad disminuye hasta un 65 % (p. 8).

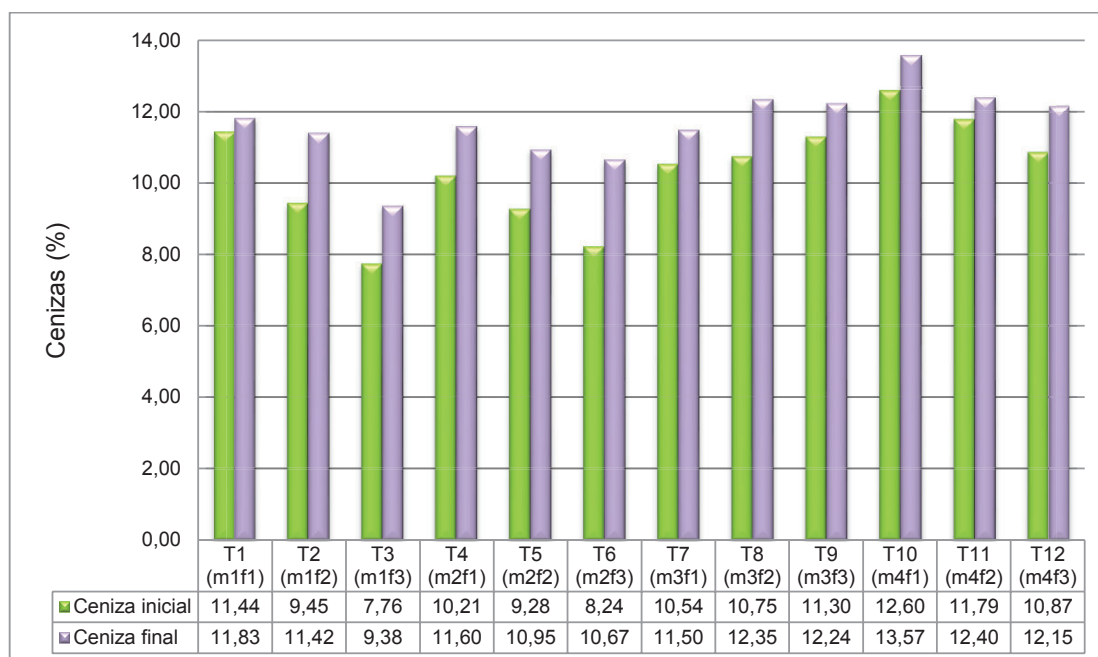
#### 3.2.4.2. Contenido de cenizas (%)

La figura 3.7 muestra los resultados del contenido de ceniza inicial y final en porcentaje de los 12 tratamientos.

En el contenido de cenizas inicial (forraje verde) el tratamiento T10 (m4f1) obtuvo el máximo valor de 12,60 % y el tratamiento con el menor valor fue el T3 (m1f3) con 7,76 %. En el forraje ensilado el tratamiento T10 (m4f1) presentó el mayor

valor con 13,57 % y el tratamiento con el mínimo porcentaje fue el T3 (m1f3) con 9,38 %.

Se observa que los valores de ceniza son mayores en el forraje ensilado (final) que en el forraje verde (inicial), esto puede atribuirse a una buena asimilación de los minerales (cenizas) presentes en el forraje verde durante el proceso de fermentación (León, 2003, p. 8). Por otra parte, los valores de ceniza obtenidos aparecen en un rango aceptable, no mayor al 15 %, lo que indica que las muestras no tuvieron contacto con la tierra (Mier, 2009, p. 24).



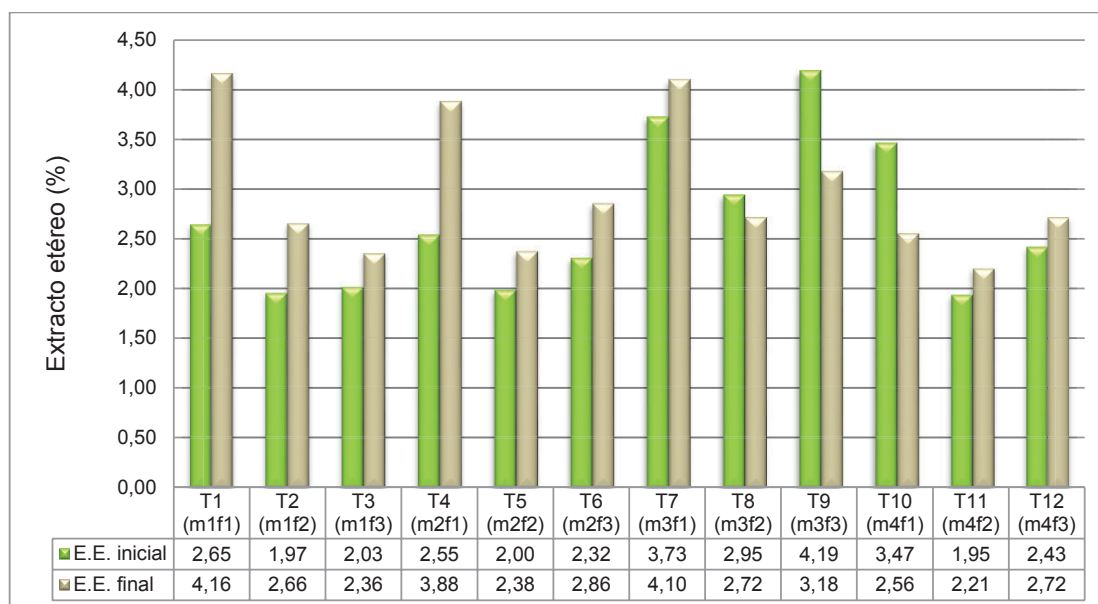
**Figura 3.7.** Contenido de cenizas inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)

El tratamiento con el mejor contenido de ceniza fue el T10 (m4f1) con un valor de 13,57 %. El kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y el trébol blanco (*Trifolium repens*) constituyentes de este tratamiento son especies que al recibir un manejo adecuado (fertilización) presentarán altos niveles de minerales, además, Wattiaux (2004) indica que la mayor concentración de minerales se encuentra presente en un estado vegetativo temprano de la planta es decir en la frecuencia 1 (30 días).

### 3.2.4.3. Contenido de extracto etéreo (%)

La figura 3.8 muestra los resultados del contenido de extracto etéreo inicial y final en porcentaje de los 12 tratamientos.

En el contenido de extracto etéreo inicial (forraje verde) el tratamiento T1 (m1f1) obtuvo el máximo valor de 4,19 % y el tratamiento con el menor valor fue el T11 (m4f2) con 1,95 %. En el forraje ensilado el tratamiento T1 (m1f1) presentó el mayor valor con 4,16 % y el tratamiento con el mínimo valor fue el T11 (m4f2) con 2,21 %.



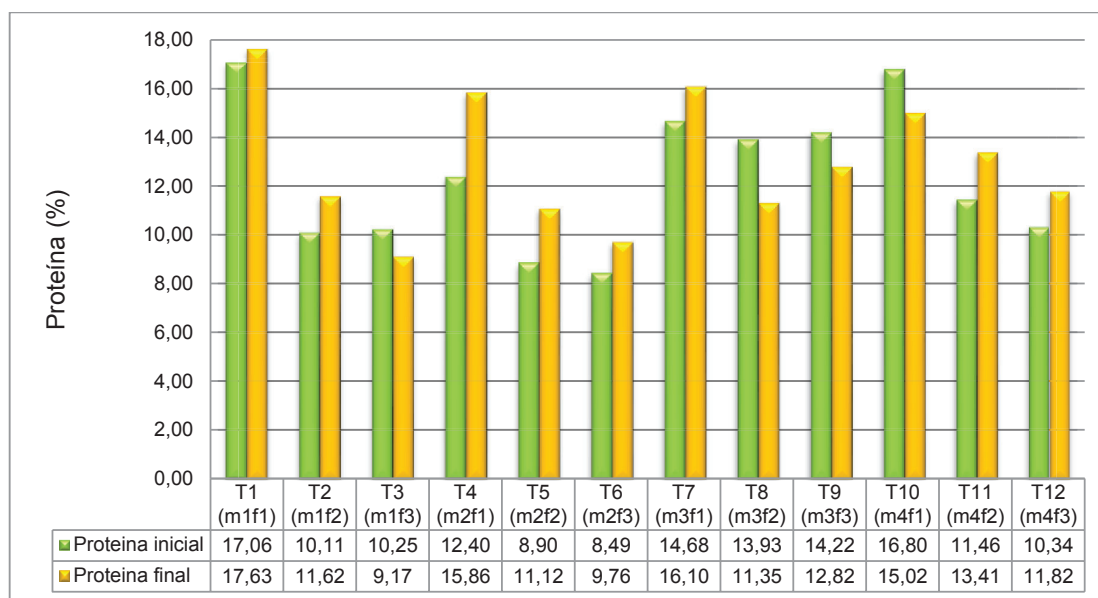
**Figura 3.8.** Contenido de extracto etéreo inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)

Se observa que los valores de extracto etéreo (EE) son mayores en el forraje ensilado (final) que en el forraje verde (inicial), debido a la degradación parcial de los lípidos en el proceso de ensilaje ya que un cierto porcentaje (15 – 20 %) no es sintetizado sino transformado en ácidos grasos saturados como el palmítico y esteárico lo cual incrementó el valor de EE en el forraje final (Van Lier y Regueiro, 2008, p. 24).

El tratamiento que mostró el mejor porcentaje de EE fue el T1 (m1f1) con un valor de 4,16 %, debido a que las gramíneas presentes en este tratamiento, contienen mayor cantidad de lípidos entre 4,00 - 5,00 % (León, 2003, p. 19). Además, un forraje aprovechado tempranamente posee la mayor cantidad de lípidos en las hojas y van disminuyendo a medida que aumenta la edad de la planta (Bernal, 2003, p. 101).

#### 3.2.4.4. Contenido de proteína (%)

La figura 3.9 muestra los resultados del contenido de proteína inicial y final en porcentaje de los 12 tratamientos.



**Figura 3.9.** Contenido de proteína inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)

En el contenido de proteína inicial (forraje verde) el tratamiento T1 (m1f1) obtuvo el máximo valor de 17,06 % y el tratamiento con el menor valor fue el T6 (m2f3) con 8,49 %. En el forraje ensilado el tratamiento T1 (m1f1) presentó el mayor valor con 17,63 % y el tratamiento con el mínimo contenido fue el T3 (m1f3) con 9,17 %.



Se observa que los valores de proteína son mayores en el forraje ensilado (final) que en el forraje verde (inicial). Esto puede atribuirse a que los pastos utilizados en el experimento (sierra), son menos turgentes que los de la costa, lo que pudo evitar la presencia de efluentes, donde generalmente se pierden las proteínas, además, estos forrajes fueron pre-secados antes de ser sometidos al proceso de ensilado (Wattiaux, 2004, p 10).

El tratamiento que alcanzó el mayor porcentaje de proteína fue el T1 (m1f1) con un valor de 17,63 %, posiblemente se debe al contenido de leguminosas (19,87 %) presentes. León (2003), señala que en las hojas jóvenes de las leguminosas se concentran más las proteínas que en los tallos de las gramíneas (p. 16). Por lo cual la presencia del trébol blanco y rojo (*Trifolium repens* y *pratense*) contribuyeron que el T1 sea el más representativo.

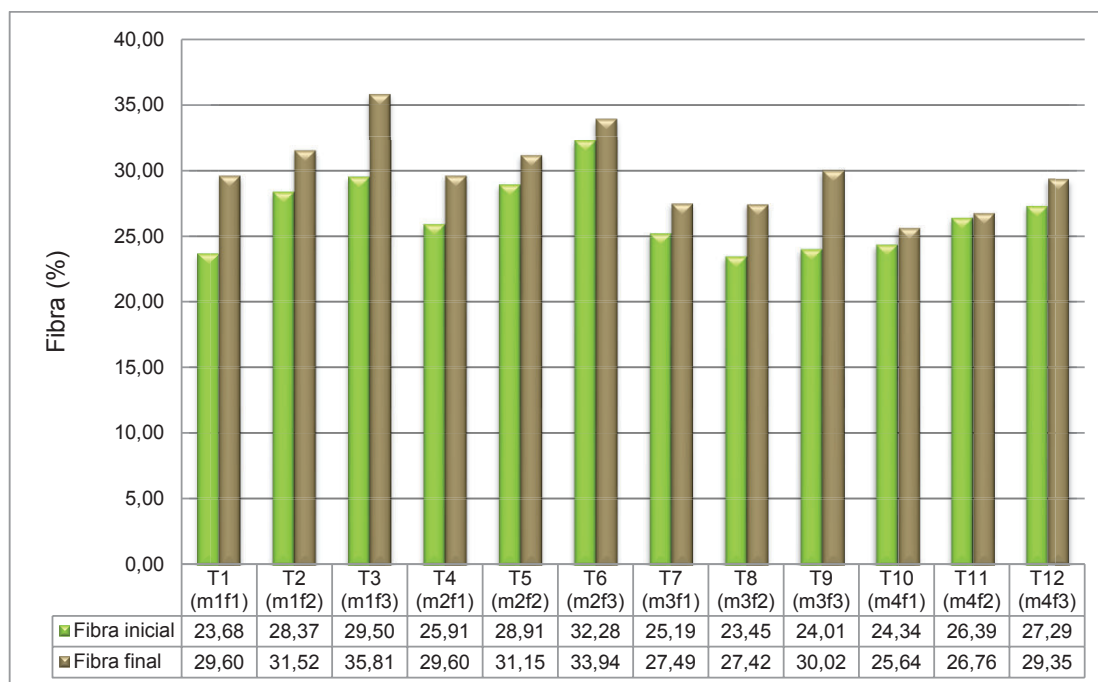
#### **3.2.4.5. Contenido de fibra (%)**

La figura 3.10 muestra los resultados del contenido de fibra inicial y final en porcentaje de todos los tratamientos.

En el contenido de fibra inicial (forraje verde) el tratamiento T6 (m2f3) obtuvo el máximo valor de 32,28 % y el tratamiento con el menor valor fue el T8 (m3f2) con 23,45 %. En el forraje ensilado el tratamiento T3 (m1f3) presentó el mayor valor con 35,81 % y el tratamiento con el mínimo valor fue el T10 (m4f1) con 25,64 %.

Se observa que los valores de fibra son mayores en el forraje ensilado (final) que en el forraje verde (inicial). Esto puede atribuirse a que durante el proceso del ensilaje la fibra no se degrada completamente por las partículas grandes que posee, sin embargo, microorganismos como las bacterias lácticas se pegan a estas partículas para fermentar los carbohidratos lentamente, incrementando el contenido de fibra (Wattiaux, 2004, p. 35).

El tratamiento con el menor contenido de fibra fue el T10 (m4f1) con 25,64 %, posiblemente se debe a las características morfológicas del kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), puesto que los tallos de tipo rastrero permiten que solo las hojas expuestas sean aprovechadas, además, Cañete y Sacha (1998), indican que los glúcidos estructurales de la fibra (lignina, hemicelulosa y celulosa) se encuentran en menor cantidad en las hojas que en los tallos de los forrajes (p. 37).



**Figura 3.10.** Contenido de fibra inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)

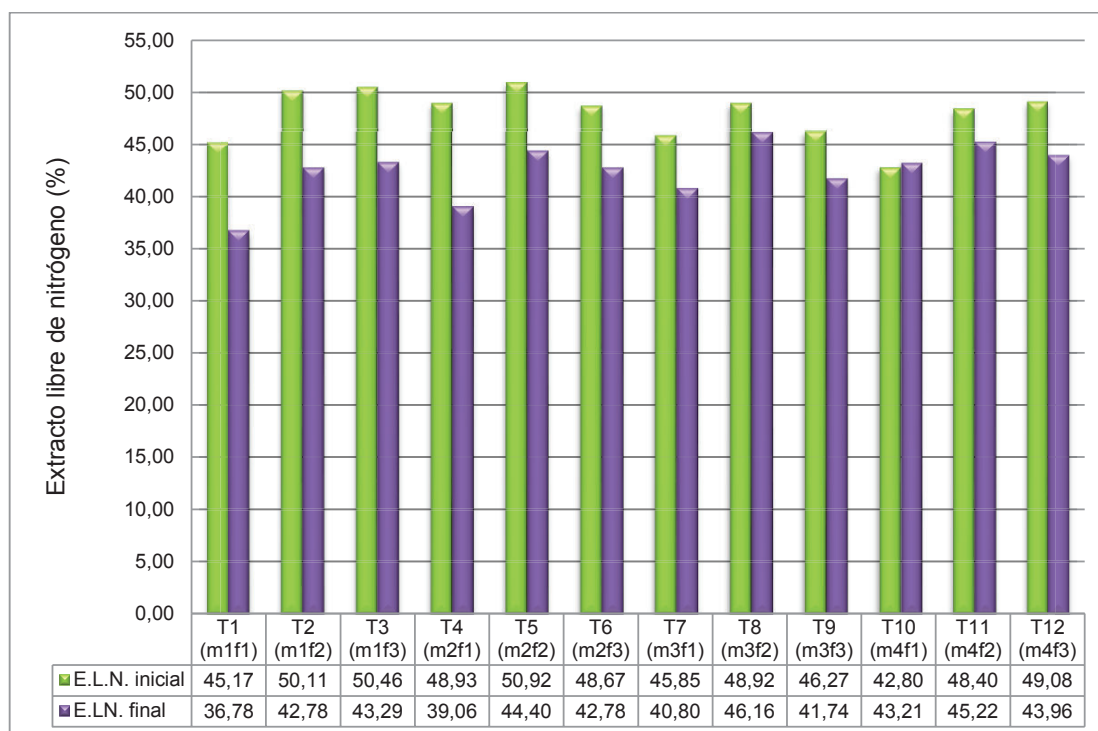
#### 3.2.4.6. Contenido de extracto libre de nitrógeno (%)

La figura 3.11 muestra los resultados del contenido de extracto libre de nitrógeno (ELN) inicial y final en porcentaje de los 12 tratamientos.

En el contenido de extracto libre de nitrógeno inicial (forraje verde) el tratamiento T5 (m2f2) obtuvo el máximo valor de 50,92 % y el tratamiento con el menor valor fue el T10 (m4f1) con 42,80 %. En el forraje ensilado el tratamiento T8 (m3f2)

presentó el mayor valor con 46,16 % y el tratamiento con el mínimo valor fue el T1 (m1f1) con 36,78 %.

Se observa que los valores de ELN son mayores en el forraje verde (inicial) que en el forraje ensilado (final). Estos datos obtenidos indican que los carbohidratos solubles (almidones, glucosa, fructuosa, etc.) principales constituyentes de ELN, se encuentran en mayor cantidad en el forraje verde, debido a que estos hidratos de carbono constituyen la fuente principal de energía que utilizan las bacterias lácticas en la fermentación de forraje (Castillo, 2009, p. 120).



**Figura 3.11.** Contenido de extracto libre de nitrógeno inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)

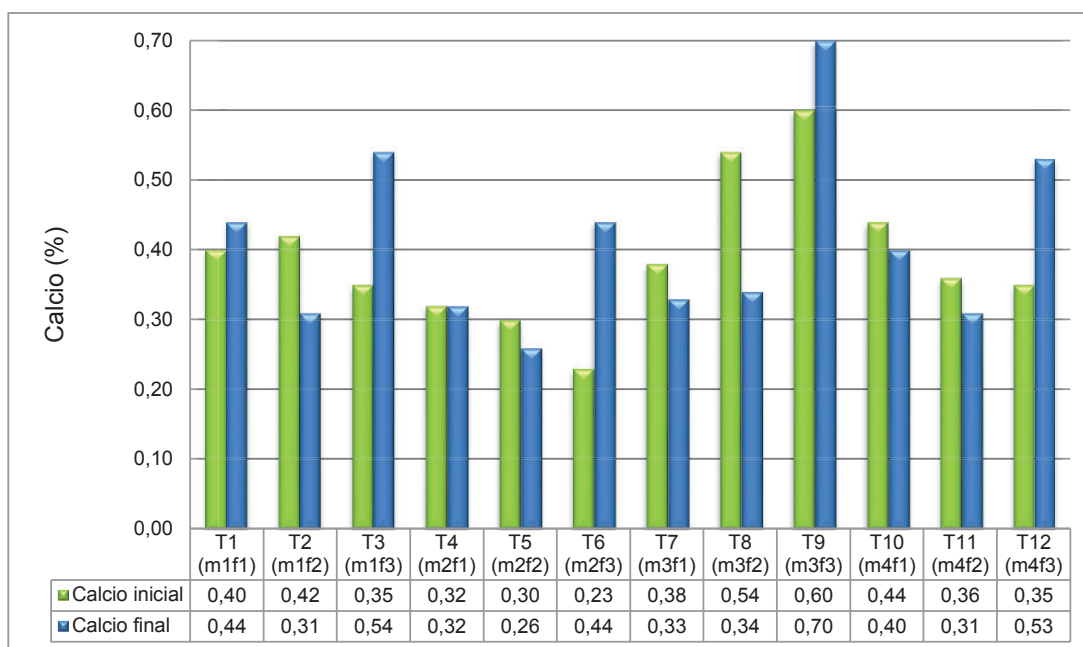
El tratamiento con el mejor contenido de ELN luego del proceso del ensilaje fue el T8 (m3f2) ya que obtuvo el mayor contenido de carbohidratos y azúcares (46,16 %), este resultado se debe a que el rye grass perenne es una especie mejorada con un alto contenido de carbohidratos y azúcares totales (55,50 %), además, las gramíneas a los 30 - 45 días del estado de madurez son la fuente principal de carbohidratos en la alimentación de los rumiantes (Bernal, 2005, p. 26-27).

