



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS
NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

“VALORACIÓN DE LA CALIDAD NUTRICIONAL DEL
ENSILAJE DE MAÍZ CON DIFERENTES NIVELES DE
INCLUSIÓN DE VAINA DE FAIQUE (*Acacia
macracantha*).”

Tesis de grado previa a la
obtención del título de “Médico
Veterinario Zootecnista”

AUTOR:

Niño Humberto Córdova López

DIRECTOR:

Dr. Luis Aguirre Mendoza Mg. Sc.

**LOJA – ECUADOR
2017**

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Dr. Luis Aguirre Mendoza Mg.Sc.

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Que el trabajo de tesis titulado: “**VALORACIÓN DE LA CALIDAD NUTRICIONAL DEL ENSILAJE DE MAÍZ CON DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE VAINA DE FAIQUE (*Acacia macracantha*).**” de la autoría del Señor Egresado: **Nilo Humberto Córdova López** previo a la obtención del título de **Médico Veterinario Zootecnista**, ha sido ejecutada en el cronograma establecido. Los resultados alcanzados son pertinentes, tienen validez y actualidad científica; por tanto se autoriza su presentación, para el trámite correspondiente.

Loja, junio de 2017



Dr. Luis Aguirre Mendoza Mg.Sc.

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Que luego de haber procedido a la calificación de Tesis escrita del trabajo de investigación titulado “**VALORACIÓN DE LA CALIDAD NUTRICIONAL DEL ENSILAJE DE MAÍZ CON DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE VAINA DE FAIQUE (*Acacia macracantha*).**”, del Sr egresado NILO HUMBERTO CÓRDOVA LÓPEZ, y al haber constatado que se ha incluido en el documento las observaciones y sugerencias realizadas por los miembros del tribunal autorizamos continuar con los trámites como requisito previo a la obtención del título de: MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA.

APROBADO

Loja, 07 de julio del 2017



Dr. Lenin Aguirre Riofrio Ph . D.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Dr. Galo Escudero Sánchez Mg. Sc
VOCAL DEL TRIBUNAL



Dr. Rodrigo Abad Guamán Ph. D.
VOCAL DEL TRIBUNAL

AUTORÍA

Yo, **Nilo Humberto Córdova López** declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Autor: Nilo Humberto Córdova López

Firma:



Cédula: 1104351489

Fecha: Loja, 05 de junio de 2017

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA
CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO

Yo, NILO HUMBERTO CÓRDOVA LÓPEZ declaro ser autor de la tesis titulada **“VALORACIÓN DE LA CALIDAD NUTRICIONAL DEL ENSILAJE DE MAÍZ CON DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE VAINA DE FAIQUE (*Acacia macracantha*).”**, como requisito para optar al grado de Médico Veterinario y Zootecnista, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los Usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 19 días del mes de julio de dos mil diecisiete firma el autor.

Firma:



Autor:

Nilo Humberto Córdova López

Número de Cédula:

1104351489

Dirección:

Loja, Ciudadela “La Fabiola”

Correo electrónico:

nilo.cordova.l@gmail.com

Teléfono: 2571062

Celular: 0987022151

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Dr. Luis Aguirre Mendoza Mg. Sc.

Tribunal de grado

Presidente del tribunal: Dr. Lenin Aguirre Riofrio Ph. D.

VOCAL: Dr. Rodrigo Abad Guamán Ph. D.

VOCAL: Dr. Galo Escudero Sánchez Mg. Sc.

AGRADECIMIENTO

Dejo constancia de mi sincero agradecimiento:

A Dios, por haberme permitido llegar con salud a este momento especial de mi vida y poder alcanzar este logro en mi formación académica.

A la Universidad Nacional de Loja por permitir formarme, especialmente a la carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia y a todos sus docentes que aportaron con sus conocimientos para mi formación personal y profesional.

A mis padres, quienes con su amor y consejos me han sabido apoyar hasta que pueda cumplir mis sueños, ya que son ejemplo de perseverancia y fortaleza. A mis hermanas, esposa e hija, por ser mi inspiración y motivación en la vida.

Al Dr. Luis Aguirre Mendoza Mg. Sc., Director de tesis, por su esfuerzo y colaboración, ya que supo brindar sus conocimientos y apoyo sincero durante el desarrollo de esta investigación.

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a Dios, por darme la vida y la oportunidad de cumplir un sueño de toda la vida, por permitirme tener a mi familia.

A mi madre Lorena y a mi padre Nilo, quienes me han guiado y apoyado en todo momento de mi vida con amor y responsabilidad.

A mi esposa Stefanye, y mi hija Ericka, por brindarme su amor, compañía y confianza para poder cumplir las metas trazadas.

A mis hermanas Soledad, Gabriela, María José y María Teresa, por brindarme su apoyo en mis decisiones y por ser ejemplo de superación.

Nilo Córdova López.

INDICE GENERAL

| | |
|---|----------|
| CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS..... | ii |
| CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO..... | iii |
| AUTORÍA..... | iv |
| CARTA DE AUTORIZACION..... | v |
| AGRADECIMIENTO..... | vi |
| DEDICATORIA..... | vii |
| ÍNDICE GENERAL..... | viii |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | xii |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | xiii |
| RESUMEN..... | xv |
| SUMMARY..... | xvi |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 2 |
| 2. REVISIÓN DE LITERATURA..... | 4 |
| 2.1. ENSILADO..... | 4 |
| 2.1.1. Procesos Fermentativos del Ensilado..... | 4 |
| 2.1.1.1. Fermentación acética..... | 4 |
| 2.1.1.2. Fermentación láctica..... | 5 |
| 2.1.1.3. Fermentaciones secundarias..... | 5 |
| 2.1.2. Calidad del Ensilado..... | 5 |
| 2.1.2.1. Madurez y humedad del forraje..... | 6 |
| 2.1.2.2. Tamaño de picado del forraje..... | 6 |
| 2.1.2.3. Llenado, compactado y sellado..... | 7 |
| 2.1.3. Etapas del proceso de ensilaje..... | 7 |
| 2.1.3.1. Respiración..... | 7 |
| 2.1.3.2. Acidificación..... | 8 |
| 2.1.3.3. Deterioro aeróbico..... | 8 |
| 2.1.4. Tipos de silos..... | 9 |
| 2.1.4.1. Silos torre..... | 9 |
| 2.1.4.2. Silos trinchera..... | 9 |

| | |
|--|----|
| 2.1.4.3. Silos zanja..... | 10 |
| 2.1.4.4. Silos superficiales..... | 10 |
| 2.1.4.5. Silos en bolsas plásticas..... | 10 |
| 2.1.5. Indicadores fermentativos del ensilaje..... | 11 |
| 2.1.5.1. pH..... | 11 |
| 2.1.5.2. Nitrógeno amoniacal..... | 11 |
| 2.1.5.3. Ácidos grasos volátiles..... | 12 |
| 2.1.6. Características Organolépticas del Ensilaje..... | 12 |
| 2.1.7. Calidad Nutricional del Ensilaje..... | 14 |
| 2.1.7.1. Materia seca (MS)..... | 14 |
| 2.1.7.2. Proteína Cruda (PC)..... | 14 |
| 2.1.7.3. Carbohidratos Solubles (CHOS)..... | 14 |
| 2.1.7.4. Fibra..... | 15 |
| 2.2 MATERIAS PRIMAS PARA ENSILAR..... | 15 |
| 2.2.1. Maíz (<i>Zea mays</i>)..... | 15 |
| 2.2.1.1. Descripción botánica..... | 16 |
| 2.2.1.2. Características nutricionales..... | 16 |
| 2.2.1.3. Factores para obtener un buen ensilaje de Maíz..... | 17 |
| 2.2.2. Faique (<i>Acacia macracantha</i>)..... | 19 |
| 2.2.2.1. Descripción botánica..... | 20 |
| 2.2.2.2. Distribución ecológica..... | 21 |
| 2.2.2.3. Importancia y usos..... | 21 |
| 2.2.2.4. Características químicas y nutricionales..... | 22 |
| 2.3. VALORACIÓN DE LOS ALIMENTOS..... | 23 |
| 2.3.1. Toma de muestras..... | 23 |
| 2.3.2. Análisis Proximal..... | 24 |
| 2.3.2.1. Materia Seca..... | 25 |
| 2.3.2.2. Cenizas..... | 26 |
| 2.3.2.3. Fibra..... | 26 |
| 2.3.2.4. Proteína cruda..... | 27 |
| 2.3.2.5. Lípidos crudos..... | 28 |

| | |
|--|-----------|
| 2.3.2.6. Extracto Libre de Nitrógeno..... | 28 |
| 2.3.3. Digestibilidad..... | 29 |
| 2.3.3.1. Digestibilidad <i>in vivo</i> | 29 |
| 2.3.3.2. Digestibilidad <i>in situ</i> | 30 |
| 2.3.3.3. Digestibilidad <i>in vitro</i> | 32 |
| 3. METODOLOGÍA..... | 33 |
| 3.1. MATERIALES..... | 33 |
| 3.1.1. Materiales de Campo..... | 33 |
| 3.1.2. Materiales de Laboratorio..... | 33 |
| 3.1.3. Materiales de Oficina..... | 33 |
| 3.2. METODOS..... | 34 |
| 3.2.1. Ubicación..... | 34 |
| 3.2.2. Unidades Experimentales..... | 34 |
| 3.2.3. Descripción de los Tratamientos..... | 34 |
| 3.2.4. Diseño Experimental..... | 35 |
| 3.2.5. Elaboración de los microsilos..... | 35 |
| 3.2.6. Variables en Estudio..... | 36 |
| 3.2.7. Toma y Registro de Datos..... | 36 |
| 3.2.7.1. Características organolépticas..... | 36 |
| 3.2.7.2. Composición química..... | 36 |
| 3.2.7.3. Digestibilidad <i>in situ</i> | 36 |
| 3.2.7.4. Contenido de Energía..... | 37 |
| 3.2.7.5. Costos..... | 37 |
| 3.2.8. Análisis Estadístico..... | 37 |
| 4. RESULTADOS..... | 38 |
| 4.1. COMPOSICION QUÍMICA DE LAS MATERIAS PRIMAS..... | 38 |
| 4.2. CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL ENSILAJE..... | 39 |
| 4.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ENSILAJE..... | 40 |
| 4.4. DIGESTIBILIDAD <i>IN SITU</i> DE LA MATERIA SECA..... | 41 |
| 4.5. CONTENIDO DE ENERGÍA..... | 43 |
| 4.6. COSTOS..... | 44 |

| | |
|--|-----------|
| 5. DISCUSIÓN..... | 46 |
| 5.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS MATERIAS PRIMA..... | 46 |
| 5.2. CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL ENSILAJE..... | 46 |
| 5.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ENSILAJE..... | 47 |
| 5.4. DIGESTIBILIDAD <i>IN SITU</i> DE LA MATERIA SECA..... | 48 |
| 5.5. CONTENIDO DE ENERGÍA..... | 49 |
| 5.6. COSTOS..... | 49 |
| 6. CONCLUSIONES..... | 50 |
| 7. RECOMENDACIONES..... | 51 |
| 8. BIBLIOGRAFÍA..... | 52 |
| 9. ANEXOS..... | 57 |

INDICE DE TABLAS

| Tabla | Página |
|---|---------------|
| Tabla 1. Características organolépticas de los ensilajes..... | 13 |
| Tabla 2. Valores nutricionales del ensilaje de maíz (I)..... | 17 |
| Tabla 3. Valores nutricionales del ensilaje de maíz (II)..... | 17 |
| Tabla 4. Composición proximal, fibrosa y de compuestos polifenólicos en Acacias tropicales..... | 22 |
| Tabla 5. Esquema del experimento..... | 35 |
| Tabla 6. Composición química (%) de las materias primas..... | 38 |
| Tabla 7. Características organolépticas del ensilaje de maíz con diferentes niveles de vaina de faique..... | 39 |
| Tabla 8. Composición química del ensilaje de maíz con diferentes niveles de inclusión de vaina de faique..... | 40 |
| Tabla 9. Digestibilidad <i>in situ</i> de la materia seca del ensilaje de maíz con diferentes niveles de vaina de faique..... | 42 |
| Tabla 10. Contenido de energía del ensilaje de maíz con diferentes niveles de VF..... | 43 |
| Tabla 11. Ficha costos del ensilaje de maíz con diferentes niveles de vaina de faique..... | 44 |

INDICE DE FIGURAS

| Figuras | Página |
|---|---------------|
| Figura 1. <i>Acacia macracantha</i> | 20 |
| Figura 2. Composición química de la planta entera de maíz y fruto entero de faique, antes de ensilar..... | 38 |
| Figura 3. Composición bromatológica del ensilaje de maíz con diferentes niveles de vaina de faique..... | 41 |
| Figura 4. Digestibilidad <i>in situ</i> de la materia seca del ensilaje de maíz con diferentes niveles de vaina de faique..... | 42 |
| Figura 5. Contenido de energía del ensilaje de maíz con diferentes niveles de VF..... | 43 |

**“VALORACIÓN DE LA CALIDAD NUTRICIONAL DEL
ENSILAJE DE MAÍZ CON DIFERENTES NIVELES DE
INCLUSIÓN DE VAINA DE FAIQUE (*Acacia macracantha*)”.**

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se ejecutó con el propósito de realizar la valoración nutricional del ensilaje de maíz con diferentes niveles de inclusión de vaina de faique (*Acacia macracantha*). Se evaluaron cuatro tratamientos de la siguiente manera: T₁: 0%, T₂: 10%, T₃: 20%, T₄: 30% de vaina de faique (VF), mediante diseño completamente aleatorizado con cuatro tratamientos y tres repeticiones; los microsilos se elaboraron en recipientes metálicos cilíndricos con capacidad para 3 kg, durante un periodo de 30 días para todos los tratamientos. Se estudiaron las siguientes variables: características organolépticas, composición química, digestibilidad *in situ*, contenido de energía y costos. Los resultados demostraron que las características organolépticas del ensilaje (color, olor, textura y humedad) se vieron afectadas por la inclusión de VF, observándose que a mayores niveles de VF se desmejoran estas características; de igual manera la composición química registró variaciones en función de los niveles de inclusión de VF, siendo mayor el contenido de proteína cruda en el T1 (testigo) con el 14,42%, en tanto que los demás tratamientos registraron valores cercanos al 13 %; en cambio, los tenores de fibra cruda y cenizas se incrementaron a medida que se aumentaba la proporción de VF. La digestibilidad *in situ* de la materia seca se redujo de 60,05%, en el T1 a 42,62% en el T3; y consecuentemente el aporte de energía varió de 2,17 a 1,54 Mcal/Kg de materia seca, respectivamente. Los costos no presentaron diferencias marcadas, alcanzando valores de \$0,29/Kg para T1 y \$0,32/Kg para T4. Se concluye que la inclusión de vaina de faique en el ensilaje de maíz, afecta tanto sus características organolépticas como el valor nutritivo, siendo aconsejable no sobrepasar el 20 % de inclusión, siempre y cuando se propicie una buena conservación para obtener un alimento de buena calidad y a un precio razonable.

Palabras claves: *Acacia macracantha*, ensilaje, maíz, digestibilidad, leguminosas.

SUMARY

This research study was carried out with the purpose of doing a nutritional assessment of corn silage with different levels of inclusion of faique pod (*Acacia macracantha*). Four treatments were evaluated as it follows: T1: 0%, T2: 10%, T3: 20%, T4: 30% of faique pod by completely randomized design with four treatments and three repetitions; the microsilos were made in cylindrical metal containers with capacity of 3 kg, for a period of 30 days for all treatments. The following variables were studied: organoleptic characteristics, chemical composition, digestibility in situ, content of energy and costs. The results showed that the organoleptic characteristics of silage (color, smell, texture and moisture) were affected by the inclusion of faique pod, observing that to higher levels of faique pod these characteristics got worst; in the same way the chemical composition recorded variations depending on the levels of inclusion of Faique pod with a higher content of crude protein in T1 (witness) with 14.42%, While other treatments recorded values close to 13%; on the other hand, the tenors of raw fiber and ash increased as the proportion of VF was risen. The in situ dry matter digestibility decreased from 60,05%, in T1 to 42,62% in T3, and as a result the energy input ranged from 2.17 to 1.54 Mcal/Kg of dry matter, respectively. Costs did not show marked differences, reaching values of \$ 0.29/Kg for T1 and \$ 0.32/Kg for T4. It is concluded that the inclusion of faique pod in maize silage , affects both their organoleptic and nutritional value, being advisable not to exceed 20% inclusion, provided that is conducive to good condition to obtain a good quality and reasonably priced food.

Key words: silage, Faique, digestibility, legumes, maize, *Acacia macracantha*.

1. INTRODUCCIÓN

En la provincia de Loja, la ganadería se basa en el uso y aprovechamiento de los recursos forrajeros disponibles como principales fuentes de nutrientes para los animales, sin embargo debido a las condiciones geográficas y meteorológicas, existen dos épocas climáticas bien marcadas según Cueva *et al.* (2015), una lluviosa que va de enero a mayo y otra seca de junio a diciembre, durante el verano los alimentos escasean de manera alarmante, limitando la producción pecuaria. En estas condiciones es necesario buscar alternativas que permitan disponer de alimento en cantidad y calidad durante todo el año.

El ensilaje es una tecnología muy útil para la conservación de los recursos forrajeros, ya que permite garantizar la disponibilidad de alimento durante todo el año y es aplicable a diversos materiales vegetativos (Cubero, 2010). Es un proceso de fermentación anaeróbica controlada, en el que las bacterias ácido lácticas convierten los carbohidratos solubles en ácidos orgánicos, especialmente ácido láctico, propiciando la disminución del pH y permitiendo su conservación, de ahí que la finalidad del ensilaje es preservar el forraje con la mínima pérdida de nutrientes (Ferreira, 2013).

Considerando al cultivo de maíz como el más generalizado de la provincia de Loja, y al faique (*Acacia macracantha*) como un recurso arbóreo abundante del bosque seco durante los primeros meses del año, se ha tomado a estos dos elementos como principales materias primas del presente estudio. Aunque los frutos de faique y la taralla de maíz son consumidos libremente por los animales, y sus ventajas son bien conocidas por los ganaderos, existe una subutilización de estos recursos, al no aplicarse estrategias que permitan conservarlos y aprovecharlos posteriormente. Al respecto, Cecconello *et al.* (2003) señalan que la vaina de faique posee una cantidad considerable de azúcares fermentables, carbohidratos solubles y un nivel aceptable de proteína; asimismo, el maíz es considerado como la mejor opción para ensilar debido a su alta productividad, contenido de energía, facilidad de recolección y conservación (Martínez *et al.*, 2003).

Con estos antecedentes, la presente investigación se orientó a valorar el proceso de ensilaje del maíz al adicionar diferentes cantidades de vaina de faique como una alternativa para conservar y mejorar su calidad nutricional, y así facilitar su uso en la alimentación de rumiantes, con lo cual se pretende propiciar un mejor aprovechamiento de este recurso que abunda a lo largo de la provincia de Loja. Para el efecto se plantearon y cumplieron los siguientes objetivos:

- Determinar algunos indicadores fermentativos y características organolépticas del ensilado de maíz según los diferentes niveles de inclusión de vaina de faique.
- Establecer la composición química, digestibilidad *in situ* y contenido de energía del ensilado de maíz de acuerdo a los niveles de adición de vaina de faique en cada tratamiento.
- Elaborar la ficha de costos de cada tratamiento.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ENSILADO

El ensilado es un método de conservación de forrajes que se basa en la eliminación de oxígeno de la masa de alimento para promover la fermentación anaeróbica de azúcares a ácido láctico por bacterias acidolácticas, que causa un incremento en la acidez inhibiendo la degradación de ensilaje por enzimas vegetales, especies indeseables de bacteria, levaduras y hongos (Wattiaux, 2000).

El ensilado es un proceso de conservación de forrajes en estado húmedo mediante acidificación, que impide la continuidad de la vida vegetal y la actividad microbiana indeseable. Esta acidificación, medible en forma de pH, se consigue mediante fermentaciones que tienen lugar en el forraje cortado y su finalidad como método de conservación es preservar los forrajes con un mínimo de pérdidas de materia seca y de nutrientes, manteniendo una buena apetecibilidad por el ganado y evitando la producción de sustancias tóxicas (Martínez *et al.*, 2014)

2.1.1. Procesos Fermentativos del Ensilaje

Adherida al forraje se encuentra la microflora responsable de las fermentaciones, algunos de estos microorganismos son beneficiosos, pues acidifican la masa del forraje y se desarrollan en anaerobiosis. Otros son perjudiciales, creciendo y multiplicándose en presencia de aire y poca acidez, causando un olor desagradable al ensilado y destruyendo parte de su proteína (Bolsen, 1999).

2.1.1.1. Fermentación acética

Muertas las células vegetales, se desarrollan bacterias coliformes pertenecientes a la familia *Enterobacteriaceae*, que producen ácido acético a partir del ácido láctico. Su actividad requiere una temperatura óptima de 18-25°C y desaparece al alcanzarse un pH de 4,2. Las bacterias coliformes solamente presentan actividad en la fase inicial del ensilado, siendo reemplazadas progresivamente por cocos lácticos (*Streptococcus*, *Pediococcus* y *Leuconostoc*).

2.1.1.2. Fermentación láctica

En condiciones ideales la fermentación láctica es la última etapa del proceso de elaboración del ensilado. Corre a cargo de bacterias lácticas que degradan los azúcares y otros carbohidratos solubles presentes en el forraje hasta ácido láctico. En este proceso, diversos cocos lácticos son sustituidos por *Lactobacillus*, a excepción de los *Pediococcus*, que son más tolerantes a las condiciones de acidez que los otros grupos. Las bacterias que llevan a cabo esta fermentación necesitan un pH comprendido entre 3 y 4 y condiciones de anaerobiosis. Finalmente su acción es inhibida por escasez de azúcares solubles y acumulación de ácido láctico, cuando esto ocurre, el forraje queda estabilizado y se ha convertido en ensilado (Martínez *et al.*, 2014).

2.1.1.3. Fermentaciones secundarias

Muck (1988) señala que son procesos bacterianos no deseables y que es preciso minimizar. El más peligroso es la fermentación butírica a cargo de bacterias del género *Clostridium* que se desarrollan entre 20-40° C, en competencia con las bacterias lácticas, pero necesitan un pH superior a 4. Mientras que algunas especies proteolíticas degradan el nitrógeno proteico del forraje hasta ácido butírico y amoníaco. Por otro lado, Schroeder (2004) menciona que cuando el pH en el silo alcanza valores superiores a 5, se acelera el desarrollo de microorganismos nocivos que realizan la putrefacción del forraje almacenado, estos gérmenes butíricos se encuentran en la tierra y en el estiércol. La producción de CO₂ y H₂ durante la fermentación butírica por parte de algunas especies de clostridios, representa pérdidas de materia seca digestible y energía.

2.1.2. Calidad del Ensilado

Un ensilaje de calidad se logrará cuando el contenido de ácido láctico predomine sobre el resto de los ácidos formados, debido a que la láctica es la fermentación ácida más eficiente y la que disminuye el pH del silo con mayor rapidez. Cuanto más rápido se complete la fermentación, mayor cantidad de nutrientes se logrará retener en el silo

(Romero y Ahorna 1998, citado por Villa *et al.*, 2010). Existen algunos factores que determinan la calidad del ensilado, entre ellos tenemos los siguientes:

2.1.2.1. Madurez y humedad del forraje

El contenido de MS del material ensilado es la principal limitante de la preservación satisfactoria del forraje, ya que niveles muy bajos dificultarán la compactación rápida de la masa ensilada, mientras que excesos de agua serán un obstáculo sobre el proceso de fermentación y acidificación del material, extendiendo el proceso fermentativo. El lento descenso del pH de una masa ensilada con exceso de humedad favorecerá la intervención de microorganismos poco deseables en la fermentación, como las bacterias formadoras de ácido butírico. Una apropiada madurez asegura el suministro de una adecuada cantidad de azúcares fermentables para las bacterias del silo y el máximo valor nutritivo para la óptima alimentación del ganado. (Bolsen, 1999, citado por Iglesias, 2011).

2.1.2.2. Tamaño de picado del forraje

El tamaño de las partículas del material cosechado es otro factor que afecta el ensilado, debido a que un picado más fino facilitará la disponibilidad de los carbohidratos fermentables celulares del forraje para el medio fermentativo microbiano. Adicionalmente, la compactación será también más efectiva cuando el forraje sea finamente picado, en comparación con trozados más gruesos o forrajes ensilados sin picar (Wattiaux, 2000).

Cabe considerar, que el tamaño del picado reduce su importancia cuando se trata de ensilajes con bajo contenido de MS. La longitud de picado más conveniente es de alrededor de 6 a 12 mm dependiendo del cultivo, de la estructura de almacenamiento y de la proporción de silo en la ración (Kaiser *et al.*, 2000).

2.1.2.3. Llenado, compactado y sellado

El cultivo debe ser cosechado y almacenado en el silo lo más rápido posible, es necesario conseguir una pronta eliminación de aire de la masa ensilada, para limitar el proceso de respiración inicial y evitar fermentaciones aeróbicas que derivan en pérdida de material por descomposición. Un llenado prolongado puede resultar en una excesiva respiración y por tanto, incrementar las pérdidas del ensilaje. Cuando el ensilaje se almacena en bolsas, los problemas de llenado, compactado y sellado, prácticamente no tienen relevancia (Romero y Ahorna 1998, citado por Villa *et al.*, 2010).

2.1.3. Etapas del Proceso de Ensilaje

2.1.3.1. Respiración

Cuando el forraje es cosechado, el oxígeno (O₂) está presente y el proceso dominante que afecta la calidad del forraje es la respiración de la planta, en donde se cree que la formación de ATP es limitada y la mayoría de energía se pierde en forma de calor el cual aumenta la temperatura del silo. Cuando la temperatura aumenta a más de 35°C es posible que se comiencen a presentar algunas reacciones en las cuales los azúcares y los aminoácidos son polimerizados formando compuestos que tienen muchas de las características de la lignina, insolubilizando la proteína involucrada en la reacción e incrementando aún más la temperatura interna del silo. A valores de 50°C o más el ensilaje comienza a presentar un oscurecimiento y caramelización de los azúcares solubles produciendo pérdidas en la calidad del producto final (Ferreira, 2013).

Existen diferentes organismos aeróbicos que predominan en la superficie del forraje, los cuales inmediatamente después de realizarse el ensilado, continúan su proceso respiratorio con el oxígeno remanente. Otro proceso importante que se produce en esta fase, es la reducción de las proteínas a aminoácidos y luego a aminas y amoniaco, esta reducción puede llegar a ser hasta del 50% del total de la proteína de la planta (Elferink *et al.*, 1999, citado por Villa *et al.*, 2010).

2.1.3.2. Acidificación

En las siguientes fases se producen fermentaciones anaeróbicas, las cuales dependiendo del sustrato, las condiciones del medio (pH, T° y humedad, entre otras) y las bacterias dominantes, generan diferentes productos finales. Luego de que todo el oxígeno es utilizado por las bacterias aeróbicas, comienza una fase de fermentación anaeróbica en donde ocurre el crecimiento de las bacterias que producen ácido acético y otros productos finales, esta fase dura entre 24 y 72 horas (Schroeder, 2004).

Existe una etapa más dentro del proceso de acidificación, en donde comienza el desarrollo de otro grupo de bacterias, las bacterias ácido lácticas (BAL), estas producen en su gran mayoría ácido láctico a partir de carbohidratos solubles como resultado final de la fermentación. Esta es la fase más deseable de la fermentación ácida y es la que da una mejor eficiencia en la preservación del producto final, debiendo equivaler (el ácido láctico) a un 60% del total de los ácidos orgánicos producidos. Esta fase es la más larga del proceso (hasta 21 días) y continúa hasta que el pH del forraje es lo suficientemente bajo para inhibir el crecimiento de cualquier tipo de bacteria presente dentro del silo incluyendo las mismas BAL. En este punto el ensilaje alcanza su estado de preservación máximo y ya no existe ningún tipo de proceso destructivo siempre y cuando se mantengan las condiciones anaeróbicas (Schroeder, 2004).

2.1.3.3. Deterioro aeróbico

Esta última fase comienza con la apertura del silo y la exposición del ensilaje al aire. Esto es inevitable cuando se requiere extraer y distribuir el ensilaje, pero puede ocurrir antes de iniciar la explotación por daño de la cobertura del silo.

El pH final del forraje ensilado depende fuertemente del tipo de forraje así como de las condiciones y tiempo de ensilado. El ensilaje de fuentes energéticas como el maíz, puede alcanzar un pH menor de 4, a medida que la humedad del ensilaje es mayor, las poblaciones de BAL se reducen y la de clostridios aumenta (Brock, 2000, citado por Villa *et al.*, 2010).

2.1.4. Tipos de Silos

Los silos son instalaciones, recipientes o construcciones que albergan los ensilados, los protegen contra la acción de los agentes climáticos (luz, agua, aire) y ayudan a conservarlos en buen estado durante largo periodo de tiempo. El manejo del forraje cosechado y del ensilado obtenido está condicionado por los distintos tipos de silos, por lo que es de interés hacer una breve descripción de los mismos (Cárdenas *et al.*, 2004).

2.1.4.1. Silos torre

Están prácticamente en desuso por la cantidad de mano de obra que precisan, tanto para el llenado como para la alimentación del ganado. Cumplieron su cometido en los años sesenta y principios de los setenta. El mayor interés de este tipo de silos se centra en la conservación de forrajes semi-secos (40-45% de materia seca), aumentando su rentabilidad mediante su utilización continua, ya que se pueden llenar en cualquier momento del año (Cañeque y Sancha, 1998, citado por Martínez *et al.*, 2014).

2.1.4.2. Silos trinchera

Construidos normalmente en hormigón armado, están formados por la base (plataforma) y dos paredes laterales. También pueden tener una tercera pared en su parte trasera, lo que dificulta la carga, al impedir que el tractor pueda atravesar longitudinalmente el silo, pero facilita la compactación. Habitualmente, las paredes son de hormigón armado con una altura de dos metros y de forma trapezoidal para facilitar el pisado del forraje. Se construyen de hormigón armado, con pendientes del 2% hacia el frente y hacia el centro de la misma, para facilitar el drenaje de efluente y su recogida. Suelen localizarse anexos a las estabulaciones, ya que están adaptados para el autoconsumo (Contreras *et al.*, 2009).

2.1.4.3. Silos zanja

Es una variante del silo trinchera y precisa una excavación en el terreno, aprovechando una pendiente natural, en dirección hacia la parte frontal abierta del silo, la tercera pared es imprescindible en este caso. El fondo, paredes laterales y pared posterior se suelen revestir con hormigón, ladrillo u otros materiales para evitar infiltraciones de agua y soportar el empuje de la tierra. Al suelo se le da una ligera inclinación longitudinal hacia afuera para facilitar la salida de líquidos.

La ventaja de este con respecto al silo trinchera, consiste en que, el pisado del forraje en la zona cercana a los muros que están inclinados, por donde podrían entrar fácilmente el aire y el agua, es más seguro. El revestimiento de los taludes, por otro lado, es menos costoso y más fácil. Los que están contruidos por excavación en terreno llano no resultan prácticos por la dificultad del apisonado del forraje y la posterior extracción del ensilado (Martínez *et al.*, 2014).

2.1.4.4. Silos superficiales

Este tipo de silos no tiene paredes por lo que las maniobras con la maquinaria son muy rápidas y sin dificultades. Haciendo una rampa con el forraje, puede llegarse hasta tres metros de altura perfectamente; por otra parte, la superficie de forraje en contacto con el material de construcción resulta inferior o incluso nula y las pérdidas son menores. Su inconveniente principal es que el pisado con el tractor de los bordes de la superficie de forraje resulta peligroso, al no haber muros de contención (Martínez *et al.*, 2014). El silo de superficie es el más barato de construir, y para realzar este tipo de ensilaje la materia debe ser apilada y comprimida en el suelo y cubierta por lámina de plástico, salvo en el suelo.

2.1.4.5. Silos en bolsas plásticas

Los silos en bolsas plásticas de calibre 6 a 8, normalmente sirven para conservar entre 30 y 50 kg de forraje. La compactación generalmente se realiza por pisoteo, durante el cual se debe tener bastante cuidado, pues las bolsas se dañan con facilidad. Al terminar el llenado de la bolsa, esta se debe cerrar herméticamente.