### 3.2.4.7. Contenido de calcio (%)

La figura 3.12 muestra los resultados del contenido de calcio inicial y final en porcentaje de los 12 tratamientos.

En el contenido de calcio inicial (forraje verde) el tratamiento T9 (m3f3) obtuvo el máximo valor de 0,60 % y el tratamiento con el menor valor fue el T6 (m2f3) con 0,23 %. En el forraje ensilado el tratamiento T9 (m3f3) presentó el mayor valor con 0,70 % y el tratamiento con el mínimo valor fue el T5 (m2f2) con 0,26 %.

Se observa que los valores de calcio son mayores en el forraje verde (inicial) que en el forraje ensilado (final) este incremento se atribuye a un efecto positivo en el descenso del pH durante la fermentación, además, es un mineral que se encuentra en grandes cantidades (Arelovich et al., 2008, p. 240).



**Figura 3.12.** Contenido de calcio inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)

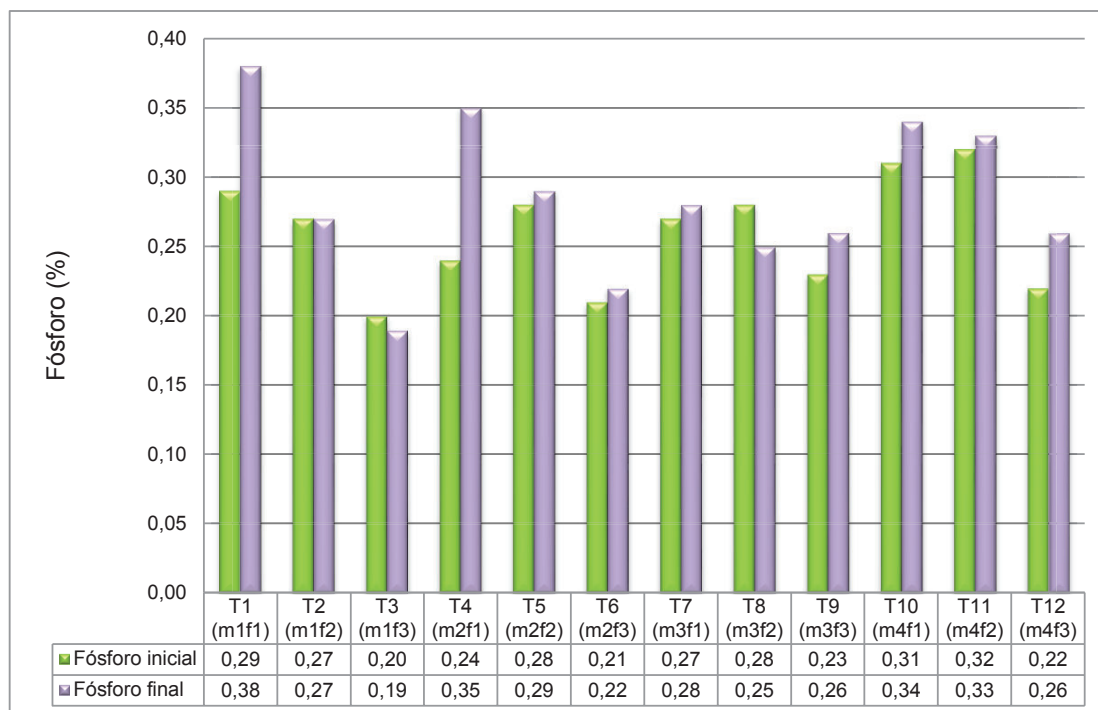
El tratamiento con el mayor contenido de calcio fue el tratamiento T9 (m3f3) con un valor de 0,70 %. Según Wattiaux (2004), manifiesta que las leguminosas

poseen aproximadamente 3 veces más este mineral que las gramíneas, resultados que se confirman en este tratamiento debido a que la m3 que obtuvo el mayor porcentaje de leguminosas 24,02 % (p. 65). Además, Calvache (2001), señala que mientras la mayoría de nutrientes disminuyen con la edad de la planta el calcio y otros minerales se mantienen más o menos constantes (p. 23).

### 3.2.4.8. Contenido de fósforo (%)

La figura 3.13 muestra los resultados del contenido de fósforo inicial y final en porcentaje de los 12 tratamientos.

En el contenido de fósforo inicial (forraje verde) el tratamiento T11 (m4f2) obtuvo el máximo valor de 0,32 % y el tratamiento con el menor valor fue el T6 (m2f3) con 0,21 %. En el forraje ensilado el tratamiento T1 (m1f1) presentó el mayor valor con 0,38 % y el tratamiento con el mínimo valor fue el T3 (m1f3) con 0,19 %.



**Figura 3.13.** Contenido de fósforo inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)

Se observa que los valores de fósforo son mayores en el forraje ensilado (final) que en el forraje verde (inicial). Esto se puede deber a que este mineral es requerido por los microorganismos presentes en la fermentación para la digestión de la celulosa y la síntesis de proteínas (Arelovich, 2008, p. 240).

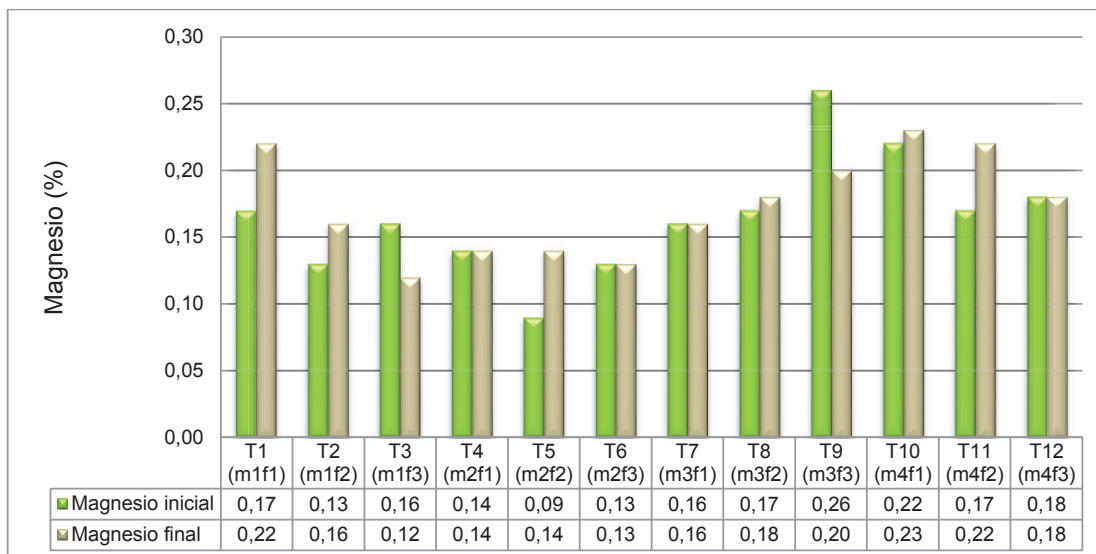
El tratamiento con el mejor contenido de fósforo fue el T1 (m1f1) con un valor de 0,38 %. Este resultado se debe a que este tratamiento posee un 79,19 % de gramíneas las cuales según Spears (1994), presentan mayor cantidad de fósforo que las leguminosas, pues en los tallos se concentra gran cantidad de este mineral, además, señala que las plantas jóvenes posee un mayor contenido de fósforo (0,1 - 0,5 %) que los forrajes maduros (p. 64).

#### **3.2.4.9. Contenido de magnesio (%)**

La figura 3.14 muestra los resultados del contenido de magnesio inicial y final en porcentaje de los 12 tratamientos.

En el contenido de magnesio inicial (forraje verde) el tratamiento T9 (m3f3) obtuvo el máximo valor de 0,26 % y el tratamiento con el menor valor fue el T5 (m2f2) con 0,09 %. En el forraje ensilado el tratamiento T10 (m4f1) presentó el mayor valor con 0,23 % y el tratamiento con el mínimo valor fue el T3 (m1f3) con 0,12%.

Se observa que los valores de magnesio son ligeramente mayores en el forraje ensilado (final) que en el forraje verde (inicial). Esto puede explicarse debido a que este mineral es afectado por la concentración de potasio, calcio, grasas, sulfatos, fosfatos y otros productos de la fermentación que incluyen amoníaco, ácidos grasos volátiles, ácido láctico, dióxido de carbono y ácidos grasos de cadena larga, lo que hace que el valor de magnesio sea variable (Arelovich, 2008, p. 240)



**Figura 3.14.** Contenido de magnesio inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)

El tratamiento con el mayor valor de magnesio fue el T10 (m4f1) con 0,23 %. Spears (1994), indica que el contenido de magnesio en forrajes jóvenes varía entre 0,1 a 0,7 % lo que se evidencia en el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) a los 30 días de aprovechamiento (p. 284).

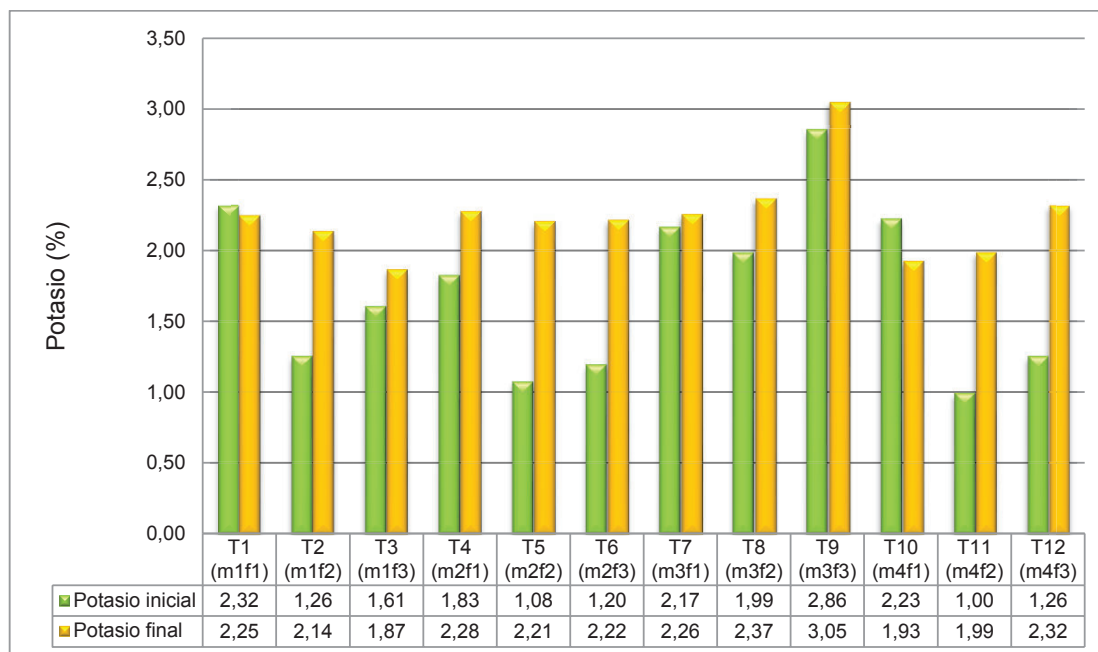
#### 3.2.4.10. Contenido de potasio (%)

La figura 3.15 muestra los resultados de los contenidos inicial y final en porcentaje de los tratamientos.

En el contenido de potasio inicial (forraje verde) el tratamiento T1 (m1f1) obtuvo el máximo valor de 2,32 % y el tratamiento con el menor valor fue el T11 (m4f2) con 1,00 %. En el forraje ensilado el tratamiento T9 (m3f3) presentó el mayor valor con 3,05 % y el tratamiento con el mínimo valor fue el T3 (m1f3) con 1,87 %.

Se observa que los valores de potasio son mayores en el forraje ensilado (final) que en el forraje verde (inicial). No existe mayor información sobre el estado de este elemento en los pastos expuestos a procesos fermentativos, pero al parecer

cumple funciones en los procesos energéticos para la fotosíntesis y al no ocurrir este proceso químico dentro del silo, este mineral queda disponible en las células del forraje, por esta razón su contenido es mayor en el ensilaje (León, 2003, p. 20).



**Figura 3.15.** Contenido de potasio inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)

El tratamiento con el mayor contenido de potasio fue el T9 (m3f3) con un valor de 3,05 %. Wattiaux (2004), señala que el potasio es un mineral que se encuentra presente en mayor cantidad en las leguminosas que en las gramíneas con valores entre 1 y 4 %, Resultados que se confirman pues este tratamiento obtuvo un 24,02 % de leguminosas.

#### 3.2.4.11. Contenido de sodio (%)

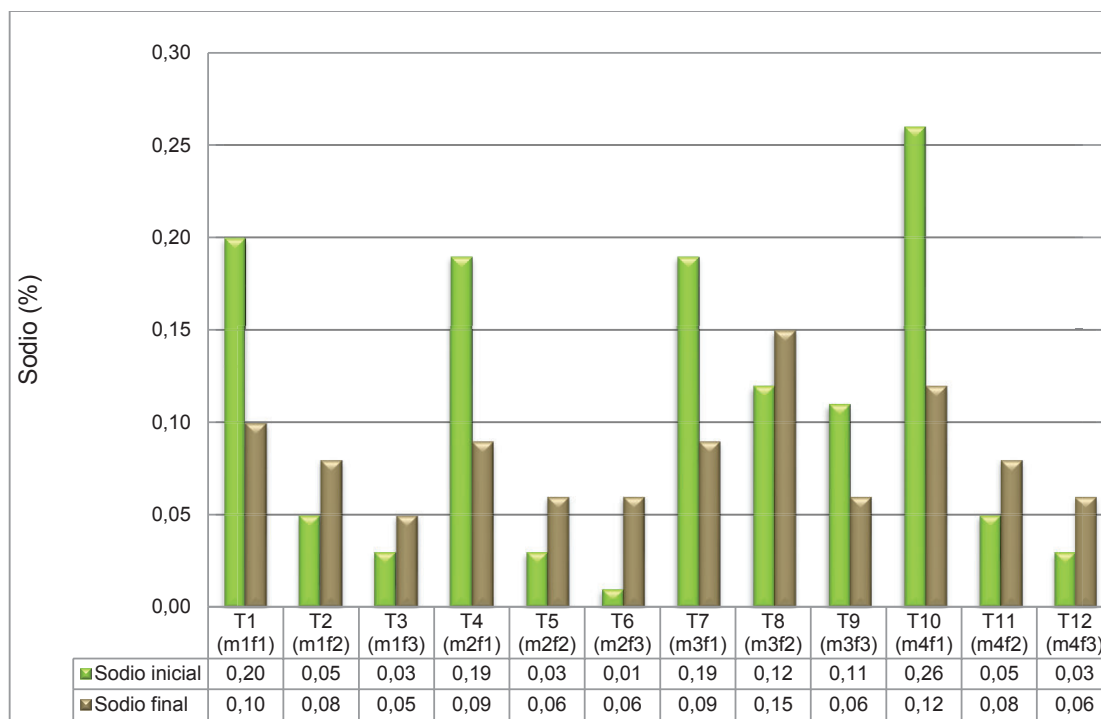
La figura 3.16 muestra los resultados del contenido de sodio inicial y final en porcentaje de los 12 tratamientos.



En el contenido de sodio inicial (forraje verde) el tratamiento T10 (m4f1) obtuvo el máximo valor de 0,26 % y el tratamiento con el menor valor fue el T6 (m2f3) con 0,01 %. En el forraje ensilado el tratamiento T8 (m3f2) presentó el mayor valor con 0,15 % y el tratamiento con el mínimo valor fue el T3 (m1f3) con 0,05 %.

Se observa que los valores de sodio son mayores en el forraje ensilado (final) que en el forraje verde (inicial). No existe mayor información sobre el estado del sodio en los procesos de fermentación de pastos, ya que este elemento es requerido en cantidades mínimas por las plantas (Minson, 1990, p. 54).

El tratamiento con el mayor contenido de sodio fue el T8 (m3f2) con el 0,15 %. Wattiaux (2004), señala que la mayoría de minerales a medida que los forrajes maduran van disminuyendo y que los forrajes mejorados poseen mayor contenido de minerales (p. 66), sin embargo, en este tratamiento el sodio se incrementa a los 45 días de aprovechamiento debido al porcentaje de sodio en el rye grass perenne (0,30 %).



**Figura 3.16.** Contenido de sodio inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)

### **3.2.5. CALIDAD FERMENTATIVA DEL FORRAJE VERDE Y ENSILADO DE 4 MEZCLAS FORRAJERAS Y 3 FRECUENCIAS DE APROVECHAMIENTO**

En el proceso de conservación de forrajes los indicadores de la calidad fermentativa permiten conocer los productos de las transformaciones en los compuestos orgánicos del material original (Caravaca et al., 2005, p. 405 - 408). Para la determinación de la calidad fermentativa se evaluó la energía bruta, energía metabolizable, energía digestible, azúcares totales, fibra detergente neutra, fibra detergente ácida y lignina. Los datos obtenidos del análisis de energía, azúcares y fibras se presentan en el Anexo V.

#### **3.2.5.1. Energía bruta (cal/g)**

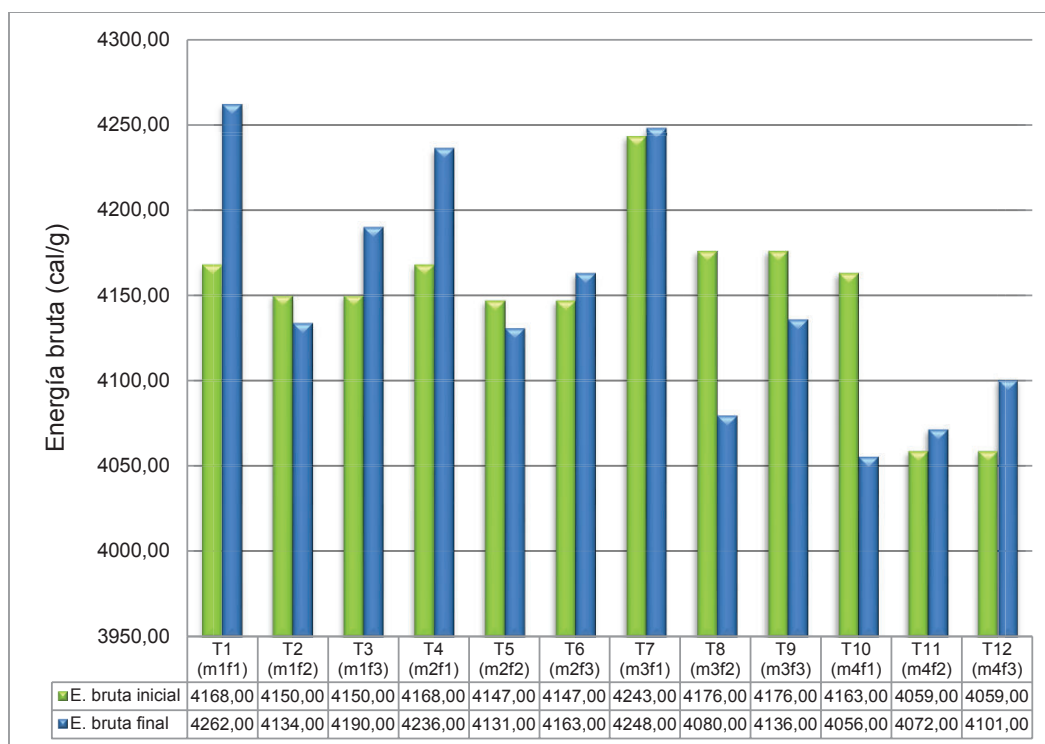
La figura 3.17 muestra los resultados del contenido de energía bruta inicial y final en cal/g de los 12 tratamientos.

En la energía bruta inicial (forraje verde) el tratamiento T7 (m3f1) obtuvo el máximo valor de 4 243,00 cal/g y los tratamientos con el menor valor fueron el T11 y T12 (m4f2 y m4f3) con 4 059,00 cal/g. En el forraje ensilado el tratamiento T1 (m1f1) presentó el mayor valor con 4 262,00 cal/g y el tratamiento con el mínimo valor fue el T10 (m4f1) con 4 056,00 cal/g.