2.1.5. Indicadores Fermentativos del Ensilaje

Después del contenido de la energía metabolizable, la calidad fermentativa es la medida más importante de la calidad de ensilaje influenciando resultados fuertemente en la producción animal. Una pobre fermentación lo convierten en un producto no palatable aunque el contenido de la energía metabolizable y proteína cruda sean altos, logrando como resultado bajo consumo y producción en aquellos ensilajes con mala fermentación. Por lo tanto, para una evaluación adecuada de la calidad fermentativa es necesario un análisis completo de los productos de la fermentación (Kaiser *et al.*, 2004).

2.1.5.1. pH

Este indicador es uno de los mejores parámetros para definir la calidad fermentativa del ensilaje, porque cuando esta es buena disminuye hasta el momento que se detiene la actividad de las bacterias butíricas y el de las enzimas proteolíticas, dando lugar a una estabilización del producto fermentado. Según Betancourt (2005), el valor del pH está en función de la materia seca del ensilaje y de la proporción que exista entre las proteínas y los carbohidratos solubles, se considera que cuando un ensilaje alcanza valores inferiores a 4,2 se ha logrado su estabilidad fermentativa.

2.1.5.2. Nitrógeno amoniacal

Este indicador nos muestra la degradación de proteína a amoníaco durante el proceso y es considerado como un buen indicador de fermentación y de la estabilidad del ensilaje, para poder utilizarlo en los criterios de evaluación se necesita expresarlo como porcentaje del nitrógeno total presente en el ensilaje, lo que indica la proporción de las proteínas que se han desdoblado (Kaiser, 2004).

Los ensilajes bien preservados son aquellos menores o iguales al 5% de nitrógeno amoniacal en base a materia seca. En ensilajes mal preservados, el nitrógeno amoniacal podría llegar del 15% al 50% (Wilkinson, 1990).

2.1.5.3. Ácidos grasos volátiles

Según Ojeda *et al.* (1991), dentro de los ácidos orgánicos formados durante la fermentación, el más importante es el ácido láctico por ser el resultado del metabolismo de las bacterias más eficientes y adaptadas entre todas las presentes en los ensilajes, lo que permite conservar mejor el ensilaje.

- **Ácido acético:** Es un constituyente normal del ensilaje que procede de las fermentaciones producidas por las bacterias coliformes, butíricas y lácticas heterofermentativas. Los valores son aceptables de 2 a 3% en base a la MS, y afecta la palatabilidad del conservado (Contreras *et al.*, 2009).
- **Ácido butírico:** Este ácido puede ser producido bajo condiciones anaerobias debido a una variedad de factores, entre ellos los que se incluyen: alta contaminación con suelo, baja tasa de fermentación y la baja cantidad de materia seca (Wilkinson, 1990).
- **Ácido propiónico:** Su concentración es de menor interés que los dos anteriores al encontrarse, por lo general, en menor proporción en los ensilados, 0,1 a 2 g/kg de MS (Kaiser *et al.*, 2004).
- **Ácido láctico.-** Wilkinson (1990) considera que el ácido láctico no se lo debe tomar como verdadero criterio para determinar la calidad de conservación pero si su importancia en tomarlo como indicador de la intensidad de las fermentaciones y de azúcares solubles.

2.1.6. Características Organolépticas del Ensilaje

Tradicionalmente los forrajes han sido evaluados de acuerdo a parámetros tales como: color, madurez, olor, textura, palatabilidad. Aunque estos parámetros son importantes para determinar la calidad del forraje, existen limitaciones en la evaluación, ya que sigue siendo altamente subjetivo y difícil de estandarizar (Schroeder, 2004). A continuación se detalla una clasificación de los ensilajes según sus cualidades organolépticas.

Tabla 1. Características organolépticas de los ensilajes (Betancourt, 2005).

| Parámetro | Excelente calidad | Buena Calidad | Regular | Mala |
|------------------|--|--|---|--|
| Color | Verde aceituna | Verde amarillento, los tallos pálidos. | Verde oscuro. Tallos y hojas con igual tonalidad. | Casi negro y negro |
| Olor | Agradable, de fruta madura. | Agradable, ligero olor a vinagre. | Ácido, con fuerte olor a vinagre. Deja en las manos un permanente olor a manteca rancia característico de ácido butírico. | Desagradable, con olor putrefacto a humedad. Deja un olor a manteca rancia en las manos. |
| Textura | El forraje conserva todos sus contornos definidos, se aprecian sus vellosidades, las hojas permanecen unidas a los tallos. | El forraje conserva todos sus contornos definidos, se aprecian sus vellosidades, las hojas permanecen unidas a los tallos. | Las hojas se separan fácilmente de los tallos; los bordes del forraje aparecen mal definidos; las hojas tienden a ser transparentes | No se aprecia diferencia entre hojas y tallos, los cuales forman una masa amorfa, jabonosa al tacto. |
| Humedad | No humedece las manos al ser comprimido dentro del puño, con una presión normal se mantiene suelto. | No humedece las manos al ser comprimido dentro del puño, con una presión normal se mantiene suelto. | Al ser comprimido en el puño gotean efluentes, con tendencia a ser compactado y formar una masa. | Destila líquido efluente, se compacta con facilidad y llega a tomar la forma deseada. |

2.1.7. Calidad Nutricional del Ensilaje

Es posible considerar a la composición química del ensilaje como indicadores bromatológicos del producto, obteniéndose valores de aquellos indicadores para luego determinar la calidad que posee aquel producto ensilado. Puesto así, entre los parámetros más comunes en la parte bromatológica, son los siguientes:

2.1.7.1. Materia seca (MS)

El contenido de MS del material antes de ensilar influye en la estabilidad del material de manera directa durante el periodo de confección y almacenamiento, por tanto su contenido va depender de la especie a ensilar, del estado fenológico en que sea cosechado el material a ensilar, estación y de las técnicas tomadas para la confección del ensilaje (Ojeda, 1986 y Muck, 1988, citados por Fulgueira *et al.*, 2007). La literatura en general estima que el óptimo porcentaje de MS estaría entre 30 y 35%, valores que deben obtenerse mediante el premarchitamiento y no a expensas de la maduración o envejecimiento de las plantas (Reyes, 2009).

2.1.7.2. Proteína Cruda (PC)

El contenido del ensilaje se relaciona principalmente con el contenido de PC del forraje inicial; en donde tal fracción va a ser menor en ensilajes debido a las pérdidas de nutrientes, principalmente por la producción de efluentes. El objetivo de mostrar esta fracción es mostrar si existe la suficiente proteína disponible para el rumen de microorganismos (Fulgueira *et al.*, 2007).

2.1.7.3. Carbohidratos Solubles (CHOS)

Dentro de los nutrientes afectados durante el proceso del ensilado, los CHOS son los primeros en sufrir alteraciones por razones sencillas de ser tomados como sustratos durante la fase de fermentación (Chaverra y Bernal, 2000, citado por Cárdenas *et al.*, 2004). Las gramíneas se caracterizan por presentar mayor contenido de CHOS que las leguminosas. Las gramíneas y leguminosas de clima templado acumulan más carbohidratos solubles que las gramíneas tropicales.

El nivel apropiado de CHOS en agua para obtener por fermentación un ensilado estable con bajo pH y ácido láctico dominante, bien conservado es del 3% del peso en forraje fresco como mínimo; sin embargo, lo ideal es buscar cultivos con altos contenidos de azúcares, considerándose gramíneas con concentración normal de CHOS puede oscilar entre 6 – 14%. Si el nivel de esos CHOS es inferior al 2%, hay posibilidad de la presencia de una fermentación secundaria lo cual conlleva a una baja calidad del producto (Cárdenas *et al.*, 2004).

2.1.7.4 Fibra

La FDN es la fracción del forraje que corresponde a las paredes celulares y, está asociada, negativamente con la ingestión de materia seca. El porcentaje de FDN se incrementa con el estado de madurez de los forrajes. El residuo que se recoge teóricamente es la cantidad de celulosa, hemicelulosa y lignina que contienen las paredes celulares del forraje. La FDA, como su nombre indica, nos determina el contenido de celulosa y lignina no solubles de la muestra analizada. (Colombatto, 2011). En teoría, nos aporta información sobre la parte de hemicelulosa y celulosa no lignificadas y por tanto, que pueden ser degradadas por los microorganismos; de manera general, entre mayor contenido celular y menor porcentaje de fibra detergente neutro, la muestra tiene mayor digestibilidad.

2.2. MATERIAS PRIMAS PARA ENSILAR

2.2.1. Maíz (*Zea mays*)

Este cultivo se considera como el rey de los cultivos ensilables y ha ganado este nombre porque es el que contiene la cantidad necesaria de materia seca, además posee un elevado contenido de azúcares fermentables, favoreciendo una excelente fermentación. Tiene un ciclo de vida muy conocido, lo cual permite estimar adecuadamente el tiempo de corte (Shaver, 2004).

El ensilaje de maíz es uno de los métodos de conservación más importantes y versátiles en el mundo, es una mezcla única de grano y fibra digestible que constituye una de las principales fuentes energéticas para la alimentación de rumiantes (Ruiz *et*

al., 2009). El maíz es importante como forraje para ensilar por su productividad, riqueza en energía, facilidad de recolección y conservación, aunque es pobre en materias primas nitrogenadas y en algunos minerales (Martínez *et al.*, 2014).

El valor nutritivo del ensilado de maíz puede ser mejorado con inoculantes bacterianos los cuales contienen bacterias productoras de ácido láctico que se agregan a la población bacteriana natural para ayudar a garantizar una fermentación eficiente en el silo (Muck y Kung, 1997, citado por Ruiz *et al.*, 2009).

2.2.1.1. Descripción botánica

Zea mays es de hábito erecto y de rápido crecimiento, comúnmente de 2 a 3 m de alto, usualmente con un tallo único, de hojas alternadas con base ancha, venación paralela con nervadura central prominente y lígulas pequeñas. Su haz es veloso, y su tallo principal produce mínimo 8 hojas. Posee flores monoicas en partes separadas de la planta, las femeninas son axilares y las masculinas nacen en el ápice de la planta (Corpoica STDF, 2013).

2.2.1.2. Características nutricionales

La aptitud al ensilaje del maíz es buena debido a que no le faltan carbohidratos para ser transformados en ácido láctico, presenta un bajo poder tampón que permite que el pH baje rápidamente y porque al ensilar el contenido en materia seca es elevado. Desde el punto de vista nutritivo el ensilado de maíz es un alimento de un elevado valor energético, bajo valor proteico y bajo contenido en minerales. El contenido en almidón es elevado, no siendo un forraje que aporte un alto contenido en carbohidratos estructurales (FEDNA, 2004).

Tabla 2. Valores nutricionales del ensilaje de maíz (I) (FEDNA, 2004).

| M. seca | pH | Cenizas | PB | NH4 | EE |
|----------------|-----------|----------------|-----------|------------|-----------|
| <20 | 3.80 | 6.40 | 9.37 | 0.89 | 4.54 |
| 20-25 | 3.73 | 6.26 | 9.20 | 0.25 | 4.35 |
| 25-30 | 3.76 | 5.43 | 8.28 | 0.21 | 4.40 |
| 30-35 | 3.80 | 4.94 | 7.62 | 0.23 | 4.20 |
| >35 | 3.89 | 4.80 | 7.58 | 0.23 | 3.76 |

Tabla 3. Valores nutricionales del ensilaje de maíz (II) (FEDNA, 2004).

| M. seca | FB | FDN | FDA | LAD | Almidón |
|----------------|-----------|------------|------------|------------|----------------|
| <20 | 28.21 | 55.22 | 32.58 | 4.12 | 10.50 |
| 20-25 | 27.13 | 52.38 | 30.29 | 3.74 | 12.63 |
| 25-30 | 23.17 | 47.63 | 26.17 | 3.28 | 24.22 |
| 30-35 | 20.98 | 44.53 | 23.94 | 3.22 | 28.23 |
| >35 | 19.71 | 41.38 | 22.66 | 3.21 | 33.30 |

2.2.1.3. Factores para obtener un buen ensilaje de maíz

- **Selección de híbridos:** En este punto se selecciona el híbrido tomando en cuenta los diferentes factores tanto ambientales, tecnológicos y la presencia de plagas que se tengan en el lugar a establecer la siembra, con la finalidad de maximizar la producción y obtener lo que en realidad se necesita para satisfacer la demanda de nutrientes, esto se debe acompañar por un adecuado manejo de siembra para tener un maíz de excelente calidad nutritiva (Satter, 2000).
- **Estado de madurez de la planta:** A mayor madurez del forraje, habrá mayor rendimiento por hectárea, incrementándose el contenido de fibra y disminuyendo la digestibilidad (Ruiz *et al.*, 2009), por lo cual es de suma importancia conocer el

punto de madurez adecuada en la que se puede tener el máximo aprovechamiento del maíz a ensilar. Este nos determina la presencia adecuada de almidones que proveerán la energía y se determina el punto ideal de corte cuando el grano de maíz está lechoso (tierno).

- **Contenido de materia seca:** Según Pitt (1990), uno de los factores más importantes que influyen la calidad del ensilaje del maíz es su contenido de humedad en la época de la cosecha; el ensilaje del maíz se debe cosechar cuando el contenido de humedad sea el apropiado para el tipo de silo a utilizar (65 - 70%). Cortar el material a ensilar con el contenido de materia seca ideal evita la pérdida por efluentes.
- **Altura de corte:** Es una decisión importante al momento de la confección del silo, ya que dependiendo de la altura, va a ser el rendimiento que se tenga por metro cuadrado. Se debe tener en cuenta que al aumentar la altura, se logra dejar la fracción más indigestible de la planta y mejora la proporción de espiga, mejorando la calidad del ensilado (Satter, 2000).
- **Tamaño de partícula:** El tamaño de la partícula es de suma importancia, un tamaño uniforme permite una buena compactación y fermentación, además de que ayuda a un mejor funcionamiento del rumen, lo recomendado está entre 1 y 3 cm. Para cuidar este punto se debe supervisar durante la cosecha el contenido de materia seca, ya que entre más seco esté el material, más difícil será de picar (Iglesias, 2011).
- **Compactación:** Un buen compactado del material nos garantiza la extracción correcta de aire, evitando así que se formen colonias de bacterias, hongos y otros patógenos indeseables, además evitamos la pérdida por respiración (Wattiaux, 2000).

- **Aditivos:** Estos han sido utilizados durante todo el siglo veinte para mejorar la conservación del ensilado con la idea de asegurar que las bacterias de ácido láctico dominen a la fase de alimentación. Sin embargo, los aditivos para ensilaje no tuvieron un papel tan significativo sino hasta las últimas dos o tres décadas. Woolford (2006), divide a los aditivos en tres categorías: estimulantes de fermentación (inoculantes bacterianos, enzimas), inhibidores de la fermentación (ácidos propiónico, fórmico y sulfúrico) y substrato o fuente de nutrimentos (melaza o úrea).
- **Sellado:** Es la culminación del proceso y se debe tener el mejor de los cuidados para evitar al máximo pérdidas por formación de costras externas. Debido a que mucha de la superficie está expuesta al aire, existe un gran potencial para la pérdida excesiva de materia seca y nutrimentos (Pitt, 1990).

2.2.2. Faique (*Acacia macracantha*)

Existen más de 1200 especies de acacias distribuidas naturalmente en todos los continentes con excepción de Europa. Según Cueva y Chalán (2010), en el Ecuador el faique es una especie que se encuentra a gran escala en los bosques estacionalmente secos, ubicados en el centro y sur de la región occidental de los Andes, en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, Guayas, El Oro y Loja. Además señala que, cerca del 35% (28000 km²) del Ecuador occidental estaba cubierto por bosque seco, y estiman que el 50% ya habría desaparecido.

En la provincia de Loja se encuentra la mayor superficie de este ecosistema, entre 0 a 1100 msnm, que incluyen las tierras bajas, estribaciones occidentales bajas de la Cordillera de los Andes y los valles secos interandinos del sur. El 31% (3 400 Km²) de la provincia de Loja (11000 km²) es bosque seco, ubicados sobre terrenos colinados y abruptos (Sierra *et al.*, 1999). En las regiones ganaderas ubicadas en zonas de bosque seco tropical de la provincia de Loja, varias especies de leguminosas arbóreas resultan

importantes para la alimentación de los animales, entre ellas el faique (*Acacia macracantha*).

2.2.2.1. Descripción botánica

El faique es un árbol de entre 6-12 m de altura y 20 cm de diámetro a la altura del pecho; de fuste delgado, muy ramificado, tortuoso y ocasionalmente recto. Su copa es horizontal, aparasolada y con las ramas espinosas. Posee una corteza marrón con manchas blancas irregulares. Tiene hojas compuestas, alternas, bipinnadas hasta 15 cm de longitud. Sus flores son de color amarillo dorado, fragantes, y en forma de globos se insertan de uno a cinco en la base de las hojas. Su fruto es una legumbre aplanada un tanto curva, mide de 5 a 6 cm de longitud por 1 cm de ancho, de color café-rojizo (cuando está madura), posee semillas de color café oscuro. Por la abundante producción de semilla de este árbol, en áreas alteradas crece densamente formando rodales (Granda y Guamán 2006, citado por Aguirre, 2012).



Figura 1: *Acacia macracantha* (Flickr, 2016).

2.2.2.2. Distribución ecológica

Acacia macracantha es una especie de árbol perteneciente a la familia de las Fabáceas, originaria de América, se encuentra desde México hasta el noroeste de Argentina (Wikipedia, 2016). Es una especie de amplia distribución dentro del territorio ecuatoriano, que crece en bosque, matorrales, cultivos, potreros, y se desarrolla entre 0 - 2000 m.s.n.m., en las provincias de Loja, Azuay, Chimborazo, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura, Esmeraldas, Galápagos, El Oro, Guayas y Manabí. Habita el bosque seco pluvio-estacional y el bosque seco andino (Jorgensen, 1999, citado por Aguirre, 2012).

Según una investigación de la revista Naturaleza y Cultura Internacional acerca de la cobertura vegetal de la provincia de Loja, existen 2 tipos de boques en donde la presencia del faique es abundante:

- **El Bosque Seco Ralo:** cuenta con fragmentos de bosque natural, localizado en las riveras de las quebradas y ríos, con predominio de especies caducifolias y corresponde a los bosques de Lucarqui y El Empalme, en Paltas y Celica, sumando 44.007 ha de este tipo de bosque.
- **El Matorral Seco Alto:** con una vegetación de arbustos caducifolios no superiores a los 6m de alto, con especies como faique (*Acacia macracantha*), ceibo blanco (*Chorisia insignis*), arabisco (*Jacaranda mimosifolia*) y porotillo (*Erythrina smithiana*). Se ubica en Vilcabamba y Malacatos, en el cantón Loja; en Playas y Yamana, en el cantón Paltas, las zonas altas del valle de Catamayo y las zonas bajas de Calvas y Sozoranga hacia el río Macará (Cueva y Chalán, 2010).

2.2.2.3. Importancia y usos

Las especies arbóreas y arbustivas son componentes importantes de los ecosistemas, ya que representan un recurso alimenticio valioso para la ganadería y fauna silvestre, dentro de estos componentes se encuentra el faique, que constituye una de las principales plantas nativas que brindan sus recursos para la alimentación animal. La

madera es utilizada para fabricar carbón, leña y postes, además son apreciadas por los insectos para coleccionar néctar y polen. Las hojas, flores y frutos sirven de alimento para el ganado caprino y vacuno (Aguirre, 2012).

2.2.2.4. Características químicas y nutricionales

Navas y Restrepo (2003) reportan que la incorporación de frutos de arbóreas en los suplementos para bovinos contribuye a mejorar la producción animal en el trópico a través de aumentar la oferta, consumo y balance de nutrientes ofrecidos, dado que estos se asocian a resolver las principales restricciones de orden nutricional durante el verano en cuanto a disponibilidad de forraje.

Tabla 4. Composición proximal, fibrosa y de compuestos polifenólicos en Acacias tropicales (Nouel, 2008).

| Muestra | M.S. | P.C. | FDN | FDA | Cz. | P.T. | T.T. |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| A. macracantha, hojas | 88,9 | 34,3 | 71,9 | 56,2 | 6,62 | 13,2 | 13,2 |
| A. macracantha, vainas | 92,9 | 13,4 | 46,1 | 29,9 | 4,25 | 9,8 | 9,7 |

M.S. = Materia Seca, P.C. = Proteína Cruda, F.D.N.= Fibra Detergente Neutro, F.D.A.= Fibra Detergente Acido, Cz. = Cenizas, P.T. = Proteína Total, T.T. = Taninos Totales

En una investigación realizada por Ceconello *et al.* (2003), se indica que los frutos completos de estas leguminosas poseen también cantidades importantes de minerales, pues *A. macracantha* reportó valores altos para las fracciones de ceniza con un 6,85%, conteniendo 0,32% de Fósforo, 34% de Calcio, 1% de Magnesio, 4,5 ppm de Cobre. Determinando así que los minerales presentes en esta especie permitirían cubrir ampliamente los requerimientos de estos minerales para ganado vacuno, según lo establecido por McDowell (1997).

2.3. VALORACIÓN DE LOS ALIMENTOS

El análisis de alimentos es la disciplina que se ocupa del desarrollo, uso y estudio de los procedimientos analíticos para evaluar las características de alimentos y de sus componentes (UNAM, 2007). Los análisis químicos pueden darnos información sobre los componentes químicos del forraje que influyen la digestión del mismo, esto nos permitirá entender mejor los procesos bioquímicos que impactarán sobre la performance animal. Según Colombatto (2011) los análisis químicos no proveen un estimador directo de valor nutritivo, pero mediante asociaciones estadísticas se pueden obtener estimadores de consumo y digestibilidad para obtener una caracterización más acabada de su valor nutritivo.

El término Bromatología proviene del griego brom-atos: alimento, y logía: estudio. Es una disciplina científica que estudia íntegramente los alimentos, que pretende hacer el análisis químico, físico e higiénico de los mismos, además de hacer el cálculo de las dietas en las diferentes especies y ayudar a la conservación y el tratamiento de los alimentos (Salvador, 2013).

2.3.1. Toma de muestras

La toma de muestra tiene como objetivo principal proveer de material para determinar algún aspecto de interés de una población o universo. Para la realización de la mayoría de los análisis de laboratorio se utilizan entre uno a dos gramos de muestra, si comparamos esta cantidad de material con el total del material de donde proviene, en muchos casos parece insignificante, por lo que se deduce la importancia de poder contar para los análisis de laboratorio con una muestra que sea representativa. Por lo tanto podemos indicar que la toma de muestra es un paso importante, pues del mismo dependerá nuestra inferencia sobre el resto de material que será utilizado para la formulación de los ensilajes. Se considera que la toma de muestra es una de las mayores fuentes de variación durante los procesos de análisis, por lo que se debe tener un gran cuidado en esta etapa. Si la muestra no representa fielmente el material a utilizar podemos sub o sobreestimar la oferta de nutrimentos en la ración (UNAM, 2007).

Para la toma de muestras en ensilajes se procede a abrir el silo, se deben tomar muestras de las áreas expuestas y que estén libres de daños visibles (color oscuro, hongos o mohos). Se pueden tomar muestras del material cuando este es transportado hacia los comederos, además se debe evitar tomar muestras muy cerca de los bordes superior, inferior o los lados de la estructura. Para silos en bolsa, se pueden tomar muestras de cada bolsa según se estén utilizando. En el caso de ensilaje se recomienda tomar muestras del silo por varios días consecutivos, las cuales se congelan hasta que se mezclen todas y se vayan a enviar al laboratorio las submuestras. Al igual que con los otros materiales utilizados en la alimentación animal se deberán tomar tantas muestras como se considere necesario de acuerdo con el tamaño del silo y las características del material ensilado (De Gracia, 2011).

2.3.2. Análisis Proximal

Llamado también análisis inmediato o de Weende es una combinación de procedimientos analíticos creados hace más de un siglo. Es el método más conocido y, si bien posee una utilidad relativa, en algunos aspectos no ha podido ser mejorado. El método fue ideado por Henneberg y Stohmann en 1867, en la estación experimental de Weende en Alemania, y consiste en separar, a partir de la MS de la muestra, una serie de fracciones que presentan unas ciertas características comunes de solubilidad o insolubilidad en diferentes reactivos, y aunque presenta algunas fallas, todavía se le utiliza ampliamente.

En algunos casos su utilización ha persistido y ha sido estimulada gracias a leyes que exigen que se enumeren las cantidades máximas y mínimas de los componentes de las mezclas de alimentos comerciales. Las diferentes fracciones que resultan del análisis inmediato incluyen: agua, proteína cruda, extracto etéreo, ceniza, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno (Salvador, 2013). El mismo autor señala que existen ventajas y desventajas acerca del uso de esta técnica en la descripción nutricional de los alimentos.

Ventajas:

- Simplicidad de equipo.
- Provee adecuada evaluación general del alimento.
- Sirve de base al sistema NDT (nutrientes digestibles totales).
- La mayoría de los alimentos han sido ya evaluados.

Desventajas:

- No define nutrientes individuales
- Laboriosidad de procedimiento.
- No indica cuanto material indigestible contiene el alimento.
- No indica los componentes de la fibra.

2.3.2.1. Materia Seca

Es muy probable que la determinación de la materia seca sea el procedimiento más común que se realiza en los laboratorios de nutrición. Ya que los forrajes naturales tienen un contenido de agua muy variable, y si se van a comparar datos analíticos de diferentes forrajes, se debe conocer la cantidad de agua de estos. La cantidad de materia seca (MS) que contiene un pienso o forraje destinado a la alimentación animal es un criterio esencial de apreciación tanto de su valor nutritivo como de su aptitud para la conservación (Salvador, 2013).

En el caso de los forrajes ensilados, se debería efectuar una corrección por los componentes volátiles producidos durante el ensilaje, en estos casos se utiliza la destilación con tolueno, método que sin embargo no es muy recomendable debido a su peligrosidad. Una alternativa la constituyen los métodos para corregir la materia seca obtenida en horno a partir de analizar la muestra para productos de fermentación, especialmente ácidos grasos volátiles (Colombatto, 2011).

Fundamento: La humedad es la pérdida de peso experimentada por un alimento o pienso cuando se le somete a desecación en estufa de aire a una temperatura de 100-105°C, hasta un peso constante o durante 24 horas. La MS resulta de sustraer al total el contenido en humedad.

2.3.2.2. Cenizas

Las cenizas de un alimento son un término analítico equivalente al residuo inorgánico que queda después de calcinar la materia orgánica. Las cenizas no son las mismas sustancias inorgánicas presentes en el alimento original, debido a las pérdidas por volatilización o a las interacciones químicas entre los constituyentes de la misma (UNAM, 2007).

Fundamento: La determinación de cenizas es un método sencillo mediante el cual toda la materia orgánica se calcina y oxida en ausencia de flama a una temperatura que fluctúa entre los 550 y los 600°C.

2.3.2.3. Fibra

Los sistemas tradicionales para determinar el contenido de fibra en alimentos animales han sido el análisis proximal (método Weende) y el método de los detergentes de Van Soest (Colombatto, 2011). Éste último tiene ventajas sobre el primero, pues separa a los carbohidratos de acuerdo a su disponibilidad nutricional y hasta puede servir como un predictor de digestibilidad.

- **Fibra en Detergente Ácido (FDA)**

Es el residuo remanente de la solubilización del alimento en detergente ácido, este detergente provoca la solubilización de los mismos componentes que el detergente neutro más la hemicelulosa. A pesar de las asociaciones estadísticas positivas encontradas entre concentración de FDA y digestibilidad, no existe una base científica sólida que conecte estos dos parámetros (Van Soest *et al.*, 1991). De todas las fracciones fibrosas, la FDN es la que mejor se correlaciona con el consumo voluntario, siendo por esto la fracción más importante a considerar.

Fundamento: Este método permite tener una aproximación del grado de digestibilidad de las fibras en el alimento. La muestra es digerida por medio de cetil-trimetil-amonio en ácido sulfúrico y el residuo es considerado como la fibra no digerible.

- **Fibra en Detergente Neutro (FDN)**

Es el residuo remanente después de una solubilización del alimento en detergente neutro y está compuesta por hemicelulosa, celulosa, lignina, cenizas y proteína ligada, y por esto ha sido comparada con el término “pared celular”. Sin embargo esta relación no es tal, ya que la pared celular es una estructura biológica muy compleja, mientras que la FDN es un producto analítico con características nutricionales (Jung y Allen, 1995, citado por Colombatto, 2011).

Fundamento: La pared celular de las células vegetales puede ser rota usando detergentes como el sulfato lauril sódico.

2.3.2.4. Proteína cruda

La Proteína Bruta o Materias Nitrogenadas Totales (MNT) se determinan mediante el método Kjeldahl que data de 1883. Como consecuencia de su estructura a base de aminoácidos individuales, el contenido de nitrógeno de las proteínas varía sólo entre unos límites muy estrechos (15 a 18% y como promedio 16%). Para la determinación analítica del contenido en proteína total o “proteína bruta”, se determina por lo general el contenido de nitrógeno tras eliminar la materia orgánica con ácido sulfúrico, calculándose finalmente el contenido de proteína con ayuda de un factor, por lo general 6,25 (Vivanco, 2016).

El procedimiento que se utiliza para determinar la cantidad de proteína cruda se conoce como el método de Kjeldahl. El material que se va analizar primero se digiere en H₂SO₄ concentrado, ácido que convierte el nitrógeno en (NH₄)₂SO₄, luego se enfría esa mezcla, se diluye con agua y se neutraliza con NaOH, que transforma el N en una forma de amoníaco ionizado. Después se destila la muestra y el destilado que contiene el amoníaco se titula con ácido, este análisis es preciso y repetible pero tarda mucho y requiere utilizar reactivos químicos peligrosos (Salvador, 2013).

Fundamento: Durante el proceso de descomposición ocurre la deshidratación y carbonización de la materia orgánica combinada con la oxidación de carbono a dióxido de carbono. El nitrógeno orgánico es transformado a amoniaco que se retiene en la disolución como sulfato de amonio. La recuperación del nitrógeno y velocidad del proceso pueden ser incrementados adicionando sales que abaten la temperatura de descomposición (sulfato de potasio) o por la adición de oxidantes y por la adición de un catalizador (UNAM, 2007).

2.3.2.5. Lípidos crudos

Este procedimiento requiere que las muestras molidas se sometan a extracción con éter dietílico por un periodo de 4 h o más, las sustancias solubles en éter incluyen una gran variedad de compuestos orgánicos, de los cuales solamente algunos tienen valor nutritivo. Los que tienen importancia cuantitativa incluyen las grasas verdaderas y los esterios de los ácidos grasos, algunos lípidos compuestos y las vitaminas o pro vitaminas liposolubles como los carotenoides. La principal razón para obtener el extracto etéreo es tratar de aislar una fracción de forrajes que tenga un elevado valor calórico (Salvador, 2013). La determinación mediante el equipo Soxhlet es el método oficial para la determinación de grasas en muestras sólidas de alimento.

2.3.2.6. Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)

En este concepto se agrupan todos los nutrientes no evaluados con los métodos señalados anteriormente dentro del análisis proximal, constituido principalmente por carbohidratos digeribles, así como también vitaminas y demás compuestos orgánicos solubles no nitrogenados; debido a que se obtiene como la resultante de restar a 100 los porcentajes calculados para cada nutriente, los errores cometidos en su respectiva evaluación repercutirán en el cómputo final. Dado que los análisis normalmente se hacen con muestras preparadas para tal fin, es necesario realizar ciertas correcciones en los resultados para que reflejen el contenido real de nutrientes en el material en las condiciones en que se usará.

2.3.3. Digestibilidad

La digestibilidad permite estimar la proporción de nutrientes presentes en el alimento que tienen potencial de ser absorbidos por el tracto digestivo. El conocimiento de la digestibilidad y degradabilidad de los alimentos es fundamental para establecer su valor nutritivo. La digestibilidad aparente, expresa la proporción en que se encuentran los nutrientes digestibles y su utilización con respecto al total del alimento ingerido por el animal, una digestibilidad del 65% es indicativa de un buen valor nutritivo y permite un consumo adecuado de energía en la mayoría de los animales (Tobal, 2005).

Las técnicas de digestibilidad pueden clasificarse en: digestibilidad *in vivo*, digestibilidad *in situ* y digestibilidad *in vitro*, y permiten estimar la cantidad de nutrientes presentes en una ración y que son absorbidos en el tracto digestivo de un animal (Bondi, 1989).