Se observa que los valores de energía bruta son mayores en el forraje ensilado (final) que en el forraje verde (inicial). Esto se explica debido a que los carbohidratos, grasa y azúcares del forraje verde son transformados en energía por acción de las bacterias lácticas que se encuentran presentes durante el proceso del ensilaje (Wattiaux, 2004, p. 35).

El tratamiento con el mayor contenido de energía bruta fue el T1 (m1f1) con 4 262,0 cal/g. Según Wattiaux (2004), indica que los forrajes mejorados en estado vegetativo temprano poseen valores altos de energía bruta entre los 4 750,0 cal/g y que los azúcares producidos en la fotosíntesis se encuentran en mayor porcentaje en las hojas que en los tallos de leguminosas y gramíneas (p. 41). Los

resultados se confirman con lo indicado debido a que las especies presentes en este tratamiento poseen una relación mayor de hojas - tallos permitiendo que la fuente principal de energía (azúcar) se eleve.



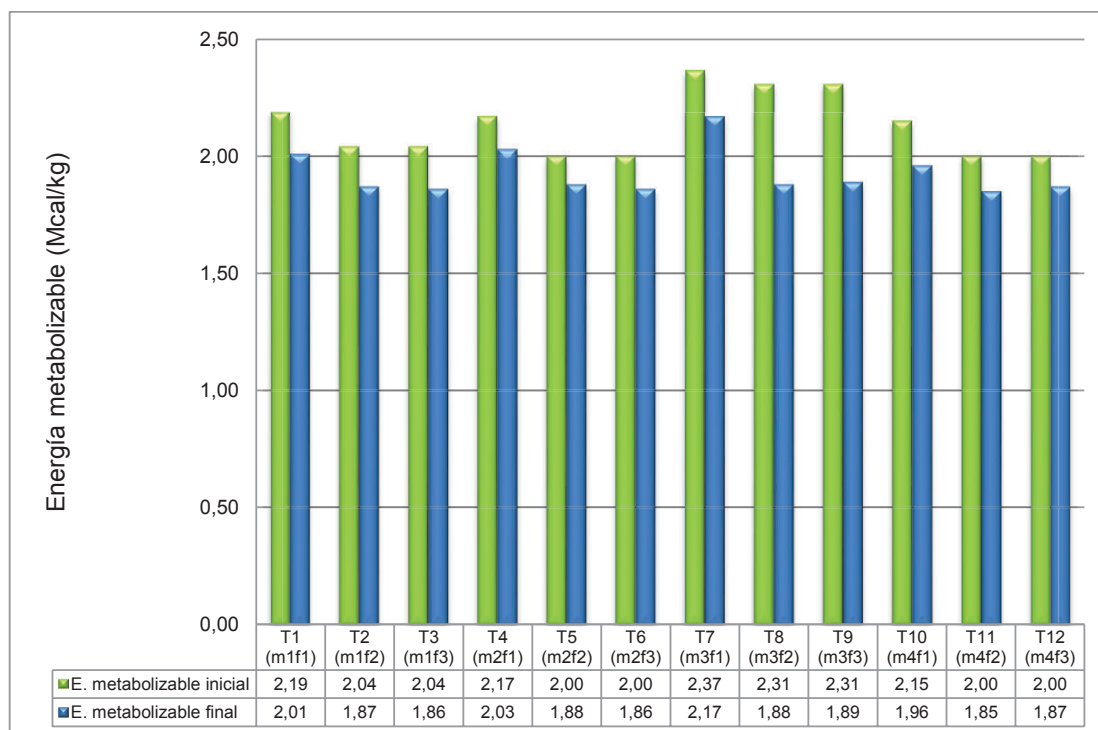
**Figura 3.17.** Contenido de energía bruta inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)

### 3.2.5.2. Energía metabolizable (Mcal/kg)

La figura 3.18 muestra los resultados del contenido de energía metabolizable inicial y final en Mcal/kg de los 12 tratamientos.

En la energía metabolizable inicial (forraje verde) los tratamientos T8 y T9 (m3f2 y m3f3) obtuvieron el máximo valor de 2,31 Mcal/kg y los tratamientos con el menor valor fueron el T5, T6, T11 y T12 (m2f2, m2f3, m4f2 y m4f3) con 2,00 Mcal/kg. En el forraje ensilado el tratamiento T7 (m3f1) presentó el mayor valor con 2,17 Mcal/kg y el tratamiento con el mínimo valor fue el T11 (m4f2) con 1,85 Mcal/kg.

Se observa que los valores de energía metabolizable son mayores en el forraje verde (inicial) que en el forraje ensilado (final). Esto se explica debido a que la energía metabolizable (EM), es la energía de la excreción de los desgastes del metabolismo y se obtiene mediante la diferencia de la energía pérdida en forma de metano y orina, de la energía digestible, por lo cual la EM en el forraje verde será mayor (Wattiaux, 2004, p. 42).

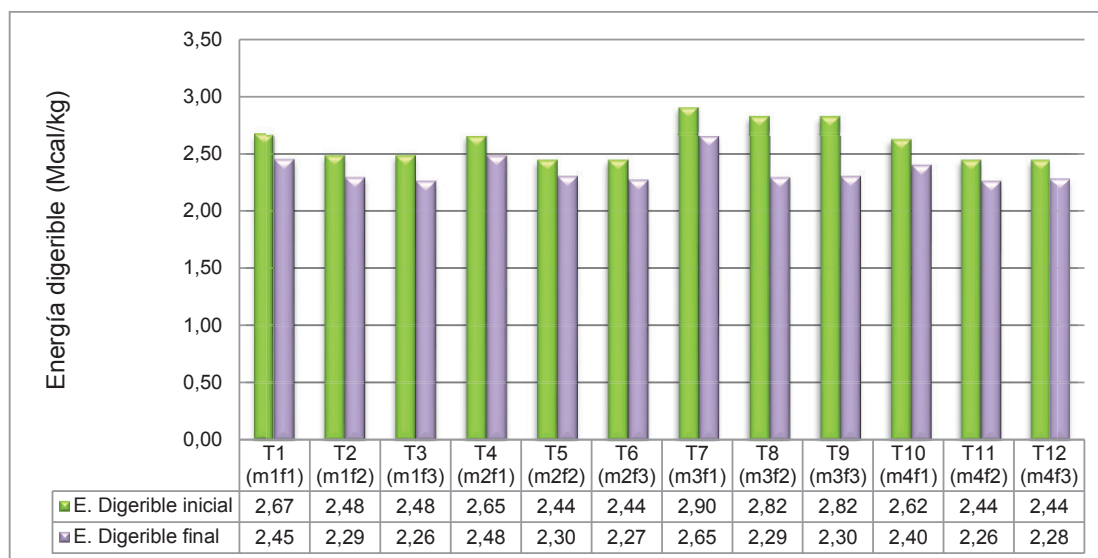


**Figura 3.18.** Contenido de energía metabolizable inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)

El tratamiento que presentó el mayor valor de energía metabolizable fue el T7 (m3f1). Según Van Lier (2008) señala que los forrajes mejorados en estado vegetativo temprano poseen valores de energía metabolizable entre 2,71 Mcal/kg (p. 30). Los datos obtenidos en los resultados se encuentran en los valores admisibles ya que este tratamiento presentó un contenido de energía metabolizable de 2,17 Mcal/kg.

### 3.2.5.3. Energía digestible (Mcal/kg)

La figura 3.19 muestra los resultados del contenido de energía digestible inicial y final en Mcal/kg de los 12 tratamientos.



**Figura 3.19.** Contenido de energía digestible inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)

En la energía digerible inicial (forraje verde) el tratamiento T7 (m3f1) obtuvo el máximo valor de 2,90 Mcal/kg y los tratamientos con el menor valor fueron T5, T6, T11 y T12 (m2f2, m2f3, m4f2 y m4f3) con 2,44 Mcal/kg. En el forraje ensilado el tratamiento T7 (m3f1) presentó el mayor valor con 2,65 Mcal/kg y los tratamientos con el mínimo valor fueron T3 y T11 (m1f3 y m4f2) con 2,26 Mcal/kg.

Se observa que los valores de energía digestible son mayores en el forraje verde (inicial) que en el forraje ensilado (final). Esto se explica debido a que la energía digerible (ED) es la diferencia entre la energía bruta y la energía pérdida por las heces, por lo cual un forraje poseerá mayor energía digestible antes de ser sometido a un proceso fermentativo (Wattiaux, 2001, p. 42).

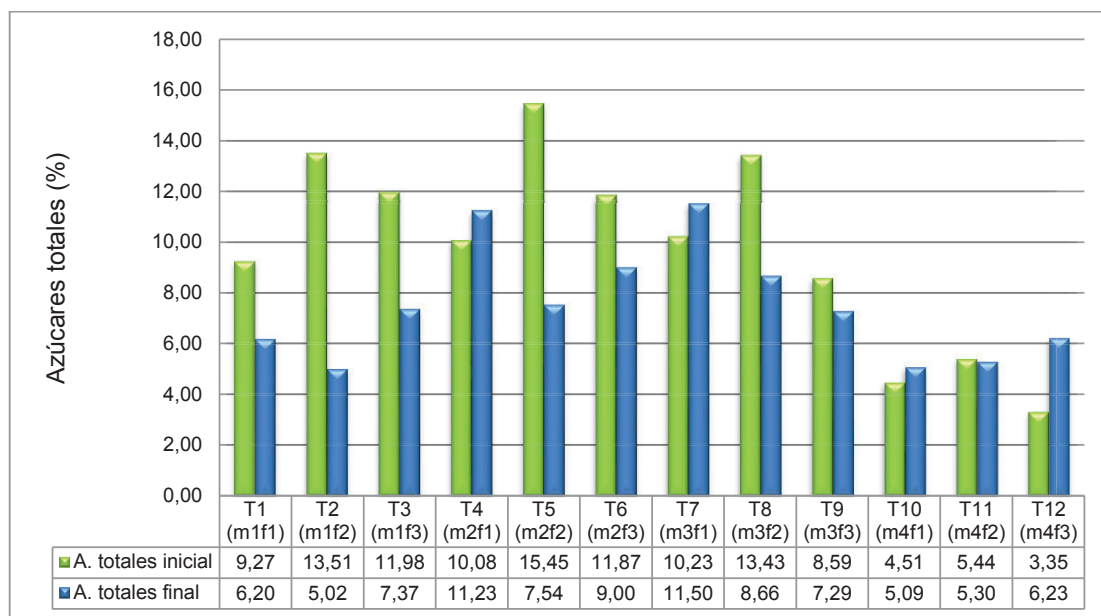
El tratamiento con el mayor valor de energía metabolizable fue el T7 (m3f1) debido a que presentó valores cercanos a lo recomendado por Paladines (2004),

que indica que un forraje joven contiene mayor energía digestible (2,91 Mcal/kg) que un forraje maduro debido a la lignificación de las paredes celulares (p. 49). Los resultados indican que este tratamiento obtuvo 2,65 Mcal/kg de energía digestible debido a la composición de especies altamente digestibles en estado vegetativo temprano.

#### 3.2.5.4. Contenido de azúcares totales (%)

La figura 3.20 muestra los resultados del contenido de azúcares totales inicial y final en porcentaje de los 12 tratamientos.

En el contenido de azúcares al inicia (forraje verde) el tratamiento T5 (m2f2) obtuvo el máximo valor de 15,45 % y el tratamiento con el menor valor fue el T12 (m4f3) con 3,35 %. En el forraje ensilado el tratamiento T7 (m3f1) presentó el mayor valor con 11,50 % y el tratamiento con el mínimo valor fue el T2 (m1f2) con 5,02 %.



**Figura 3.20.** Contenido de azúcares totales inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)

Se observa que los valores de azúcares son mayores en el forraje verde (inicial) que en el forraje ensilado (final). Esto es posiblemente debido a que los forrajes verdes poseen un alto contenido de azúcares y carbohidratos hidrosolubles (6 al 12 %) que las bacterias lácticas utilizan en la fermentación (Sánchez, 2005, p. 70-73).

El tratamiento con el mayor valor de azúcares totales fue el tratamiento T7 (m3f1) con 11,50 %, posiblemente se debe a que este tratamiento está compuesto por rye grass perenne, especie mejorada, que posee un alto contenido de azúcar (12,00 %) (Paladines, 2004, p. 49). Además, McCormick et al., (2002), indica el contenido de azúcares es inversamente proporcional a la lignificación de los forrajes (p. 125).

#### **3.2.5.5. Contenido de fibra detergente neutra (%)**

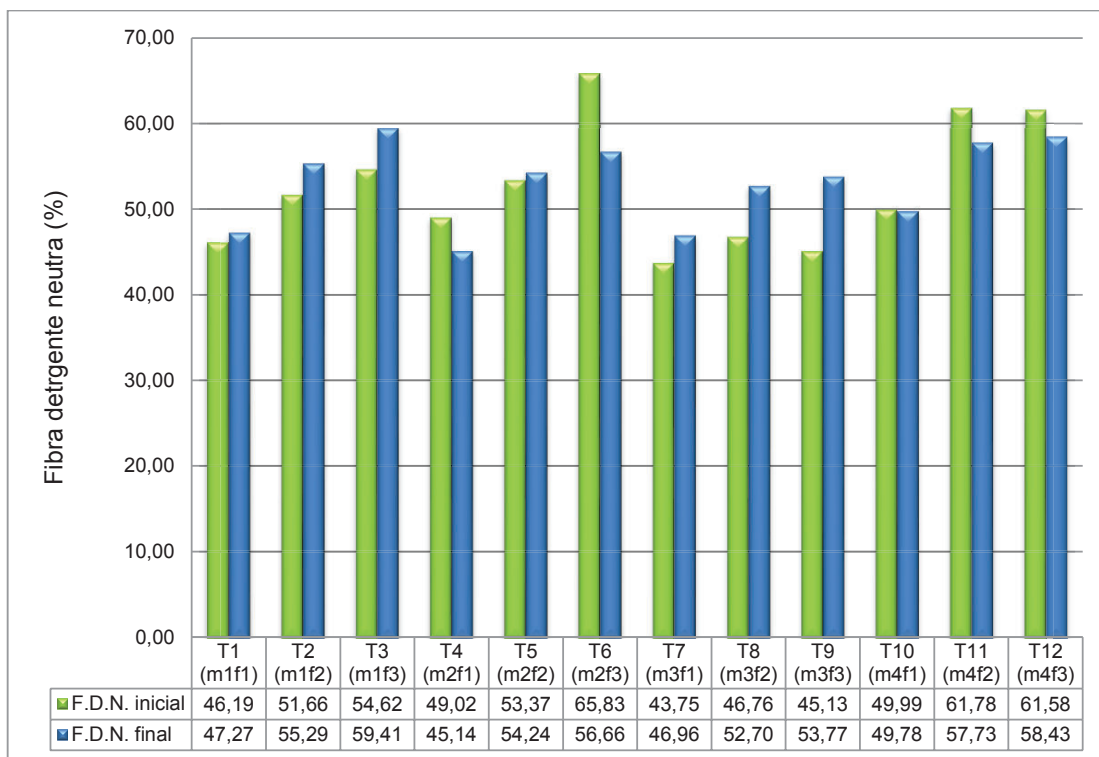
La figura 3.21 muestra los resultados del contenido de fibra detergente neutra inicial y final en porcentaje de los 12 tratamientos.

En el contenido de FDN inicial (forraje verde) el tratamiento T6 (m2f3) obtuvo el máximo valor de 65,83 % y el tratamiento con el menor valor fue el T7 (m3f1) con 43,75 %. En el forraje ensilado el tratamiento T3 (m1f3) presentó el mayor valor con 59,41 % y el tratamiento con el mínimo valor fue el T4 (m2f1) con 45,14 %.

Se observa que los valores de fibra detergente neutra (FDN) son mayores en el forraje ensilado (final) que en el forraje verde (inicial), debido a que en el proceso de fermentación no se produjo pérdidas (carbohidratos no estructurales) por la ausencia de efluentes, además, el grado de madurez influye significativamente en el contenido de fibra de un forraje (Wattiaux, 2004, p. 35).

El tratamiento que presentó el menor contenido de FDN fue el T4 (m2f1) con un valor de 45,14 %, posiblemente se debe a que este tratamiento está constituido por rye grass anual (*Lolium multiflorum*) especie mejorada de alto valor nutritivo y

bajos niveles de FDN, resultados que concuerdan con estudios realizados por Bernal (2005), que muestra valores de FDN del rye grass anual de 47,70 % (p. 35), además, Caravaca et al., (2005), señala que el contenido de FDN es directamente proporcional a la madurez de los forrajes, ya que a medida que se lignifican el contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina se incrementan (p. 307), lo cual se evidencia en los tratamientos con frecuencias correspondientes a los 30 días de aprovechamiento que muestran valores menores de FDN.



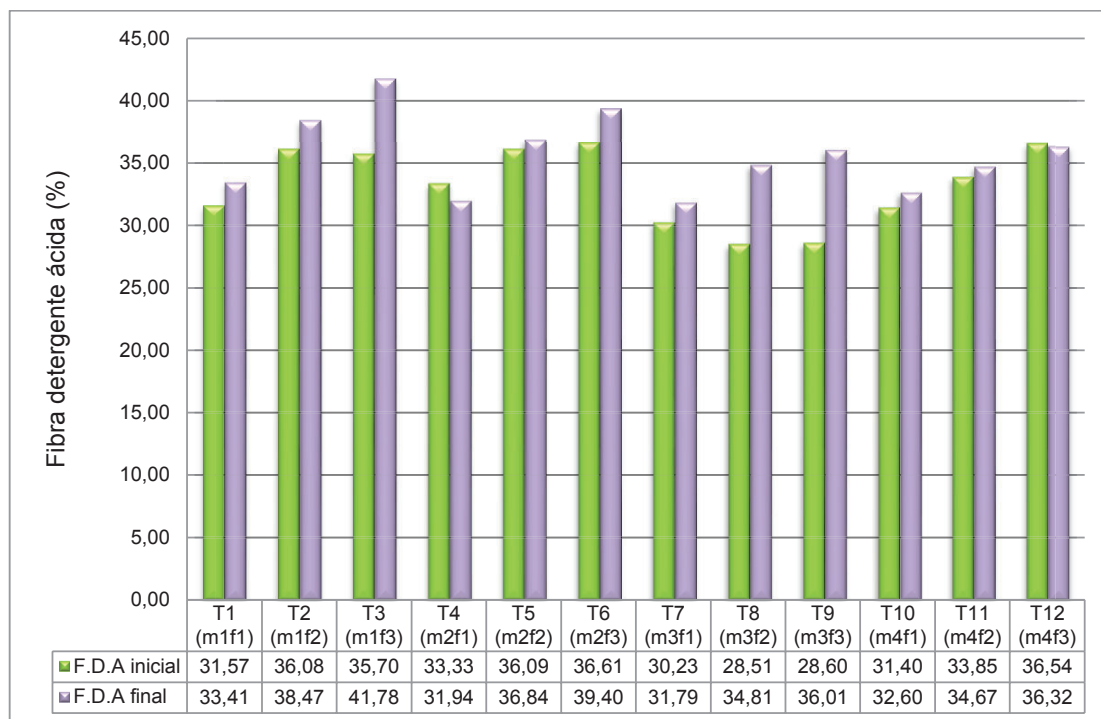
**Figura 3.21.** Contenido de fibra detergente neutra inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)

### 3.2.5.6. Contenido de fibra detergente ácida (%)

La figura 3.22 muestra los resultados del contenido de fibra detergente ácida inicial y final en porcentaje de los 12 tratamientos.



En el contenido de FDA inicial (forraje verde) el tratamiento T6 (m2f3) obtuvo el máximo valor de 36,61 % y el tratamiento con el menor valor fue el T8 (m3f2) con 28,51 %. En el forraje ensilado el tratamiento T3 (m1f3) presentó el mayor valor con 41,78 % y el tratamiento con el mínimo valor fue el T7 (m3f1) con 31,79 %.



**Figura 3.22.** Contenido de fibra detergente ácida inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)

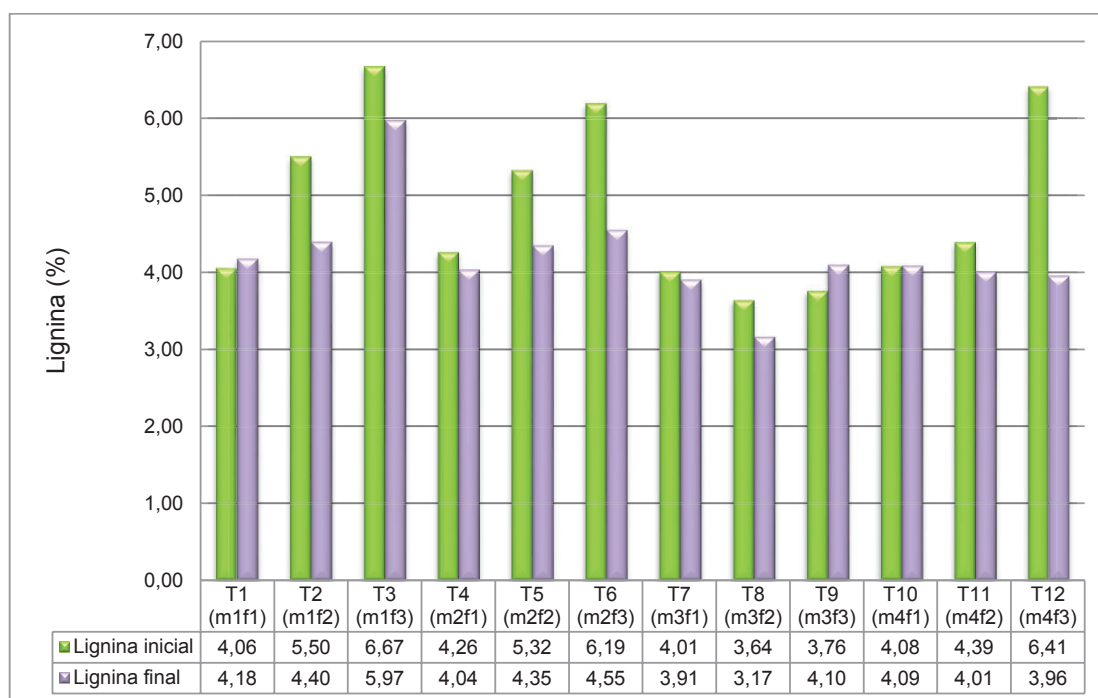
Se observa que los valores de fibra detergente ácida son mayores en el forraje ensilado (final) que en el forraje verde (inicial). El resultado puede deberse a que durante el proceso de fermentación la celulosa de la FDA fue fermentada por los microorganismos (bacteria anaerobias) produciendo ácidos grasos volátiles, que son fuente importante de energía para los bovinos (Wattiaux, 2005, p. 35).

El tratamiento con el menor contenido de FDA fue el T7 (m3f1) que presentó un porcentaje del 31,79 %, datos que concuerdan con estudios realizados por Bernal (2005), pues se obtuvieron valores de FDA del rye grass perenne de 38,60 % (p. 35). Por otra parte, León (2003), indica que la FDA es inversamente proporcional a la energía digestible y metabolizable y contenido de azúcares de un forraje (p.

15), datos que se confirman en el ensayo con valores de 2,65 Mcal/kg de energía digestible, 2,17 Mal/kg de energía metabolizable y 11,50 % de azúcares.

### 3.2.5.7. Contenido de lignina (%)

La figura 3.23 muestra los resultados del contenido de lignina inicial y final en porcentaje de los 12 tratamientos.



**Figura 3.23.** Contenido de lignina inicial (forraje verde) y final (ensilaje) de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)

En el contenido de lignina inicial (forraje verde) el tratamiento T3 (m1f3) obtuvo el máximo valor de 6,67 % y el tratamiento con el menor valor fue el T8 (m3f2) con 3,64 %. En el forraje ensilado el tratamiento T3 (m1f3) presentó el mayor valor con 5,97 % y el tratamiento con el mínimo valor fue el T8 (m3f2) con 3,17 %.

Se observa que los valores de lignina son ligeramente mayores en el forraje verde (inicial) que en el forraje ensilado (final), debido a que la lignina es un compuesto no glúcido de la pared celular poco digerible, pese a que en el proceso

fermentativo las bacterias lácticas pretenden degradarla, sin embargo, obtienen poco resultado (León, 2003, p. 15).

El tratamiento con el menor contenido de lignina fue el T8 (m3f2) con un valor de 3,17 %, esto se atribuye a que ese tratamiento está principalmente constituido por rye grass perenne, especie mejorada de alto valor nutritivo, que posee mayor cantidad de follaje que tallos o cañas, lo que evita que se lignifique (Cárdenas y Garzón, 2011, p. 35).

### **3.2.6. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE LOS 12 TRATAMIENTOS (4 MEZCLAS FORRAJERAS Y 3 FRECUENCIAS DE APROVECHAMIENTO)**

En el análisis de las características organolépticas de un alimento se determinan los estímulos que actúan con los sentidos del analizador y se puede utilizar un método de evaluación denominado "Sensory test" propuesto y categorizado según Benítez (1980 p. 54). Los resultados de la valoración de los 12 tratamientos se presentan en la Tabla 3.5.

El tratamiento que alcanzó mejor puntuación en el análisis de las características organolépticas fue el T7 (m3f1), ya que presentó un color verde oliva levemente amarillento, un olor agradable aromático dulzón y una textura firme. Las calificaciones para olor, textura y color fueron 12, 5 y 3 respectivamente. Este tratamiento se ubica en la categoría de ensilaje muy bueno dentro de los parámetros establecidos por el "Sensory Test".

Mier (2009), señala que si todas las etapas de elaboración del ensilaje (llenado, compactado, sellado) son llevadas a cabo de manera correcta, el forraje ensilado mostrará características de olor, color y textura que corresponden a la existencia de una fermentación láctica.

En consecuencia, todos los tratamientos fueron categorizados como muy buenos y satisfactorios, lo que significa que el ensilado se realizó apropiadamente, sin embargo, T7 (m3f1) obtuvo la más alta puntuación (20 puntos) debido a que este tratamiento al estar constituido por un forraje joven, de alto valor nutritivo y con una mayor relación hojas – tallos presentó una fermentación de tipo láctica con un pH de 4,5 (p. 39).

**Tabla 3.5.** Características organolépticas de los 12 tratamientos del forraje ensilado, de acuerdo con el método de valoración “Sensory Test”

TRATAMIENTO	OLOR	TEXTURA	COLOR	PUNTOS TOTALES	CATEGORIZACIÓN
1 (m1f1)	11	5	3	19	Muy bueno
2 (m1f2)	10	4	2	16	Satisfactorio
3 (m1f3)	8	2	1	11	Satisfactorio
4 (m2f1)	11	5	3	19	Muy bueno
5 (m2f2)	9	4	2	15	Satisfactorio
6 (m2f3)	7	3	1	11	Satisfactorio
7 (m3f1)	12	5	3	20	Muy bueno
8 (m3f2)	9	4	2	15	Satisfactorio
9 (m3f3)	8	3	2	13	Satisfactorio
10 (m4f1)	10	5	3	18	Muy bueno
11 (m4f2)	9	4	2	15	Satisfactorio
12 (m4f3)	7	2	1	10	Satisfactorio
<b>MAXIMA ESTABLECIDA</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>20</b>	

### **3.3. DIGESTIBILIDAD RUMINAL DE LA MATERIA SECA DE 4 MEZCLAS FORRAJERAS ENSILADAS EN 3 FRECUENCIAS DE APROVECHAMIENTO**

Para la determinación de la digestibilidad de la materia seca se efectuó la técnica de la digestibilidad *in situ* para los 12 tratamientos.

La Tabla 3.6 muestra el análisis de varianza para la variable digestibilidad, donde se observa diferencias significativas entre mezclas, frecuencias y mezclas por frecuencias, sin embargo, en relación a repeticiones no se presentó significancias.

La variación en mezclas y frecuencias se debe a que cada mezcla posee una composición diferente al igual que cada frecuencia. Para las repeticiones (3 toros) no se mostraron diferencias significativas debido a que los 3 animales contaban con las mismas características (raza, edad, alimentación y manejo). El coeficiente de variación fue 7,54 y el promedio 62,25 %. Los datos obtenidos de la digestibilidad ruminal se presentan en el anexo VI.

**Tabla 3.6.** Esquema ADEVA para variable digestibilidad de la materia seca de 4 mezclas forrajeras ensiladas y 3 frecuencias de aprovechamiento a las 24 horas de incubación ruminal

F.V.	GL	SC	CM	F	Valor p	
Total	35	1 061,00				
Repeticiones	2	13,04	6,52	0,30	0,7459	ns
Mezclas	3	387,42	129,14	5,87	0,0028	*
Error	30	660,54	22,02			
Frecuencias	2	501,03	250,52	124,10	<0,0001	**
Mezclas × Frecuencias	6	124,10	20,68	10,25	0,0001	*
Error	24	48,45	2,02			
<b>Promedio (%):</b>		<b>62,25</b>				
<b>CV (%):</b>		<b>7,54</b>				

Flores (2004), señala que las diferencias de la digestibilidad entre especies y mezclas forrajeras son menos importantes que las diferencias entre las frecuencias de aprovechamiento, debido a que si un pasto con alto valor nutritivo es cosechado en un estado muy maduro, la digestibilidad será menor.

Se debe tomar en cuenta la estructura de las hojas de cada especie, así las hojas de las gramíneas poseen nervaduras lineales paralelas siendo un poco difícil de degradar y las hojas de las leguminosas presentan nervaduras reticuladas con

menor contenido de paredes celulares, que al entrar en el rumen son más degradables (p. 83).

La Tabla 3.7 muestra el porcentaje de digestibilidad de las 4 mezclas forrajeras, se observa que las mezclas m1, m2 y m4 obtuvieron el menor valor de digestibilidad 61,03 %, 60,98 % y 59,22 %, sin embargo, la m3 alcanzó la mayor digestibilidad.

**Tabla 3.7.** Prueba de Tukey al 5 % para la variable digestibilidad de la materia seca de 4 mezclas forrajeras ensiladas a las 24 horas de incubación ruminal

Mezclas	Promedio
1	61,03 <sup>a</sup>
2	60,98 <sup>a</sup>
3	67,80 <sup>b</sup>
4	59,22 <sup>a</sup>

La Tabla 3.8 indica el contenido de digestibilidad en cada frecuencia de aprovechamiento. La frecuencia 3 (60 días) y la frecuencia 2 (45 días) presentaron el menor contenido de digestibilidad (57,86 %, 61,92 %, respectivamente), sin embargo, la frecuencia 1 (30 días) alcanzó el 66,98 % de digestibilidad.

**Tabla 3.8.** Prueba de Tukey al 5 % para la variable digestibilidad de la materia seca de 3 frecuencias de aprovechamiento a las 24 horas de incubación ruminal

Frecuencias	Promedio
1	66,98 <sup>c</sup>
2	61,92 <sup>b</sup>
3	57,86 <sup>a</sup>

En la Tabla 3.9 se presentan los resultados de la prueba de Tukey al 5 % para la variable digestibilidad de todos los tratamientos, se observa, que los tratamientos

que presentaron mayor porcentaje de digestibilidad fueron el T1 (m1f1), T7 (m3f1) y T8 (m3f2) con un valor de 69,62 %, 70,60 % y 69,69 %, los tratamientos con menor porcentaje de digestibilidad fueron T3 (m1f3) y T12 (m4f3) con 54,82 % y 54,71 %.

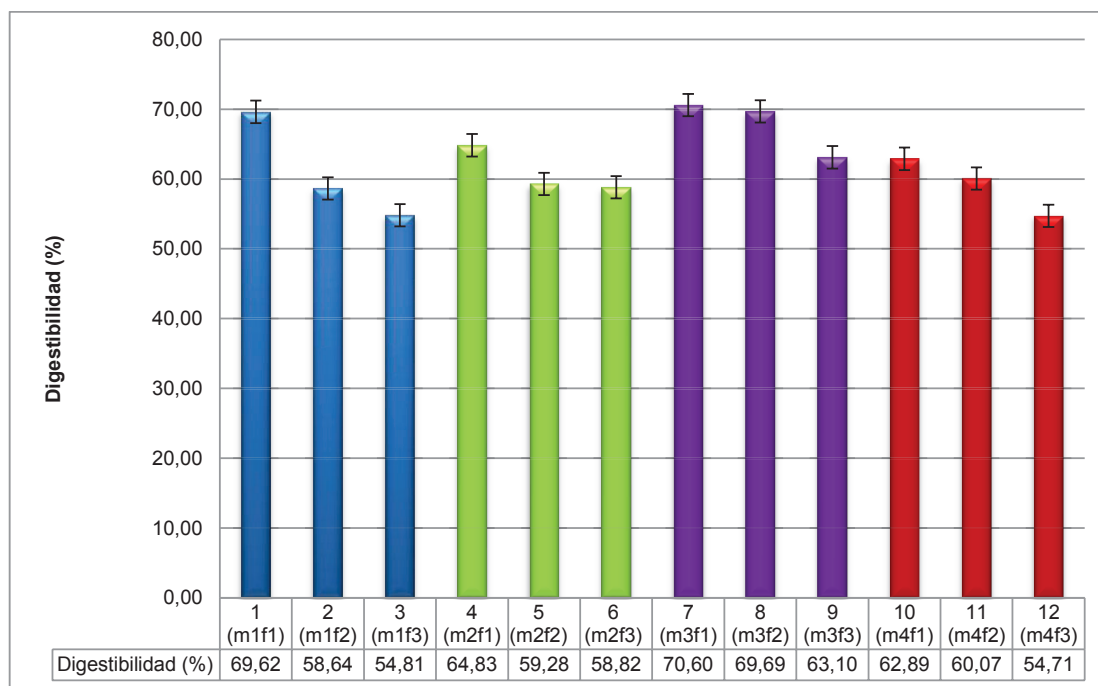
**Tabla 3.9.** Prueba de Tukey al 5 % para la variable digestibilidad de la materia seca de 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras ensiladas y 3 frecuencias de aprovechamiento) a las 24 horas de incubación ruminal

Tratamientos	Mezclas	Frecuencias	Promedio
1	1	1	69,62 <sup>f</sup>
2	1	2	58,65 <sup>ab</sup>
3	1	3	54,82 <sup>a</sup>
4	2	1	64,83 <sup>e</sup>
5	2	2	59,28 <sup>bcd</sup>
6	2	3	58,82 <sup>abc</sup>
7	3	1	70,60 <sup>f</sup>
8	3	2	69,69 <sup>f</sup>
9	3	3	63,10 <sup>de</sup>
10	4	1	62,89 <sup>cde</sup>
11	4	2	60,07 <sup>bcd</sup>
12	4	3	54,71 <sup>a</sup>

La figura 3.24 muestra los porcentajes promedio de la digestibilidad de la materia seca de los 12 tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento) a las 24 horas de incubación.

En la figura de digestibilidad promedio de los 12 tratamientos, se observa que en los 3 primeros tratamientos, el tratamiento T1 (m1f1) presentó mayor digestibilidad con un valor de 69,62 % en relación al T3 (m1f3) con el 54,81 %, este resultado posiblemente se debe a que esta mezcla compuesta principalmente por gramíneas, que en un estado vegetativo temprano es más digestible que en la madurez especialmente por la relación tallos hojas que presentan estas especies.

Arce (2003), señala que los forrajes en estado de madurez temprana son más digestibles que los forrajes maduros ya que el contenido de las paredes celulares se incrementan a medida que el pasto madura (p. 25), además, el T1 (m1f1) en el análisis del valor nutritivo obtuvo el mejor resultado en humedad (75,66 %), extracto etéreo (4,16 %), proteína (17,63 %), fósforo (0,38 %) y energía bruta (4 262,00 cal/g).



**Figura 3.24.** Digestibilidad de la materia seca de 4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento a las 24 horas de incubación ruminal

En relación a los tratamientos T4 (m2f1), T5 (m2f2) y T6 (m2f3) constituidos por rye grass perenne (*Lolium perenne*), rye grass anual (*Lolium multiflorum*), trébol blanco (*Trifolium repens*) se observa que el T3 (m2f1) presentó un mayor valor de digestibilidad con un valor de 64,83 % en contraste al T6 (m2f3) que obtuvo un valor de 58,82 %. Estos resultados se asemejan a los 3 primeros tratamientos donde se identifica una relación directamente proporcional entre la digestibilidad y el estado de madurez de los forrajes (Proyecto FIA, 2007, p. 62).

Los tratamientos T7 (m3f1), T8 (m3f2) y T9 (m3f3) constituidos por rye grass perenne (*Lolium perenne*) y trébol blanco (*Trifolium repens*) alcanzaron los



mejores valores de digestibilidad 70,69 %, 69,69 % y 63,10 % respectivamente, debido al estado vegetativo de estas especies, ya que la mayoría de nutrientes se encuentran presentes, así lo confirma Bernal (2005), que indica que el rye grass perenne posee todos los nutrientes en los contenidos celulares y a medida que el forraje se madura los nutrientes disminuyen porque las paredes celulares se lignifican.

Además, en los resultados correspondientes al valor nutritivo los tratamientos T7 (m3f1) y T8 (m3f2) obtuvieron los mayor valores en el contenido de ELN (46,16 %), Calcio (0,70 %), potasio (3,05 %), sodio (0,15 %), energía metabolizable (2,17 Mcal/kg), energía digestible (2,65 Mcal/kg), azúcares (11,5 %) y menor valor de FDA (31,79 %) y lignina (3,17 %). El tratamiento T7 (m3f1) también presentó el mejor puntaje en la determinación de las características organolépticas (20 puntos).

Los tratamientos T10 (m4f1), T11 (m4f2) y T12 (m4f3) establecidos por kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y trébol blanco (*Trifolium repens*) obtuvieron valores bajos de digestibilidad 62,89 %, 60,07 % y 54,71 % respectivamente, debido a que el kikuyo es un pasto natural rastrero de poco valor nutritivo y gran cantidad de fibra y lignina es menos digerible que los forrajes mejorados.

Estudios realizados por Correa (2008), señalan que el contenido energético del pasto kikuyo es menor al de los rye grasses y además, que existe una correlación negativa entre la FDA y la digestibilidad de los forrajes (p. 87).

### **3.4. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS TRATAMIENTOS**

Los resultados experimentales se sometieron al análisis económico de presupuesto parcial propuesto por el CYMMYT (1998), para establecer la rentabilidad de los diferentes tratamientos con la finalidad de recomendar la implementación de esta práctica en la producción de forrajes.

### 3.4.1. ANÁLISIS DE PRESUPUESTO PARCIAL

En la tabla 3.10 se observa el análisis de presupuesto parcial que se realizó en función del rendimiento de los tratamientos (mezclas y frecuencias), el precio de los silos tipo funda (22,7 kg) compuesto por mezclas forrajeras se valoró a \$ 6,50 y de pastos naturales en \$ 5,0, los costos variables de los tratamientos correspondientes al valor de las semillas de las 4 mezclas forrajeras fueron m1 \$ 298,42, m2 \$ 231, 72, m3 \$175,40 y m4 \$ 22,00.

El beneficio bruto más alto correspondió al tratamiento T1 (m1f1) con \$ 3 504,85, mientras que el tratamiento con menor beneficio resultó el tratamiento T12 (m4f3) con \$ 105,73.

**Tabla 3.10.** Resultados del análisis económico del presupuesto parcial de los tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)

Tratamientos	Rendimiento (kg/ha)	Rendimiento ajustado 10% (kg/ha)	Costos variables (USD/ha)	Beneficio bruto (USD/ha)	Beneficio neto (USD/ha)
T1 (m1f1)	13 600,03	12 240,03	298,42	3 504,85	3 206,43
T2 (m1f2)	11 333,37	10 200,03	298,42	2 920,71	2 622,29
T3 (m1f3)	5 066,43	4 559,79	298,42	1 305,67	1 007,25
T4 (m2f1)	12 844,47	11 560,02	231,72	3 310,14	3 078,42
T5 (m2f2)	5 822,23	5 240,01	231,72	1 500,44	1 268,72
T6 (m2f3)	6 977,83	6 280,05	231,72	1 798,25	1 566,53
T7 (m3f1)	5 422,23	4 880,01	175,40	1 397,36	1 221,96
T8 (m3f2)	3 466,70	3 120,03	175,40	893,40	718,00
T9 (m3f3)	3 155,57	2 840,01	175,40	813,22	637,82
T10 (m4f1)	4 666,76	4 200,08	22,00	925,13	903,13
T11 (m4f2)	1 200,03	1 080,03	22,00	237,89	215,89
T12 (m4f3)	533,36	480,02	22,00	105,73	83,73

Una vez obtenido el análisis de presupuesto parcial, se procedió a determinar los tratamientos dominados y no dominados, según lo señala el CYMMIT (1998), un

tratamiento se considera dominado por otro cuando posee beneficios netos menores o iguales a un tratamiento con costos variables más bajos (p. 30).

La tabla 3.11 muestra el análisis de dominancia donde se determinó que los tratamientos T10 (m4f1), T7 (m3f1), T4 (m2f1) y T1 (m1f1) resultaron ser no dominados. Los demás tratamientos resultaron ser dominados (D), debido a los bajos beneficios netos y mayores costos variables. Además, se observa que los tratamientos no dominados corresponden a las 4 mezclas forrajeras en la frecuencia 1 (30 días).