2.3.3.1. Digestibilidad *in vivo*

La digestibilidad *in vivo* consiste en medir la cantidad de alimento que consume un animal y las excretas que se liberan durante un tiempo determinado; este método no estima el gas metano producido durante la fermentación ruminal que se pierde mediante el eructo, y por otro lado, las heces no sólo están compuestas de restos de alimento no digeridos, sino que también la constituyen enzimas, sustancias segregadas por el intestino y células de la mucosa intestinal; por este motivo, la digestibilidad calculada resulta inferior a la digestibilidad que realmente tendrá el alimento que se evalúa (Di Marco, 2011).

Tobal (2005) señala que en los estudios de digestibilidad *in vivo*, los animales se confinan en un establo para facilitar la recolección de heces y orina; este método es laborioso y requiere de disponibilidad de jaulas de colección, de personal adiestrado en su manejo, el costo de mantenimiento de los animales es elevado, implica la medición diaria de consumo, la colección de heces una o dos veces al día y evitar su contaminación con la orina. Además Cañas (1995), sugirió que debe existir un período preliminar llamado de adaptación, en el cual se alimenta el animal con la dieta experimental permitiendo que se elimine del tracto digestivo cualquier resto de

alimentos procedentes de otra dieta; durante el periodo experimental se debe suministrar un alimento uniforme y cuidadosamente pesado.

2.3.3.2. Digestibilidad *in situ*

Se realiza utilizando bolsas de nylon para medir la digestión de los alimentos a nivel ruminal, este método ha ganado gran aceptación cuando se requiere medir la digestibilidad aparente de la materia seca, fibra, y nitrógeno, debido a la rapidez con que se puede obtener resultados y porque no demanda de equipos y materiales que requieren las otras técnicas (Bondi, 1989). La utilidad y confiabilidad de esta técnica depende de factores tales como la cantidad de la muestra, tamaño de la bolsa y de la partícula de la muestra.

Getachew *et al.* (1998), indican que esta técnica permite medir la desaparición de la materia seca y orgánica y de sus componentes como proteína o pared celular, cuando son expuestos a las condiciones ruminales. Los mismo autores señalan que los modelos más utilizados para la evaluación de la digestibilidad *in situ* son: Orskov y McDonald, (1979) y Strizler *et al.* (1997); ya que analizaron varios modelos matemáticos y concluyeron que todos ellos estiman con similar precisión la degradabilidad ruminal del alimento.

Los tiempos de incubación y las repeticiones de cada tratamiento constituyen factores determinantes en este tipo de estudios; los concentrados requieren de 12 a 36 horas para degradarse; los forrajes de alta calidad requieren de 24 a 48 horas y los forrajes de menor calidad de 48 a 72 horas; sin embargo, pueden considerarse tiempos máximos de estudio, que pueden ser: 48 horas para concentrados, 60 horas para forrajes de alta calidad y 120 horas para los forrajes de baja calidad (Orskov y McDonald, 1979).

En la técnica de digestibilidad *in situ* se debe considerar los siguientes aspectos:

- **Material y tamaño de la bolsa:** Los materiales más utilizados para la elaboración de las bolsas: seda fina, dacron y nylon. El tamaño de la bolsa debe estar en relación con el tamaño de la muestra para asegurar que el flujo ruminal

pueda entrar fácilmente en la bolsa y mezclarse con el alimento. Por lo general se utilizan bolsas de 15 x 9 cm en bovinos (Vivanco, 2016).

- **Área superficial de la bolsa:** Varios investigadores han examinado la importancia de la relación entre la cantidad de muestra en la bolsa y el tamaño de la misma, a medida que aumenta la cantidad de la muestra en la superficie de la bolsa disminuye la digestibilidad. Así mismo, la cantidad de muestra que recomienda para trabajar con forrajes es de alrededor de 8 g, lo que permite tener suficiente material residual en las bolsas, después de la incubación, para efectuar el análisis de laboratorio (Bondi, 1989).
- **Porosidad de la bolsa:** La porosidad apropiada es un aspecto importante, ya que debe permitir la entrada de líquido y microbios ruminales para que realicen la degradación y evitar la salida de partículas del alimento sin degradar, esto último se considera como una fracción de pérdidas solubles y mecánicas. Lo recomendable es una porosidad de 40-60 μm o equivalente a 0,04-0,06 mm (Cuenca, 2011, citado por Vivanco, 2016).
- **Tamaño de la partícula:** El tamaño óptimo de la muestra es aquel que al final del periodo máximo de incubación proporciona suficiente residuo para los análisis químicos sin sobrellenar la bolsa, así como para retardar el ataque microbiano por incremento del tiempo de retardo y subestimación de la tasa de degradación. A medida que disminuye el tamaño de partícula, la desaparición tanto de la materia seca como del nitrógeno aumenta, y ésta es mayor cuando se pulveriza el material (Ramírez, 2003)
- **Periodos de incubación:** El tiempo necesario para la degradación completa variará según el tipo de alimento por incubar, pero como guía general, los periodos de incubación que se requieren son: concentrados de 12 a 36 horas; forrajes de alta calidad de 24 a 48 horas, y forrajes de baja calidad de 48 a 72 horas (Orskov y McDonald, 1979).

2.3.3.3. Digestibilidad *in vitro*

Consiste en una fermentación inicial de la muestra con microorganismos ruminales junto a una solución buffer y en condiciones anaeróbicas durante 48 h, se divide en dos etapas: la etapa uno, simula la digestión ruminal, y la etapa dos, simula la digestión postruminal. Una de las alternativas de la técnica *in vitro* consiste en la utilización de enzimas en lugar de microorganismos, cuya principal ventaja es que no requiere de animales donadores de inóculo (Tilley y Terry, 1963).

El método de Tilley y Terry es considerado como referente para estimar la digestibilidad *in vitro* de alimentos en rumiantes, el cual ha sido modificado y adaptado según el tipo de alimento, al igual que se han desarrollado y probado diferentes tampones de dilución para ajustar el pH del inóculo. Pese a su exactitud, éste método requiere mucho tiempo y trabajo, cada alimento debe incubarse por separado, limitando el número de muestras por corrida. Esta técnica es utilizada en rumiantes, simulándose al nivel de laboratorio los procesos digestivos que ocurren en el animal, y para ello se somete una muestra seca de forraje finamente molida (1 mm) a un proceso inicial de digestión con líquido ruminal y luego a digestión con ácido clorhídrico y pepsina; siendo muy útil y confiable para la valoración de forrajes tropicales.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

3.1.1. Materiales de campo

- Vaina seca de faique
- Planta entera de maíz
- Picadora
- Molino manual
- Melaza
- Urea
- Balanza electrónica
- Envases metálicos
- Fundas plásticas
- Marcador permanente
- Cinta adhesiva
- Cámara fotográfica
- Bovino fistulado
- Bolsas de nylon

3.1.2. Materiales de Laboratorio

- Equipos para el análisis químico proximal
- Reactivos para la determinación del análisis bromatológico
- Balanza analítica
- Fundas de papel.
- Platos desechables.
- Marcadores permanentes.

3.1.3. Materiales de Oficina

- Computadora
- Papel
- Impresora

3.2. MÉTODOS

3.2.1. Ubicación

La presente investigación se desarrolló en 2 fases: la primera que correspondió a la elaboración de los microsilos se llevó a cabo en las instalaciones de la Quinta Experimental “Punzara” de la Universidad Nacional de Loja. La segunda que comprendió el análisis bromatológico y digestibilidad se desarrolló en el laboratorio de Bromatología del AARNR de la UNL y en el Laboratorio de Servicio de Análisis e Investigación de Alimentos del INIAP, Estación Experimental “Santa Catalina”, ubicado en el Km 1 de la Panamericana Sur, en la ciudad de Quito.

3.2.2. Unidades Experimentales (UE)

Las UE fueron los microsilos de 3 kg contenidos en envases metálicos de forma cilíndrica de 12x17 cm., los mismos que fueron debidamente sellados e identificados de acuerdo a los tratamientos y sus repeticiones.

3.2.3. Descripción de los Tratamientos

Se evaluaron cuatro niveles de inclusión, de la siguiente manera:

Tratamiento 1: Ensilaje de planta entera de maíz, sin adición de vaina de faique.

Tratamiento 2: Ensilaje de planta entera de maíz + 10% de vaina de faique.

Tratamiento 3: Ensilaje de planta entera de maíz + 20% de vaina de faique.

Tratamiento 4: Ensilaje de planta entera de maíz + 30% de vaina de faique.

3.2.4. Diseño Experimental

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con cuatro tratamientos y tres repeticiones, con el siguiente modelo matemático:

$$X_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

μ = Media general

τ_i = Efecto proveniente de los tratamientos

ϵ_{ij} = Error experimental

Tabla 5. Esquema del experimento

| Tratamientos | Descripción | Repeticiones |
|--------------|---|--------------|
| 1 | Ensilaje de maíz sin vaina de faique | 3 |
| 2 | Ensilaje de maíz con 10% de vaina de faique | 3 |
| 3 | Ensilaje de maíz con 20% de vaina de faique | 3 |
| 4 | Ensilaje de maíz con 30% de vaina de faique | 3 |
| Total | | 12 |

3.2.5. Elaboración de los microsilos

Se utilizó maíz criollo cosechado a los 90 días, el cual se picó para facilitar su compactación, se agregó la vaina de faique seca y molida de acuerdo a los tratamientos, luego se añadió 10% de aditivo a base de agua, melaza y úrea a todos los tratamientos, se mezclaron los insumos y se procedió a llenar y compactar, finalmente se cerró herméticamente los recipientes y se dejó fermentar por un periodo de 30 días.

3.2.6. Variables en Estudio

- Composición química del maíz, vaina de faique y ensilaje
- Características organolépticas
- Digestibilidad *in situ* de la materia seca del ensilaje
- Contenido de energía del ensilaje
- Ficha de costos del ensilaje

3.2.7. Toma y Registro de Datos

3.2.7.1. Composición Química

Se realizó el análisis bromatológico del maíz, vaina de faique y ensilaje para determinar el contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), cenizas (Cz), fibra cruda (FC) y extracto libre de nitrógeno (ELN), según la metodología de la AOAC (2005) en las instalaciones del Laboratorio de Bromatología de la AARNR de la Universidad Nacional de Loja.

3.2.7.2. Características organolépticas

Se identificaron características como: olor, color, textura y humedad, comparando los resultados de cada uno de los tratamientos con los criterios organolépticos descritos en la revisión de literatura.

3.2.7.3. Digestibilidad *in situ*

Se realizó la prueba de digestibilidad *in situ* utilizando tres muestras (repeticiones) de cada tratamiento, en las instalaciones de la Estación Experimental “Santa Catalina” del INIAP, empleando el método de la Universidad de la Florida (1970). El procedimiento se desarrolló en una vaca fistulada utilizando bolsas de nylon de 50 μm (0,05mm) para introducir la muestra dentro del rumen, durante 48 horas.

3.2.7.4. Contenido de energía

El contenido de energía se determinó considerando el coeficiente de digestibilidad de la materia seca (Di Marco, 2011), con la siguiente ecuación:

$$\text{EM (Mcal/kg)} = \text{DMS} \times 3,61$$

3.2.7.5. Costo del ensilaje

Se elaboró una ficha de costos para cada uno de los tratamientos, considerando la cantidad y el precio de cada uno de los materiales e insumos utilizados, transporte y mano de obra.

3.2.8. Análisis Estadístico

Los resultados obtenidos en cada una de variables se sometieron a análisis de varianza (ADEVA), según diseño completamente aleatorizado y se aplicó la prueba de Duncan para comparación de promedios, con la ayuda del programa estadístico INFOSTAT (2012).

4. RESULTADOS

4.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS MATERIAS PRIMAS

La composición química de las materias primas utilizadas en la elaboración de los microsilos se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 6. Composición química de las materias primas (%).

| Muestra | Materia seca | Cenizas | Extracto Etéreo | Proteína Cruda | Fibra Cruda | Extracto Libre de Nitrógeno |
|-----------------|--------------|---------|-----------------|----------------|-------------|-----------------------------|
| Planta de Maíz | 27,53 | 7,27 | 1,59 | 5,52 | 33,19 | 52,43 |
| Vaina de Faique | 85,56 | 7,27 | 1,59 | 12,07 | 29,16 | 49,92 |

Fuente: Laboratorio de Bromatología AARNR – UNL (2016).

Elaboración: El autor.

En la tabla 6 se observa que el contenido de materia seca de la vaina de faique es bastante elevado (85,56%) en comparación con la planta de maíz (27,53%); los resultados de cenizas y extracto etéreo reportaron valores similares, mientras que el contenido de proteína cruda fue superior en la vaina de faique alcanzando 12,07%, con respecto al 5,52% de la planta entera de maíz; los valores de fibra cruda variaron de 29,16% en la VF a 33,19% en la planta de maíz.

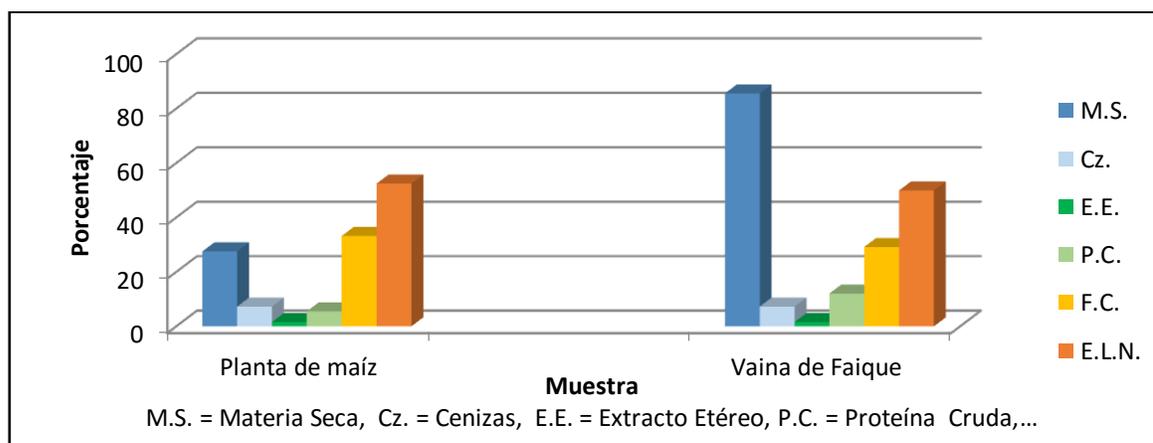


Figura 2. Composición química de la planta entera de maíz y fruto entero de faique, antes de ensilar.

4.2. CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL ENSILAJE

En la siguiente tabla se demuestra que se la inclusión de VF molida en el ensilaje de maíz puede modificar las características organolépticas del ensilaje.

Tabla 7. Características organolépticas del ensilaje de maíz con diferentes niveles de vaina de faique.

| Características Organolépticas | | | | |
|---------------------------------------|--------------|-------------|----------------|----------------|
| Tratamientos | Color | Olor | Textura | Humedad |
| T1 (0% VF) | Buena | Excelente | Excelente | Buena |
| T2 (10% VF) | Excelente | Buena | Buena | Excelente |
| T3 (20% VF) | Buena | Buena | Buena | Buena |
| T4 (30% VF) | Mala | Regular | Regular | Mala |

Fuente: Investigación de campo, junio-agosto del 2016.

Elaboración: El autor.

De manera general se puede apreciar que a medida que se incrementa los niveles de inclusión de VF las características organolépticas se desmejoran; así el color fue excelente (verde aceituna) en el tratamiento dos, bueno (verde amarillento) en los tratamientos uno y tres; mientras que el tratamiento cuatro presentó mala coloración (verde oscuro). En cuanto al olor, el tratamiento testigo presentó un olor dulce muy agradable y a medida que se aumentó la cantidad de vaina de faique el olor se vio alterado, llegando a presentarse un olor a vinagre en los tratamientos tres y cuatro (20 y 30 % de VF).

La textura de los tres primeros tratamientos no presentó variaciones, sus contornos se mantuvieron continuos y bien conservados; en tanto que el tratamiento cuatro se presentó demasiado compactado sin observarse diferencia entre tallos y hojas. La humedad estuvo dentro de los parámetros recomendados por la literatura, que en general señala que un buen ensilaje debe tener entre 30 a 35% de MS; sin embargo el tratamiento cuatro presentó menor humedad y mayor contenido de MS, con el 45,81%.