**Tabla 3.11.** Análisis de dominancia de los tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)

<b>Tratamientos</b>	<b>Costos variables (\$/ha)</b>	<b>Beneficios netos (\$/ha)</b>	<b>Dominancia</b>
T10 (m4f1)	22,00	903,13	
T11 (m4f2)	22,00	215,89	D
T12 (m4f3)	22,00	83,73	D
T7 (m3f1)	175,40	1 221,96	
T8 (m3f2)	175,40	718,00	D
T9 (m3f3)	175,40	637,82	D
T4 (m2f1)	231,72	3 078,42	
T6 (m2f3)	231,72	1 566,53	D
T5 (m2f2)	231,72	1 268,72	D
T1 (m1f1)	298,42	3 206,43	
T2 (m1f2)	298,42	2 622,29	D
T3 (m1f3)	298,42	1 007,25	D

La tabla 3.12 muestra el análisis marginal de los tratamientos, se observa que al pasar del tratamiento T10 (m4f1) constituido por kikuyo y trébol blanco al T7 (m3f1) rye grass perenne y trébol blanco se obtuvo una tasa de retorno marginal de 207,84 %, lo que equivale a que por cada dólar invertido retornan \$ 2,07.

Si se cambia del tratamiento T7 (m3f1) al T4 (m2f1) se obtendrá una tasa de retorno marginal de 3 296,27 %, lo que corresponde a que por cada dólar invertido se obtendrá \$ 32,96, sin embargo, este valor es muy elevado para cambiar de una mezcla forrajera a otra debido a que los costos variables se incrementan, además, para implementar este tratamiento sería necesario analizar más profundamente esta opción para sugerir la recomendación más indicada.

Al sustituir el tratamiento T4 (m2f1) por el T1 (m1f1) se obtendrá una tasa de retorno marginal de 191,93 % es decir \$ 1,93 por cada dólar invertido.

La mayoría de productores emplean pastos naturales para la alimentación del ganado como es el caso del T10 (m4f1), sin embargo, al suministrar un forraje mejorado T7 (m3f1) por una parte la alimentación será nutritivamente equilibrada y además, obtendrá un mayor beneficio económico ya que la producción de leche y carne se incrementará. Otra alternativa para proveer el alimento necesario y de buena calidad es la utilización del T1 (m1f1) que proporcionará un rédito económico al productor.

**Tabla 3.12.** Análisis Marginal de los tratamientos (4 mezclas forrajeras y 3 frecuencias de aprovechamiento)

Tratamientos	Costos variables (\$/ha)	Costos marginales (\$/ha)	Beneficios Netos (\$/ha)	Beneficios netos marginal (\$/ha)	Tasa de Retorno Marginal (%)
T10 (m4f1)	22,00		903,13		
		153,40		318,83	207,84
T7 (m3f1)	175,40		1 221,96		
		56,32		1 856,46	3 296,27
T4 (m2f1)	231,72		3 078,42		
		66,70		128,01	191,93
T1 (m1f1)	298,42		3 206,43		

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. CONCLUSIONES

- El tratamiento T7 (m3f1), constituido por rye grass perenne (*Lolium perenne*) y trébol blanco (*Trifolium repens*), resultó el tratamiento más digerible con un valor de 70,60 % y de mayor calidad nutritiva ya que obtuvo los valores más altos en energía metabolizable (2,17 Mcal/kg), energía digestible (2,65 Mcal/kg), azúcares (11,5 %), características organolépticas (20 puntos) y un menor contenido de FDA (31,79 %).
- El T1 (m1f1) alcanzó un valor considerable de digestibilidad de 69,62 % y en relación al valor nutritivo mostró 75,66 % humedad, 4,16 % extracto etéreo, 17,63 % de proteína, 0,38 % fósforo y 4 262,00 cal/g de energía bruta.
- Desde el punto de vista económico, los tratamientos T7 (m3f1) (rye grass perenne y trébol blanco) y T1 (m1f1) (rye grass perenne, rye grass anual, pasto azul, trébol blanco y trébol rojo) obtuvieron las mejores tasas de retorno marginal \$ 2,07 y \$ 1,91, respectivamente; resultando las alternativas más rentables y nutritivas para la adopción e implementación en las fincas de pequeños productores.
- El Testigo constituido por kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y trébol blanco (*Pennisetum clandestinum*), presentó valores altos de ceniza y magnesio y menor cantidad de energía bruta, metabolizable y digerible que el resto de mezclas forrajeras.
- La digestibilidad de un forraje posee una proporción negativa en relación al contenido de fibra y lignina, debido al incremento de la pared celular de los tallos y la disminución de los contenidos celulares presentes en las hojas.

- La frecuencia de aprovechamiento es inversamente proporcional a la calidad nutritiva de los forrajes, es decir que, a mayor madurez de un pasto menor cantidad de nutrientes.
- El conteo de aerobios, hongos y levaduras se incrementa generalmente en forrajes mal compactados que permiten la entrada de oxígeno en el interior del silo, evitando que se produzca una fermentación láctica.
- Cuando el estado vegetativo de un pasto avanza, los contenidos de nutrientes menos digestibles como la fibra, FDN, FDA y lignina incrementan.
- La calidad nutritiva de un producto fermentado, en este caso el ensilaje, depende directamente la calidad nutritiva de la materia prima utilizada.
- Un pasto ensilado contiene igual o menor valor nutritivo que el forraje verde de origen, pero en el caso de la energía esta debe incrementarse para ser utilizada en la nutrición animal.
- La adecuada realización del proceso de ensilaje, garantiza que los parámetros como pH, características organolépticas y nutrientes se mantengan en condiciones óptimas luego del proceso fermentativo.

## 4.2. RECOMENDACIONES

Después de haber elaborado esta investigación se recomiendan las siguientes actividades relacionadas con el resultado de la misma:

- Emplear la mezcla constituida por rye grass perenne (*Lolium perenne*) y trébol blanco (*Trifolium repens*) en futuras investigaciones sobre conservación de forrajes, incluyendo variables como contenido de ácidos grasos volátiles, conteo bacteriano y eficiencia nutritiva en animales.
- Incluir en nuevos estudios factores como: adición de aditivos e inoculantes para el mejoramiento de la calidad del ensilaje.
- Evaluar el valor nutritivo empleando mayor número de repeticiones, con el fin de mejorar la confiabilidad de los datos obtenidos.
- Para la realización de ensilajes en regiones frías, se recomienda alargar el proceso fermentativo a 22 días o más dependiendo de las condiciones, con el fin de garantizar un proceso fermentativo completo.
- Analizar las variables empleadas en este estudio con especies forrajeras individuales para identificar aportes específicos por especies.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alaniz, O. (2008). Adición de residuo de la industria cervecera al ensilaje de maíz como alternativa de forraje para el ganado (Proyecto de titulación para la obtención de Maestro en ciencias en gestión ambiental). México, Durango.
2. Alomar, D. (2011). Factores que determinan la calidad del ensilaje. Instituto Producción Animal, Facultad Ciencias Agrarias. Chile: Universidad Austral de Chile.
3. Arce, C. Arbaiza, T. Carcelén, F. y Lucas, O. (2003). Estudio comparativo de la digestibilidad en forrajes mediante dos métodos de laboratorio. Revista de Investigaciones Veterinarias 14 (1). Perú.
4. Arelovich, H. Laborde, H. Amela, M. Torrea, M. y Martínez, M. (2008). Elementos minerales y su impacto en la fermentación ruminal. Revista Argentina de Producción Animal 28(3). Buenos Aires, Argentina.
5. Arreaza, L. Sánchez, D. y Abadía, B. (2005). Degradabilidad ruminal de fracciones de carbohidratos en forrajes tropicales determinada por métodos in vitro e in situ. Revista CORPOICA Colombia (6).
6. Barrera, V. León, C. Grijalva, J. Y Chamorro, F. (2004). Manejo del sistema de producción "Papa-Leche" en la sierra ecuatoriana. INIAP-CIP-PROMSA. 1ra edición. Editorial ABYA-YALA. Quito, Ecuador.
7. Benítez, A. (1980), "Pastos y forrajes", Quito, Ecuador: Editorial Universitaria.
8. Benito, B. (2000). Especies de gramíneas y leguminosas de interés pastoral. Morfología y características ecológicas y piscícolas. Madrid:



Editorial Fundación Conde del Valle de Salazar. Recuperado de [de:http://www2.montes.upm.es/Dptos/DptoSilvopascicultura/PDF%20generales%20Web/Benito/1.%20MORFOLOGIA%20DE%20GAM%20C3%8DNEAS](http://www2.montes.upm.es/Dptos/DptoSilvopascicultura/PDF%20generales%20Web/Benito/1.%20MORFOLOGIA%20DE%20GAM%20C3%8DNEAS) (Julio, 2013).

9. Bernal, J. (2003). "Pastos y forrajes tropicales": Producción y manejo 4ta. Edición, Editorial Ángel Agro - Ideagro, Bogotá, Colombia.
10. Bernal, J. (2005). Manual de manejo de pastos cultivados para zonas alto andinas Dirección de Crianzas – DGPA dirección general de promoción agraria. Buena vista, Perú.
11. Bernal, J. y Chaverra, H. (2002). Ensilaje, Heno y Henolaje tipos, métodos y nuevas tecnologías. 1ra edición, Editorial Ángel comunicaciones, Bogotá Colombia.
12. Bernier, R. y Alfaro, M. (2006). Acidez de los suelos y efectos del encalado. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Boletín INIA N° 151, Osorno, Chile.
13. Bertoria, L. (2007). Algunos conceptos sobre ensilaje (en línea) Recuperado de <http://mejorpasto.com.ar/UNLZ/2004/TX3.htm> (Mayo 2013).
14. Biorum, J. (2003). Manual de procedimientos Parte II. Dinámica digestiva. Laboratorio de Biotecnología Ruminal. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.
15. Bragachini, M. (2005). Agrotécnia Hannover EEA-INTA 2005. Recuperado de: <http://www.agriculturadeprecision.org/viajcapa/AGRITECNIAEIMA2005.pdf> (Mayo, 2013).

16. Brock, D. (2000). Biología de los microorganismos. Octava edición revisada. Traducido de Brock, biology of microorganisms. Prentice hall inc. Edición en español por Isabel Capela. España.
17. Calvache, M. (2001). Absorción de nutrientes de los cultivos para recomendaciones de fertilización”, UCE, FCA, Quito Ecuador.
18. Cañete, M. y Sancha, J. (1998). Ensilados de forrajes y su empleo en la alimentación de rumiantes. Madrid, España.
19. Caravaca, F. Castel, J. Guzmán, J. Delgado, M. Mena, y. Alcalde, M. González, P. (2005). Bases de la producción animal. Catálogo de publicaciones, Universidad de Sevilla. Sevilla, España.
20. Cárdenas, A. y Garzón. J. (2011). Guía de manejo de pastos para la siembra sur ecuatoriana”, Instituto Nacional Autónomo de investigaciones Agropecuarias INIAP, Cuenca, Ecuador.
21. Carrillo, L. (1999). Los hongos de los alimentos y forrajes, Mohos y Micotoxinas. Universidad Nacional de Salta. Salta, Argentina.
22. Carrillo, L. (2003). Los hongos de los alimentos y forrajes, Levaduras. Universidad Nacional de Salta. Salta, Argentina.
23. Cartagena, Y. (2002). El análisis químico de los suelos una herramienta para diseñar recomendaciones de fertilización y enmiendas en los cultivos. (Proyecto previo a la obtención de título de especialista de suelos y nutrición de plantas UCE, FCA). Instituto de posgrado Quito, Ecuador.
24. Castillo, M. Rojas, A. WingChing, R. (2009). Valor nutricional del ensilaje de maíz cultivado en asocio con vigna (Vigna Radiata). Nota técnica Revista Agronomía Costarricense 33 (1).

25. Church, D. (1988). El rumiante: fisiología digestiva y nutrición. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza España.
26. Clavijo, F. (20015). Implementación de tecnologías sostenibles para el incremento del rendimiento de las pasturas. (Proyecto de titulación previo a la obtención de título de master en Agricultura sostenible). Escuela politécnica del ejército. Sangolquí, Ecuador.
27. Correa, H. Pabón, M. y Carulla, J. (2008). Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): I Composición química y digestibilidad ruminal y post ruminal, Departamento de producción animal, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
28. Delgado, B. (2005). El ensilado en zonas húmedas y sus indicadores de calidad. IV jornada de alimentación animal laboratorio Mourisca de Lalín (Pontevedra) Servicio regional de Investigación y desarrollo agroalimentario del principado de Asturias.
29. Espinoza, J. (1987). Efecto del encalado en las propiedades químicas del suelo ecuatoriano. Memorias del primer congreso nacional de ciencias de la comunidad científica ecuatoriana. Quito, Ecuador.
30. Flores, G. (2004). Factores que afectan a la calidad del ensilaje de hierba y a la planta de maíz forrajero en Galicia y evaluación de métodos de laboratorio para la predicción de la digestibilidad in vivo de la materia orgánica de estos forrajes ensilados. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. España.
31. Flores, G. Amor, J. Resch, C y Gonzáles, A. (2005). Efectividad del uso de aditivos comerciales sobre la calidad fermentativa del ensilaje de hierba en una muestra de explotaciones lecheras de Galicia. Centro de investigaciones agrarias de mabegondo (CIAM). Coruña, España.

32. Fontanetto, H. y Bianchini, A. (2010). Análisis de suelos, la base para fertilizar adecuadamente los cultivos forrajeros, EEA INTA. Rafaela Argentina.
33. Frioni, L. (1999). Procesos microbianos. Fermentación láctica y alcohólica en ensilados. Editorial de la Red de editoriales universitarias nacionales. Montevideo, Uruguay.
34. Giraldo, G. y Argel, P. (2011). Una alternativa para los pequeños ganaderos de conservar forrajes en la época seca. Recuperado de: <http://es.scribd.com/doc/59711017/CIAT-Ensilaje-de-forrajes-en-bolsas-plasticas> (Agosto, 2014).
35. Grijalva, J. Espinoza, F. e Hidalgo, M. (1995). Producción y utilización de pastizales en la región interandina del Ecuador Manual No. 30 Instituto Nacional Autónomo de investigaciones agropecuarias INIAP Quito, Ecuador.
36. Hall, M.B. (1998). Making nutritional sense of non-structural carbohydrates. 9th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium. Gainesville.
37. Hernández, T. (2004). Sembrar sin arar. Cultivos de leguminosas, pastos y otras especies sobre praderas de kikuyo con cero labranza. Quito, Ecuador. Primera Edición.
38. INEC. (2013). Visualizador de Estadísticas Agropecuarias del Ecuador recuperado de [www.inec.gob.ec](http://www.inec.gob.ec). (Octubre, 2013).
39. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, (2004). Volvamos al campo, Manual del ganadero, tomo 2, Bogotá, Colombia.
40. Jobim, C. Nussio, L. Reis, R. Schmidt, P. (2007). Avances metodológicos en la evaluación de la calidad del forraje conservado, Revista brasileira de Zootecnia Vol. 36 versión en línea.

41. Lacki, P. (2006). Libro de los pobres rurales. Recuperado de [http://books.google.com.ec/books?id=sGvjNX7a6FEC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.ec/books?id=sGvjNX7a6FEC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false) (Febrero, 2013).
42. León, R. (2003). Pastos y Forrajes; producción y manejo. (1era Edición). Quito, Ecuador: Editorial científica Agustín Álvarez.
43. Llangarí, P. y Rodríguez, L. (2013). Experiencias en manejo y producción limpia de pasturas. Cuenca alta del río Ambato. INIAP Boletín divulgativo N° 427. Quito, Ecuador.
44. López, S. (2005). In vitro and in situ techniques for estimating digestibility quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. CAB international
45. Martínez, A. y Delgado, B. (2008). Pérdida y efluentes de los ensilados. Tecnología Agroalimentaria CIATA. Edición especial Buenos Aires Argentina.
46. Mehrez, A. y Orskov, E. (1977). Study of the artificial bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen J. Agriculture Sci
47. Mier, M. (2009). Caracterización del valor nutritivo y Estabilidad aeróbica de ensilados en forma de microsilos para maíz Forrajero (Proyecto de titulación previo a la obtención del Título de Master), Universidad de Córdoba. Córdoba, España
48. Minson, D. J. (1990). Forage in Ruminant Nutrition. Academic Press: San Diego, USA
49. Osorio, D. Roldan, J. (2006). Volvamos al Campo. Cultivo de Pastos y Forrajes Colombia, Grupo Latino LTDA.

50. Paladines, O. (2004). Principales recursos forrajeros para las 3 regiones del Ecuador, Quito Ecuador.
51. Paladines, O. (2007). Recursos forrajeros para los sistemas de producción pecuarios sin publicar Universidad Central de Ecuador. Facultad de ciencia Agrícolas. Laboratorio de pasto y forrajes. Quito, Ecuador.
52. Proyecto FIA (2007). Manual de manejo del pastoreo (1era. Ed). Osorno, Chile
53. Reyes, N. Mendieta, B. Fariñas, T. Mena, M. Cardona, J y Pezo, D. (2009). Elaboración y utilización de ensilajes para la alimentación del ganado bovino. Manual Técnico No 91 Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Managua, Nicaragua.
54. Rodríguez, A. Acevedo, J. Riquelme, E. (1997). Estabilidad aeróbica de ensilaje de pasturas tropicales nativas. Efecto del ácido propiónico y tiempo de exposición aeróbica [en línea] Departamento de Industria Pecuaria. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez.
55. Rodríguez, L. Clavijo, F. Llangarí, P. Godoy, A. (2013). Manejo de pasturas para pequeños y medianos productores en la sierra centro del Ecuador. Manual N° 98, INIAP, Quito, Ecuador.
56. Romero, L. (2004). Ensilaje de leguminosas con énfasis en alfalfa y soja INTA Expone, Oliveros. Recuperado de [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar) (Marzo, 2015).
57. Ruíz, M. y Ruíz, A. (1990). Nutrición de rumiantes guía metodológica de investigación. Red de investigación de sistemas de producción Animal en Latinoamérica IICA – RISPAL 1ª edición. San José, Costa Rica.
58. Sánchez, L. (2005). Conservación de forrajes en sistemas de producción bovina tropical. Revista CORPOICA Vol. 6 N°2.

59. Spears, J.W. (1994). Minerals in forage. En Forage Quality, Evaluation, and Utilization. Editors George C. Fahey, Jr. American Society of Agronomy, Inc. Crop Science Society of America, INC. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
60. Terán, T. (2004). Respuesta de una pastura Mixta a la Aplicación de fósforo, potasio y azufre en un suelo franco, Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, UCE, Quito, Ecuador.
61. Urbina, R. (2001). "El ensilaje. Una técnica fácil de conservar pasto" Revista enlace No. 77 Managua Nicaragua. Recuperado <http://revistaenlace.simas.org.ni/articulo/1030> (Diciembre 2013).
62. Van Lier, E. y Regueiro, M, 2008. "Digestión en el retículo-rumen", Departamento de producción animal y pasturas de la Universidad de la República Montevideo, Uruguay
63. Velarde, C. e Izquierdo, F. (1993). Producción y utilización de los pastizales de la zona alto andina Canadá.
64. Villa, A. Meléndez, A. Carulla, J. Pabón, M. y Cárdenas, E. (2010). Estudio microbiológico y calidad nutricional del ensilaje de maíz en dos ecorregiones de Colombia. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 23 (1).
65. Wattiaux, M. (2004). Nutrición y Alimentación. (1era edición). Wisconsin, Estados Unidos. :Editorial Babcock

## **Anexos**



## ANEXO I

### ESCALA DE VALORACIÓN Y CALIDAD PARA CLASIFICAR EL ENSILAJE

Para la determinación de las características organoléptica se utilizó el “Sensory test” se utilizó los parámetro de calidad de ensilaje detallado a continuación:

- Olor de 0 a 12 puntos
- Textura de 0 a 5 puntos
- Color de 0 a 3 puntos

El ensilaje de muy buena calidad obtendrá 20 puntos, lo contrario con un ensilaje de muy mala calidad presentará un valor entre 0 a 3 puntos.

<b>Valoración</b>	<b>Calidad</b>
18 a 20 puntos	Muy buena
10 a 17 puntos	Satisfactoria
4 a 9 puntos	Entre mala y regular
0 a 3 puntos	Muy mala

(Benítez, 19080).

## ANEXO II

### ANÁLISIS DE VARIANZA Y PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA LOS PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA DE LAS MEZCLAS FORRAJERAS

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Gramíneas	36	0.24	0.12	7.92

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	380.99	5	76.20	1.93	0.1194
Repetición	19.47	2	9.73	0.25	0.7835
Mezclas	361.52	3	120.51	3.05	0.0439
Error	1186.92	30	39.56		
Total	1567.91	35			

#### Test: Tukey Alfa: 0.05 DMS: 6.32976

Error: 39.5641 gl: 30

Repetición	Medias	n
3.00	78.81	12
1.00	79.05	12
2.00	80.48	12

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

#### Test: Tukey Alfa: 0.05 DMS: 7.01335

Error: 39.5641 gl: 30

Mezclas	Medias	n
3.00	74.87	9
1.00	79.17	9
2.00	79.96	9
4.00	83.79	9

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Leguminosas	36	0.25	0.12	32.88

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
------	----	----	----	---	---------

Modelo	397.64	5	79.53	1.98	0.1097
Repetición	19.85	2	9.92	0.25	0.7822
Mezclas	377.79	3	125.93	3.14	0.0396
Error	1201.99	30	40.07		
Total	1599.63	35			

**Test : Tukey Alfa: 0.05 DMS: 6.36982**

Error: 40.0664 gl: 30

Repetición	Medias	n	
2.00	18.20	12	A
1.00	19.77	12	A
3.00	19.78	12	A

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

**Test: Tukey Alfa: 0.05 DMS: 7.05773**

Error: 40.0664 gl: 30

Mezclas	Medias	n		
4.00	15.09	9	A	
2.00	18.02	9	A	B
1.00	19.87	9	A	B
3.00	24.02	9		B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Malezas	36	0.56	0.48	31.98

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	6.61	5	1.32	7.58	0.0001
Repetición	0.31	2	0.16	0.89	0.4209
Mezclas	6.30	3	2.10	12.05	<0.0001
Error	5.23	30	0.17		
Total	11.84	35			

**Test: Tukey Alfa: 0.05 DMS: 0.42015**

Error: 0.1743 gl: 30

Repetición	Medias	n	
1.00	1.18	12	A
2.00	1.33	12	A
3.00	1.41	12	A

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

**Test: Tukey Alfa: 0.05 DMS: 0.46552**

Error: 0.1743 gl: 30

Mezclas	Medias	n	
1.00	0.97	9	A
3.00	1.11	9	A
4.00	1.12	9	A

2.00 2.02 9 B

*Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )*

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Gramíneas	36	0.63	0.46	6.16

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	992.28	11	90.21	3.76	0.0032
Mezclas	361.52	3	120.51	5.02	0.0076
Frecuencias	308.32	2	154.16	6.43	0.0058
Mezclas × Frecuencias	322.45	6	53.74	2.24	0.0739
Error	575.63	24	23.98		
Total	1567.91	35			

**Test : Tukey Alfa: 0.05 DMS: 6.36824**

Error: 23.9844 gl: 24

Mezclas	Medias	n
3.00	74.87 9	A
1.00	79.17 9	A B
2.00	79.96 9	A B
4.00	83.79 9	B

*Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )*

**Test: Tukey Alfa: 0.05 DMS: 4.99338**

Error: 23.9844 gl: 24

Frecuencias	Medias	n
1.00	75.43 12	A
2.00	80.60 12	B
3.00	82.31 12	B

*Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )*

**Test: Tukey Alfa: 0.05 DMS: 14.41748**

Error: 23.9844 gl: 24

Mezclas	Frecuencias	Medias	n
3.00 1.00	64.40 3	A	
1.00 1.00	75.60 3	A	B
2.00 2.00	78.00 3	A	B
3.00 2.00	80.03 3		B
3.00 3.00	80.17 3		B
4.00 1.00	80.73 3		B
2.00 3.00	80.90 3		B
1.00 2.00	80.93 3		B
1.00 3.00	80.97 3		B
2.00 1.00	80.97 3		B

4.00	2.00	83.43	3	B
4.00	3.00	87.20	3	B

*Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )*

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Leguminosas	36	0.62	0.45	25.97

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	999.72	11	90.88	3.64	0.0040
Mezclas	377.79	3	125.93	5.04	0.0075
Frecuencias	317.81	2	158.90	6.36	0.0061
Mezclas × Frecuencias	304.13	6	50.69	2.03	0.1011
Error	599.91	24	25.00		
Total	1599.63	35			

**Test: Tukey Alfa: 0.05 DMS: 6.50116**

Error: 24.9961 gl: 24

Mezclas	Medias	n	
4.00	15.09	9	A
2.00	18.02	9	A B
1.00	19.87	9	A B
3.00	24.02	9	B

*Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )*

**Test: Tukey Alfa: 0.05 DMS: 5.09761**

Error: 24.9961 gl: 24

Frecuencias	Medias	n	
3.00	16.33	12	A
2.00	18.10	12	A
1.00	23.33	12	B

*Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )*

**Test: Tukey Alfa: 0.05 DMS: 14.71840**

Error: 24.9961 gl: 24

Mezclas	Frecuencias	Medias	n	
4.00	3.00	11.60	3	A
4.00	2.00	15.37	3	A
2.00	3.00	16.97	3	A
2.00	1.00	17.10	3	A
1.00	2.00	17.87	3	A
1.00	3.00	18.10	3	A
4.00	1.00	18.30	3	A
3.00	3.00	18.63	3	A
3.00	2.00	19.17	3	A
2.00	2.00	20.00	3	A B
1.00	1.00	23.63	3	A B
3.00	1.00	34.27	3	B

*Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )*

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Malezas	36	0.61	0.43	33.61

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	7.22	11	0.66	3.41	0.0058
Mezclas	6.30	3	2.10	10.91	0.0001
Frecuencias		0.08	2	0.04	0.21 0.8092
Mezclas × Frecuencias			0.84	6	0.14 0.73 0.6335
Error	4.62	24	0.19		
Total	11.84	35			

**Test: Tukey Alfa: 0.05 DMS: 0.57052**

*Error: 0.1925 gl: 24*

Mezclas	Medias	n
1.00	0.97	9 A
3.00	1.11	9 A
4.00	1.12	9 A
2.00	2.02	9 B

*Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )*

**Test: Tukey Alfa: 0.05 DMS: 0.44735**

*Error: 0.1925 gl: 24*

Frecuencias	Medias	n
1.00	1.25	12 A
2.00	1.30	12 A
3.00	1.37	12 A

*Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )*

**Test: Tukey Alfa: 0.05 DMS: 1.29163**

*Error: 0.1925 gl: 24*

Mezclas	Frecuencias	Medias	n
1.00	1.00	0.77	3 A
3.00	2.00	0.80	3 A
1.00	3.00	0.93	3 A B
4.00	1.00	0.97	3 A B
3.00	3.00	1.20	3 A B
4.00	2.00	1.20	3 A B
1.00	2.00	1.20	3 A B
4.00	3.00	1.20	3 A B
3.00	1.00	1.33	3 A B
2.00	1.00	1.93	3 A B
2.00	2.00	2.00	3 A B
2.00	3.00	2.13	3 B

*Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )*

## ANEXO III

**DATOS DE LOS 12 TRATAMIENTOS CON 3 REPETICIONES DE LA  
VARIABLE pH INICIAL Y pH FINAL**

Tratamiento	Mezclas	Frecuencias	Pasto	Ensilaje
			pH Inicial	pH Final
1	1	1	5,60	4,40
1	1	1	5,64	4,20
1	1	1	5,66	4,50
2	1	2	5,60	5,10
2	1	2	5,50	5,08
2	1	2	5,50	5,03
3	1	3	5,60	5,13
3	1	3	5,63	5,13
3	1	3	5,65	5,13
4	2	1	5,50	4,50
4	2	1	5,60	4,40
4	2	1	5,50	4,50
5	2	2	5,60	5,10
5	2	2	5,59	5,12
5	2	2	5,60	5,09
6	2	3	5,70	5,13
6	2	3	5,58	5,13
6	2	3	5,60	5,14
7	3	1	5,87	4,49
7	3	1	5,54	4,52
7	3	1	5,59	4,50
8	3	2	5,70	5,20
8	3	2	5,70	5,10
8	3	2	5,70	5,10
9	3	3	5,60	5,14
9	3	3	5,70	5,12
9	3	3	5,50	5,14
10	4	1	5,69	4,50
10	4	1	5,59	4,30
10	4	1	5,83	4,50
11	4	2	5,63	5,10
11	4	2	5,65	5,12
11	4	2	5,60	5,09
12	4	3	5,70	5,15

12	4	3	5,60	5,12
12	4	3	5,70	5,13
<b>Promedio</b>			<b>5,63</b>	<b>4,89</b>



## ANEXO IV

## RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DEL CONTAJE DE AEROBIOS, HONGOS Y LEVADURAS



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB )**  
 Campus Politécnico José Rubén Orellana Ricaurte  
 Direc.: Pasaje Andalucía E12-A y Alfredo Mena Caamaño . Telf.: 2507 138  
 Personas de Contacto: Dra. Irma Paredes. Telf. : 2507 144 ext. 2490 e-mail: [Irma.paredes@epn.edu.ec](mailto:Irma.paredes@epn.edu.ec)  
 Tlga. Elisabeth Venegas . Telf.: 2507 144 ext. 2272 . e-mail: [elisabeth.venegas@epn.edu.ec](mailto:elisabeth.venegas@epn.edu.ec)  
 Quito- Ecuador



### INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS O TRABAJO

ORDEN: DC-OT0195-2013

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S) Y SERVICIO (S)

No. muestra	ID Muestra	Descripción de muestra	Servicio/Analito	Laboratorio
1	DC-MU2255	PASTO: MEZCLA 1 FRECUENCIA 1	Contaje total Aerobios	Microbiología
1	DC-MU2255	PASTO: MEZCLA 1 FRECUENCIA 1	Hongos y Levaduras	Microbiología
2	DC-MU2256	PASTO: MEZCLA 2 FRECUENCIA 1	Contaje total Aerobios	Microbiología
2	DC-MU2256	PASTO: MEZCLA 2 FRECUENCIA 1	Hongos y Levaduras	Microbiología
3	DC-MU2257	PASTO: MEZCLA 3 FRECUENCIA 1	Contaje total Aerobios	Microbiología
3	DC-MU2257	PASTO: MEZCLA 3 FRECUENCIA 1	Hongos y Levaduras	Microbiología
4	DC-MU2258	PASTO: MEZCLA 4 FRECUENCIA 1	Contaje total Aerobios	Microbiología
4	DC-MU2258	PASTO: MEZCLA 4 FRECUENCIA 1	Hongos y Levaduras	Microbiología

#### RESULTADOS:

Muestra-ID	Analito	Resultados	Unidades	Método
PASTO: MEZCLA 1 FRECUENCIA 1 DC-MU2255	CONTAJE TOTAL AEROBIOS	$5.2 \times 10^6$	U.F.C <sup>(a)</sup> / g	FDA/CFSAN BAM Cap.3.- 2001
	HONGOS Y LEVADURAS	$1.9 \times 10^5$	U.F.C /g	FDA/CFSAN BAM Cap.18.- 2001



**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB)**

Campus Politécnico José Rubén Orellana Ricaurte  
 Direc.: Pasaje Andalucía E12-A y Alfredo Mena Caamaño . Telf.: 2507 138  
 Personas de Contacto: Dra. Irma Paredes. Telf. : 2507 144 ext. 2490 e-mail: [irma.paredes@epn.edu.ec](mailto:irma.paredes@epn.edu.ec)  
 Tíga. Elisabeth Venegas . Telf.: 2507 144 ext. 2272 . e-mail: [elisabeth.venegas@epn.edu.ec](mailto:elisabeth.venegas@epn.edu.ec)  
 Quito- Ecuador



**RESULTADOS:**

Muestra-ID	Analito	Resultados	Unidades	Método
PASTO: MEZCLA 2 FRECUENCIA 1 DC-MU2256	CONTAJE TOTAL AEROBIOS	1.2 x 10 <sup>8</sup>	U.F.C /g	FDA/CFSAN BAM Cap.3.- 2001
	HONGOS Y LEVADURAS	1.2 x 10 <sup>6</sup>	U.F.C /g	FDA/CFSAN BAM Cap.18.- 2001
PASTO: MEZCLA 3 FRECUENCIA 1 DC-MU2257	CONTAJE TOTAL AEROBIOS	1.1 x 10 <sup>8</sup>	U.F.C /g	FDA/CFSAN BAM Cap.3.- 2001
	HONGOS Y LEVADURAS	1.9 x 10 <sup>6</sup>	U.F.C /g	FDA/CFSAN BAM Cap.18.- 2001
PASTO: MEZCLA 4 FRECUENCIA 1 DC-MU2258	CONTAJE TOTAL AEROBIOS	1.9 x 10 <sup>8</sup>	U.F.C /g	FDA/CFSAN BAM Cap.3.- 2001
	HONGOS Y LEVADURAS	5.4 x 10 <sup>6</sup>	U.F.C /g	FDA/CFSAN BAM Cap.18.- 2001

<sup>(a)</sup> U.F.C. Unidades Formadoras de Colonias

PROFESIONAL RESPONSABLE  
DEL ANÁLISIS

*Rosario Barrera*

Dra. Rosario Barrera

AUTORIDAD AUTENTICADORA  
( JEFE DECAB)



**QUEJAS Y SUGERENCIAS**

El cliente puede canalizar las quejas sobre los resultados de los análisis, sobre el tiempo de entrega del informe, u otro aspecto, a través del Jefe del DECAB, o de la persona Encargada de Recepción de Muestra y Atención al Cliente, ya sea en forma verbal o en forma escrita hasta 8 días después de la entrega del informe. En el DECAB se mantiene un registro de quejas y sugerencias con el fin de mejorar el Servicio al Cliente.

El laboratorio no se responsabiliza por el muestreo realizado antes de la entrega de las muestras al DECAB, pero si se responsabiliza de las muestras recibidas, tal como se las entrega.



**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB)**  
 Campus Politécnico José Rubén Orellana Ricaurte  
 Direc.: Pasaje Andalucía E12-A y Alfredo Mena Caamaño . Telf.: 2507 138  
 Personas de Contacto: Dra. Irma Paredes. Telf. : 2507 144 ext. 2490 e-mail: [Irma.paredes@epn.edu.ec](mailto:Irma.paredes@epn.edu.ec)  
 Tlga. Elisabeth Venegas . Telf.: 2507 144 ext. 2272 . e-mail: [elisabeth.venegas@epn.edu.ec](mailto:elisabeth.venegas@epn.edu.ec)  
 Quito- Ecuador



## INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS O TRABAJO

ORDEN: DC-OT0195-2013

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S) Y SERVICIO (S)

No. muestra	ID Muestra	Descripción de muestra	Servicio/Analito	Laboratorio
5	DC-MU2259	PASTO: MEZCLA 1 FRECUENCIA 2	Contaje total Aerobios	Microbiología
5	DC-MU2259	PASTO: MEZCLA 1 FRECUENCIA 2	Hongos y Levaduras	Microbiología
6	DC-MU2260	PASTO: MEZCLA 2 FRECUENCIA 2	Contaje total Aerobios	Microbiología
6	DC-MU2260	PASTO: MEZCLA 2 FRECUENCIA 2	Hongos y Levaduras	Microbiología
7	DC-MU2261	PASTO: MEZCLA 3 FRECUENCIA 2	Contaje total Aerobios	Microbiología
7	DC-MU2261	PASTO: MEZCLA 3 FRECUENCIA 2	Hongos y Levaduras	Microbiología
8	DC-MU2262	PASTO: MEZCLA 4 FRECUENCIA 2	Contaje total Aerobios	Microbiología
8	DC-MU2262	PASTO: MEZCLA 4 FRECUENCIA 2	Hongos y Levaduras	Microbiología

### RESULTADOS:

Muestra-ID	Analito	Resultados	Unidades	Método
PASTO: MEZCLA 1 FRECUENCIA 2 DC-MU2259	CONTAJE TOTAL AEROBIOS	$3.5 \times 10^8$	U.F.C <sup>(a)</sup> /g	FDA/CFSAN BAM Cap.3.- 2001
	HONGOS Y LEVADURAS	$6.7 \times 10^5$	U.F.C/g	FDA/CFSAN BAM Cap.18.- 2001





**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB)**

Campus Politécnico José Rubén Orellana Ricaurte  
 Direc.: Pasaje Andalucía E12-A y Alfredo Mena Caamaño . Telf.: 2507 138  
 Personas de Contacto: Dra. Irma Paredes. Telf.: 2507 144 ext. 2490 e-mail: [Irma.paredes@epn.edu.ec](mailto:Irma.paredes@epn.edu.ec)  
 Tlga. Elisabeth Venegas . Telf.: 2507 144 ext. 2272 . e-mail: [elisabeth.venegas@epn.edu.ec](mailto:elisabeth.venegas@epn.edu.ec)  
 Quito- Ecuador



**RESULTADOS:**

Muestra-ID	Analito	Resultados	Unidades	Método
PASTO: MEZCLA 2 FRECUENCIA 2 DC-MU2260	CONTAJE TOTAL AEROBIOS	$3.8 \times 10^7$	U.F.C /g	FDA/CFSAN BAM Cap.3.- 2001
	HONGOS Y LEVADURAS	$5.2 \times 10^5$	U.F.C /g	FDA/CFSAN BAM Cap.18.- 2001
PASTO: MEZCLA 3 FRECUENCIA 2 DC-MU2261	CONTAJE TOTAL AEROBIOS	$5.4 \times 10^7$	U.F.C /g	FDA/CFSAN BAM Cap.3.- 2001
	HONGOS Y LEVADURAS	$2.0 \times 10^6$	U.F.C /g	FDA/CFSAN BAM Cap.18.- 2001
PASTO: MEZCLA 4 FRECUENCIA 2 DC-MU2262	CONTAJE TOTAL AEROBIOS	$4.4 \times 10^7$	U.F.C /g	FDA/CFSAN BAM Cap.3.- 2001
	HONGOS Y LEVADURAS	$5.8 \times 10^6$	U.F.C /g	FDA/CFSAN BAM Cap.18.- 2001

<sup>(a)</sup> U.F.C. Unidades Formadoras de Colonias

PROFESIONAL RESPONSABLE  
DEL ANÁLISIS

*Rosario Barrera*

Dra. Rosario Barrera

AUTORIDAD AUTENTICADORA  
( JEFE DECAB)

*Elmario López*

Ing. Elmario López

**QUEJAS Y SUGERENCIAS**

El cliente puede canalizar las quejas sobre los resultados de los análisis, sobre el tiempo de entrega del informe, u otro aspecto, a través del Jefe del DECAB, o de la persona Encargada de Recepción de Muestra y Atención al Cliente, ya sea en forma verbal o en forma escrita hasta 8 días después de la entrega del informe. En el DECAB se mantiene un registro de quejas y sugerencias con el fin de mejorar el Servicio al Cliente.