4.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ENSILAJE

Mediante el análisis bromatológico se determinó la composición química del ensilaje de maíz con diferentes niveles de inclusión de vaina de faique y sus respectivas repeticiones, cuyos resultados finales se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Composición química del ensilaje de maíz con diferentes niveles de inclusión de vaina de faique.

| Indicadores | T1 | T2 | T3 | T4 | Error estándar (n=3) | P |
|-----------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------|
| Materia Seca | 28,54 ^a | 33,91 ^c | 38,52 ^b | 45,81 ^a | 0,64 | <0,001 |
| Cenizas | 7,74 ^b | 8,66 ^b | 8,40 ^b | 11,22 ^a | 0,43 | 0,002 |
| Extracto Etéreo | 1,36 ^b | 1,77 ^{ab} | 1,70 ^{ab} | 2,19 ^a | 0,15 | 0,024 |
| Proteína Cruda | 14,42 | 13,67 | 13,68 | 13,62 | 0,61 | 0,761 |
| Fibra Cruda | 22,06 ^c | 24,27 ^{bc} | 24,97 ^b | 28,36 ^a | 0,62 | 0,0007 |
| Extracto Libre de Nitrógeno | 54,42 ^a | 51,63 ^a | 51,25 ^a | 44,6 ^b | 1,16 | 0,0020 |

a-c Letras similares en una fila indican que no hubo diferencia significativa entre tratamientos. (P ≥ 0,05).

Fuente: Laboratorio de Bromatología. AARNR – UNL (2016)

Elaboración: El autor.

El contenido de materia seca, cenizas y extracto etéreo aumentó de manera significativa al incrementarse las cantidades de vaina de faique, lo que puede explicarse por el aporte de la vaina de faique en estos nutrientes.

No se presentaron variaciones significativas en el contenido de proteína cruda con la inclusión de vaina de faique con valores que van del 13,6% para el tratamiento cuatro a 14,4% en el tratamiento testigo; mientras que los tenores de fibra cruda se incrementaron con variaciones que van del 22,06% en el testigo a 28,36% en el tratamiento cuatro (30% VF).

Finalmente el contenido de extracto libre de nitrógeno disminuyó de manera progresiva ($p \leq 0,002$), al aumentar el porcentaje de inclusión de vaina de faique seca en los microsilos.

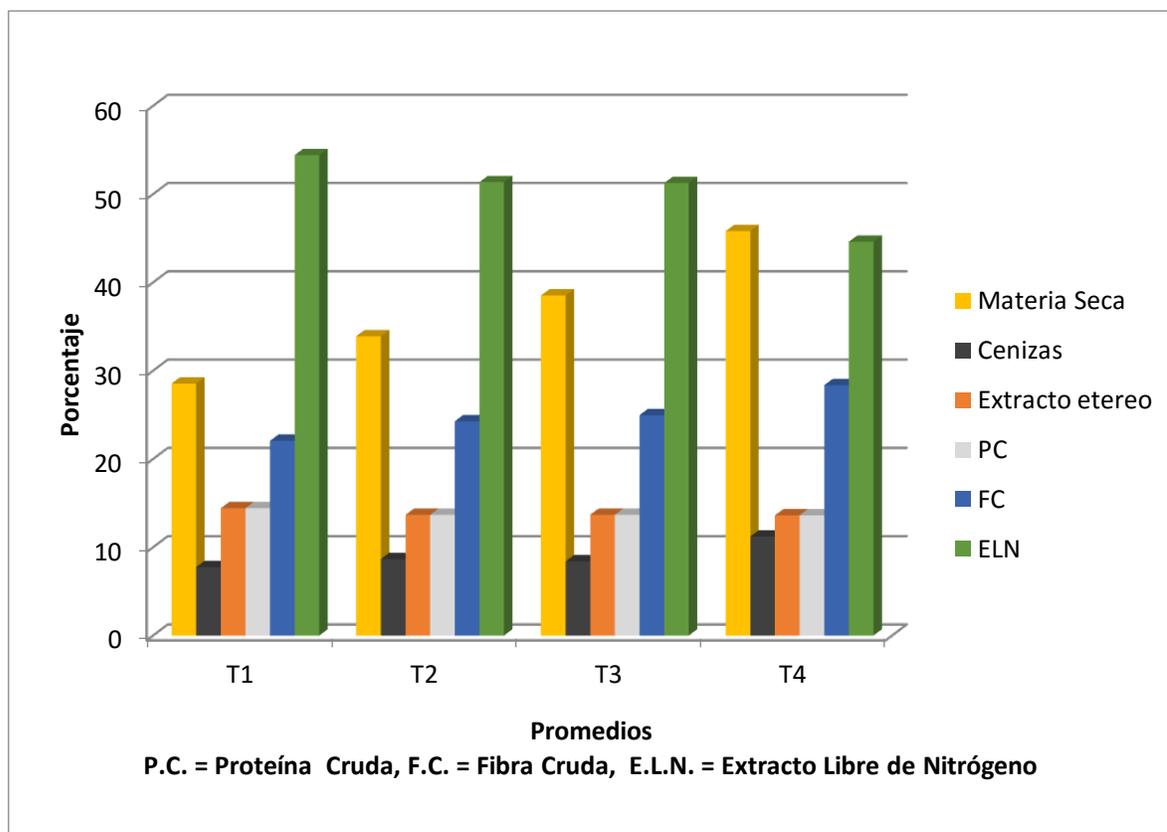


Figura 3. Composición bromatológica del ensilaje de maíz con diferentes niveles de vaina de faique.

4.4. DIGESTIBILIDAD *IN SITU* DE LA MATERIA SECA

Se realizó la prueba de digestibilidad *in situ* en un bovino fistulado, se utilizaron bolsas de nylon para introducir cada muestra con cada repetición, por un periodo de 48 horas. Los resultados se presentan en la tabla 9.

Tabla 9. Digestibilidad *in situ* de la materia seca del ensilaje de maíz con diferentes niveles de vaina de faique.

| Muestras | DISMS (%) |
|------------------------|---------------------|
| Planta entera de maíz | 50,39 |
| Vaina de faique molida | 52,14 |
| T1 (0% VF)* | 60,05 ^a |
| T2 (10% VF)* | 58,04 ^a |
| T3 (20% VF)* | 42,62 ^b |
| T4 (30% VF)* | 51,75 ^{ab} |
| Error estándar* | 3,15 |
| P – valor* | 0,018 |

*Letras similares indican que no hubo diferencia significativa entre tratamientos.

Fuente: Departamento de Nutrición y Calidad, INIAP (2017).

Elaboración: El autor.

La planta entera de maíz alcanzó un coeficiente de digestibilidad de la materia seca del 50,39%, mientras que la vaina de faique 52,14%. La digestibilidad se redujo de manera progresiva al aumentar la proporción de vaina de faique en los ensilajes, así, el tratamiento testigo obtuvo un 60,05%; mientras que el tratamiento tres presentó el valor más bajo con 42,62%.

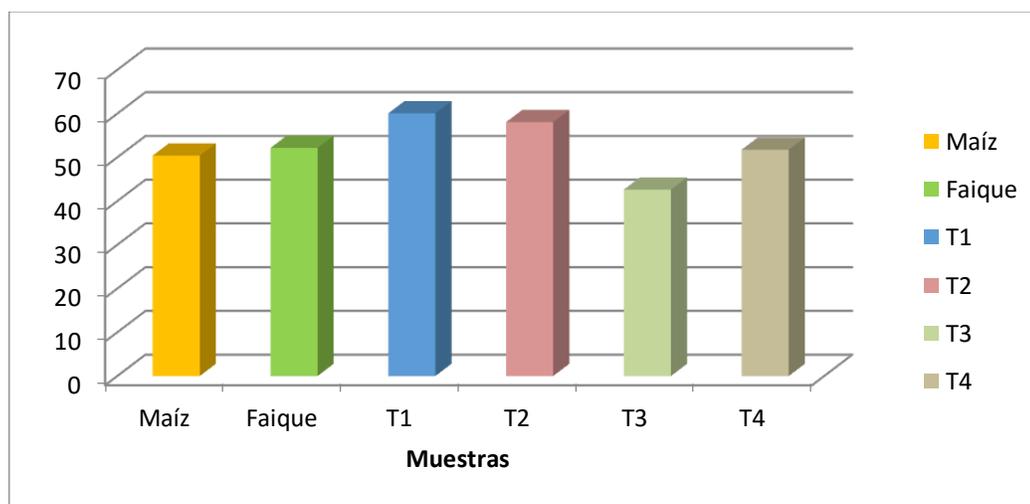


Figura 4. Digestibilidad *in situ* de la materia seca del ensilaje de maíz con diferentes niveles de vaina de faique.

4.5. CONTENIDO DE ENERGÍA

El contenido de energía se lo estimó mediante la aplicación de la ecuación propuesta por Di Marco (2011), los resultados se explican en la siguiente tabla:

Tabla 10: Contenido de energía del ensilaje de maíz con diferentes niveles de VF.

| Muestras | Energía (Mcal/kg) |
|------------------------|--------------------|
| Planta entera de maíz | 1,82 |
| Vaina de faique molida | 1,88 |
| T1 (0% VF)* | 2,17 ^a |
| T2 (10% VF)* | 2,09 ^a |
| T3 (20% VF)* | 1,54 ^b |
| T4 (30% VF)* | 1,87 ^{ab} |
| Error estándar* | 0,11 |
| P – valor* | 0,017 |

*Letras similares indican que no hubo diferencia significativa entre tratamientos.

Fuente: Departamento de Nutrición y Calidad, INIAP (2017).

Elaboración: El autor.

El aporte energético del maíz fue de 1,82 Mcal/kg de materia seca; mientras que la vaina de faique alcanzó 1,88 Mcal/kg. Los microsilos presentaron variaciones en el aporte de energía en relación a la proporción de vaina de faique, así el testigo alcanzó 2,17 Mcal/Kg, en tanto que el tratamiento tres alcanzó 1,54 Mcal/Kg.

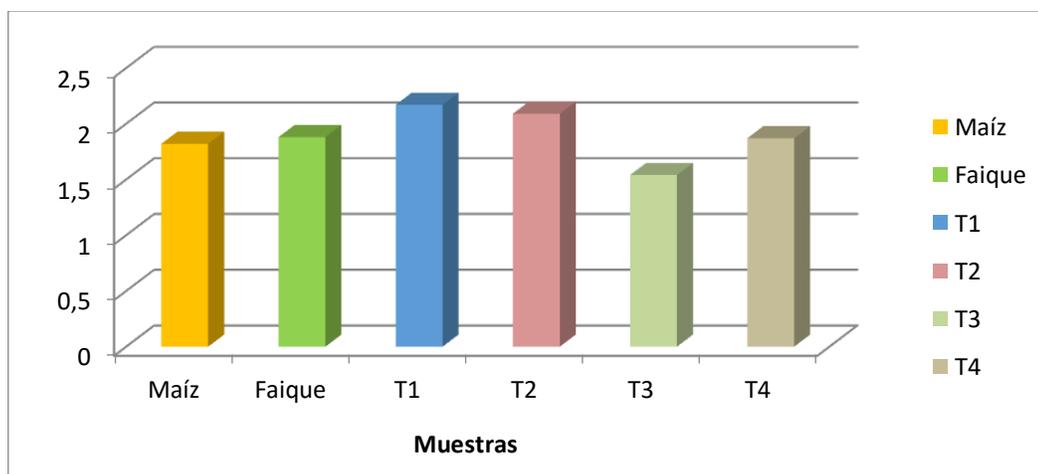


Figura 5. Contenido de energía del ensilaje de maíz con diferentes niveles de VF.

4.6. COSTOS

Se elaboró la ficha de costos del ensilaje de maíz con diferentes niveles de inclusión de vaina de faique, considerando el precio y la cantidad de los insumos utilizados para elaborar 100 kg; así la planta entera de maíz (1 kg) se estimó en \$ 0,20; la urea costó \$ 0,6 el kilogramo, la melaza tiene un valor de \$ 0,45 el kilo y el saco de vaina de faique seca se estimó en \$ 0,3 por kilo, ya que su precio en algunos sectores de provincia es de \$4 por saco de 12 kg aproximadamente. Los resultados se detallan a continuación:

Tabla 11. Ficha costos del ensilaje de maíz según los diferentes niveles de vaina de faique.

| Insumos | Datos | T1 | T2 | T3 | T4 |
|-------------------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Maíz | Cantidad (Kg) | 90 | 80 | 70 | 60 |
| | Valor por kg (\$) | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| | Subtotal (\$) | 18 | 16 | 14 | 12 |
| Faique | Cantidad (Kg) | 0 | 10 | 20 | 30 |
| | Valor por kg (\$) | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| | Subtotal (\$) | 0 | 3 | 6 | 9 |
| Melaza | Cantidad (Kg) | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | Valor por kg (\$) | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 |
| | Subtotal (\$) | 2,25 | 2,25 | 2,25 | 2,25 |
| Urea | Cantidad (Kg) | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Valor por kg (\$) | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| | Subtotal (\$) | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| Mano de Obra | Cantidad (horas) | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Valor hora (\$) | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 |
| | Subtotal (\$) | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 |
| COSTO (\$/80kg)* | | 23,35 | 24,35 | 25,35 | 26,35 |
| COSTO (\$/kg) | | 0,29 | 0,30 | 0,31 | 0,32 |

*Se debe considerar una pérdida de 10 a 20% de ensilaje en el proceso de conservación.

Fuente: Investigación de campo, junio-agosto del 2016.

Elaboración: El autor.

Se puede apreciar en la tabla 11 que el costo del ensilaje para los cuatro tratamientos, es aceptable y no varía mayormente con la inclusión de vaina de faique, con valores que van desde 0,29 a 0,32 centavos por kg.

Si consideramos que se trata de un alimento con un apreciable valor nutritivo y de origen natural, puede constituir una importante alternativa para complementar la alimentación de rumiantes, durante la época de escases de alimentos.

5. DISCUSIÓN

5.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS MATERIAS PRIMAS

El contenido de materia seca de la vaina de faique es superior con 85,56%, al de la planta de maíz que obtuvo 27,53%, lo que se explica por tratarse de frutos recolectados en la época seca, además cabe destacar que el contenido de MS del maíz es el óptimo para ensilar, según lo señalado por FEDNA (2004). El valor de cenizas de los frutos de *A. macracantha* fue de 7,27% y similar al reportado por Ceconello *et al* (2003), que indican un 6,85% de cenizas para los frutos de faique.

Por tratarse de una leguminosa arbórea, la vaina de faique presentó mayor contenido de proteína cruda con el 12,07%, similar al reportado por Nouel (2008); mientras el 5,52% obtuvo la planta entera de maíz, siendo inferior al valor señalado (8,28%) por FEDNA (2004). El contenido de fibra cruda fue menor en la VF con el 29,16% en relación al 33,19% del maíz.

5.2. CARACTERÍSTICAS ORGANOLPÉTICAS DEL ENSILAJE

La inclusión de VF seca y molida en el ensilaje de maíz afectó las características organolépticas, ya que según la clasificación realizada por Betancourt (2005) y los resultados obtenidos en la presente investigación, se consiguió un color excelente (verde aceituna) para el tratamiento dos, bueno (verde amarillento) en los tratamientos uno y tres; mientras que el tratamiento cuatro presentó mala coloración (verde oscuro). El ensilaje sin VF (testigo) presentó un olor dulce muy agradable, pero a medida que se aumentó la cantidad de vaina de faique el olor fue alterado, llegando a presentarse un fuerte olor a vinagre en los tratamientos tres y cuatro. Al respecto, Martínez *et al.* (2014) señalan que la presencia de olores ácidos y fuertes demuestran una mala conservación, y por lo tanto su palatabilidad se ve afectada de la misma manera.

La textura de los tres primeros tratamientos no presentó variaciones, sus contornos se mantuvieron continuos y bien conservados; no así el tratamiento cuatro que se presentó demasiado compactado sin observarse diferencia entre tallos y hojas. La humedad de los tratamientos estuvo dentro de los parámetros recomendados por FEDNA (2004), es

decir, entre 25 y 35% de MS; lo que permite deducir que el uso de la vaina de faique seca y molida puede ayudar a mejorar este indicador dependiendo de la condición de la planta de maíz, y evitar la pérdida de nutrientes por efluentes; sin embargo, la adición en cantidades mayores al 30% puede secar demasiado el silo y afectar su calidad organoléptica.

5.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ENSILAJE

El contenido de materia seca, aumentó de manera significativa al incrementarse las cantidades de vaina de faique, llegando hasta el 45% en el tratamiento cuatro (30% de VF), lo que puede explicarse por el aporte de MS de esta leguminosa. Al respecto, Torres (1994) señala que el contenido óptimo de materia seca para el ensilaje debe estar entre el 30 y 35%; los resultados de la presente investigación se encuentran dentro en esos márgenes. Además se debe destacar que en la presente investigación se trabajó con maíz pre marchito, y según lo investigado por Hargreaves *et al.* (1986), el grado de premarchitamiento incrementa significativamente los niveles de MS del ensilaje, con respecto al ensilaje directo.

Las cenizas se incrementaron a medida que aumentó la cantidad de vaina de faique, del 7,74% en el T1 al 11,22% en el T4, esto se puede atribuir al alto contenido mineral que poseen los frutos completos de *A. macracantha*, de acuerdo a lo reportado por Cecconello *et al.* (2003), en donde señalan valores similares a los obtenidos en la presente investigación, pero además reporta contenidos de 0,32% de P, 34% de Ca y 1% de Mg. Así mismo, Aguirre *et al.* (2016), obtuvieron valores crecientes de cenizas en ensilajes de maíz con alfalfa, alcanzando 11,62% de cenizas en el tratamiento con 30% de inclusión de alfalfa.

No se presentaron variaciones significativas en el contenido de proteína cruda con la inclusión de vaina de faique, con valores que van del 13,6% para el tratamiento cuatro y 14,4% para el testigo. Estos resultados son superiores a los obtenidos por Tene (2015), el mismo que señala valores entre 6,84 y 8,34% de PC en ensilajes de maíz con lactosueros. En lo que respecta a la presente investigación, el proceso de fermentación produjo disminución en los valores de proteína, lo cual puede atribuirse, según

Cárdenas *et al.* (2004), a los procesos de proteólisis que ocurren durante la fermentación con la consecuente formación de amoníaco y su volatilización. Además Hargreaves *et al.* (1986) señalan que la tendencia a una mejor conservación de la proteína se da en aquellos silos en que se extrajo el oxígeno por vacío y se mantuvieron con la mayor presión de compactación.

Los tenores de fibra cruda se incrementaron de 22,06% en el tratamiento testigo a 28,36% en el tratamiento cuatro (30 % VF), estos resultados son similares a los reportados por Aguirre *et al.* (2016) con el uso de alfalfa en ensilajes de maíz, cuyos valores promedian el 26% de fibra cruda. La adición de VF mejoró el contenido de extracto etéreo en los ensilajes de maíz, obteniendo 1,36% para el tratamiento testigo, mientras que para el tratamiento cuatro este valor aumentó a 2,19%. Al respecto, Castillo *et al.* (2009) reportan valores cercanos al 1,30% de EE para ensilajes de maíz-poroto, valor que aumenta según la relación gramínea-leguminosa. Finalmente el contenido de extracto libre de nitrógeno disminuyó de manera progresiva al aumentar el porcentaje de inclusión de VF en los microsilos.

Hargreaves *et al.* (1986) concluyen que para realizar investigación con ensilajes a nivel de laboratorio es importante controlar las variables que afectan los silos de gran tamaño, permitiendo obtener una orientación para trabajos a mayor escala.

5.4. DIGESTIBILIDAD *IN SITU* DE LA MATERIA SECA

La planta entera de maíz alcanzó un coeficiente de digestibilidad de la materia seca del 50,39%, mientras que la vaina de faique 52,14%, valor que se asemeja al de otras especies arbóreas del trópico bajo, según Cárdenas *et al.* (2004). La digestibilidad del ensilaje disminuyó de manera progresiva al aumentar la proporción de vaina de faique; así, el testigo obtuvo un 60,05%; mientras que el tratamiento tres presentó el valor más bajo con 42,62%; los resultados son similares a los señalados por Tene (2015) con valores que rodean el 47,36% de digestibilidad *in vitro* de la materia seca, en ensilajes de maíz con lactosueros. Esta situación se podría explicar por la composición de las paredes celulares de la vaina de faique donde predomina el contenido de hemicelulosa, ya que según lo mencionado por Gómez *et al.* (2007), es necesario adaptar los análisis de digestibilidad en función de las características de la muestra.

5.5. CONTENIDO DE ENERGÍA

La digestibilidad es un indicador directo del aporte energético de los alimentos, por lo que se puede verificar que, a medida que se incrementan los niveles de vaina de faique, la digestibilidad disminuye, y en consecuencia el contenido de energía también; así tenemos que fue de 2,17 Mcal/kg para el ensilaje sin VF y de 1,54 Mcal/kg para el tratamiento tres (20% de VF); estos valores son similares a los obtenidos por Cárdenas (2003), con ensilajes mixtos de gramíneas y especies arbóreas, en donde señala haber obtenido un contenido de energía de 7,73 MJ/kg equivalente a 1,86 Mcal/Kg.

5.6. COSTOS

Los costos por cada kilogramo de silo son convenientes si se considera que en el mercado local, un saco de concentrado de 40 kg con el 14% de proteína tiene un valor de \$ 26 (\$0,65 x kg). En el caso del ensilaje, se conoce de empresas ubicadas en la costa ecuatoriana que comercializan ensilaje de maíz en silos bolsa de aproximadamente 12 kilogramos en \$4; por lo que se puede decir que con esta alternativa es posible suplementar la alimentación de los animales, de manera económica, al mismo tiempo que se aprovecha la abundancia de estos recursos.

6. CONCLUSIONES

- Las características organolépticas del ensilaje de maíz se vieron afectadas por la inclusión de la vaina de faique seca y molida, probablemente debido a las diferencias en el contenido de fibra y materia seca.
- La composición química del ensilaje presentó variaciones de acuerdo a los niveles de inclusión de vaina de faique; la proteína cruda se mantuvo entre 13,6 y 14,4%; mientras que la fibra se incrementó del 22 al 28%.
- La digestibilidad *in situ* de la materia seca disminuyó a medida que se incrementaron los niveles de inclusión de vaina de faique, del 60,05% en el tratamiento testigo, al 42,62% en el tratamiento tres (20% de VF); por lo tanto el contenido de energía presentó variaciones de 2,17 Mcal/Kg a 1,54 Mcal/kg de materia seca, respectivamente.
- Los costos de los cuatro ensilajes no variaron de manera significativa; sin embargo, el ensilaje sin vaina de faique resultó más económico con un valor de \$0,29 por kilogramo.

7. RECOMENDACIONES

- Adicionar vaina de faique hasta en un 10% en ensilajes de maíz, permite sustituir la gramínea por recursos del bosque seco, y puede mejorar su calidad nutricional sin incrementar de manera significativa su costo.
- Aplicar correctamente los procedimientos y protocolos del proceso de ensilaje, para aprovechar sus ventajas y lograr mayor eficiencia en la conservación de los forrajes.
- Controlar los procesos de anaerobiosis en silos de laboratorio para trabajos de esta naturaleza.
- Continuar con nuevos trabajos de investigación orientados a dar un mejor uso y aprovechamiento de los recursos forrajeros y residuos agrícolas disponibles en la provincia de Loja.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre L., Cevallos Y., Escudero G., Herrera R. (2016). Utilización de ensilajes de maíz y alfalfa en la alimentación de ovinos mestizos en pastoreo. CEDAMAZ. Revista de la dirección de Investigación. UNL. Loja, Ecuador. Vol. 6. num. 1.
- Aguirre Z. (2012). Especies forestales de los bosques secos del Ecuador. Guía dendrológica para su identificación y caracterización. Proyecto Manejo Forestal Sostenible ante el Cambio Climático. MAE/FAO. Quito, Ecuador. 74p.
- Betancourt María. (2005). Evaluación de la calidad de los ensilajes. Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela. 14p.
- Bondi A. (1989). Nutrición Animal. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 546 p.
- Cañas R. (1995). Alimentación y Nutrición Animal. Colección en Agricultura Facultad de Agronomía Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Cárdenas Medina J. V. (2003). Calidad y valor nutritivo de ensilajes mixtos (gramíneas y especies arbóreas). Tropical and Subtropical Agroecosystems. vol. 2. num. 2. p. 41
- Cárdenas, J. V.; Solorio, F. J. & Saldoval, C. A. (2004). *Ensilaje de forrajes: alternativa para la alimentación de rumiantes en el trópico*. México: Universidad Autónoma de Yucatán. 52p.
- Calsamiglia S., Ferret A., Bach. (2004). Tablas FEDNA de valor nutritivo de Forrajes y Subproductos fibrosos húmedos. Fundación para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, 70 p.
- Castillo Marianela, Rojas A., WingChing R. (2009). Valor nutricional del ensilaje de maíz cultivado en asocio con Vigna (*Vigna radiata*). Nota técnica. Centro de Investigaciones Agropecuarias. (www.cia.ucr.ac.cr)
- Cecconello Gerardo, Benezra & Obispo Nestor. (2003). Composición química y degradabilidad ruminal de los frutos de algunas especies forrajeras leñosas de un bosque seco tropical. Zootecnia Tropical, 21(2), 149-165p. Recuperado en 11 de abril de 2016, de

http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692003000200004&lng=es&tlng=es

- Clavero, T. (2013). Utilización de frutos de árboles forrajeros en la ganadería tropical. Revista de la Universidad del Zulia. Disponible en: <http://produccioncientificaluz.org/index.php/rluz/article/view/19098>
- Colombatto, D. (2011). Análisis de alimentos: Aplicaciones prácticas. Buenos Aires: Departamento de Produccion Animal.
- Contreras F., Marsalls A. Y Laurault M. (2009). Inoculantes microbiales para ensilaje: Su uso en condiciones de clima cálido. Centros en Ciencias Agícolas en Tucumcari, New Mexico State University.
- CORPOICA. Maiz (Zea mays). Recuperado el 17 de Marzo de 2016 desde: http://stdf.sistencial.com/Content/fichas/pdf/Ficha_77.pdf
- Cubero José, Rojas & WingChing. (2010). Uso del inóculo microbial elaborado en finca en ensilaje de maíz (Zea mays). Valor nutricional y fermentativo. Revista Agronomía Costarricense: 14 pp. Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242010000200009&lng=en&tlng=es (Consultado 18 de enero, 2016).
- Cueva, J. y L., Chalán. (2010). Cobertura Vegetal y Uso Actual del Suelo de la Provincia de Loja. Informe Técnico. Departamento de Sistemas de Información Geográfica de Naturaleza y Cultura Internacional. Graficas Amazonas. Loja – Ecuador.
- Di Marco, O. (2011). Estimación de calidad de los forrajes. Producir XXI. Buenos Aires Argentina. Facultad de Ciencias Agrarias, sitio Argentino de Producción Animal 20(240): 24-30p.
- Ferreira dos Santos, Silvia M. F. (2013). Principais tipos de silos e microrganismos envolvidos no processo de ensilagem. Revista de la Universidade Federal de Uberlândia.
- Fulgueira C., Amigo T S., Gaggiotti M., Romero L. y Basílico J. (2007). Forage quality: Technique for testing. Global Science Books.

- Getachew G, Blümmel M, Makkar H P and Becker K. (1998). In vitro measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. *Animal Feed Science and Technology*. 72: 261-281.
- Hargreaves Antonio, Butendieck R., Hiriart M. (1986). Comparación de dos silos experimentales para la investigación de ensilajes. *Agricultura técnica – Vol. 46 – No. 2*. Chile.
- Iglesias, M. (2011). Manejo de ensilajes (maíz y triticale) para la alimentación animal. Tesis Ing. Agrónomo Zootecnista. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Kaiser G., Piltz J., Burns H. y Griffiths N. (2004). *Successful silage*. Dairy Australia and New South Wales Department of Primary Industries. 2da. Ed. National Library of Australia Cataloguing in Publication. Sidney, Australia.
- Martínez Fernández Adela, Argamentería Gutiérrez A., Begoña de la Roza Delgado. (2003). *Manejo de Forrajes para Ensilar*. Editorial: KRK Ediciones. Asturias, España (SERIDA). 282 p.
- McDowell, L. (1997). *Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales*. 3ª ed. Universidad de Florida, Gainesville. 84 pp.
- Navas, A., C. Restrepo y G. Jiménez. (1999). Funcionamiento ruminal de animales suplementados con frutos de *Pithecellobium saman*. IV Seminario Internacional sobre Sistemas Agropecuarios sostenibles. Cali, Colombia, 28 al 30 de Octubre, 1999. Disponible en: [http:// www. Cipav.org.co/redagrofor/memorias99/Memorias.htm](http://www.Cipav.org.co/redagrofor/memorias99/Memorias.htm).
- Nouel, G. (2008). Presente y futuro del uso de leguminosas del Bosque Seco y Muy Seco Tropical en la alimentación de cabras. En: *Memorias del XIV Congreso de Producción e Industria Animal*. Maracaibo. P: 148.
- Orskov E. and McDonald I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agriculture Science* 92(2): 492- 503.

- Pitt, R.E. (1990). Silage and hay preservation. Cornell University Cooperative Ex. Bulletin No. NRAES-5, Ithaca, NY.
- Quiroz-Cardoso, F, Rojas-Hernández, S, Olivares-Pérez, J, Hernández-Castro, E, Jiménez-Guillén, R, Córdova-Izquierdo, A, Villa-Mancera, A, & Abdel-Fattah, S. (2015). Composición nutricional, consumo e índices de palatabilidad relativa de los frutos de tres acacias en la alimentación de ovejas y cabras. Archivos de medicina veterinaria 47: pp 33-38. Recuperado en 23 de febrero de 2016, de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-732X2015000100007&lng=es&tlng=es. 10.4067/S0301-732X2015000100007.
- Reyes Nadir M. (2009). Elaboración y utilización de ensilajes en la alimentación del ganado bovino. Managua: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Ruiz B.O., Castillo Y., Anchondo A., Rodríguez C., Beltrán R., La O. et al. (2009). Efectos de enzimas e inoculantes sobre la composición del ensilaje de maíz. Revista Archivos zootec: 58(222). 10 pp. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-05922009000200001&lng=es. (Consultado febrero 2, 2016)
- Salvador, E. (2013). Guía de Enseñanza - Aprendizaje Curso De Nutrición Animal. Ica, Lima, Perú: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNICA.
- Satter, L. D., V. Moreira, H. Santos; Z. Wu, and F. Kanitz. (2000). Relative feeding value of diverse corn silage hybrids. Pages 31- 46.
- Shaver, R. D. (2004), Forages for lactating Dairy Cows: Economic Significance. Pages 13-18. College Of Agriculture And life sciences. University of Wisconsin.
- Sierra, R. (1999). Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. Quito, Ecuador.
- Tene Denny. (2015). Ensilado de maíz con adición de lactosuero y microorganismos eficientes, en el canton Paltas. Tesis Ingeniero Agrónomo. Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional de Loja. Pag. 25 – 38.

- Tobal C. (2005). Evaluación de los alimentos a través de diferentes métodos de digestibilidad. Disponible en: <http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/pubpdf/anuavet/n1999a16tobal.pdf>
- Tiller y Terry *et al.* (1963). Técnica *in vitro* de producción de gases: Una herramienta para la evaluación de alimentos para rumiantes, Universidad de Antioquia de Ciencias Agrarias. Medellín, Colombia.
- UNAM, F. (2007). Fundamentos Y Tecnicas De Analisis De Alimentos. México D.F.: PAPIME.
- Van Soest, P.J., J.B. Robertson, and B.A. Lewis. (1991). Journal of Dairy Science. 74:3583-3597.
- Villa Lenis, F., Meléndez, Carulla, Pabón & Cárdenas. (2010). Estudio microbiológico y calidad nutricional de ensilaje de maíz cosechado en dos ecorregiones de Colombia. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias.
- Vivanco F. y Aguirre L. (2016). Estudio de digestibilidad *in vitro* de cuatro raciones a base de pulpa de café fermentada, para la alimentación de ovinos. Tesis Médico Veterinario Zootecnista. Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional de Loja.
- Wattiaux, Michel. (2000). Novedades lácteas: Introducción al proceso del ensilaje, pag 1-13. Instituto Babcock. Universidad de Wisconsin.
- Wilkinson M. (1990). Silage UK. 6ta. ed. Marlow, United Kingdom.
- Woolford, M. K. (2006). la fermentación del ensilado y su control. Alltech UK. Lincolnshire, Reino Unido.

9. ANEXOS

A. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

a. Materia Seca

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|------|
| M.S | 12 | 0,98 | 0,97 | 3,03 |

Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------|--------|----|--------|--------|---------|
| Modelo. | 482,31 | 3 | 160,77 | 130,39 | <0,0001 |
| Trat. | 482,31 | 3 | 160,77 | 130,39 | <0,0001 |
| Error | 9,86 | 8 | 1,23 | | |
| Total | 492,18 | 11 | | | |

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,90339

Error: 1,2330 gl: 8

| Trat. | Medias | n | E.E. |
|-------|--------|---|--------|
| 4,00 | 45,81 | 3 | 0,64 A |
| 3,00 | 38,52 | 3 | 0,64 B |
| 2,00 | 33,91 | 3 | 0,64 C |
| 1,00 | 28,54 | 3 | 0,64 D |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

b. Cenizas

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|------|
| Cenizas | 12 | 0,83 | 0,76 | 8,18 |

Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------|-------|----|------|-------|---------|
| Modelo. | 20,99 | 3 | 7,00 | 12,90 | 0,0020 |
| Trat. | 20,99 | 3 | 7,00 | 12,90 | 0,0020 |
| Error | 4,34 | 8 | 0,54 | | |
| Total | 25,33 | 11 | | | |

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,92548

Error: 0,5423 gl: 8

| Trat. | Medias | n | E.E. |
|-------|--------|---|--------|
| 4,00 | 11,22 | 3 | 0,43 A |
| 2,00 | 8,66 | 3 | 0,43 B |
| 3,00 | 8,40 | 3 | 0,43 B |
| 1,00 | 7,74 | 3 | 0,43 B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

c. Extracto Etéreo

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| EE | 12 | 0,67 | 0,55 | 14,39 |

Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------|------|----|------|------|---------|
| Modelo. | 1,05 | 3 | 0,35 | 5,49 | 0,0241 |
| Trat. | 1,05 | 3 | 0,35 | 5,49 | 0,0241 |
| Error | 0,51 | 8 | 0,06 | | |
| Total | 1,56 | 11 | | | |

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,66091

Error: 0,0639 gl: 8

| Trat. | Medias | n | E.E. |
|-------|--------|---|----------|
| 4,00 | 2,19 | 3 | 0,15 A |
| 2,00 | 1,77 | 3 | 0,15 A B |
| 3,00 | 1,70 | 3 | 0,15 A B |
| 1,00 | 1,36 | 3 | 0,15 B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

d. Proteína Cruda

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|------|
| PC | 12 | 0,13 | 0,00 | 7,67 |

Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo. | 1,33 | 3 | 0,44 | 0,39 | 0,7613 |
| Trat. | 1,33 | 3 | 0,44 | 0,39 | 0,7613 |
| Error | 9,02 | 8 | 1,13 | | |
| Total | 10,36 | 11 | | | |

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,77705

Error: 1,1280 gl: 8

| Trat. | Medias | n | E.E. |
|-------|--------|---|--------|
| 1,00 | 14,42 | 3 | 0,61 A |
| 3,00 | 13,68 | 3 | 0,61 A |
| 2,00 | 13,67 | 3 | 0,61 A |
| 4,00 | 13,62 | 3 | 0,61 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

e. Fibra Cruda

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|------|
| FC | 12 | 0,87 | 0,82 | 4,29 |

Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------|-------|----|-------|-------|---------|
| Modelo. | 61,27 | 3 | 20,42 | 17,84 | 0,0007 |
| Trat. | 61,27 | 3 | 20,42 | 17,84 | 0,0007 |
| Error | 9,16 | 8 | 1,15 | | |
| Total | 70,43 | 11 | | | |

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,79792

Error: 1,1450 gl: 8

| Trat. | Medias | n | E.E. |
|-------|--------|---|----------|
| 4,00 | 28,36 | 3 | 0,62 A |
| 3,00 | 24,97 | 3 | 0,62 B |
| 2,00 | 24,27 | 3 | 0,62 B C |
| 1,00 | 22,06 | 3 | 0,62 C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

f. Extracto Libre de Nitrógeno

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|------|
| ELN | 12 | 0,83 | 0,76 | 3,99 |

Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------|--------|----|-------|-------|---------|
| Modelo. | 155,75 | 3 | 51,92 | 12,80 | 0,0020 |
| Trat. | 155,75 | 3 | 51,92 | 12,80 | 0,0020 |
| Error | 32,44 | 8 | 4,06 | | |
| Total | 188,19 | 11 | | | |

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=5,26533

Error: 4,0551 gl: 8

| Trat. | Medias | n | E.E. |
|-------|--------|---|--------|
| 1,00 | 54,42 | 3 | 1,16 A |
| 2,00 | 51,63 | 3 | 1,16 A |
| 3,00 | 51,25 | 3 | 1,16 A |
| 4,00 | 44,61 | 3 | 1,16 B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

g. Digestibilidad (DISMS)

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------------|----|----------------|-------------------|-------|
| Digestibilidad | 12 | 0,70 | 0,59 | 10,27 |

Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------|--------|----|--------|------|---------|
| Modelo. | 553,09 | 3 | 184,36 | 6,19 | 0,0176 |
| Trat. | 553,09 | 3 | 184,36 | 6,19 | 0,0176 |
| Error | 238,11 | 8 | 29,76 | | |
| Total | 791,19 | 11 | | | |

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=14,26473

Error: 29,7632 gl: 8

| Trat. | Medias | n | E.E. |
|-------|--------|---|----------|
| 1,00 | 60,05 | 3 | 3,15 A |
| 2,00 | 58,04 | 3 | 3,15 A |
| 4,00 | 51,75 | 3 | 3,15 A B |
| 3,00 | 42,62 | 3 | 3,15 B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

h. Contenido de Energía

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| Energía | 12 | 0,70 | 0,59 | 10,25 |

Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------|------|----|------|------|---------|
| Modelo. | 0,73 | 3 | 0,24 | 6,30 | 0,0168 |
| Trat. | 0,73 | 3 | 0,24 | 6,30 | 0,0168 |
| Error | 0,31 | 8 | 0,04 | | |
| Total | 1,04 | 11 | | | |

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,51321

Error: 0,0385 gl: 8

| Trat. | Medias | n | E.E. |
|-------|--------|---|----------|
| 1,00 | 2,17 | 3 | 0,11 A |
| 2,00 | 2,09 | 3 | 0,11 A |
| 4,00 | 1,87 | 3 | 0,11 A B |
| 3,00 | 1,53 | 3 | 0,11 B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

B. FOTOGRAFÍAS DEL TRABAJO DE CAMPO



Foto 1: Recolección de frutos secos de faique



Foto 2: Picado del maíz y elaboración de los microsilos.



Foto 3: Apertura de los microsilos (30 días)



Foto 4: Preparación de muestras para análisis bromatológico

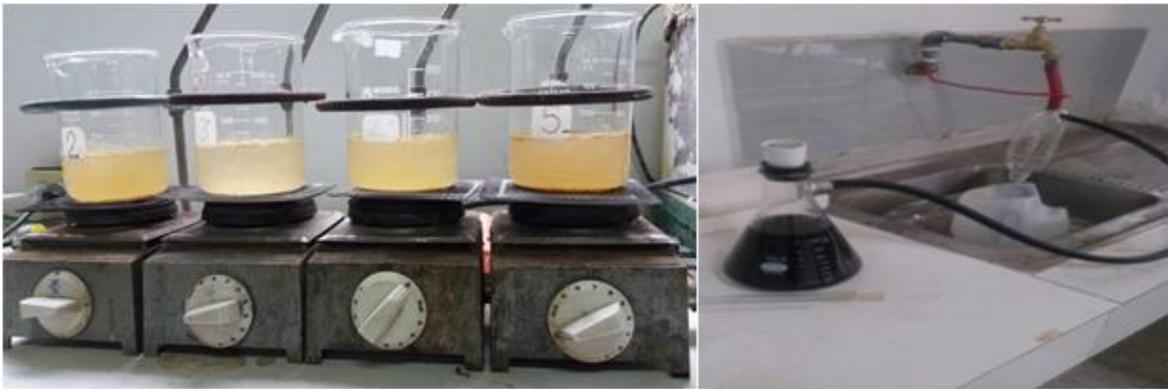


Foto 5: Determinación de fibra cruda.




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, Cutigagua Tls. 3007134. Fax 3007134
 Casilla postal 17-01-340

INFORME DE ENSAYO No: 17-012
NOMBRE PETICIONARIO: Sr. Nilo Humberto Córdova López
DIRECCION: Loja
FECHA DE EMISION: 6 de febrero de 2017
FECHA DE ANALISIS: Del 25 de enero al 6 de febrero de 2017
Particular
INSTITUCION: Sr. Esteban Olmedo
ATENCION: 24/01/2017
FECHA DE RECEPCION: 09H49
HORA DE RECEPCION: DIVMS
ANALISIS SOLICITADO

| ANÁLISIS | HUMEDAD | DIVMS ¹ | IDENTIFICACIÓN |
|-------------|-----------------|--------------------|--|
| METODO | MO-LSAIA-01/01 | MO-LSAIA-23 | |
| METODO REF. | U. FLORIDA 1970 | U. FLORIDA 1970 | |
| UNIDAD | % | % | |
| 17-0052 | 8,35 | 50,39 | Ensilaje 5350 Planta entera maíz |
| 17-0053 | 8,95 | 52,14 | Ensilaje 5353 Vaina de faisque |
| 17-0054 | 14,82 | 58,64 | Ensilaje 5411 maíz |
| 17-0055 | 13,65 | 58,19 | Ensilaje 5412 maíz |
| 17-0056 | 13,77 | 63,33 | Ensilaje 5413 maíz |
| 17-0057 | 12,13 | 59,22 | Ensilaje 5414 maíz + 10% vaina faisque |
| 17-0058 | 13,46 | 59,39 | Ensilaje 5415 maíz + 10% vaina faisque |
| 17-0059 | 13,21 | 55,50 | Ensilaje 5416 maíz + 10% vaina faisque |
| 17-0060 | 12,72 | 43,34 | Ensilaje 5417 maíz + 20% vaina faisque |
| 17-0061 | 12,72 | 39,49 | Ensilaje 5418 maíz + 20% vaina faisque |
| 17-0062 | 12,59 | 45,03 | Ensilaje 5419 maíz + 20% vaina faisque |
| 17-0063 | 12,67 | 58,46 | Ensilaje 5420 maíz + 30% vaina faisque |
| 17-0064 | 13,13 | 40,38 | Ensilaje 5421 maíz + 30% vaina faisque |
| 17-0065 | 13,05 | 55,42 | Ensilaje 5422 maíz + 30% vaina faisque |

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



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

Los resultados analíticos 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 esta misma medio y elimine la información.

D. RESULTADOS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
AREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
LABORATORIO DE SUELOS AGUAS Y BROMATOLOGIA
SECCION BROMATOLOGIA

Para: señor Nilo Córdova López.
 Informe Análisis Bromatológico

| Nro. Lab. | Nro. Mues. | Clase de muestra | Base de Cálculo | M.S. | Cz. | E.E. | P.C. | F.C. | E.L.N. |
|-----------|------------|---|-----------------|---------|--------|-------|--------|--------|--------|
| 5350 | 1 | Planta de maíz amiláceo - ctamayo | BS | 100,00% | 7,27% | 1,59% | 5,52% | 33,19% | 52,43% |
| | | | TCO | 27,53% | 2,00% | 0,44% | 1,52% | 9,14% | 14,44% |
| 5353 | 1 | Vaina de Faique molida | BS | 100,00% | 7,27% | 1,59% | 12,07% | 29,16% | 49,92% |
| | | | TCO | 85,56% | 6,22% | 1,36% | 10,33% | 24,95% | 42,71% |
| 5411 | 1 | Maíz Ensilado 30 días -Microsilo T1R1 | BS | 100,00% | 7,66% | 1,41% | 15,18% | 21,94% | 53,81% |
| | | | TCO | 29,34% | 2,25% | 0,41% | 4,45% | 6,44% | 15,79% |
| 5412 | 1 | Maíz Ensilado 30 días -Microsilo T1R2 | BS | 100,00% | 8,23% | 1,26% | 14,06% | 23,09% | 53,36% |
| | | | TCO | 28,13% | 2,32% | 0,35% | 3,95% | 6,49% | 15,01% |
| 5413 | 1 | Maíz Ensilado 30 días -Microsilo T1R3 | BS | 100,00% | 7,32% | 1,41% | 14,03% | 21,16% | 56,08% |
| | | | TCO | 28,14% | 2,06% | 0,40% | 3,95% | 5,95% | 15,78% |
| 5414 | 1 | Maíz Ensilado 30 días + 10% Vaina de Faique -Microsilo T2R1 | BS | 100,00% | 7,92% | 1,27% | 11,41% | 24,35% | 55,04% |
| | | | TCO | 33,57% | 2,66% | 0,43% | 3,83% | 8,18% | 18,48% |
| 5415 | 1 | Maíz Ensilado 30 días + 10% Vaina de Faique -Microsilo T2R2 | BS | 100,00% | 9,14% | 2,01% | 14,32% | 24,93% | 49,60% |
| | | | TCO | 33,75% | 3,08% | 0,68% | 4,83% | 8,41% | 16,74% |
| 5416 | 1 | Maíz Ensilado 30 días + 10% Vaina de Faique -Microsilo T2R3 | BS | 100,00% | 8,93% | 2,03% | 15,27% | 23,52% | 50,26% |
| | | | TCO | 34,42% | 3,07% | 0,70% | 5,25% | 8,09% | 17,30% |
| 5417 | 1 | Maíz Ensilado 30 días + 20% Vaina de Faique -Microsilo T3R1 | BS | 100,00% | 7,40% | 1,65% | 13,68% | 24,05% | 53,22% |
| | | | TCO | 39,75% | 2,94% | 0,66% | 5,44% | 9,56% | 21,15% |
| 5418 | 1 | Maíz Ensilado 30 días + 20% Vaina de Faique -Microsilo T3R2 | BS | 100,00% | 9,60% | 1,70% | 13,61% | 25,96% | 49,13% |
| | | | TCO | 38,81% | 3,73% | 0,66% | 5,28% | 10,07% | 19,07% |
| 5419 | 1 | Maíz Ensilado 30 días + 20% Vaina de Faique -Microsilo T3R3 | BS | 100,00% | 8,20% | 1,76% | 13,74% | 24,91% | 51,40% |
| | | | TCO | 37,00% | 3,03% | 0,65% | 5,08% | 9,21% | 19,02% |
| 5420 | 1 | Maíz Ensilado 30 días + 30% Vaina de Faique -Microsilo T4R1 | BS | 100,00% | 11,71% | 2,05% | 13,46% | 27,67% | 45,11% |
| | | | TCO | 44,71% | 5,24% | 0,92% | 6,02% | 12,37% | 20,17% |
| 5421 | 1 | Maíz Ensilado 30 días + 30% Vaina de Faique -Microsilo T4R2 | BS | 100,00% | 11,31% | 2,47% | 13,59% | 27,34% | 45,30% |
| | | | TCO | 45,19% | 5,11% | 1,11% | 6,14% | 12,35% | 20,47% |
| 5422 | 1 | Maíz Ensilado 30 días + 30% Vaina de Faique -Microsilo T4R3 | BS | 100,00% | 10,64% | 2,06% | 13,82% | 30,07% | 43,41% |
| | | | TCO | 47,54% | 5,06% | 0,98% | 6,57% | 14,30% | 20,64% |

Nota: BS = Base Seca, M.S. = Materia Seca, Cz = Cenizas, E.E. = Extracto Etéreo, P.C. = Proteína Cruda, F.C. = Fibra Cruda, E.L.N. = Extracto Libre de Nitrógeno

Método: AOAC - Official Methods of Analysis.



Ing. Vicente E. Apolo A., Mg. Sc.
 TÉCNICO DE LABORATORIO