El laboratorio no se responsabiliza por el muestreo realizado antes de la entrega de las muestras al DECAB. pero si se responsabiliza de las muestras recibidas. tal como se las



**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB)**

Campus Politécnico José Rubén Orellana Ricaurte  
 Direc.: Pasaje Andalucía E12-A y Alfredo Mena Caamaño . Telf.: 2507 138  
 Personas de Contacto: Dra. Irma Paredes. Telf. : 2507 144 ext. 2490 e-mail: [irma.paredes@epn.edu.ec](mailto:irma.paredes@epn.edu.ec)  
 Tlga. Elisabeth Venegas . Telf.: 2507 144 ext. 2272 . e-mail: [elisabeth.venegas@epn.edu.ec](mailto:elisabeth.venegas@epn.edu.ec)  
 Quito- Ecuador



## INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS O TRABAJO

ORDEN: DC-OT0195-2013

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S) Y SERVICIO (S)

No. muestra	ID Muestra	Descripción de muestra	Servicio/Analito	Laboratorio
17	DC-MU2271	ENSILAJE: MEZCLA 1 FRECUENCIA 2	Contaje total Aerobios	Microbiología
17	DC-MU2271	ENSILAJE: MEZCLA 1 FRECUENCIA 2	Hongos y Levaduras	Microbiología
18	DC-MU2272	ENSILAJE: MEZCLA 2 FRECUENCIA 2	Contaje total Aerobios	Microbiología
18	DC-MU2272	ENSILAJE: MEZCLA 2 FRECUENCIA 2	Hongos y Levaduras	Microbiología
19	DC-MU2273	ENSILAJE: MEZCLA 3 FRECUENCIA 2	Contaje total Aerobios	Microbiología
19	DC-MU2273	ENSILAJE: MEZCLA 3 FRECUENCIA 2	Hongos y Levaduras	Microbiología
20	DC-MU2274	ENSILAJE: MEZCLA 4 FRECUENCIA 2	Contaje total Aerobios	Microbiología
20	DC-MU2274	ENSILAJE: MEZCLA 4 FRECUENCIA 2	Hongos y Levaduras	Microbiología

### RESULTADOS:

Muestra-ID	Analito	Resultados	Unidades	Método
ENSILAJE: MEZCLA 1 FRECUENCIA 2 DC-MU2271	CONTAJE TOTAL AEROBIOS	$1.3 \times 10^8$	U.F.C <sup>(a)</sup> /g	FDA/CFSSAN BAM Cap.3.- 2001
	HONGOS	$1.6 \times 10^5$	U.F.C/g	FDA/CFSSAN BAM Cap.18.- 2001
	LEVADURAS	$3.3 \times 10^6$	U.F.C/g	



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB)**

Campus Politécnico José Rubén Orellana Ricaurte  
 Direc.: Pasaje Andalucía E12-A y Alfredo Mena Caamaño . Telf.: 2507 138  
 Personas de Contacto: Dra. Irma Paredes. Telf. : 2507 144 ext. 2490 e-mail: [Irma.paredes@epn.edu.ec](mailto:Irma.paredes@epn.edu.ec)  
 Tlga. Elisabeth Venegas . Telf.: 2507 144 ext. 2272 . e-mail: [elisabeth.venegas@epn.edu.ec](mailto:elisabeth.venegas@epn.edu.ec)  
 Quito- Ecuador



**RESULTADOS:**

Muestra-ID	Analito	Resultados	Unidades	Método
ENSILAJE: MEZCLA 2 FRECUENCIA 2 DC-MU2272	CONTAJE TOTAL AEROBIOS	$5.2 \times 10^7$	U.F.C /g	FDA/CFSAN BAM Cap.3.- 2001
	HONGOS	$1.2 \times 10^5$	U.F.C /g	FDA/CFSAN BAM Cap.18.- 2001
	LEVADURAS	$9.5 \times 10^4$	U.F.C /g	
ENSILAJE: MEZCLA 3 FRECUENCIA 2 DC-MU2273	CONTAJE TOTAL AEROBIOS	$6.9 \times 10^8$	U.F.C /g	FDA/CFSAN BAM Cap.3.- 2001
	HONGOS	$3.5 \times 10^5$	U.F.C /g	FDA/CFSAN BAM Cap.18.- 2001
	LEVADURAS	$6.2 \times 10^5$	U.F.C /g	
ENSILAJE: MEZCLA 4 FRECUENCIA 2 DC-MU2274	CONTAJE TOTAL AEROBIOS	$6. \times 10^7$	U.F.C /g	FDA/CFSAN BAM Cap.3.- 2001
	HONGOS	$1.8 \times 10^6$	U.F.C /g	FDA/CFSAN BAM Cap.18.- 2001
	LEVADURAS	$2.5 \times 10^6$	U.F.C /g	

<sup>(a)</sup> U.F.C. Unidades Formadoras de Colonias

PROFESIONAL RESPONSABLE  
DEL ANÁLISIS

  
Dra. Rosario Barrera

AUTORIDAD AUTENTICADORA  
( JEFE DECAB )



Página 2 de 3





**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB)**

Campus Politécnico José Rubén Orellana Ricaurte  
 Direc.: Pasaje Andalucía E12-A y Alfredo Mena Caamaño . Telf.: 2507 138  
 Personas de Contacto: Dra. Irma Paredes. Telf.: 2507 144 ext. 2490 e-mail: [Irma.paredes@epn.edu.ec](mailto:Irma.paredes@epn.edu.ec)  
 Tlga. Elisabeth Venegas . Telf.: 2507 144 ext. 2272 . e-mail: [elisabeth.venegas@epn.edu.ec](mailto:elisabeth.venegas@epn.edu.ec)  
 Quito- Ecuador



## INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS O TRABAJO

ORDEN: DC-OT0195-2013

### IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S) Y SERVICIO (S)

No. muestra	ID Muestra	Descripción de muestra	Servicio/Analito	Laboratorio
21	DC-MU2275	ENSILAJE: MEZCLA 1 FRECUENCIA 3	Contaje total Aerobios	Microbiología
21	DC-MU2275	ENSILAJE: MEZCLA 1 FRECUENCIA 3	Hongos y Levaduras	Microbiología
22	DC-MU2276	ENSILAJE: MEZCLA 2 FRECUENCIA 3	Contaje total Aerobios	Microbiología
22	DC-MU2276	ENSILAJE: MEZCLA 2 FRECUENCIA 3	Hongos y Levaduras	Microbiología
23	DC-MU2277	ENSILAJE: MEZCLA 3 FRECUENCIA 3	Contaje total Aerobios	Microbiología
23	DC-MU2277	ENSILAJE: MEZCLA 3 FRECUENCIA 3	Hongos y Levaduras	Microbiología
24	DC-MU2278	ENSILAJE: MEZCLA 4 FRECUENCIA 3	Contaje total Aerobios	Microbiología
24	DC-MU2278	ENSILAJE: MEZCLA 4 FRECUENCIA 3	Hongos y Levaduras	Microbiología

### RESULTADOS:

Muestra-ID	Analito	Resultados	Unidades	Método
ENSILAJE: MEZCLA 1 FRECUENCIA 3 DC-MU2275	CONTAJE TOTAL AEROBIOS	$3.9 \times 10^7$	U.F.C <sup>(a)</sup> / g	FDA/CFSAN BAM Cap.3.- 2001
	HONGOS	$2.1 \times 10^5$	U.F.C /g	FDA/CFSAN BAM Cap.18.- 2001
	LEVADURAS	$3.3 \times 10^5$	U.F.C /g	



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB)**

Campus Politécnico José Rubén Orellana Ricaurte  
 Direc.: Pasaje Andalucía E12-A y Alfredo Mena Caamaño . Telf.: 2507 138  
 Personas de Contacto: Dra. Irma Paredes. Telf.: 2507 144 ext. 2490 e-mail: [Irma.paredes@epn.edu.ec](mailto:Irma.paredes@epn.edu.ec)  
 Tlga. Elisabeth Venegas . Telf.: 2507 144 ext. 2272 . e-mail: [elisabeth.venegas@epn.edu.ec](mailto:elisabeth.venegas@epn.edu.ec)  
 Quito- Ecuador



**RESULTADOS:**

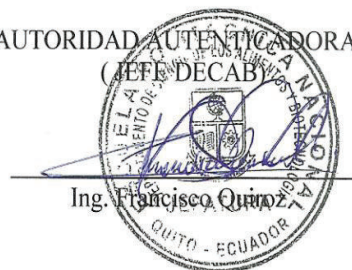
Muestra-ID	Analito	Resultados	Unidades	Método
ENSILAJE: MEZCLA 2 FRECUENCIA 3 DC-MU2276	CONTAJE TOTAL AEROBIOS	$1.3 \times 10^8$	U.F.C /g	FDA/CFSAN BAM Cap.3.- 2001
	HONGOS	$1.1 \times 10^5$	U.F.C /g	FDA/CFSAN BAM Cap.18.- 2001
	LEVADURAS	$4.3 \times 10^5$	U.F.C /g	
ENSILAJE: MEZCLA 3 FRECUENCIA 3 DC-MU2277	CONTAJE TOTAL AEROBIOS	$3.9 \times 10^7$	U.F.C /g	FDA/CFSAN BAM Cap.3.- 2001
	HONGOS	$2.5 \times 10^5$	U.F.C /g	FDA/CFSAN BAM Cap.18.- 2001
	LEVADURAS	$5.6 \times 10^5$	U.F.C /g	
ENSILAJE: MEZCLA 4 FRECUENCIA 3 DC-MU2278	CONTAJE TOTAL AEROBIOS	$1.9 \times 10^7$	U.F.C /g	FDA/CFSAN BAM Cap.3.- 2001
	HONGOS	$1.9 \times 10^6$	U.F.C /g	FDA/CFSAN BAM Cap.18.- 2001
	LEVADURAS	$5 \times 10^5$	U.F.C /g	

<sup>(a)</sup> U.F.C. Unidades Formadoras de Colonias

PROFESIONAL RESPONSABLE  
DEL ANÁLISIS

Dra. Rosario Barrera

AUTORIDAD AUTÉNTICADORA  
(JEFE DECAB)



Ing. Francisco Quiro





## ANEXO V

# RESULTADOS DEL ANÁLISIS PROXIMAL, MACROELEMENTOS, ENERGÍAS: BRUTA, METABOLIZABLE Y DIGERIBLE, AZÚCARES Y FIBRA

MC-LSAIA-2201-03

INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS  
ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA  
DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD  
LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS  
Panamericana Sur Km. 1, Cutuguegua Tls. 2690691-3007134, Fax 3007134  
Castilla postal 17-01-340

**INFORME DE ENSAYO No: 13-297**

**NOMBRE PETICIONARIO:** Ing. Luis F. Rodríguez  
**DIRECCION:** Panamericana Sur km 1  
**FECHA DE EMISION:** 08 de octubre del 2013  
**FECHA DE ANALISIS:** Del 18 de septiembre al 04 de octubre del 2013

**INSTITUCION:** Programa de Ganadería EESC  
**ATENCION:** Srta. Diana Palacios  
**FECHA DE RECEPCION:** 11 de septiembre del 2013  
**HORA DE RECEPCION:** 15h00  
**ANALISIS SOLICITADO:** Proximal, Macroelementos, Energías: Bruta, Metabolizable y Digerible, Azúcares Totales y Reductores

ANÁLISIS	HUMEDAD	CENIZAS <sup>Ca<sup>2+</sup></sup>	E.E. <sup>U</sup>	PROTEÍNA <sup>N</sup>	FIBRA <sup>U</sup>	E.L.N. <sup>U</sup>	IDENTIFICACIÓN
METODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-01.02	MO-LSAIA-01.03	MO-LSAIA-01.04	MO-LSAIA-01.05	MO-LSAIA-01.06	
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	
UNIDAD	%	%	%	%	%	%	
13-1749	78.87	11.44	2.65	17.06	23.68	45.17	Mezclas forrajeras y frecuencias de aprovechamiento en microsilos
13-1750	75.74	10.21	2.55	12.40	25.91	48.93	Mezcla forrajera M1F1
13-1751	76.29	10.54	3.73	14.68	25.19	45.85	Mezcla forrajera M2F1
13-1752	74.92	12.60	3.47	16.80	24.34	42.80	Mezcla forrajera M3F1
							Mezcla forrajera M4F1
ANÁLISIS		Ca <sup>2+</sup>	P <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	
METODO	MO-LSAIA-03.01.02	MO-LSAIA-03.01.04	MO-LSAIA-03.01.02	MO-LSAIA-03.01.03	MO-LSAIA-03.01.03	MO-LSAIA-03.01.03	
METODO REF.	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	
UNIDAD	%	%	%	%	%	%	
13-1749	0.40	0.29	0.17	2.32	0.20	0.20	
13-1750	0.32	0.24	0.14	1.83	0.19	0.19	
13-1751	0.38	0.27	0.16	2.17	0.19	0.19	
13-1752	0.44	0.31	0.22	2.23	0.26	0.26	
ANÁLISIS	Energía Bruta <sup>U</sup>	Energía Met. <sup>U</sup>	Energía Dig. <sup>U</sup>	Azúcares Tot. <sup>U</sup>	Azúcares Red. <sup>U</sup>		
METODO	MO-LSAIA-12	MO-LSAIA-13	MO-LSAIA-14	MO-LSAIA-21	MO-LSAIA-22		
METODO REF.	U. FLORIDA 1974	U. FLORIDA 1974	U. FLORIDA 1974	DUBOIS 1956	WATADA 1955		
UNIDAD	cal/kg	Mcal/kg	Mcal/kg	%	%		
13-1749	4168	2.19	2.67	9.27	5.49		
13-1750	4168	2.17	2.65	10.08	6.85		
13-1751	4243	2.37	2.90	10.23	6.90		
13-1752	4163	2.15	2.62	4.51	1.55		



INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA  
DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD

LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS

Panamericana Sur Km. 1, Cutugagua Tfs. 2690691-3007134, Fax 3007134

Casilla postal 17-01-340



**NOMBRE PETICIONARIO:** Ing. Luis F. Rodríguez

Panamericana Sur km 1

**FECHA DE EMISION:** 08 de octubre del 2013

Del 18 de septiembre al 04 de octubre del 2013

**FECHA DE RECEPCION:** 11 de septiembre del 2013

**HORA DE RECEPCION:** 15h00

**ANALISIS SOLICITADO**  
Programa de Ganadería EESC  
Srta. Diana Palacios  
Proximal, Macroelementos, Energías: Bruta, Metabolizable y Digerible, Azúcares Totales y Reductores

**INFORME DE ENSAYO No: 13-297**

**INSTITUCION:**

**ATENCION:**

**ANALISIS SOLICITADO**

ANALISIS	F.D.N. <sup>Q</sup>	F.D.A. <sup>Q</sup>	LIGNINA <sup>Q</sup>
MÉTODO	MO-LSAIA-02.01	MO-LSAIA-02.02	MO-LSAIA-C2.03
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970
UNIDAD	%	%	%
13-1749	46.19	31.57	4.06
13-1750	49.02	33.33	4.26
13-1751	43.75	30.23	4.01
13-1752	49.99	31.40	4.08

Los ensayos marcados con Q se reportan en base seca.

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

**RESPONSABLES DEL INFORME**



*Armando Rubio*  
**Dr. Armando Rubio**

**RESPONSABLE DE CALIDAD**

*Iván Samaniego*  
**Dr. MSc. Iván Samaniego**

**RESPONSABLE TÉCNICO**

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.





INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS  
 ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA  
 DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD  
 LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS  
 Panamericana Sur Km. 1, Cutugagua Tlfs. 2690691-3007134. Fax 3007134  
 Casilla postal 17-01-340



**INFORME DE ENSAYO No: 13-309**

**NOMBRE PETICIONARIO:** Ing. Luis F. Rodríguez  
**DIRECCION:** Panamericana Sur Km 1  
**FECHA DE EMISION:** 15 de octubre del 2013  
**FECHA DE ANALISIS:** Del 26 al 9 de octubre del 2013

**INSTITUCION:** Programa de Ganadería EESC  
**ATENCIÓN:** Agr. Arturo Godoy  
**FECHA DE RECEPCION.:** 24 de septiembre del 2013  
**HORA DE RECEPCION:** 12h16

**ANÁLISIS SOLICITADO:** Proximal, Macroelementos, Energías Bruta, Metabolizable y Digerible, Azúcares Totales y Reductores, Van Soest

ANÁLISIS MÉTODO METODO REF.	HUMEDAD MO-LSAIA-01.01 U. FLORIDA 1970	CENIZAS <sup>U</sup> MO-LSAIA-01.02 U. FLORIDA 1970	E.E. <sup>U</sup> MO-LSAIA-01.03 U. FLORIDA 1970	PROTEÍNA <sup>U</sup> MO-LSAIA-01.04 U. FLORIDA 1970	FIBRA <sup>U</sup> MO-LSAIA-01.05 U. FLORIDA 1970	E.L.N. <sup>U</sup> MO-LSAIA-01.06 U. FLORIDA 1970	IDENTIFICACIÓN
13-1854	67.94	9.45	1.97	10.11	28.37	50.11	Mezclas forrajeras y frecuencias de aprovechamiento en microsilos
13-1855	70.68	9.28	2.00	8.90	28.91	50.92	
13-1856	67.65	10.75	2.95	13.93	23.45	48.92	
13-1857	59.30	11.79	1.95	11.46	26.39	48.40	
<b>ANÁLISIS</b>		<b>Ca<sup>U</sup></b>	<b>p<sup>U</sup></b>	<b>Mg<sup>U</sup></b>	<b>K<sup>U</sup></b>	<b>Na<sup>U</sup></b>	
<b>MÉTODO</b>		MO-LSAIA-03.01.02	MO-LSAIA-03.01.04	MO-LSAIA-03.01.02	MO-LSAIA-03.01.03	MO-LSAIA-03.01.03	
<b>METODO REF.</b>		U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	
<b>UNIDAD</b>		%	%	%	%	%	
13-1854		0.42	0.27	0.13	1.26	0.05	Mezcla forrajera M1F2
13-1855		0.30	0.28	0.09	1.08	0.03	Mezcla forrajera M2F2
13-1856		0.54	0.28	0.17	1.99	0.12	Mezcla forrajera M3F2
13-1857		0.36	0.32	0.17	1.00	0.05	Mezcla forrajera M4F2
<b>ANÁLISIS</b>		<b>Energía Bruta<sup>U</sup></b>	<b>Energía Met.<sup>U</sup></b>	<b>Energía Dig.<sup>U</sup></b>	<b>Azúcares Tot.<sup>U</sup></b>	<b>Azúcares Red.<sup>U</sup></b>	
<b>MÉTODO</b>		MO-LSAIA-12	MO-LSAIA-13	MO-LSAIA-14	MO-LSAIA-21	MO-LSAIA-22	
<b>METODO REF.</b>		U. FLORIDA 1974	U. FLORIDA 1974	U. FLORIDA 1974	DUBOIS 1986	WATADA 1955	
<b>UNIDAD</b>		cal/kg	Mcal/kg	Mcal/kg	%	%	
13-1854		4150	2.04	2.48	13.51	5.03	
13-1855		4147	2.00	2.44	15.45	4.15	
13-1856		4176	2.31	2.82	13.43	2.94	
13-1857		4059	2.00	2.44	5.44	0.73	



INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS  
 ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA  
 DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD  
 LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS  
 Panamericana Sur Km. 1, Cutuglagua Tlfs. 2690691-3007134. Fax 3007134  
 Casilla postal 17-01-340



**INFORME DE ENSAYO No: 13-309**

**NOMBRE PETICIONARIO:** Ing. Luis F. Rodríguez  
**DIRECCION:** Panamericana Sur km 1  
**FECHA DE EMISION:** 15 de octubre del 2013  
**FECHA DE ANALISIS:** Del 26 al 9 de octubre del 2013

**INSTITUCION:** Programa de Ganadería EESC  
**ATENCION:** Agr. Arturo Godoy  
**FECHA DE RECEPCION:** 24 de septiembre del 2013  
**HORA DE RECEPCION:** 12h16  
**ANALISIS SOLICITADO:** Proximal, Macroelementos, Energías: Bruta, Metabolizable y Digerible, Azúcares Totales y Reductores, Van Soest

ANÁLISIS	F.D.N. <sup>1</sup>	F.D.A. <sup>2</sup>	LIGNINA <sup>3</sup>	IDENTIFICACIÓN
MÉTODO	MO-LSAIA-02.01	MO-LSAIA-02.02	MO-LSAIA-02.03	
MÉTODO REF.	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	
UNIDAD	%	%	%	Mezclas forrajeras y frecuencias de aprovechamiento en microsilos
13-1854	51,66	36,08	5,50	Mezcla forrajera M1F2
13-1855	53,37	36,09	5,32	Mezcla forrajera M2F2
13-1856	46,76	28,51	3,64	Mezcla forrajera M3F2
13-1857	61,78	33,85	4,39	Mezcla forrajera M4F2

Los ensayos marcados con Q se reportan en base seca.  
 OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

**RESPONSABLES DEL INFORME**



*[Signature]*  
**Dr. Armando Rubio**  
**RESPONSABLE DE CALIDAD**

*[Signature]*  
**Dr. MSC. Iván Sarmiento**  
**RESPONSABLE TECNICO**

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.



INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS  
 ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA  
 DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD  
 LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS  
 Panamericana Sur Km. 1, CutugueguaTfns. 2690691-3007134. Fax 3007134  
 Casilla postal 17-01-340



**INFORME DE ENSAYO No: 13-324**

**NOMBRE PETICIONARIO:** Ing. Luis F. Rodriguez  
**DIRECCION:** Panamericana Sur km 1  
**FECHA DE EMISION:** 30 de octubre del 2013  
**FECHA DE ANALISIS:** Del 14 al 29 de octubre del 2013

**INSTITUCION:** Programa de Ganadería EECS  
**ATENCION:** Srta. Diana palacios  
**FECHA DE RECEPCION.:** 10 de octubre del 2013  
**HORA DE RECEPCION:** 09h30  
**ANALISIS SOLICITADO:** Proximal, Macroelementos, Energías: Bruta, Metabolizable y Digerible, Azúcares Totales y Reductores, Van Soest

ANÁLISIS	HUMEDAD	CENIZAS <sup>v</sup>	E.E. <sup>v</sup>	PROTEINA <sup>v</sup>	FIBRA <sup>v</sup>	E.L.N. <sup>v</sup>	IDENTIFICACIÓN
METODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-01.02	MO-LSAIA-01.03	MO-LSAIA-01.04	MO-LSAIA-01.05	MO-LSAIA-01.06	
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	
UNIDAD	%	%	%	%	%	%	
13-1905	63.08	7.76	2.03	10.25	29.50	50.46	Mezcla forrajera M1F3
13-1906	61.88	8.24	2.32	8.49	32.28	48.67	Mezcla forrajera M2F3
13-1907	68.86	11.30	4.19	14.22	24.01	46.27	Mezcla forrajera M3F3
13-1908	27.30	10.87	2.43	10.34	27.29	49.08	Mezcla forrajera M4F3
<b>ANÁLISIS</b>		<b>Ca<sup>o</sup></b>	<b>P<sup>o</sup></b>	<b>Mg<sup>o</sup></b>	<b>K<sup>o</sup></b>	<b>Na<sup>o</sup></b>	
<b>MÉTODO</b>		MO-LSAIA-03.01.02	MO-LSAIA-03.01.04	MO-LSAIA-03.01.02	MO-LSAIA-03.01.03	MO-LSAIA-03.01.03	
<b>METODO REF.</b>		U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	
<b>UNIDAD</b>		%	%	%	%	%	
13-1905		0.35	0.20	0.16	1.61	0.03	
13-1906		0.23	0.21	0.13	1.20	0.01	
13-1907		0.60	0.23	0.26	2.86	0.11	
13-1908		0.35	0.22	0.18	1.26	0.03	
<b>ANÁLISIS</b>		<b>Energía Bruta<sup>o</sup></b>	<b>Energía Met.<sup>o</sup></b>	<b>Energía Dig.<sup>o</sup></b>	<b>Azúcares Tot.<sup>o</sup></b>	<b>Azúcares Red.<sup>o</sup></b>	
<b>MÉTODO</b>		MO-LSAIA-12	MO-LSAIA-13	MO-LSAIA-14	MO-LSAIA-21	MO-LSAIA-22	
<b>METODO REF.</b>		U. FLORIDA 1974	U. FLORIDA 1974	U. FLORIDA 1974	DUBOIS 1956	WATADA 1955	
<b>UNIDAD</b>		cal/g	Mcal/kg	Mcal/kg	%	%	
13-1905		4150	2.04	2.48	11.98	8.89	
13-1906		4147	2.00	2.44	11.87	8.26	
13-1907		4176	2.31	2.82	8.59	6.79	
13-1908		4059	2.00	2.44	3.35	3.33	





INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA  
DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD

LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS

Panamericana Sur Km. 1, Cutugiagua Tfs. 2690691-3007134, Fax 3007134  
Casilla postal 17-01-340



**INFORME DE ENSAYO No: 13-324**

**NOMBRE PETICIONARIO:** Ing. Luis F. Rodríguez  
**DIRECCION:** Panamericana Sur km 1  
**FECHA DE EMISION:** 30 de octubre del 2013  
**FECHA DE ANALISIS:** Del 14 al 29 de octubre del 2013

**INSTITUCION:** Programa de Ganadería EESC  
**ATENCION:** Srta. Diana palacios  
**FECHA DE RECEPCION.:** 10 de octubre del 2013  
**HORA DE RECEPCION:** 09h30  
**ANALISIS SOLICITADO:** Proximal, Macroelementos, Energías: Bruta, Metabolizable y Digerible, Azúcares Totales y Reductores, Van Soest

ANÁLISIS	F.D.N. <sup>U</sup>	F.D.A. <sup>U</sup>	LIGNINA <sup>U</sup>	IDENTIFICACIÓN
METODO	MO-LSAIA-02.01	MO-LSAIA-02.02	MO-LSAIA-02.03	
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	
UNIDAD	%	%	%	Mezclas forrajeras y frecuencias de aprovechamiento.
13-1905	54.62	35.70	6.67	Mezcla forrajera M1F3
13-1906	65.83	36.61	6.19	Mezcla forrajera M2F3
13-1907	45.13	28.60	3.76	Mezcla forrajera M3F3
13-1908	61.58	36.54	6.41	Mezcla forrajera M4F3

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.  
OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

**RESPONSABLES DEL INFORME**

**Dr. Armando Rubio**  
**RESPONSABLE DE CALIDAD**

**Dr. MSc. Iván Samaniego**  
**RESPONSABLE TECNICO**

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.



INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA

DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD

LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS

Panamericana Sur Km. 1 - Cutugiagua Tlis. 2690691-3007134. Fax 3007134

Casilla postal 17-01-340



**INFORME DE ENSAYO No: 13-327**

**NOMBRE PETICIONARIO:** Ing. Luis F. Rodríguez  
**DIRECCION:** Panamericana Sur Km 1  
**FECHA DE EMISION:** 11 de noviembre del 2014  
**FECHA DE ANALISIS:** Del 18 de octubre al 11 de noviembre del 2013

**INSTITUCION:** Programa de Ganadería EESC  
**ATENCIÓN:** Srta. Diana palacios  
**FECHA DE RECEPCION:** 17 de octubre del 2013  
**HORA DE RECEPCION:** 12h00  
**ANALISIS SOLICITADO:** Proximal, Macroelementos, Energías: Bruta, Metabolizable y Digerible, Azúcares Totales y Reductores, Van Soest

ANÁLISIS	HUMEDAD	CENIZAS <sup>U</sup>	E.E. <sup>U</sup>	PROTEINA <sup>U</sup>	FIBRA <sup>V</sup>	E.L.N. <sup>U</sup>	IDENTIFICACIÓN
MÉTODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-01.02	MO-LSAIA-01.03	MO-LSAIA-01.04	MO-LSAIA-01.05	MO-LSAIA-01.06	
MÉTODO REF.	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	
UNIDAD	%	%	%	%	%	%	
13-1914	75.66	11.83	4.16	17.63	29.60	36.78	Mezcla forrajera 1 ensilaje 1
13-1915	71.83	11.60	3.88	15.86	29.60	39.06	Mezcla forrajera 2 ensilaje 1
13-1916	68.59	11.50	4.10	16.10	27.49	40.80	Mezcla forrajera 3 ensilaje 1
13-1917	73.02	13.57	2.56	15.02	25.64	43.21	Mezcla forrajera 4 ensilaje 1
<b>ANÁLISIS</b>		<b>Ca<sup>α</sup></b>	<b>P<sup>α</sup></b>	<b>Mg<sup>α</sup></b>	<b>K<sup>α</sup></b>	<b>Na<sup>α</sup></b>	
<b>MÉTODO</b>		MO-LSAIA-03.01.02	MO-LSAIA-03.01.04	MO-LSAIA-03.01.02	MO-LSAIA-03.01.03	MO-LSAIA-03.01.03	
<b>MÉTODO REF.</b>		U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	
<b>UNIDAD</b>		%	%	%	%	%	
13-1914		0.44	0.38	0.22	2.25	0.10	
13-1915		0.32	0.35	0.14	2.28	0.09	
13-1916		0.33	0.28	0.16	2.26	0.09	
13-1917		0.40	0.34	0.23	1.93	0.12	
<b>ANÁLISIS</b>		<b>Energía Bruta<sup>α</sup></b>	<b>Energía Met.<sup>α</sup></b>	<b>Energía Dig.<sup>α</sup></b>	<b>Azúcares Tot.<sup>α</sup></b>	<b>Azúcares Red.<sup>α</sup></b>	
<b>MÉTODO</b>		MO-LSAIA-12	MO-LSAIA-13	MO-LSAIA-14	MO-LSAIA-21	MO-LSAIA-22	
<b>MÉTODO REF.</b>		U. FLORIDA 1974	U. FLORIDA 1974	U. FLORIDA 1974	DUBOIS 1956	WATADA 1955	
<b>UNIDAD</b>		cal/g	Mcal/kg	Mcal/kg	%	%	
13-1914		4262	2.01	2.45	6.20	2.17	
13-1915		4236	2.03	2.48	11.23	4.57	
13-1916		4248	2.17	2.65	11.50	7.74	
13-1917		4056	1.96	2.40	5.09	1.90	



**INiAP**

INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS  
 ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA  
 DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD  
 LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS  
 Panamericana Sur Km. 1, Cutuglagua Tls, 2690691-3007134. Fax 3007134  
 Casilla postal 17-01-340



**LSAIA/INiEESC**

**NOMBRE PETICIONARIO:** Ing. Luis F. Rodríguez  
**DIRECCION:** Panamericana Sur km 1  
**FECHA DE EMISION:** 11 de noviembre del 2014  
**FECHA DE ANALISIS:** Del 18 de octubre al 11 de noviembre del 2013

**INFORME DE ENSAYO No: 13-327**

**INSTITUCION:** Programa de Ganadería EESC  
**ATENCION:** Srta. Diana palacios  
**FECHA DE RECEPCION:** 17 de octubre del 2013  
**HORA DE RECEPCION:** 12h00  
**ANALISIS SOLICITADO:** Proximal, Macroelementos, Energías: Bruta, Metabolizable y Digerible, Azúcares Totales y Reductores, Van Soest

ANÁLISIS	F.D.N. <sup>Ω</sup>	F.D.A. <sup>Ω</sup>	LIGNINA <sup>Ω</sup>	IDENTIFICACIÓN
MÉTODO	MO-LSAIA-02.01	MO-LSAIA-02.02	MO-LSAIA-02.03	
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	
UNIDAD	%	%	%	
13-1914	47.27	33.41	4.18	Mezclas forrajeras y frecuencias de aprovechamiento.
13-1915	45.14	31.94	4.04	Mezcla forrajera 1 ensilaje 1
13-1916	46.96	31.79	3.91	Mezcla forrajera 2 ensilaje 1
13-1917	49.78	32.60	4.09	Mezcla forrajera 3 ensilaje 1
				Mezcla forrajera 4 ensilaje 1

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.  
 OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

**RESPONSABLES DEL INFORME**

  
**Dr. Armando Rubio**  
**RESPONSABLE DE CALIDAD**




  
**Dr. Msc. Iván Samaniego**  
**RESPONSABLE TECNICO**

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
 Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

**NOTA DE DESCARGO:** La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.



MC-LSAIA-2201-03

**INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS**  
**ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA**  
**DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD**  
**LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS**  
 Panamericana Sur Km. 1, Cotuglagua Tfs. 2690691-3007134, Fax 3007134  
 Casilla postal 17-01-340

**NOMBRE PETICIONARIO:** Ing. Luis F. Rodríguez  
**DIRECCION:** Panamericana Sur km 1  
**FECHA DE EMISION:** 25 de noviembre del 2013  
**FECHA DE ANALISIS:** Del 05 al 25 de noviembre del 2013

**INFORME DE ENSAYO No: 13-342**

**INSTITUCION:** Programa de Ganadería EESC  
 Srta. Diana palacios  
 31 de octubre del 2013  
 15H49  
**FECHA DE RECEPCION.:** Proximal, Macroelementos, Energías: Bruta, Metabolizable y Digerible, Azúcares Totales y Reductores, Van Soest

**HORA DE RECEPCION:**  
**ANALISIS SOLICITADO**

ANÁLISIS MÉTODO MÉTODO REF.	HUMEDAD MO-LSAIA-01.01 U. FLORIDA 1970	GENIZAS <sup>U</sup> MO-LSAIA-01.02 U. FLORIDA 1970	E.E. <sup>V</sup> MO-LSAIA-01.03 U. FLORIDA 1970	PROTEINA <sup>U</sup> MO-LSAIA-01.04 U. FLORIDA 1970	FIBRA <sup>V</sup> MO-LSAIA-01.05 U. FLORIDA 1970	E.L.N. <sup>V</sup> MO-LSAIA-01.06 U. FLORIDA 1970	IDENTIFICACIÓN
13-1973	27,37	11,42	2,66	11,62	31,52	42,78	Mezclas forrajeras y frecuencias de aprovechamiento. Ensilaje m1f2 Ensilaje m2f2 Ensilaje m3f2 Ensilaje m4f2
13-1974	67,26	10,95	2,38	11,12	31,15	44,40	
13-1975	65,33	12,35	2,72	11,35	27,42	46,16	
13-1976	57,59	12,40	2,21	13,41	26,76	45,22	
<b>ANÁLISIS</b>		<b>Ca<sup>o</sup></b>	<b>P<sup>o</sup></b>	<b>Mg<sup>o</sup></b>	<b>K<sup>o</sup></b>	<b>Na<sup>o</sup></b>	
<b>MÉTODO</b>		MO-LSAIA-03.01.02	MO-LSAIA-03.01.04	MO-LSAIA-03.01.02	MO-LSAIA-03.01.03	MO-LSAIA-03.01.03	
<b>MÉTODO REF.</b>		U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	
<b>UNIDAD</b>		%	%	%	%	%	
13-1973		0,31	0,27	0,16	2,14	0,08	
13-1974		0,26	0,29	0,14	2,21	0,06	
13-1975		0,34	0,25	0,18	2,37	0,15	
13-1976		0,31	0,33	0,22	1,99	0,08	
<b>ANÁLISIS</b>		<b>Energía Bruta<sup>o</sup></b>	<b>Energía Met.<sup>o</sup></b>	<b>Energía Dig.<sup>o</sup></b>	<b>Azúcares Tot.<sup>o</sup></b>	<b>Azúcares Red.<sup>o</sup></b>	
<b>MÉTODO</b>		MO-LSAIA-12	MO-LSAIA-13	MO-LSAIA-14	MO-LSAIA-21	MO-LSAIA-22	
<b>MÉTODO REF.</b>		U. FLORIDA 1974	U. FLORIDA 1974	U. FLORIDA 1974	DUBOIS 1956	WATADA 1955	
<b>UNIDAD</b>		cal/g	Mcal/kg	Mcal/kg	%	%	
13-1973		4134	1,87	2,29	5,02	1,57	
13-1974		4131	1,88	2,30	7,54	3,40	
13-1975		4080	1,88	2,29	8,66	5,61	
13-1976		4072	1,85	2,26	5,30	3,69	



INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA

DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD

LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS

Panamericana Sur Km. 1, CutugueguaTifs, 2690691-3007134, Fax 3007134

Casilla postal 17-01-340



**INFORME DE ENSAYO No: 13-342**

**NOMBRE PETICIONARIO:** Ing. Luis F. Rodríguez

Panamericana Sur km 1

25 de noviembre del 2013

**FECHA DE EMISION:** Del 05 al 25 de noviembre del 2013

**FECHA DE RECEPCION:** Del 05 al 25 de noviembre del 2013

**FECHA DE ANALISIS:** Del 05 al 25 de noviembre del 2013

**INSTITUCION:** Programa de Ganadería EESC

**ATENCION:** Sra. Diana palacios

**FECHA DE RECEPCION:** 31 de octubre del 2013

**HORA DE RECEPCION:** 15H49

**ANALISIS SOLICITADO**

Proximal, Macroelementos, Energías: Bruta, Metabolizable y Digerible, Azúcares Totales y Reductores, Van Soest

ANÁLISIS	F.D.N. <sup>U</sup>	F.D.A. <sup>U</sup>	LIGNINA <sup>U</sup>	IDENTIFICACIÓN
MÉTODO	MO-LSAIA-02.01	MO-LSAIA-02.02	MO-LSAIA-02.03	
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	
UNIDAD	%	%	%	Mezclas forrajeras y frecuencias de aprovechamiento.
13-1973	55,29	38,47	4,40	Ensilaje m1f2
13-1974	54,24	36,84	4,35	Ensilaje m2f2
13-1975	52,70	34,81	3,17	Ensilaje m3f2
13-1976	57,73	34,67	4,01	Ensilaje m4f2

Los ensayos marcados con  $\Omega$  se reportan en base seca.

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

**RESPONSABLES DEL INFORME**

*Armando Rubi*  
Dr. Armando Rubi

**RESPONSABLE DE CALIDAD**



*Iván Samaniego*  
Dr. MSc. Iván Samaniego

**RESPONSABLE TECNICO**

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.



INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA

DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD

LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS

Panamericana Sur Km. 1, Cutuglagua Tfs. 2690691-3007134, Fax 3007134

Casilla postal 17-01-340



**INFORME DE ENSAYO No: 13-342**

**NOMBRE PETICIONARIO:** Ing. Luis F. Rodríguez  
**DIRECCION:** Panamericana Sur km 1  
**FECHA DE EMISION:** 25 de noviembre del 2013  
**FECHA DE ANALISIS:** Del 05 al 25 de noviembre del 2013

**INSTITUCION:** Programa de Ganadería EESC  
**ATENCION:** Srta. Diana palacios  
**FECHA DE RECEPCION:** 31 de octubre del 2013  
**HORA DE RECEPCION:** 15H49  
**ANALISIS SOLICITADO:** Proximal, Macroelementos, Energías: Bruta, Metabolizable y Digerible, Azúcares Totales y Reductores, Van Soest

ANÁLISIS	F.D.N. <sup>12</sup>	F.D.A. <sup>13</sup>	LIGNINA <sup>14</sup>	IDENTIFICACIÓN
MÉTODO	MO-LSAIA-02.01	MO-LSAIA-02.02	MO-LSAIA-02.03	
MÉTODO REF.	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	
UNIDAD	%	%	%	Mezclas forrajeras y frecuencias de aprovechamiento.
13-1973	55,29	38,47	4,40	Ensilaje m1f2
13-1974	54,24	36,84	4,35	Ensilaje m2f2
13-1975	52,70	34,81	3,17	Ensilaje m3f2
13-1976	57,73	34,67	4,01	Ensilaje m4f2

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.  
**OBSERVACIONES:** Muestra entregada por el cliente

**RESPONSABLES DEL INFORME**

**Dr. Armando Rubio**  
**RESPONSABLE DE CALIDAD**



**Dr. MSc. Iván Samaniego**  
**RESPONSABLE TECNICO**

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

**NOTA DE DESCARGO:** La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.





INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA

DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD

LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS

Panamericana Sur Km. 1, Cutuglagua Tlfs. 2690691-3007134, Fax 3007134

Casilla postal 17-01-340



**NOMBRE PETICIONARIO:** Ing. Luis F. Rodríguez

Panamericana Sur km 1

27 de noviembre del 2013

**FECHA DE EMISION:** Del 18 al 26 de noviembre del 2013

**FECHA DE RECEPCION:**

**HORA DE RECEPCION:**

**ANALISIS SOLICITADO**

**INFORME DE ENSAYO No:** 13-351

Programa de Ganadería EESC

Sra. Diana palacios

12 de noviembre del 2013

15h10

Proximal, Macroelementos, Energias: Bruta, Metabolizable y Digerible, Azúcares Totales y Reductores, Van Soest

ANALISIS	F.D.N. <sup>U</sup>	F.D.A. <sup>U</sup>	LIGNINA <sup>U</sup>	IDENTIFICACION
MÉTODO	MO-LSAIA-02.01	MO-LSAIA-02.02	MO-LSAIA-02.03	
MÉTODO REF.	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	
UNIDAD	%	%	%	
13-2000	59.41	41.78	5.97	Mezclas forrajeras y frecuencias de aprovechamiento.
13-2001	56.66	39.40	4.55	Ensilaje m1f3
13-2002	53.77	36.01	4.10	Ensilaje m2f3
13-2003	58.43	36.32	3.96	Ensilaje m3f3
				Ensilaje m4f3

Los ensayos marcados con Q se reportan en base seca.

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

**RESPONSABLES DEL INFORME**

*Armando Rubio*  
Dr. Armando Rubio

**RESPONSABLE DE CALIDAD**



*Dr. MSC. Ivan Samaniego*  
**RESPONSABLE TECNICO**

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

## ANEXO VI

**ANÁLISIS DE VARIANZA Y PRUEBA DE TUKEY AL 5 % PARA LOS  
PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD  
RUMINAL EN UN PERIODO DE INCUBACIÓN DE 24 HORAS**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Digestibilidad	36	0.38	0.27	7.54

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	400.46	5	80.09	3.64	0.0109
Mezclas	387.42	3	129.14	5.87	0.0028
Repetición	13.04	2	6.52	0.30	0.7459
Error	660.54	30	22.02		
Total	1061.00	35			

**Test: Tukey Alfa: 0.05 DMS: 5.23197**

Error: 22.0182 gl: 30

Mezclas	Medias	n
4.00	59.22	9
2.00	60.98	9
1.00	61.03	9
3.00	67.80	9

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )**Test: Tukey Alfa: 0.05 DMS: 4.72201**

Error: 22.0182 gl: 30

Repetición	Medias	n
1.00	61.43	12
3.00	62.51	12
2.00	62.83	12

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Digestibilidad	36	0.95	0.93	2.28

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	1012.55	11	92.05	45.60	<0.0001
Mezclas	387.42	3	129.14	63.97	<0.0001

Frecuencias	501.03	2	250.52	124.10	<0.0001
Mezclas × Frecuencias	124.10	6	20.68	10.25	<0.0001
Error	48.4524	2.02			
Total	1061.00	35			

**Test: Tukey Alfa: 0.05 DMS: 1.84754**

Error: 2.0187 gl: 24

Mezclas	Medias	n	
4.00	59.22	9	A
2.00	60.98	9	A
1.00	61.03	9	A
3.00	67.80	9	B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

**Test: Tukey Alfa: 0.05 DMS: 1.44867**

Error: 2.0187 gl: 24

Frecuencias	Medias	n	
3.00	57.86	12	A
2.00	61.92	12	B
1.00	66.98	12	C

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

**Test: Tukey Alfa: 0.05 DMS: 4.18276**

Error: 2.0187 gl: 24

Mezclas	Frecuencias	Medias	n								
4.00	3.00	54.71	3	A							
1.00	3.00	54.82	3	A							
1.00	2.00	58.65	3	A	B						
2.00	3.00	58.82	3	A	B	C					
2.00	2.00	59.28	3		B	C	D				
4.00	2.00	60.07	3		B	C	D				
4.00	1.00	62.89	3			C	D	E			
3.00	3.00	63.10	3				D	E			
2.00	1.00	64.83	3					E			
1.00	1.00	69.62	3						F		
3.00	2.00	69.69	3							F	
3.00	1.00	70.60	3								F

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )