



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL**

**DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA**

**Maestría en Producción Animal Sostenible**

**Trabajo de Tesis**

Patrones de fermentación en ensilaje de maíz (*Zea mays* L) var. NB-6 mezclado con *Vigna unguiculata* (L) Walp y *Moringa oleifera* Lam.

**Autor:**

Ing. Marcos Antonio Jiménez Campos

**Asesores:**

Dr. Bryan Mendieta Araica

Dr. Nadir Reyes Sánchez

Dr. Lester Rocha Molina

**Managua, Nicaragua**

**Junio, 2021**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL**

**DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA**

**Maestría en Producción Animal Sostenible**

**Trabajo de Tesis**

Patrones de fermentación en ensilaje de maíz (*Zea mays* L) var. NB-6 mezclado con *Vigna unguiculata* (L) Walp y *Moringa oleifera* Lam.

**Autor:**

Ing. Marcos Antonio Jiménez Campos

**Asesores:**

Dr. Bryan Mendieta Araica

Dr. Nadir Reyes Sánchez

Dr. Lester Rocha Molina

**Managua, Nicaragua**

**Junio, 2021**

Este trabajo de investigación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por la decanatura de la facultad de Ciencia Animal como requisito parcial para optar al título profesional de:

## **Maestro en Ciencias en Producción Animal Sostenible**

Miembros del honorable comité evaluador

---

Dr. Cristóbal Roldan Corrales Briceño

**Presidente**

---

Lic. Rosario Rodríguez Pérez MSc.

**Secretaria**

---

Ing. Norlan Ariel Caldera Navarrete MSc.

**Vocal**

Auditorio CECAP. Managua 17 de junio de 2021

## DEDICATORIA

A:

Dios, por darme la oportunidad de vivir y proveer de sabiduría, de personas de buenos principios que me apoyan a superar adversidades.

Mi abuelita Delia Clarisa Calderón Zambrana (q.e.p.d.) por quererme, cuidarme y apoyarme en muchas decisiones que tomé en mi vida.

Mi papá Manuel Salvador Jiménez Potosme (q.e.p.d.) por enseñarme a trabajar en el campo de avicultura y ser siempre una persona de valores.

Mi mamá Concepción de María Campos Calderón (q.e.p.d.) por ser la mejor mamá del mundo en el poco tiempo que compartiste conmigo, te amo y extraño todos los días de mi vida.

Marcos Antonio Jiménez Campos

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco de todo corazón a Dios y la virgen María que siempre están conmigo y me permitieron llegar hasta el final de mi posgrado.

A mi familia que en todo momento me apoyó, mi esposa Lilliam Auxiliadora Téllez Baltodano, mi princesa María Amanda Jiménez Téllez y mi angelito Mariluz Jiménez Téllez, ellas son mi inspiración para continuar preparándome.

A mis tías Dina Campos, Olimpia Campos y mi primo Pbro. Luis Snaider Canelo Campos quienes de una u otra forma me dan sus consejos para ser siempre una persona de bien.

Al Dr. Bryan Mendieta y Dr. Nadir Reyes que me apoyan y dan consejos que me ayudan a superarme.

A mis amigos Norlan Caldera y Rosario Rodríguez que me dieron fuerzas para terminar mis estudios de maestría.

A los integrantes del proyecto UNA- Red Maíz Forrajero Norte-Sur quienes me apoyaron y confiaron en mi trabajo para realizar la etapa de campo de mi investigación y culminar mis estudios de maestría.

A Swedish Research Link y la Universidad Sueca de Ciencias Agrícolas por financiar este estudio.

Marcos Antonio Jiménez Campos

## ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
<b>DEDICATORIA</b>	i
<b>AGRADECIMIENTO</b>	ii
<b>ÍNDICE DE FIGURA</b>	iii
<b>RESUMEN</b>	v
<b>ABSTRACT</b>	vi
<b>I INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II OBJETIVOS</b>	3
2.1. Objetivo General	3
2.2. Objetivos específicos	3
<b>III. MARCO DE REFERENCIA</b>	4
3.1 La ganadería en Nicaragua	4
3.2 Maíz ( <i>Zea mays</i> )	5
3.3 Vigna ( <i>Vigna unguiculata</i> )	6
3.4 Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> )	7
3.4.1 Uso de Moringa	7
3.5 Importancia del asocio de cultivos para mejora de ensilajes	8
<b>IV MATERIALES Y MÉTODOS</b>	12
4.1 Localización del experimento	12
4.2 Diseño Metodológico	12
4.2.1 Fase Fermentativa	12
4.2.2 Fase de estabilidad aeróbica	18
4.2.3 Diseño experimental	20
4.2.4 Variables evaluadas	21
<b>V RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	22
5.1. Fase Fermentativa Anaeróbica	22

5.1.1 Materia Seca (MS)	22
5.1.2 Proteína Cruda	23
5.1.3 Fibra ácido detergente	25
5.1.4 Ceniza	27
5.1.5 Digestibilidad in vitro de la materia seca	28
5.1.6 pH	30
5.1.7 Nitrógeno amoniacal((NH <sub>3</sub> ))	31
5.2. Fase de Estabilidad aeróbico	32
5.2.1 MS y PC	32
5.2.2 FAD y Ceniza	34
5.2.3 DIVMS	36
5.2.4 pH	37
5.2.5 Tiempo de deterioro	39
<b>VI CONCLUSIONES</b>	<b>41</b>
<b>VII LITERATURA CITADA</b>	<b>42</b>

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Envase desinfectado, etiquetado y listo para su uso.	13
2. Corte de Maíz ( <i>Zea mays</i> ) var. NB-6 y <i>Vigna unguiculata</i> para realizar el cálculo de inclusión de Vigna en el ensilaje de maíz.	14
3. Compactación de micro silos con diferentes proporciones de biomasa de Maíz ( <i>Zea mays</i> ) var. NB-6, <i>Vigna unguiculata</i> y <i>Moringa oleifera</i> Lam.	15
4. Microsilos en área experimental de Red Maíz, con los diferentes tratamientos en estudio.	16
5. Pesaje de control de los microsilos cada 24 h.	17
6. Control de temperatura y humedad relativa.	17
7. Unidad experimental Ashbell para realizar prueba de estabilidad aeróbica.	18
8. Área experimental de fase aeróbica.	19
9. Materia seca (MS) de los ensilajes de Maíz ( <i>Zea mays</i> ) mezclado con Vigna ( <i>Vigna unguiculata</i> ) y Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ).	22
10. Valores de Proteína Cruda (PC) encontrados en los ensilajes de Maíz ( <i>Zea mays</i> ) mezclado con Vigna ( <i>Vigna unguiculata</i> ) y Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ).	24
11. Valores de Fibra acido detergente (FAD) de ensilajes de Maíz ( <i>Zea mays</i> ) mezclado con Vigna ( <i>Vigna unguiculata</i> ) y Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ).	26
12. Valores de Ceniza de en los en ensilajes de Maíz ( <i>Zea mays</i> ) mezclado con Vigna ( <i>Vigna unguiculata</i> ) y Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ).	27
13. Valores de Digestibilidad <i>invitro</i> de la materia seca (DIVMS) para los ensilajes de Maíz ( <i>Zea mays</i> ) mezclado con Vigna ( <i>Vigna unguiculata</i> ) y Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ).	29
14. Valores de pH de los ensilajes de Maíz ( <i>Zea mays</i> ) mezclado con Vigna ( <i>Vigna unguiculata</i> ) y Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ).	30
15. Valores de Nitrógeno amoniacal (NH <sub>3</sub> ) en los ensilajes de Maíz ( <i>Zea mays</i> ) mezclado con Vigna ( <i>Vigna unguiculata</i> ) y Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ).	31
16. Valores de Materia Seca (a) y Proteina Cruda (b) encontrados en la estabilidda aeróbica de los ensilajes de Maíz ( <i>Zea mays</i> ) mezclado con Vigna ( <i>Vigna unguiculata</i> ) y Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ).	33
17. Valores de Fibra acido detergente (a) y Ceniza (b) encontrados en la estabilidad aerobica de los ensilajes de Maíz ( <i>Zea mays</i> ) mezclado con Vigna ( <i>Vigna unguiculata</i> ) y Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ).	35

18.	Valores de Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca encontrados en la estabilidad aeróbica de los ensilajes de Maíz ( <i>Zea mays</i> ) mezclado con Vigna ( <i>Vigna unguiculata</i> ) y Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ).	36
19.	Valores de pH encontrados en la estabilidad aeróbica de los ensilajes de Maíz ( <i>Zea mays</i> ) mezclado con Vigna ( <i>Vigna unguiculata</i> ) y Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ).	38
20.	Comportamiento del tiempo en la estabilidad aeróbica de los ensilajes de Maíz ( <i>Zea mays</i> ) mezclado con Vigna ( <i>Vigna unguiculata</i> ) y Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ).	39

---

## RESUMEN

Se realizó un estudio con el objetivo de generar información sobre patrones de fermentación, composición química y estabilidad aeróbica del ensilaje de mezclas de maíz (*Zea mays*) var. NB-6 con *Vigna unguiculata* (L) Walp o *Moringa oleifera* Lam., como alternativa de alimentación en rumiantes. El ensayo se realizó en la Finca Santa Rosa propiedad de la Universidad Nacional Agraria. Compuesto de dos fases: fase fermentativa y fase de estabilidad aeróbica. Los tratamientos fueron: T1 [*Vigna unguiculata* L (Walp) (95 %) + melaza (5%)], T2 [Maíz (*Zea mays*) var. NB-6 (95%) + Melaza (5%)], T3 [*Moringa oleifera* Lam (95%) + Melaza (5%)], T4 [Maíz (*Zea mays*) var. NB-6 (80.75 %) + *Vigna unguiculata* L (Walp) (14.25 %) + melaza (5%)], T5 [Maíz (*Zea mays*) var. NB-6 (80.75 %) + *Moringa oleifera* Lam (14.25) + melaza (5%)]. Las variables evaluadas para la fase anaeróbica fueron: Materia seca (MS), Proteína Cruda (PC), Fibra Ácido Detergente (FAD), Ceniza, Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS), pH y nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), en la fase aeróbica se evaluaron la MS, PC, FAD, Ceniza, DIVMS y pH. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con cinco tratamientos y tres repeticiones por tratamiento. Para evaluar el efecto de las mezclas en cada una de las variables, se utilizó modelos lineales en el Software R. En los resultados se observó que al incluir *Vigna* o *Moringa* en el ensilaje de maíz no afecta los patrones de fermentación para un buen ensilaje. Se encontró diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) para las variables MS, PC, Ceniza, DIVMS y NH<sub>3</sub>, sin embargo, hay un efecto de disminución en la MS, no obstante, aumenta la PC. La estabilidad aeróbica al incluir *Vigna* o *Moringa* presenta mayor pérdida de MS, contrario a PC, FAD, DIVMS y pH. Asimismo, el tiempo de deterioro fue menor al incluir *Moringa*.

Palabras Claves: Ensilajes mixtos, estabilidad aeróbica, composición química, leguminosa, árbol forrajero, gramínea.

## ABSTRACT

A study was conducted with the objective of generating information on fermentation patterns, chemical composition and aerobic stability of corn (*Zea mays*) var. NB-6 silage mixtures with *Vigna unguiculata* (L) Walp or *Moringa oleifera* Lam. as an alternative feed for ruminants. The trial was carried out at the Santa Rosa Farm, property of the National Agrarian University. It consisted of two phases: fermentation phase and aerobic stability phase. The treatments were: T1 [*Vigna unguiculata* L (Walp) (95 %) + molasses (5%)], T2 [Corn (*Zea mays*) var. NB-6 (95%) + Molasses (5%)], T3 [*Moringa oleifera* Lam (95%) + Molasses (5%)], T4 [Corn (*Zea mays*) var. NB-6 (80.75 %) + *Vigna unguiculata* L (Walp) (14.25 %) + molasses (5%)], T5 [Maize (*Zea mays*) var. NB-6 (80.75 %) + *Moringa oleifera* Lam (14.25) + molasses (5%)]. The variables evaluated for the anaerobic phase were: dry matter (DM), crude protein (CP), acid detergent fiber (ADF), ash, in vitro digestibility of dry matter (IVDMD), pH and ammonia nitrogen (N-NH<sub>3</sub>). In the aerobic phase, DM, CP, ADF, ash, IVDMD and pH were evaluated. A completely randomized design (CRD) was used, with five treatments and three replicates per treatment. To evaluate the effect of the mixtures on each of the variables, linear models were used in R software. The results showed that the inclusion of *Vigna* or *Moringa* in corn silage does not affect the fermentation patterns for good silage. Significant difference ( $p > 0.05$ ) was found for DM, CP, Ash, DIVMS and NH<sub>3</sub> variables, however, there is a decreasing effect on DM, however, CP increases. Aerobic stability when including *Vigna* or *Moringa* presented greater DM loss, contrary to CP, FAD, DIVMS and pH. Likewise, the deterioration time was shorter when *Moringa* was included.

**Keywords:** Mixed silages, Aerobic stability, Chemical composition, leguminous, forage tree, gramínea

## I. INTRODUCCIÓN

En Nicaragua las explotaciones ganaderas han venido sufriendo una reducción sostenida en la producción y reproducción, esto se relaciona con que la alimentación del ganado es principalmente a base de pasturas tropicales naturales y naturalizadas, muy poca o nula suplementación. Desde hace varios años los productores han observado, además, que las pasturas se han degradado tanto por las variaciones climáticas como por el mal manejo que se les realiza, estos son factores, entre otros, que limitan la intensificación de la ganadería a nivel nacional.

Los problemas de disponibilidad y calidad de los pastos tropicales se agudizan aún más en la sequía cíclica; generada tanto por efecto de la variabilidad climática, así como por el cambio climático; experimentada en las unidades de producción ganadera ubicadas en el trópico seco nacional. Para solventar estos problemas se han generados diversas alternativas técnicas en las que podemos mencionar: conservación de forraje, manejo adecuado de cultivos forrajeros, uso de variedades vegetales promisorias, concentrados utilizando recursos locales, sistemas agroforestales y suplementos de diversa índole.

El ensilaje es una técnica de conservación de forrajes por la vía húmeda que consiste en la fermentación anaeróbica por un periodo de tiempo determinado (Suárez, 2011, Reyes et al., 2008. Reyes et al. 2009. Romero, 2004). No obstante, esta técnica en el trópico se utiliza fundamentalmente para la conservación de gramíneas tropicales. Los patrones de fermentación y composición química de mezclas de forrajes de maíz con follajes de leguminosas (*Vigna unguiculata* (L) Walp) y follaje de árboles forrajeros (*Moringa oleifera* Lam.) es muy poca conocida.

El Maíz (*Zea mays*) es una gramínea tropical y Somarribas (2007) afirma que tiene un alto rendimiento de biomasa por área (Citado por Castillo et al. 2009. p.134), asimismo, Méndez (2000) confirma que los altos contenidos de carbohidratos solubles (Citado por Castillo et al. 2009. p.134) los cuales favorecen el proceso fermentativo y constituye una excelente fuente energética para la alimentación de rumiantes (Cárdenas et al., 2003; Ruiz et al. 2009).

En los últimos años se han incorporado leguminosas herbáceas y leñosas en la alimentación animal por presentar el potencial alta producción de biomasa con altas concentraciones de proteína cruda (PC). Entre las especies herbáceas de leguminosas se puede destacar *Vigna*

(Caupí) como una planta de amplia distribución en los trópicos y contenidos proteicos de entre 22.5 a 25.6 % (Antova et al. 2014, p146-152), con producción de biomas seca de 12.7 ton ha<sup>-1</sup> (Sanclemente et al., 2015, p.51), por otro lado, Moringa ha mostrado ser una alternativa viable para la elaboración de ensilajes de alta calidad en el trópico y contenidos proteicos de (Reyes-Sánchez y Mendieta-Araica. 2017; Rodríguez. 2011).

Este estudio se desarrolló a fin de estudiar los patrones fermentativos y composición química de diferentes mezclas de Maíz (*Zea mays*) con follaje de *Vigna unguiculata* (L) Walp o con *Moringa oleifera* Lam.

## II. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo General

- Generar información sobre patrones de fermentación, composición química y estabilidad aeróbica del ensilaje de mezclas de maíz (*Zea mays*) var. NB-6 con *Vigna unguiculata* (L) Walp o con *Moringa oleifera* Lam. como alternativa de alimentación en rumiantes.

### 2.2 Objetivos específicos

- Evaluar los patrones de fermentación de mezclas de Maíz (*Zea mays*) var. NB-6 con *Vigna unguiculata* (L) Walp o con *Moringa oleifera* Lam.
- Determinar la composición química (Materia seca MS, proteína cruda PC, fibra ácido detergente FAD, digestibilidad in vitro de la materia seca DIVMS, cenizas, pH) de ensilajes de mezclas de Maíz (*Zea mays*) var. NB-6 con *Vigna unguiculata* (L) Walp o con *Moringa oleifera* Lam.
- Evaluar la estabilidad aeróbica (tiempo al deterioro, pH del material deteriorado) del ensilaje de mezclas de Maíz (*Zea mays*) var. NB-6 con *Vigna unguiculata* (L) Walp o con *Moringa oleifera* Lam.

### **III. MARCO DE REFERENCIA**

#### **3.1. La ganadería en Nicaragua**

La actividad ganadera se ha encontrado en un franco crecimiento, destacando que a nivel nacional el hato ganadero ha alcanzado a tener alrededor de 5 millones 200 mil cabezas de ganado. Según datos de la Federación de Asociaciones Ganaderas de Nicaragua [FAGANIC] (2020),

“Nicaragua cuenta con: 163,600 fincas ganaderas, de las cuales el 85% son pequeños y medianos productores (138,000), siendo 5,600,000 manzanas dedicadas a la ganadería. Existencia de 1,250,000 vacas en producción con promedios de producción de 3.7 lts/vaca/día, para un total de 4,600,000 de litros de leche por día”  
(p.2)

La ganadería bovina en Nicaragua se caracteriza como en el resto del trópico latinoamericano por sus bajos índices productivos. Las causas de esta situación se encuentran en diferentes factores de tipo técnico y gerencial de los productores. Dentro de los factores técnicos podemos mencionar la baja calidad y disponibilidad del forraje utilizado y prácticas inadecuadas de manejo, sumado al bajo potencial productivo de los animales (valor genético de los mismos).

La búsqueda de nuevas alternativas de alimentación, basada en el uso de gramíneas y leguminosas adaptadas y que requieren bajos insumos se convierten en la principal fuente de alimentación en el trópico más aun durante la época seca, para reemplazar el uso de pasturas nativas o naturalizadas de baja producción y calidad bajo manejo no adecuado (degradadas) (Argel, 2000, p.198-218).

En este sentido, las estrategias para mitigar los efectos del verano sobre los animales que permitan mantenerlos en buenas condiciones corporales, productividad y además disminuir los costos de producción que se tienen por el uso de alimentos concentrados. Dentro de estas alternativas están el uso de conservación de forrajes verdes mediante fermentación

anaeróbica que permitan mantener y conservar la calidad nutritiva del pasto verde durante mucho tiempo.

De manera general los productores de las zonas tropicales acostumbran a realizar ensilajes a base de gramíneas (pastos, caña de azúcar, sorgo, maíz, etc.) los cuales presentan un alto valor energético pero un bajo valor proteico, las mezclas de gramíneas y leguminosas durante el proceso de ensilaje mejora tanto el contenido de proteína como el valor de digestibilidad del alimento ensilado (Titterton y Bareeba, 2006. Párr.4).

### **3.2. Maíz (*Zea mays*)**

A nivel mundial, el 37% de la producción de cereales se destina a producción de proteína animal, siendo el más destacado como fuente de energía el maíz (Bertsch, 2019, par.3) y altos rendimientos de biomasa aérea (Zapa, 2020, p.10).

De igual manera Cubero et al. (2010), Oramas y Vivas (2007), coinciden en señalar que el Maíz es un cultivo que se puede ensilar, por su capacidad de adaptación a diferentes latitudes, ciclo de cosecha cortos, producciones de forraje verde entre 30 a 50 t M.V. ha<sup>-1</sup>, alta concentración de carbohidratos fermentables que ayudan a la presencia de microorganismos productores de ácido láctico. Además, Abdelhadi (2007), destaca la concentración energética (1.49 Mcal ENL.kg<sup>-1</sup> MS) y su baja cantidad de proteína. (p.115)

En Nicaragua el instituto nicaragüense de tecnología agropecuaria (INTA, 2010) ha estudiado y mejorado diferentes variedades de Maíz para producción de grano con ciclos de cultivos corto, medio y largo. Así mismo por ser básico en la alimentación humana y por estar constituido de almidón (77%), azúcares (2%), proteína (9%), aceites (5%), pentosas (5%) y ceniza (2%) que son de importancia para la nutrición. (p.4)

Asimismo, el INTA (2010), reporta que:

“el Maíz NB-6 es una variedad mejorada de ciclo intermedio de 110 d de excelente vigor y aspecto de mazorca, el grano tolera el daño ocasionado por el gorgojo y la planta es tolerante al achaparramiento. NB-6 es una variedad que responde bien a las aplicaciones de agroquímicos y se puede manejar con prácticas culturales adecuadas, lo que permite una menor afectación del sistema ecológico y una gran adaptabilidad a las diferentes regiones agroclimáticas de Nicaragua”. (p.5)

### **3.3. Vigna (*Vigna unguiculata*)**

Estudios realizados por Antova et al. (2014) reportan un porcentaje de proteína para *Vigna* entre 22,5 a 25,6%, almidón del 28,3 a 36,2%, grasas de 1,3 a 1,9%, fibra de 1,7 a 3,0% y minerales de 3,2 a 3,7% (p.4). Así mismo De-Paula et al. (2018) mencionan que posee factores antinutricionales y la cantidad depende del genotipo y del ambiente que lo rodea. Estos factores son; los inhibidores de tripsina, taninos, ácido fítico y hemaglutinina, pero con valores inferiores a 10 mg g<sup>-1</sup> favorece la absorción de minerales y mejora los indicadores bioquímicos relacionados con el hierro y zinc. (p.31)

Chaparro et al., (2009) al investigar la Composición y factores antinutricionales de las semillas del género *Mucuna*. Determino que no hay rango del contenido de ácido fítico, sino que su importancia radica en que menos presencia es mayor la disponibilidad de minerales y proteínas para la absorción durante el consumo. (p.4847)

Por su valor nutritivo y palatabilidad, Peters et al., (2006), recomiendan “el uso de *Vigna* por ser alta en proteína, digestibilidad por encima del 80% y alta palatabilidad, usado en concentrado de grano, harinas de hojas, heno, ensilaje, abono verde, fuente forrajera para alimentación de monogástricos y poligástrico”. (p.5)

### **3.4. Moringa (*Moringa oleifera*)**

Al realizar investigaciones en Moringa (*Moringa oleifera*) Mendieta-Araica y Reyes-Sánchez (2017) lo recomiendan como una alternativa sostenible de alimentación animal ante el cambio climático por ser rico en proteínas, minerales, beta-caroteno, tiamina, riboflavina y otras vitaminas, particularmente las vitaminas A y C. De igual manera mencionan que se utiliza toda la planta para la alimentación animal. (p.10)

De igual manera Rodríguez (2011), al evaluar la composición química del follaje fresco y ensilaje de Moringa reporta valores de 241.20 y 217.70 g kg<sup>-1</sup>MS para Moringa en fresco y ensilado respectivamente; en relación con el contenido de FND y FAD para Moringa en fresco reporta valores de 365.20 y 319.70 g kg<sup>-1</sup>MS de forma respectiva, así mismo para Ensilaje de Moringa valores de 354.80 y 326.00 g kg<sup>-1</sup>MS para FND y FAD respectivamente. (p.15)

#### **3.4.1. Uso de Moringa**

Al estudiar el uso de Moringa como forraje alternativo para vacas lecheras en Nicaragua, Mendieta-Araica et al., (2011), encontró que el uso depende del nivel de intensificación de las lecherías y recomienda que se debe de consumir por el animal al menos doce horas antes del ordeño, de lo contrario, algunos polifenoles aromáticos presentes en las hojas de Moringa, transferirán su olor a la leche, brindándole a esta un ligero olor a hierba, que puede ser causa de rechazo por algunos consumidores. (p.12)

Rodríguez (2011), al alimentar vacas lecheras con Moringa en fresco o ensilado y su efecto sobre la producción, composición y calidad de leche, determino que el marango se puede usarse en la dieta de las vacas sin afectar su consumo, digestibilidad y producción de leche, así mismo las características organolépticas de la leche y queso se ven afectadas cuando se ofrece el marango fresco no así de forma ensilada donde las características de los productos antes mencionados no se ven alterados. (p.23)

En estudios realizados por Garcia (2009) encontro que la Moringa mejora el ensilaje, aumentando la proteina , pH y fibra siendo estas características optimas para ensilar (p.13). Asimismo, Gutierrez et al., (2015), al evaluar la composición química y degradabilidad ruminal *in situ* de ensilaje mixto con *Pennisetum purpureum* cv Cuba CT-169 y Moringa, concluyo que la Moringa es una opción viable de conservación para arboles forrajeros combinados con gramíneas. (p.14)

### **3.5. Importancia del asociados de cultivos para mejora de ensilajes**

El Maíz con las leguminosas es la asociación más común en la agricultura de pequeños productores. Godoy et al., (2011), al estudiar la evaluación de dos variedades de leguminosas durante tres épocas de siembra bajo sistema de cultivo asociado con Maíz, encontraron que hay un equilibrio, al competir por luz, agua, nutrientes y de complementación como es el caso del soporte prestado por un cultivo a otro, esto permite el aprovechamiento de la tierra y un mejor rendimiento. (p.6)

Por otra parte, Jiménez et al., (2005), al estudiar los rendimiento y calidad del ensilaje de canavalia (*Canavalia ensiformis*) en monocultivo y asociada con Maíz, evidencia que, al asociar cultivos, esta mejora la eficiencia de la tierra y al introducir una leguminosa en las pasturas, podemos aumentar la ganancia de peso del animal sin disminuir las reservas del suelo (p.3). Por otra parte, al ensilar el maíz y canavalia sembrado en asocio de cultivo, mejoraron la digestibilidad del ensilado. (p.7)

Al estudiar la Producción de ensilaje de Maíz blanco (*Zea mays L.*) de alto valor proteico con y sin mazorca asociado con dos leguminosas anuales, Lablab (*Lablab purpureus L.*) y Crotalaria (*Crotalaria júncea L.*), Zavala et al. (2011) demostraron que las asociaciones Maíz-leguminosa beneficiaron el rendimiento de materia seca, la inhibición de maleza y la riqueza proteica del ensilaje. (p.158)

En estudios realizados por Castillo et al., (2009), encontraron que los valores nutricionales del ensilaje de Maíz cultivado en asocio con Vigna (*Vigna radiata*) encontraron que la adición de 2% de melaza, fue donde se obtuvo los mejores parámetros de valor nutricional y capacidad fermentativa, en los valores de FND y FAD de la asociación Maíz - Vigna favorecen un ambiente ruminal y DIVMS. (p.141)

Al investigar el efecto de los ensilajes de maíz y mezclas de maíz con leguminosas (*Vigna umbellata*, *Dolichus lablad*, *Cajanus cajan*, *Mucuna pruriens*), encontraron que, al ensilar leguminosas con Maíz, se mejora el valor nutritivo del silo, incrementando el contenido de PC y disminuyendo la FND, (Arteta y Zamora, 2005, p.19).

Jaramillo (2018), al evaluar el rendimiento y calidad forrajera de la asociación de Maíz (*Zea mays*) y Vigna (*Vigna unguiculata*) como forraje verde y micro ensilado, determinó que la estabilidad aeróbica en los microsilos tiende a ser menos estable al aumentar la proporción de Vigna, esto es causado por el efecto tampón que aumenta el pH produciéndose una incorrecta fermentación durante el proceso de ensilaje. (p.6)

Estudio realizado por Castillo et al. (2009), encontraron que el contenido de PC se incrementa lo que favorece un mejor aprovechamiento del contenido ruminal, por una mejor relación energía-proteína, a su vez se incrementan los contenidos de FDN y FDA por una posible incorporación fibrosa de vainas de Vigna, lo que favorece un ambiente ruminal adecuado y una tasa de aprovechamiento por parte del animal, lo cual se refleja en la DIVMS que presentaron los tratamientos en estudio. El ensilaje de maíz-vigna presento un contenido energético alto, comparable con diversos forrajes empleados en la alimentación animal y un alto aprovechamiento de la proteína presente en el material. (p.136)

Al evaluar el ensilaje de maíz asociado con diferentes tipos de leguminosas (*Glicine max*, *Cajanus cajan*, *Crotalaria juncea*, *Stilozobium aterrimum*), se mejoraron la producción de

MS y PC, mejorando el consumo y la ganancia diaria, excepto con *S. aterrinum* que disminuyó la producción de forraje, obteniendo los menores consumos y ganancias de peso (Obeid, Gomide y Cruz, 1992, p.35).

León y López (2009), reportan valores de 9.3% PC, 25.3% MS, 62% FND y 38.5% FAD, en ensilaje de maíz mezclado con frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*) en proporción 60:40, no encontraron diferencias al compararlo con ensilaje de caña de azúcar al utilizarlos como forraje para vaquilla de reemplazo (p.10)

Autores como Iglesias et al. (1992), al utilizar un ensilaje mixto compuesto de maíz más *Dolichus lablab* reportaron un valor nutricional en relación con la PC de 13.42%, FB 25.5%, lo que se concluye en una buena opción de rumiantes para la época seca (p.73)

Al evaluar la composición química de la materia seca en ensilaje mixto de *Pennisetum purpureum* cv Cuba CT-169 y forraje arbóreo de *Moringa oleifera* en microsilo y a diferentes proporciones durante un periodo de fermentación de 62 días, obtuvieron variaciones conforme la participación creciente de la Moringa en el ensilaje; práctica que indica una opción viable para la conservación de forrajes arbóreos combinados con gramíneas tropicales (Gutiérrez et al., 2015, p.11).

Trabajo realizado por García (2009), al evaluar microsilos elaborados con diferentes materiales y combinaciones (*Moringa oleifera*, *Sacharum officinarum*, *Pennisetum purpureum* y melaza) encontró que los ensilados donde se incluyó *Moringa* presentaron los mejores parámetros químicos, siendo una opción viable para los productores. (p.10)

Trabajo realizado por Acevedo y Zeledón (2009) al evaluar la estabilidad aeróbica de ensilajes de Moringa con diferentes proporciones de *Pennisetum purpureum*, *Sacharum*

*officinarum* y Melaza, demostraron que las mayores pérdidas de MS se obtuvieron en ensilajes de caña seguido de los ensilajes de Moringa, los valores más altos de pH y producción de CO<sub>2</sub> mostraron los ensilajes con combinaciones de Moringa. A su vez las mayores pérdidas de PC en ensilajes con mayor contenido de Moringa fueron mínimas. La combinación de Moringa y *Sacharum officinarum* resultaron desde el punto de vista de estabilidad aeróbica una mezcla satisfactoria, pero cuando Moringa estaba en pequeñas proporciones resultaron ser las más estables. (p.13)

## **IV.- MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1 Localización del experimento**

El experimento se realizó en la finca Santa Rosa de la Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua, localizada geográficamente a los 12° 08' 15'' latitud Norte y 86° 09' 36'' longitud Oeste. A una altitud de 56 msnm, la temperatura promedio anual es de 27.4 °C y precipitación anual de 1,200 mm (Instituto Nicaragüense de estudios territoriales [INETER], 2019)

### **4.2 Diseño Metodológico**

Se diseñó un experimento con dos fases: Fase fermentativa y Fase de estabilidad aeróbica.

#### **4.2.1. Fase fermentativa**

##### ***Preparación de Microsilos***

El ensilaje se preparó en microsilos, donde se utilizó envases de vidrios, con su respectiva tapa, con capacidad de 1.9 Kg. En el centro de la tapa se realizó un orificio de 1.25 cm para adaptarle un niple espiga de plástico con su arandela hexagonal, al cual se colocó una fracción de manguera de media pulgada de 5.5 cm de largo donde se instaló una trampa de fermentación. Una vez instalado el mecanismo de trampa de fermentación se procedió a sellar con silicón transparente con grado de construcción y marino.

Los micro silos fueron lavados con detergente y agua con hipoclorito de sodio al 1 % para su desinfección, dejando secar a temperatura ambiente. (ver figura 1)



Figura 1. Envase desinfectado, etiquetado y listo para su uso

Fuente: Propia

### ***Preparación del material a ensilar***

Los materiales utilizados para el ensilado fueron Maíz (*Zea mays*) var. NB-6, *Vigna unguiculata* L (Walp), *Moringa oleifera* Lam y Melaza de caña de azúcar.

El material de maíz y Vigna fue cosechado de un área experimental del Proyecto red maíz forrajero norte-sur ubicada en la finca El Plantel propiedad de la Universidad Nacional Agraria. El maíz fue cosechado en un estado de grano lechoso a pastoso con edad de 77 días después de la siembra. Para determinar el grado de leche del maíz, se realizaba una prueba cortando la mazorca a la mitad y definir por observación la línea de leche cuando esta se encontró entre 1/4 a 2/3 del llenado del grano que es cuando el ensilado de maíz proporciona mayor ingestión de materia seca digestible y mayor producción de leche que cualquier otro estado de madurez.

El maíz utilizado se extrajo del área útil de la parcela y se cortó a una altura de 20 cm por encima del suelo para eliminar la parte de la planta menos digestibles (González et al., 2005, p.395). Se pesó el material en el campo para conocer el peso fresco y se extrajo una muestra

de 500 g para enviarla al laboratorio de bromatología de la Facultad de Ciencia Animal (FACA) y realizar los análisis de calidad del material.

Para el cálculo de la proporción de Vigna (con edad de 60 días) se realizó el corte en la parcela útil, las plantas de maíz y caupí fueron cortadas por separado (ver figura 2), contando el número de planta y pesándolas en una balanza colgante digital KERN HCB de 50 kg, para conocer el peso total encontrado en el campo. Considerando el peso se procedió a extrapolar para calcular el porcentaje de inclusión de caupí. La Moringa fue cosechada con edad de 45 días de rebrote, en el área experimental de la FACA. El porcentaje de inclusión de marango en el ensilaje fue la misma que la Vigna.



Figura 2. Corte de Maíz (*Zea mays*) var. NB-6 y *Vigna unguiculata* para realizar el cálculo de inclusión de Vigna en el ensilaje de maíz

Fuente: Propia

Una vez pesado el material de Maíz, Moringa y Vigna se deshidrataron bajo sombra durante cuatro horas para eliminar el exceso de agua. Los materiales fueron picados en una picadora estacionaria propiedad de la Finca Santa Rosa, para obtener partículas aproximadamente de 2.5 cm de longitud para facilitar la compactación. La melaza utilizada en el ensilaje fue comercial presentando buen estado de pureza.

***Los diferentes tratamientos que se aplicaron en el ensilaje fueron:***

**Tratamiento 1:** *Vigna unguiculata* L (Walp) (95 %) + melaza (5%)

**Tratamiento 2:** Maíz (*Zea mays*) var. NB-6 (95%)+ Melaza (5%)

**Tratamiento 3:** *Moringa oleifera* Lam (95%) + Melaza (5%)

**Tratamiento 4:** Maíz (*Zea mays*) var. NB-6 (80.75 %) +*Vigna unguiculata* L (Walp) (14.25 %) + melaza (5%)

**Tratamiento 5:** Maíz (*Zea mays*) var. NB-6 (80.75 %) + *Moringa oleifera* Lam (14.25) + melaza (5%)

### ***Llenado de Microsilos***

Los vasos de los microsilos fueron pesados en una balanza de precisión digital KERN EWN con lectura de 0.01 gramos y rotulados para la identificación de los diferentes tratamientos. Una vez preparado la materia prima (cortada, picada, pesada) se procedió a colocar un plástico en un área embaldosada donde se prepararon las combinaciones definidas para cada tratamiento para luego llenar cada microsilo en capas de 5 cm de grosor que eran compactadas primeramente con las manos y luego utilizando un pedazo de cuartón de madera cilíndrica de 5 cm de grosor para una mejor compactación.



Figura 3. Compactación de micro silos con diferentes proporciones de biomasa de Maíz (*Zea mays*) var. NB-6, *Vigna unguiculata* L (Walp) y *Moringa oleifera* Lam.

Fuente: Propia

Una vez terminado el llenado del microsilo, se pesó solo el silo con el material a ensilar, se colocó la tapa (con trampa de fermentación) que fue sellada con silicón para prevenir el ingreso de oxígeno y se procedió a trasladar los silos al área experimental de red maíz para llenar con agua la trampa y pesar el microsilo. (ver figura 4).



Figura 4. Microsilos en área experimental de Red Maíz, con los diferentes tratamientos en estudio

Fuente: Propia

#### ***Manejo de los microsilos durante el ensilaje.***

Concluido el llenado de los microsilos, estos fueron monitoreados durante 120 días, pesando el microsilo cada 24 horas con una balanza digital KERN EW-N con lectura de 0.01 gramos (ver figura 5) y se midió la humedad relativa y temperatura del cuarto con un Termohigrómetro (medidor digital de temperatura y humedad) modelo testo 608-H281, (ver figura 6).



Figura 5. Pesaje de control de los microsilos cada 24 h

Fuente: Propia



Figura 6. Control de temperatura y humedad relativa

Fuente: Propia

#### 4.2.2 Fase de estabilidad aeróbica

La fase de estabilidad aeróbica tuvo una duración máxima de 22 días y se utilizó el método modificado de Ashbell et al., (1990, p.391-393), que consiste en un sistema de laboratorio sencillo construido a partir de tereftalato de polietileno (P.E.T.) de 1,5 L para medir la producción de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) durante el deterioro aeróbico de los ensilados.

Para esta fase, se confeccionaron recipientes para contener el ensilaje a degradar, consistente en botellas de polietileno Tereftalato (PET) con capacidad de 1.5 l. Los recipientes se lavaron con agua y jabón en polvo, se sumergieron en una solución de cloro al 1% para desinfección y se secaron a temperatura ambiente.

Para cada recipiente se utilizaron dos botellas (PET), a una de ellas se le removió la parte superior (a 15 cm del fondo hacia el cuerpo de la botella) para usarla como la base y a la segunda se le perforó un orificio en el centro de la base, para la circulación de aire e introducción de un termómetro. Una vez preparadas ambas secciones se ensamblaron para constituir una unidad Ashbell. (ver figura 7)



Figura 7. Unidad experimental Ashbell para realizar prueba de estabilidad aeróbica

Fuente: Propia

### ***Manejo de la etapa de estabilidad aeróbica***

A los 120 días se procedió a la apertura de los microsilos, se utilizaron guantes de látex estériles a fin de no contaminar el ensilado, se tomaron muestras de 300 g de cada tratamiento y repetición y se enviaron al laboratorio de bromatología de la FACA.

Para la generación de las variables de la estabilidad aeróbica de cada repetición, se tomó material ensilado e individualmente se homogenizó dentro de una bolsa plástica durante cinco minutos. Luego se tomó una muestra de 250 gramos y se depositó en el interior de la unidad Ashbell, insertando el termómetro para medir la temperatura cada dos horas (ver figura 8)

Para prevenir el deterioro por insectos se procedió a colocar una tela de mosquitero (1.5 mm de diámetros) sobre los recipientes experimentales. (ver figura 8)



Figura 8. Área experimental de fase aeróbica

Fuente: Propia

### ***Medición de la etapa de estabilidad aeróbica***

Se monitoreó la temperatura de cada unidad experimental cada dos horas con ayuda de un termómetro. Asimismo, la humedad relativa y temperatura del laboratorio donde estaban ubicados los microsilos con un termohigrómetro (medidor digital de temperatura y humedad) modelo testo 608-H281.

#### **4.2.3. Diseño experimental**

Para este estudio se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con cinco tratamientos y tres repeticiones por tratamiento, para un total de 15 unidades experimentales (microsilos).

El modelo aditivo lineal usado fue

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$ : representa la j-ésima observación del i-ésimo tratamiento

$\mu$ : representa la media poblacional

$T_i$ : efecto del i-ésimo tratamiento

$E_{ij}$ : representa el error aleatorio

Para evaluar el efecto de las mezclas en cada una de las variables durante las fases anaeróbica y aeróbica se utilizó modelos lineales. En cada caso, después del ajuste del modelo, se realizó análisis de residuales para detectar omisión a los supuestos de homocedasticidad y normalidad por medio de inspección visual de gráficos. Para remediar las violaciones a los supuestos anteriores, se utilizó modelos lineales robustos para FAD y DIVMS (estimador “biweight MM”) de la fase anaeróbica, y para PC (estimador “biweight MM”), pH y Ceniza (ponderaciones Huber) de la fase aeróbica.

Se utilizó un modelo lineal ajustado por mínimos cuadrados generalizados usando una estructura de función de varianza que permitiera diferentes varianzas por estrato para el tiempo de deterioro aeróbico.

Se realizó comparaciones múltiples usando la Prueba Honesta de Tukey. Todos los análisis fueron realizados con el software estadístico R (2020).

#### **4.2.4. Variables evaluadas**

##### ***Fase fermentación anaeróbica***

Para la fase de fermentación anaeróbica se tomaron muestras de 300 g de cada ensilaje por cada ensilaje y se enviaron al laboratorio de bromatología de la FACA para la determinación de Materia seca (MS), Proteína Cruda (PC), Fibra Ácido Detergente (FAD), Ceniza, Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS), pH y nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>3</sub>).

Las unidades de medida para MS, PC, FAD, Ceniza fueron g kg<sup>-1</sup>. Para la DIVMS y NH<sub>3</sub> fue en porcentaje (%) y el valor absoluto para pH.

##### ***Fase de estabilidad aeróbica***

Para la fase de estabilidad aeróbica se tomaron muestras de 250 g de las unidades experimentales y posteriormente se enviaron al laboratorio de bromatología de la FACA para la determinación de MS, PC, FAD, Ceniza, DIVMS y pH.

Las unidades de medida para MS, PC, FAD, Ceniza fueron g kg<sup>-1</sup>. Para la DIVMS y N-NH<sub>3</sub> fue en porcentaje (%) y el valor absoluto para pH. El tiempo de deterioro aeróbico fue medido en horas.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Fase Fermentativa Anaeróbica

#### 5.1.1. Materia Seca (MS)

En la figura 9 se observan diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos T1 (242 g kg<sup>-1</sup> MS), T2 (362 g kg<sup>-1</sup> MS) y T5 (329 g kg<sup>-1</sup> MS), así mismos no se observó diferencia entre los tratamientos T1 con T3 (225 g kg<sup>-1</sup> MS), T2 con T4 (340 g kg<sup>-1</sup> MS) y T4 con T5.

El comportamiento de la MS de los ensilajes de maíz puede verse como significativamente menor que aquellos en los que se incluyó, ya sea Vigna o Moringa, esto puede ser explicado por los contenidos de MS de ambos materiales infiriéndose que la combinación de estos últimos con el maíz tiene un efecto de disminución en el contenido total de MS de los tratamientos combinados T4 y T5.

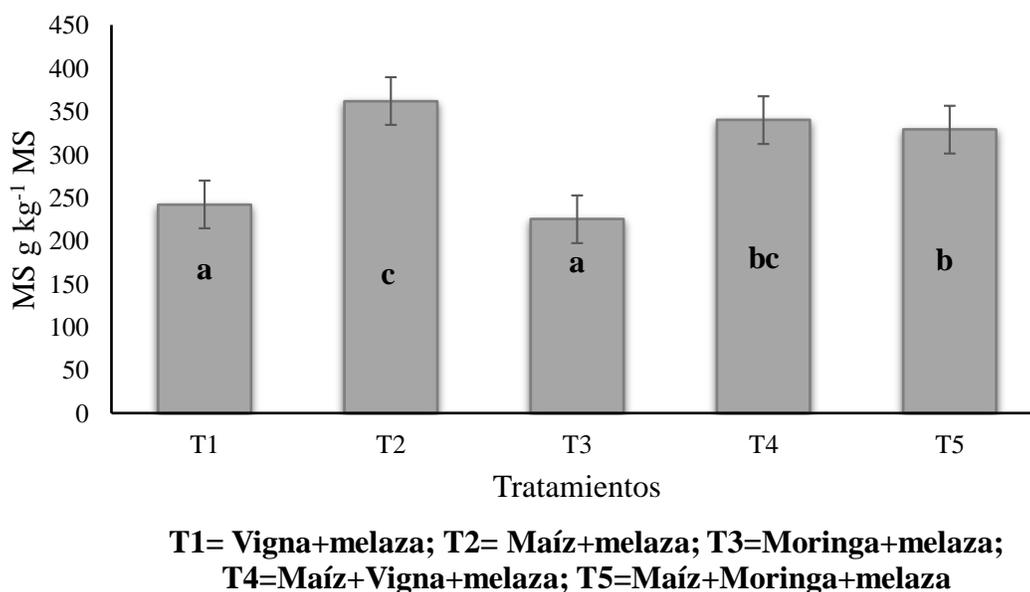


Figura 9. Materia seca (MS) de los ensilajes de Maíz (*Zea mays*) mezclado con Vigna (*Vigna unguiculata*) y Moringa (*Moringa oleifera*)

Investigaciones realizadas por Villegas y Trujillo, (2014), Castillo et al. (2009) e Iglesias et al. (1992) reportan contenidos de MS para ensilajes de maíz en un rango de 300 a 390 g kg<sup>-1</sup> MS, en materiales cosechados en promedio de 86 d, considerando estos valores como

ensilajes de buena calidad y aceptación para los animales. esta calidad del material de maíz se logra cuando la cosecha del material se realiza estando la línea de leche entre la mitad o dos tercios del grano.

Asimismo, Castillo et al. (2009) también señala que si “el material ensilado posee contenidos de 400 g kg<sup>-1</sup> MS o superior, el porcentaje de la fibra y lignina aumenta” (p.139), a su vez Romero (2004) menciona que cuanto “los contenidos de MS aumentan, los almidones se cristalizan, disminuye la digestibilidad, lo cual afecta la calidad del ensilaje” (p.10). Depetris, (2013) menciona que “la calidad del ensilaje está directamente relacionada con el estado de madurez de la planta” (p.63).

Rodríguez (2011, p.15) reporta valores de 267.40 g kg<sup>-1</sup> MS en ensilajes de Moringa a su vez Carvajal y Cuesta (2016, p.125) reportan valores de 284.00 g kg<sup>-1</sup> MS en ensilaje elabora de material de arboreas de Sauco (*Sambuco nigra*) los que se evidencia que al utilizar leguminosas o arbóreas los contenidos de MS disminuyen por contenidos de fibra.

En los resultados de este trabajo puede apreciarse una reducción de la MS en los ensilajes de maíz cuando se incluyen Vigna o Moringa, sin embargo, los mismos están dentro de los contenidos reconocidos como adecuados para ensilajes en zonas tropicales que oscilan entre 18 y 30% de MS (Piñeiro et al., 2004; Intriago et al., 2000).

### **5.1.2. Proteína Cruda**

Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los contenidos de proteína cruda de los tratamientos T1 (245 g kg<sup>-1</sup> MS), T3 (190.1 g kg<sup>-1</sup> MS), T2 (80.8 g kg<sup>-1</sup> MS) y T4 (101.6 g kg<sup>-1</sup> MS); a su vez T4 no difiere estadísticamente ( $p < 0.05$ ) con el tratamiento T5 (96.5 g kg<sup>-1</sup> MS) (ver figura 10).

Estos resultados nos indican que los ensilajes que contenían en su composición leguminosas o material de arbustivas en un 100% presentaron el mayor contenido de proteína cruda

(ensilaje de Vigna y Moringa), sin embargo, los ensilajes de maíz combinados con leguminosas y arbustivas mejoraron sustancialmente los contenidos de proteína en comparación al ensilaje de 100% maíz.

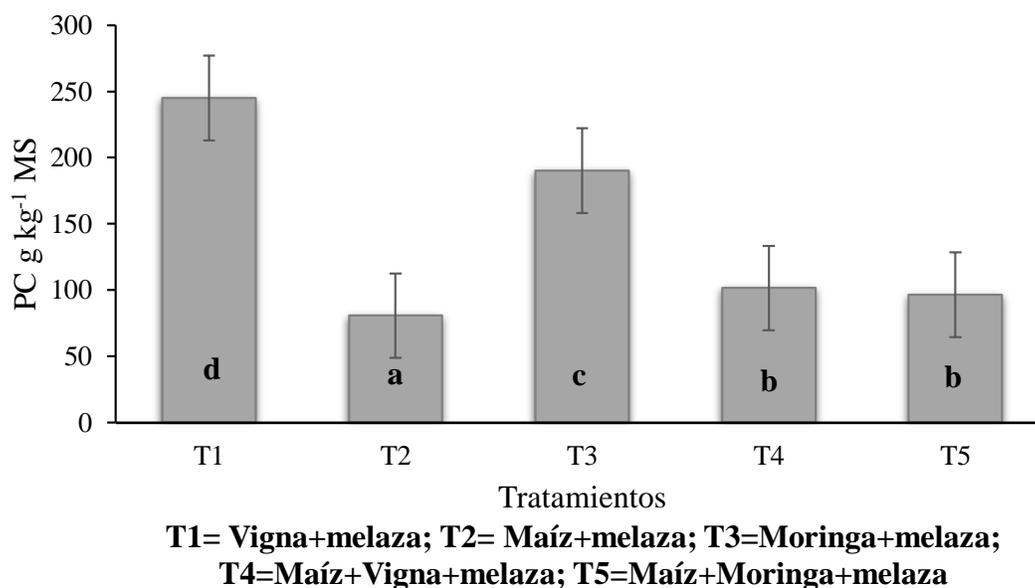


Figura 10. Valores de Proteína Cruda (PC) encontrados en los ensilajes de Maíz (*Zea mays*) mezclado con Vigna (*Vigna unguiculata*) y Moringa (*Moringa Oleifera*)

En relación con el ensilaje de maíz Cubero et al. (2010), p.238) señalan que “este tipo de ensilaje es el más usado para la ganadería”, sin embargo, Abdelhadi (2007, p.115) menciona que este ensilaje presenta contenidos bajos en proteína, de igual manera Cozzolino y Fassio (2003, p.332) reportan contenidos bajos de proteína cruda en ensilajes de maíz utilizando la planta entera (52.3 g kg<sup>-1</sup> MS), en materiales de ciclo largo lo cual es consistente con los resultados encontrados en este estudio

Los valores reportados en este trabajo en relación con el contenido proteico del ensilaje de Moringa (T3) corresponden con Mendieta-Araica et al. (2009, p.367)), quienes reportan valores de 150 y 144 g kg<sup>-1</sup> para ensilajes de marango más melaza en proporciones del 99 y

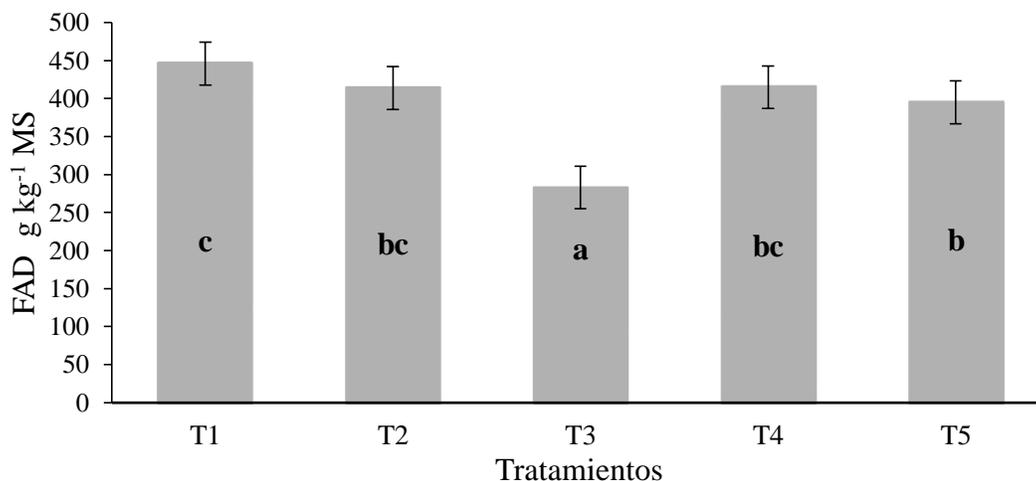
95% de inclusión. Asimismo, Cárdenas et al, (2003, p.283), mencionan que los ensilajes a base de arbustivas presentaron en promedio valores de PC de 87 g kg<sup>-1</sup> MS siendo superiores a ensilaje mixtos de árboles con *Pennisetum purpureum* en diferentes proporciones, y superando al ensilaje 100% de esta gramínea.

Algunos autores como Rodríguez (2011, p.15) reportaron valores de 217.70 g kg<sup>-1</sup>MS, siendo estos superiores a los acá reportados, explicándose esta diferencia en el tipo de material usado en el ensilaje de Moringa, en nuestro caso, se usó tallo, pecíolo y hoja no importando el diámetro de estos, en el caso de Rodríguez (2011, p.5) se usaron materiales con diámetros inferiores a 5 mm.

El uso de Vigna o Moringa muestra una mejora significativa en los contenidos de PC en los tratamientos T4 y T5 debido a los altos contenidos de proteína de dichos materiales. Otros autores han reportado este tipo de efecto para el caso de uso de materiales asociados y reportan un marcado incremento en el contenido proteico cuando el maíz es asociado con Vigna (Geren et al., 2008, p.4102).

### **5.1.3. Fibra ácido detergente**

La fibra detergente ácida mostró diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos T1 (446 g Kg<sup>-1</sup>), T3 (283 g Kg<sup>-1</sup>) y T5 (395 g Kg<sup>-1</sup>), no hay diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos T1 con T2 (414 g Kg<sup>-1</sup>) y T4 (415 g Kg<sup>-1</sup>), así como no hay diferencias entre los tratamientos T2 con T4 y T5. (ver figura 11)



**T1= Vigna+melaza; T2= Maíz+melaza; T3=Moringa+melaza;  
T4=Maíz+Vigna+melaza; T5=Maíz+Moringa+melaza**

Figura 11. Valores de Fibra ácido detergente (FDA) de ensilajes de Maíz (*Zea mays*) mezclado con Vigna (*Vigna unguiculata*) y Moringa (*Moringa oleifera*)

Al evaluar las características fisicoquímicas y funcionales del ensilaje de maíz por Ocanto et al., (2014, p.113), encontraron que “el valor de FAD en los ensilajes está relacionado con la edad de cosecha y calidad de la materia prima, por el incremento del porcentaje de lignina resultante”. A sí mismo, en investigaciones realizadas por Gonzales et al., (2005), Contreras-Govea et al. (2008) encontraron que el aumento de “la FAD está relacionado con la edad fisiológica de la planta, la altura de corte del material a ensilar y variedad”.

La incorporación de Vigna en ensilajes de maíz produjo un leve aumento debido a la incorporación fibrosa por parte de las vainas y el contenido de FAD en las leguminosas es mayor. Según Castillo et al. (2009) “es una característica de las leguminosas el contenido mayor de lignina que las gramíneas”. (p.140)

Contrario comportamiento mostró la incorporación de Moringa, (283 g Kg<sup>-1</sup> MS) esto es por poseer menores cantidad de FAD, Rodríguez (2011, p.15) reporta valores (326 g Kg<sup>-1</sup> MS) mayores a los encontrado en este estudio para ensilaje de moringa y García (2009) encontró 458.8 g Kg<sup>-1</sup> MS al estudiar el efecto de diferentes proporciones de caña de azúcar y Taiwán

sobre la composición química del ensilaje de moringa (p.16). Apráez-Guerrero et al., (2012) reporta valores de 511 g Kg<sup>-1</sup> MS al ensilar avena con arbustiva. (p.28)

#### 5.1.4. Ceniza

El contenido de ceniza (figura 12) presentó diferencia significativa entre T1 (110.7 g Kg<sup>-1</sup> MS), T2 (66.7 g Kg<sup>-1</sup> MS), T3 (95.9 g Kg<sup>-1</sup> MS) y T4 (75.5 g Kg<sup>-1</sup> MS), al contrario, no se encontró diferencia estadística (p<0.05) entre T2 (66.7 g Kg<sup>-1</sup> MS), T4 (75.5 g Kg<sup>-1</sup> MS) y T5(73.2 g Kg<sup>-1</sup> MS). Sin embargo, estos valores están en el rango mencionado por Chaverra y Bernal (2000, p.105), donde indican que contenidos mayores a 120 g Kg<sup>-1</sup> MS, son asociados a contaminación con suelo al momento de la cosecha o elaboración del ensilaje, favoreciendo las fermentaciones secundarias y reducción del consumo.

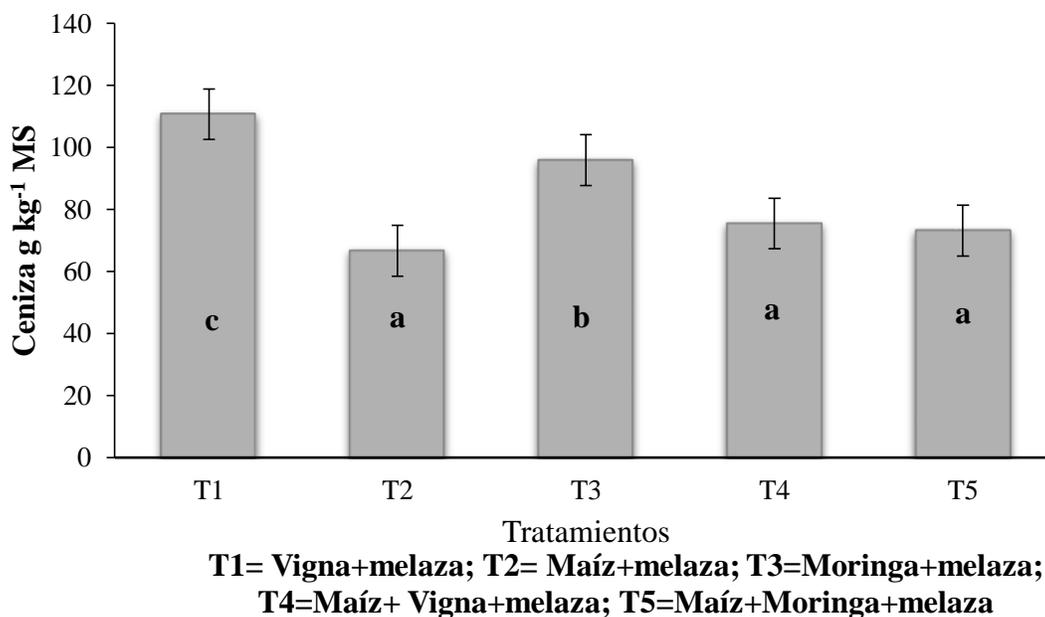


Figura 12. Valores de Ceniza de en los en ensilajes de Maíz (*Zea mays*) mezclado con Vigna (*Vigna unguiculata*) y Moringa (*Moringa oleifera*)

Esto nos indica que en los ensilajes con 100% de leguminosas y árboles forrajero presentaron mayor cantidad de ceniza por la mayor cantidad de minerales que estos poseen y cuando los incorporamos en el ensilaje de maíz se obtienen un aumento en los valores de ceniza por el aporte de minerales que estas realizan.

En estudios realizado por Jiménez-Leyva et al., (2016, p.18), al evaluar la edad de corte en la composición química del ensilado de maíz blanco asgrow7573 a los 105 días, reporta valores de 71 g Kg<sup>-1</sup> MS, siendo valores mayores a lo encontrado en este estudio para ensilaje de maíz (66.7 g Kg<sup>-1</sup> MS) pero con menores días de cosecha (77 días).

Variables como la variedad, la frecuencia de corta, la deshidratación y la inclusión de aditivos podrían afectar el contenido de cenizas en los materiales ensilados (WingChing-Jones y Rojas-Bourrillón, 2006, p.95). Así mismo Castillo et al. (2009, p.137) reporta valores de 58 g Kg<sup>-1</sup> MS y 75 g Kg<sup>-1</sup> MS para ensilaje de maíz con Vigna. Suarez et al., (2011, p.77) al evaluar ensilajes mixtos de *Saccharum officinarum* y *Gliricidia sepium* con la utilización de aditivos reporto valores de 800 hasta 856 g Kg<sup>-1</sup> y García al estudiar el efecto de diferentes proporciones de caña y Taiwán sobre el ensilaje de moringa, reporta valores de 25.8 g Kg<sup>-1</sup> MS.

Valores de 116.10 g Kg<sup>-1</sup> MS son reportados por Rodríguez (2011, p.15) y Gutiérrez et al. (2015, p.11) reporta valores de 196 g Kg<sup>-1</sup> MS para ensilajes de Moringa. Estos valores altos los afirman Reyes-Sánchez y Mendieta-Araica (2017, p 13).

#### **5.1.5. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca**

La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) presentó diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos T1 (62.4 %), T2 (51.8 %) y T3 (69.7 %), asimismo no se encontró diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos T2(51.8 %), T4 (53%) y T5 (54.5 %) (ver figura 13)

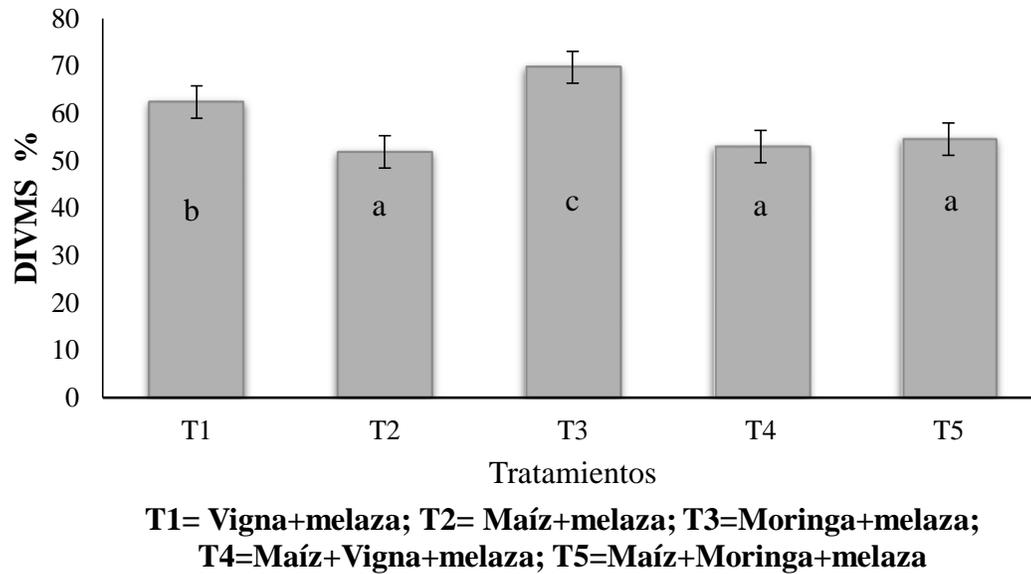


Figura 13. Valores de Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) para los ensilajes de Maíz (*Zea mays*) mezclado con Vigna (*Vigna unguiculata*) y Moringa (*Moringa oleifera*)

La DIVDM es menor en los ensilajes donde se presenta el maíz, y está relacionado a la edad fisiológica de la planta, por realizar la cosecha en la edad reproductiva, también tiene relación con la variedad, por ser mejorada resistente al achaparramiento, mazorca de mayor tamaño, resistente al acame y de ciclo medio, 110 días.

La DIVDM según Cárdenas et al. (2003, p.290) señala que se puede mejorar, dependiendo de la especie que se utilice, la proporción dentro de la mezcla y edad de la planta y al realizar ensilajes mixtos reporta valores de 54.4% y 53%. Así mismo Rodríguez (2011, p.17) reporta valores de 68% para ensilaje de marango, Cárdenas et al. (2003, p.290) encontró valores de 50.9 % para ensilajes de guácimo (*Guásuma ulmifolia*) y 53.8 % para árbol de agua (*Piscidia piscipula*), Massafera et al. (2015, p.234) reporta para ensilaje de madero negro 61.9%.

Para ensilaje de canavalia en monocultivo y asociada con maíz Jiménez et al., (2005, p.33) reportan valores de 69.45 %. Romero (2004, p.7) encontró valores de 63.3% en ensilajes de

alfalfa. Las paredes celulares de leguminosas según Massafra et al. (2015, p.234) se vuelven más lignificadas y menos digeribles a medida que aumenta la edad fisiológica, pero señala que las leguminosas mantienen una mayor tasa de digestión de la pared celular en comparación con los forrajes tropicales.

### 5.1.6. pH

Los valores de pH (figura 15) presentaron diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos T1 (4.25), T2 (3.69), T3 (3.95) y T4 (3.77), no obstante, los tratamientos T4 y T5 (3.79) no presentaron diferencia estadística ( $p < 0.05$ ) entre sí.

Los valores de pH encontrados en los ensilajes en estudio son de excelente calidad, esto lo confirman Reyes et al. (2008), al mencionar que un buen ensilaje posee pH menos de 4.2 pero es aceptable hasta 5 si contiene mayor contenido de materia seca (p.8).

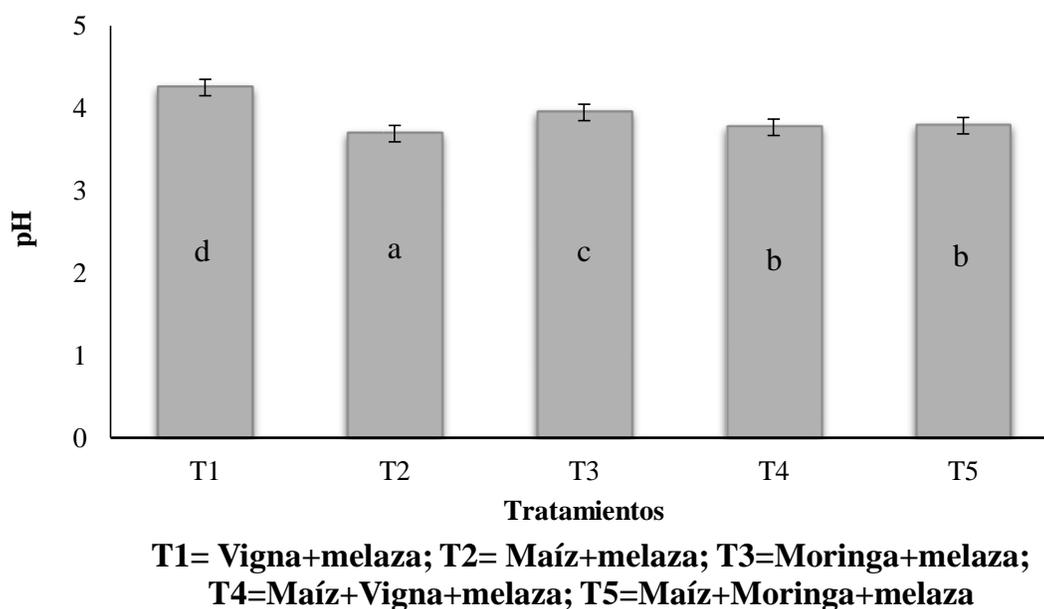


Figura 14. Valores de pH de los ensilajes de Maíz (*Zea mays*) mezclado con Vigna (*Vigna unguiculata*) y Moringa (*Moringa oleifera*)

En investigaciones por Castillo et al. (2009, p.137) en ensilaje de maíz + Vigna reporto valores de 4.6, así mismo Guerrero (2013, p.51) encontró pH de 4.58 en ensilajes de vigna + batata y 4.6 para ensilaje de vigna + canavalia y Gutiérrez et al. (2015, p.13) al ensilar CT-169 + marango encontró pH de 3.9.

Sin embargo, Guerrero (2013, p.51) encontró valores de 5.33 para vigna y 5.19 para ensilaje de canavalia. Ojeda y Montejo (2001) al ensilar morera encontró valores de pH de 5. Massafera et al, (2015) al ensilar *Grilicidia sepium* (madero negro) encontró valores de 4.86. Así mismo Cardenas et al. (2003, párr.36) encontró valores de 4 para ensilajes de guácimo y 3.6 para palo de agua.

### 5.1.7. Nitrógeno amoniacal (NH<sub>3</sub>)

El nitrógeno amoniacal (NH<sub>3</sub>) presenta diferencia significativa (p<0.05) entre los tratamientos T2 (4.96 %) y T3 (3.29 %), no obstante, no se encontró diferencia estadística (p<0.05) entre los tratamientos T1 (4.34 %) con T2, T4 (4.73 %) y T5 (4.45 %), igual manera para T1 con T3 y T5 (ver figura 16).

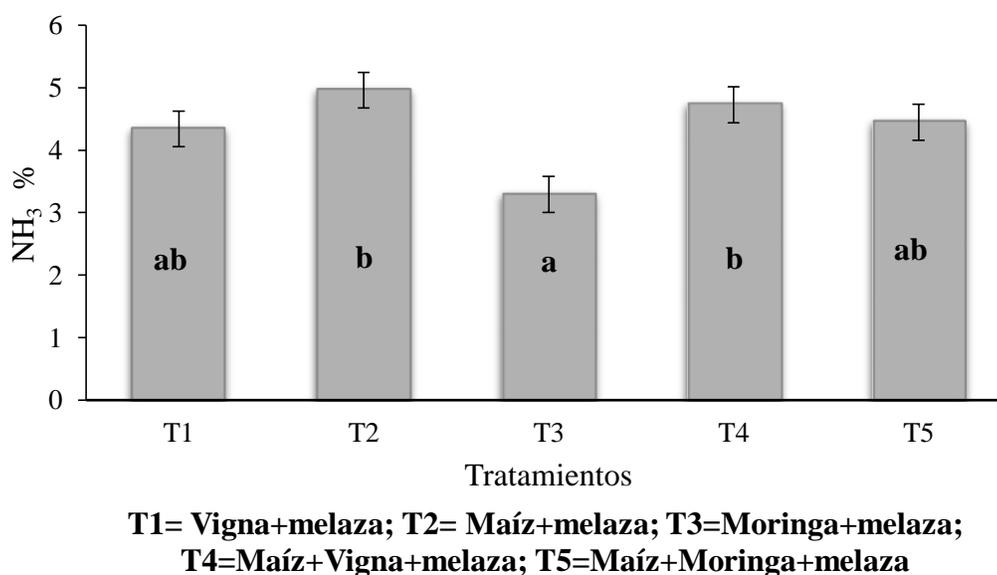


Figura 15. Valores de Nitrógeno amoniacal (NH<sub>3</sub>) en los ensilajes de Maíz (*Zea mays*) mezclado con Vigna (*Vigna unguiculata*) y Moringa (*Moringa oleifera*)

Los valores de  $\text{NH}_3$  son bajos, esto indica que la proteína presente en los ensilajes se preservó y también hay una disminución de microorganismos indeseables responsables de fermentaciones secundarias que degradan proteínas y aminoácidos en  $\text{N-NH}_3$ , debido a una reducción de la proteólisis durante el proceso fermentativo. Ríos y Navas (2015, p.11) consideran como optima una concentración menor de 6.7%, sin embargo, Rendón et al., (2014, p.34), al investigar sobre Vinaza de caña como aditivo acidificante en la elaboración de ensilaje de maíz (*Zea mays*) considera que los ensilajes de buena calidad deben ser menores de 10 % de  $\text{NH}_3$ .

Valores mayores (7.83) fueron reportado por Guerrero (2013, p.52) en ensilajes de *Vigna unguiculata* + batata (*Ipomoeae batata*), (7.74), vigna + canavalia y canavalia + batata (8.67), sin embargo, Cárdenas et al, (2003, p.286) encontró valores de  $\text{N-NH}_3$  de 9.6 para ensilajes de guácimo y 9 para ensilaje de palo de agua. WingChing-jones y Rojas-bourrillón (2006, p.93) al estudiar la dinámica de fermentación y fraccionamiento proteico durante el ensilaje de maní forrajero (CIAT 17434) encontró valores de 12.37 de  $\text{N-NH}_3$ .

## **5.2. Fase de Estabilidad Aeróbico**

### **5.2.1. MS y PC**

En la fase de estabilidad aeróbica para MS (figura 17 a) se encontró diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre T2 (350 g  $\text{Kg}^{-1}$  MS) con los demás tratamientos en estudio. Asimismo no se encontró diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos T1 (170 g  $\text{Kg}^{-1}$  MS) con T3 (150 g  $\text{Kg}^{-1}$  MS) y T4 (280 g  $\text{Kg}^{-1}$  MS) con T5 (300 g  $\text{Kg}^{-1}$  MS), sin embargo se encontró diferencia estadística ( $p < 0.05$ ) entre T1, T3 con T4, T5.

En cuanto a la estabiliada aeróbica de la proteína (Figura 17 b), se encontro diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos T1 (125 g  $\text{Kg}^{-1}$  MS), T2 (44 g  $\text{Kg}^{-1}$  MS) y T5 (58 g  $\text{Kg}^{-1}$  MS), asimismo no mostraron diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos T1 con T3 (119 g  $\text{Kg}^{-1}$  MS), igual manera T2 con T4 (57 g  $\text{Kg}^{-1}$  MS) y T4 con T5.

Con respecto a la MS, los mayores valores se presentan en los tratamientos que hay presencia de maíz, que esta relacionado por la edad de cosecha de la planta, aportando los mayores valores para FDA (T4=370, T5=370 y T2=400 g Kg<sup>-1</sup> MS) y en menores contenidos de proteína (T4=57, T5=58 y T2=44 g Kg<sup>-1</sup> MS) y ceniza (T4=52, T5=69 y T2=42 g Kg<sup>-1</sup> MS) por la edad de la planta de maíz, sin embargo los tratamientos T1 y T3 presentaron menores valores de MS, siendo los que mostraron mayor contenido de proteína (T1=125 y T3=190 g Kg<sup>-1</sup> MS) y ceniza (T1=80 y T2=78 g Kg<sup>-1</sup> MS), con mayor cantidad de FDA en T1 (420 g Kg<sup>-1</sup> MS) y menor contenido en T5 (240 g Kg<sup>-1</sup> MS).

Este comportamiento se debe a que en el deterioro del ensilaje, las levaduras degradan azúcares, ocasionando una disminución de del valor nutritivo del material, además degradan ácidos, provocando un aumento en el pH a niveles altos que permiten a otros organismos indeseables actuar sobre el material, produciendo la degradación proteínica. En investigaciones realizadas por Suárez et al., (2011, p.76) los aportes de proteína por las leguminosas son altos, convirtiéndolas en materiales difíciles de ensilar.

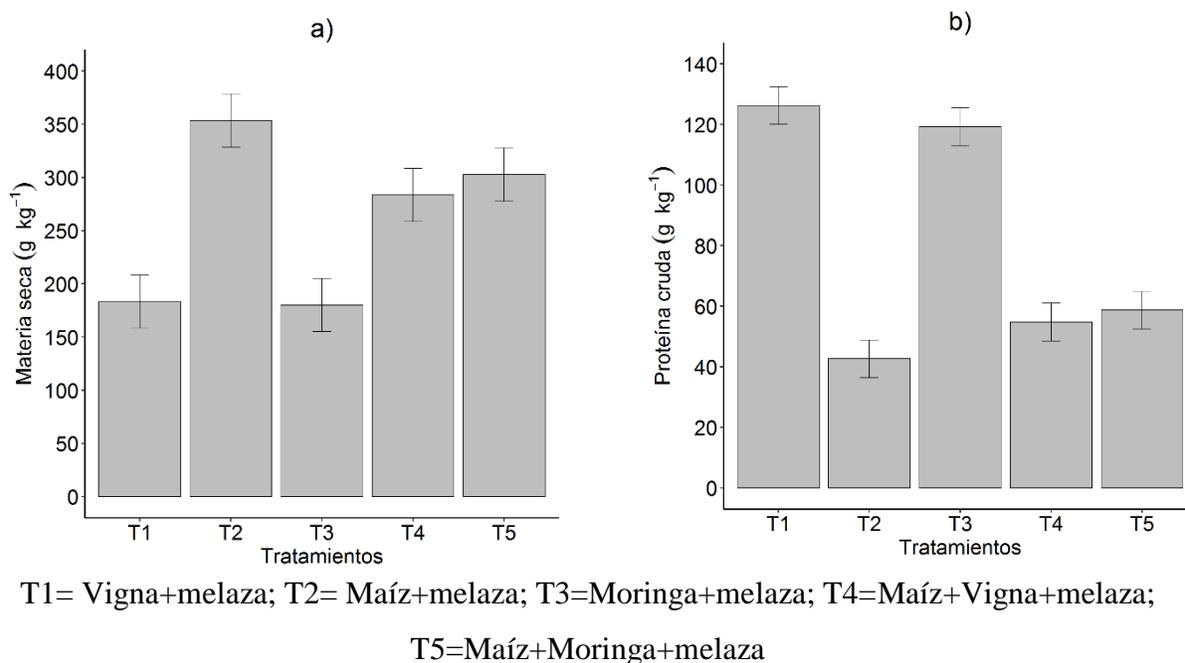


Figura 16. Valores de Materia Seca (a) y Proteína Cruda (b) encontrados en la estabilidad aeróbica de los ensilajes de Maíz (*Zea mays*) mezclado con Vigna (*Vigna unguiculata*) y Moringa (*Moringa oleifera*)

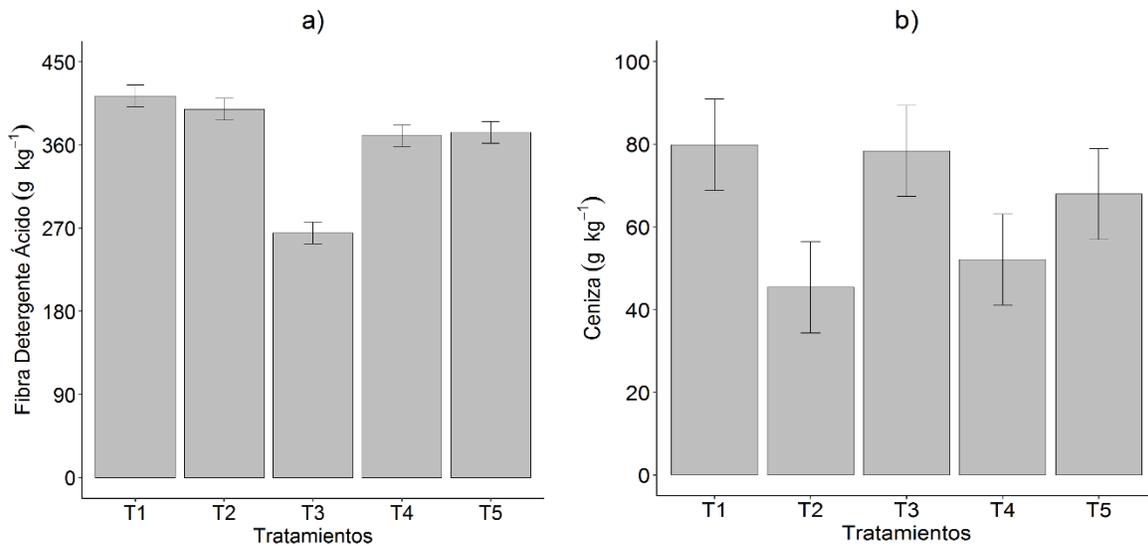
En estudios realizados por Rubín (2014), Flores et al. (2014) y Garcés et al (2004) reportan que el actuar de las levaduras es la degradación de azúcares en alcoholes y este es degradado por las bacterias *Acetobacter* que lo convierten en ácido acético. La MS también es afectada por el ácido butírico que le da el olor a putrefacción y descomposición del material orgánico del ensilaje y se convierte en material que los animales no lo pueden consumir.

En publicaciones realizadas por Reyes (2008, p.8), aporta que en el deterioro aeróbico de los ensilajes hay una oxidación de ácido láctico y carbohidratos solubles (CHS) que reduce la conservación del ensilaje y la producción de ácido acético y ácido butírico. En investigación realizada por Mier (2009) señala que “al aportar mayor cantidad de proteínas a los ensilajes, el deterioro aeróbico es mayor por efecto de la proteólisis”. (p.20)

### **5.2.2. FAD y Ceniza**

Los valores de FDA (figura 18a), presentan diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre T3 (240 g Kg<sup>-1</sup> MS), con T1 (420 g Kg<sup>-1</sup> MS) y T4 (370 g Kg<sup>-1</sup> MS), en cambio, no se presentó diferencia estadística ( $p < 0.05$ ) para los en los tratamientos T2 (400 g Kg<sup>-1</sup> MS), T4 y T5 (370 g Kg<sup>-1</sup> MS), igual manera los tratamientos T1 (420 g Kg<sup>-1</sup> MS) con T2.

En relación con ceniza los valores fluctuaron entre 42 y 80 g Kg<sup>-1</sup> MS, presentando diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre T1 (80 g Kg<sup>-1</sup> MS) con T2 (42 g Kg<sup>-1</sup> MS), por el contrario, no se encontró diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos T1 (80 g Kg<sup>-1</sup> MS), T3 (78 g Kg<sup>-1</sup> MS) y T5 (69 g Kg<sup>-1</sup> MS), asimismo para T2 (42 g Kg<sup>-1</sup> MS), T3 (52 g Kg<sup>-1</sup> MS) y T5.



T1= *Vigna*+melaza; T2= *Maíz*+melaza; T3=*Moringa*+melaza; T4=*Maíz*+*Vigna*+melaza;  
T5=*Maíz*+*Moringa*+melaza

Figura 17. Valores de Fibra ácido detergente (a) y Ceniza (b) encontrados en la estabilidad aeróbica de los ensilajes de Maíz (*Zea mays*) mezclado con *Vigna* (*Vigna unguiculata*) y *Moringa* (*Moringa oleifera*)

Las gramíneas, leguminosas y árboles forrajeros aumentan la FAD de acuerdo con la etapa de madurez de la planta. Sin embargo, hay especies de árboles forrajeros como la moringa que poseen menor contenido de FAD (Hernandez et al., 2019, p.61).

Al investigar el efecto de la inoculación con *Lactobacillus buchneri* en la calidad nutritiva y estabilidad aeróbica en ensilaje de maíz, cosechado en tres estados de madurez, Bereterbide (2015) encontró que “la FAD es mayor en las primeras etapas de madurez y que existe una tendencia a concentraciones menores en los estadios tardíos”. (p.6)

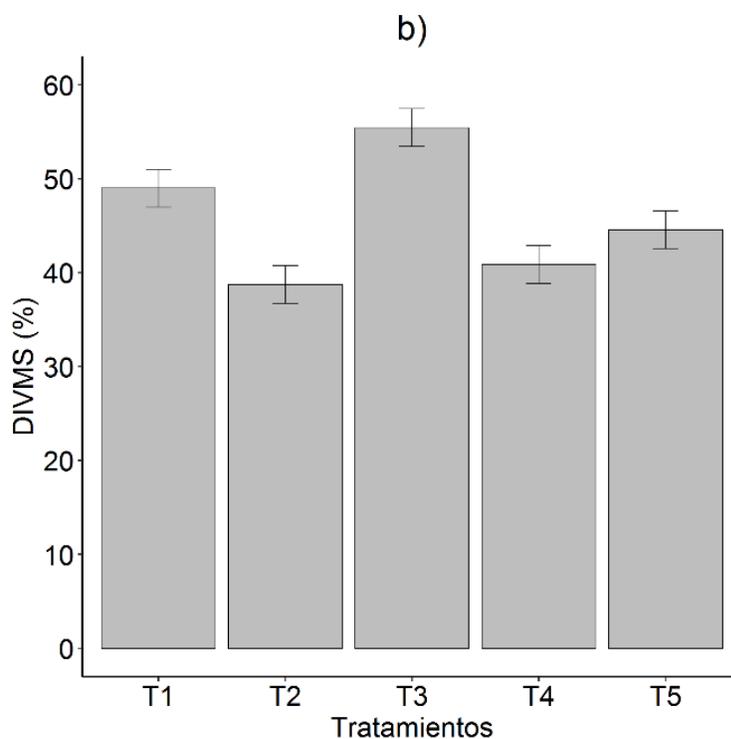
En estudios realizados por Suarez et al. (2011, p.75), encontraron altos aportes de ceniza (86.2 g Kg<sup>-1</sup> MS) por las leguminosas y árboles forrajeros, haciéndolos difícil de ensilar.

### 5.2.3. DIVMS

Por lo que se refiere a DIVMS (figura 19b) hay diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos T1 (48%), T2 (34 %) y T3 (56%), en cambio, no se presenta diferencia significativa entre los tratamientos T2 (39 %), T4 (41 %) y T5 (43).

El comportamiento de la DIVMS para T1, T2, T3 y T4 está dada por los mayores valores en FDA que presentaron los tratamientos al momento de declararse el deterioro aeróbico. Observando que T5 es el que mayor digestibilidad posee siendo, la cantidad de FDA menor.

En publicaciones realizadas por Flores et al., (2014) indican que “el deterioro de la energía se da en todos los ensilajes al ser abierto y expuesto al aire y el deterioro de este y dependerá de la concentración de la actividad de los organismos que causan el deterioro” (p.5).



T1= Vigna+melaza; T2= Maíz+melaza; T3=Moringa+melaza; T4=Maíz+Vigna+melaza;  
T5=Maíz+Moringa+melaza

Figura 18. Valores de Digestibilidad in vitro de la materia seca encontrados en la estabilidad aeróbica de los ensilajes de Maíz (*Zea mays*) mezclado con Vigna (*Vigna unguiculata*) y Moringa (*Moringa oleifera*)

Mier (2009) señala que la DIVMS es afectada por las bacterias *Clostridium sacarolíticos* que atacan a los hidratos de carbono formando un ácido (butírico) de olor desagradable y escaso poder acidificante, dificultando así la actividad de las bacterias lácticas y las *Clostridium proteolíticos* que van a continuar el proceso de putrefacción, con sustancias tóxico, con un desagradable y característico olor. Asimismo, el efecto de los hongos competa la destrucción del ensilaje (p.9)

#### **5.2.4. pH**

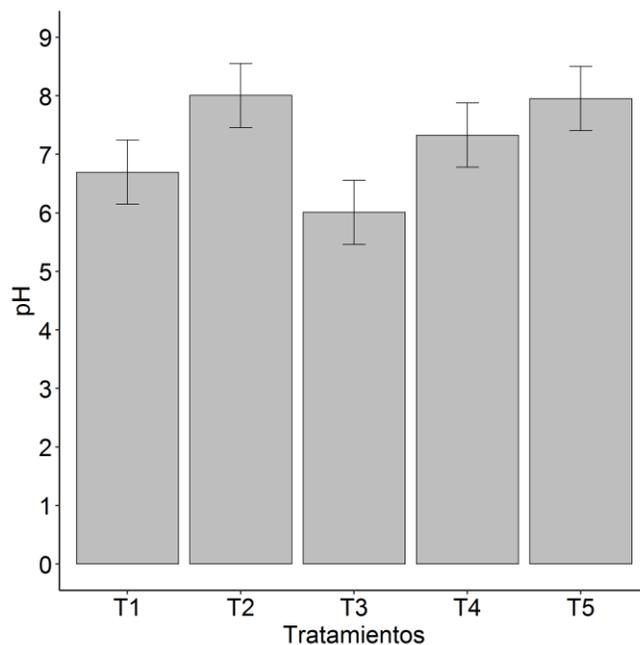
Un punto de mucha importancia en el deterioro aeróbico de los ensilajes es el pH (figura 20), encontrando diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos T1(6.7) y T2(8). No obstante, no presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos T1 con T3 (6) y T2 con T4 (7.2) y T5 (7.9).

Los mayores valores de pH se observan en los ensilajes que poseen maíz, este comportamiento se da por la cantidad de almidón que aporta el maíz, que, según Flores et al. (2014) el almidón es una fuente de energía para las levaduras en condiciones anaeróbica y se fermenta en etanol, pero en condiciones aeróbica es lo contrario porque las levaduras asimilan el ácido láctico y causan el aumento de pH (p.4)

En publicaciones realizadas por Flores et al. (2014) que lleva por título “Microsilos: Una alternativa para pequeños productores”, menciona que la degradación de los azúcares a alcoholes degradados por las bacterias *Acetobacter* y la descomposición del material orgánica da como resultado el aumento del pH (p.7).

Los tratamientos T2, T5 y T4 presentaron los mayores valores en pH, MS y menor DIVMS al momento que se declaró el deterioro. Siendo T2 y T4 los que alcanzaron mayor tiempo de deterioro (300 y 360 h respectivamente) y T5 es el que menor tiempo (150 h) obtuvo de los tres.

Al estudiar la fermentación y estabilidad aeróbica de ensilajes de maíz de alta humedad, por los investigadores Carvalho et al., (2012. p.2372) determinaron que el nivel de pH es un indicador de deterioro aeróbico en los ensilajes, porque las levaduras consumen el ácido láctico permitiendo el crecimiento de mohos y bacterias.



T1= Vigna+melaza; T2= Maíz+melaza; T3=Moringa+melaza;  
T4=Maíz+Vigna+melaza; T5=Maíz+Moringa+melaza

Figura 19. Valores de pH encontrados en la estabilizada aeróbica de los ensilajes de Maíz (*Zea mays*) mezclado con Vigna (*Vigna unguiculata*) y Moringa (*Moringa oleifera*)

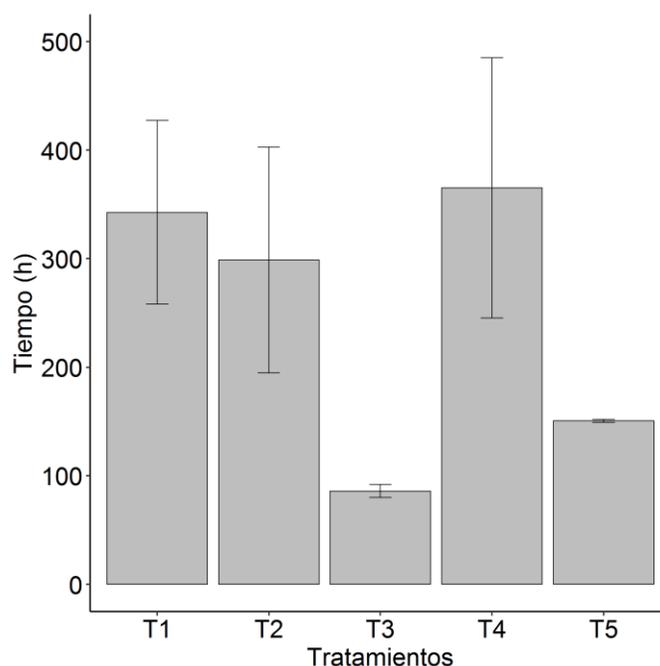
En publicaciones realizadas por Reyes et al. (2008), mencionan que “la acción de las levaduras, aumento de temperatura y la actividad microorganismos que deterioran el ensilaje son los causantes de aumento en el pH del ensilaje”. (p.9)

Los valores de pH encontrado es este estudio, son similares a los encontrados por Acevedo y Zeledón (2009), en el deterioro de ensilajes de marango+taiwan+melaza (6.75 a 9.32) y

marango+taiwan+caña (7.77), haciendo énfasis que el aumento del pH “se da por la acción de las diferentes fermentaciones en el deterioro del ensilaje”. (p.12)

### 5.2.5. Tiempo de deterioro

El tiempo de ruptura del deterioro aeróbico en los ensilajes se midió en horas. Encontrando diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos T3 (80 h), T4 (360 h) y T5 (150 h). en cambio, en los tratamientos T1 (340 h), T2 (300h) y T4, no se encontró diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) (ver figura 21)



T1= Vigna+melaza; T2= Maíz+melaza; T3=Moringa+melaza; T4=Maíz+Vigna+melaza;  
T5=Maíz+Moringa+melaza

Figura 20. Comportamiento del tiempo en la estabilidad aeróbica de los ensilajes de Maíz (*Zea mays*) mezclado con Vigna (*Vigna unguiculata*) y Moringa (*Moringa oleifera*)

Al analizar el efecto del tiempo de deterioro aeróbico se observaron que los tratamientos donde se encuentra el caupí, maíz y la mezcla de ellos son los que presentaron mayor tiempo (promedio de 333.3 h) para considerar dañado el ensilaje, en cambio el tratamiento de moringa es el que menor tiempo para considerar un ensilaje dañado (80 h), y cuando se

mezcló con maíz aumentó el tiempo de deterioro aeróbico (150 h) aunque manteniéndose por debajo del tiempo al deterioro de los otros tratamientos este comportamiento se presentó por la baja cantidad de MS que presento la moringa al momento del ensilaje.

Al estudiar la calidad fermentativa de la Morera (*Morus alba*) y la hierba de guinea ensiladas en diferentes proporciones Ojeda et al. (2006), citado por Suarez, 2011, p71, encontró que las características fermentativas de los ensilajes con forraje arbóreo y la estabilización del pH por encima de 4, hacen aparecer microorganismos que dañan los ensilajes, tales como los *Clostridium sacarolíticos* y proteolíticos, así como algunas levaduras que promueven el deterioro aeróbico de los ensilajes a mediano plazo.

En los estudios de estabilidad aeróbica de ensilaje de pasturas tropicales nativas. Realizados por Rodríguez, Acevedo y Riquelme (1997) encontraron que “la estabilidad aeróbica de los ensilajes depende de la especie, contenido de materia seca y duración de la fermentación del material ensilado, asimismo determinaron que el deterioro aeróbico ocurre después de tres días”. (p.84)

## VI. CONCLUSIONES

Según los resultados presentados en las dos fases de la investigación se concluye:

La inclusión de Vigna o Moringa en el ensilaje de Maíz, no afecta los patrones de fermentación esperado para un excelente ensilaje, sin embargo, se observó un aumento en la PC.

La composición química de los ensilajes de Maíz al incluir Vigna o Moringa, presentaron una disminución en la MS y un aumento en la PC, por otra parte, no presenta diferencia significativa para FAD, Ceniza, DIVMS, pH y NH<sub>3</sub>. Estos valores se mantienen dentro del estándar de un excelente ensilaje.

La descomposición aeróbica de los ensilajes de Maíz al incluir Vigna y Moringa se observó una menor pérdida de MS, al contrario, fue mayor para PC, FAD, DIVMS y PH. Asimismo, el tiempo de deterioro fue mayor al incluir Moringa.

## VII. LITERATURA CITADA

- Abdelhadi L. (2007). Los silos en la producción animal: importancia de la calidad. [http://www.avpa.ula.ve/eventos/xi\\_seminario/Conferencias/Articulo-12.pdf](http://www.avpa.ula.ve/eventos/xi_seminario/Conferencias/Articulo-12.pdf)
- Acevedo M.V.M., Zeledon H.E. N. (2009). *Estabilidad aeróbica con ensilaje de marango con diferentes proporciones de Taiwán, caña de azúcar y melaza*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio institucional <http://repositorio.una.edu.ni/1401/1/tnq52a174.pdf>
- Antova, G. A., Stoilova, T. D., y Ivanova, M. M. (2014). Proximate and lipid composition of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) cultivated in Bulgaria. *Journal of Food Composition and Analysis*, 33(2), 146–152. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.12.005>
- Apraez-Guerrero J. E., Insuasty-Santacruz E.G., Portilla-Melo J. E., Hernández-Vallejo W. A. (2012) Composición nutritiva y aceptabilidad del ensilaje de avena forrajera (*Avena sativa*), enriquecido con arbustivas: acacia (*Acacia decurrens*), chilca (*Bracharis latifolia*) y sauco (*Sambucus nigra*) en ovinos. *Veterinaria Zootecnia*, 6(1): 25-35. <http://vip.ucaldas.edu.co/vetzootec/downloads/v6n1a03.pdf>
- Araméndiz-Tatis H., Cardona-Ayala C. E. y Combatt-Caballero E. M. (2016) Contenido Nutricional de Líneas de Fríjol Caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) Seleccionadas de una Población Criolla. *Informacin tecnológica*, 27 (2). Recuperado de <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642016000200007>
- Argel P. J. (2000) Opciones Forrajeras para el Desarrollo de una Ganadería más Productiva en el Trópico Bajo de Centroamérica. <http://www.fao.org/3/x6366s12.htm>
- Arteta D., Zamora W. (2005). Efecto de dos tipos de asociaciones de maíz con cuatro leguminosas sobre la calidad y producción del ensilaje en El Zamorano, Honduras. [Tesis de licenciatura, Zamorano]. Repositorio Institucional. <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5188/1/CPA-2005-T005.pdf>
- Ashbell G., Weinberg Z., Azrieli A., Hen Y. y Horev B. (Diciembre, 1990). A simple system to study the aerobic determination of silages. *Canadian Agricultural Engineering*, 33:391-395. [http://csbe-scgab.ca/docs/journal/33/33\\_2\\_391\\_ocr.pdf](http://csbe-scgab.ca/docs/journal/33/33_2_391_ocr.pdf)

- Bereterbide L., (2015). *Efecto de la inoculación con lactobacillus buchneri en la calidad nutritiva y estabilidad aeróbica en ensilaje de maíz, cosechado en tres estados de madurez*. [Tesis de ingeniería, Universidad Católica Argentina]. <https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/299/1/doc.pdf>
- Bernal L. Avila P. Ramirez G. (agosto, 2007). Efecto del ensilaje y el heno de *Calliandra calothyrsus* y *Vigna unguiculata* sobre los parámetros de fermentación en el Sistema Rusitec. *Asociación Latinoamericana de Producción Animal*, 16 (4): 187-191 Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira.
- Bertsch G. (2019). Cereales alternativos en alimentación animal. <https://www.veterinariadigital.com/articulos/cereales-alternativos-en-alimentacion-animal/>
- Cárdenas M, J; Sandoval-Castro, C; Solorio, F. (2003). Composición química de ensilajes mixtos de gramíneas y especies arbóreas de Yucatán, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 41(3):283-294. <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1267/1262>
- Carvajal S. C y Cuesta P. A. (Abril – Jun 2016). Conservación y composición nutricional del follaje de sauco (*Sambucus nigra*). *Pastos y forrajes*. 39(2), 125-132. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942016000200007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942016000200007)
- Carvalho B.F., Fernandes B.T., Piza R.P., Silveira R.C.H., Ruggieri A.C. y Andrade R.R. (2012). Fermentation and aerobic stability of high-moisture corn silages inoculated with different levels of Lactobacillus. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(11); 2369-2373. <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v41n11/11.pdf>
- Castillo J.M., Rojas-Bourrillon A., WingChing-Jones R. (2009). Valor nutricional del ensilaje de maíz cultivado en asocio con vigna (*Vigna radiata*). *Agronomía Costarricense* 33(1): 133-146. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3022889>

- Chaparro S., Aristizábal I. y Gil J. (2009). Composición y factores antinutricionales de las semillas del género *Mucuna*. *Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. 62(1);4843-4853. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v62n1/a12v62n1.pdf>
- Chaverra J. H., Bernal E.J. (2000). El ensilaje en la alimentación del ganado vacuno. (1. Ed.). <http://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/11153/BVE20078296e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Contrera-Govea F.; Muck R., Armstrong K., Albrecht K. (2008). Nutritive value of corn silage in mixture with climbing beans. *Animal Feed Science and Technology*. Doi:10.2016/j.anifeedsci.2008.07.001.
- Contreras G., Faz E., Nuñez R., Gregorio. (2003). Características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. Instituto Nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias.41(1):213-2019.
- Cozzolino, D. & Fassio, A. (2003). Prediction of chemical composition on maize silage by near infrared reflectance spectroscopy in Uruguay. *Proc. British Society Anim. Sci. Annual Meeting*, USA. p. 152
- Cubero J., Rojas A., WingChing R. ( 2010). Uso del inóculo microbial elaborado en finca en ensilaje de maíz (*Zea mays*). Valor nutricional y fermentativo. *Agronomía costarricense*, 34 (2): 237-250. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v34n2/a09v34n2.pdf>
- De-Paula C; Jarma-Arroyo S., Aramendiz-Tatis H. (2018) Caracterización nutricional y determinación de ácido fítico como factor antinutricional del frijol caupí. *Agronomía Mesoamericana*, 29(1), 29-40. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i1.27941>
- Depetris G. (2014). Uso del ensilaje de planta entera en la alimentación de vacunos para carne en pastoreo y feedlot. *Nutrición animal aplicada*. INTA, EEA Balcarce. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_curso\\_nutricin\\_animal\\_aplicada\\_2014.pdf#page=65](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_curso_nutricin_animal_aplicada_2014.pdf#page=65)
- Depetris G.J., (2013) Valor nutricional del grano y ensilaje de maíz en la alimentación de bovinos para carne. [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/47597/Documento\\_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/47597/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Federación de Asociaciones Ganaderas de Nicaragua [FAGANIC], (2020). Contexto actual del sector ganadero en Nicaragua. <https://funides.com/wp-content/uploads/2020/01/FAGANIC-ContextoActual.pdf>
- Flores, M.J., Sánchez, R.A., Gutiérrez, R y Echavarría, F.G. (2014). Microsilos: Una alternativa para pequeños productores. <http://www.zacatecas.inifap.gob.mx/publicaciones/microsilos.pdf>
- Garcés M. A. M., Berrio R. L., Ruíz A. S., Serna D. J. G., Builes A. A. F. (2004). Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. *Revista Lasallista de Investigación*, 1(1), 66-71.
- García J. (2009). *Efecto de diferentes proporciones de caña de azúcar (Sacharum officinarum), pasto taiwan (Pennisetum purpureum) y melaza sobre la composición química del ensilaje de marango (Moringa oleifera)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/1406/1/tnq54g216.pdf>
- Geren H., Avcioglu R., Soya H., Kir B. (2008). Intercropping of corn with cowpea and bean: Biomass yield and silage quality. *African Journal of Biotechnology*. 7 (22), 4100-4104. <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/59525>
- Godoy M. L., Díaz C. G., Vásconez M. G., Defaz D. E. y González O. B. (2011). Evaluación de dos variedades de fréjol durante tres épocas de siembra bajo sistema de cultivo asociado con maíz. *Ciencia y Tecnología*, 4(1): 5-11. [https://Dialnet-EvaluacionDeDosVariedadesDeFrejolDuranteTresEpocas-4130670%20\(1\).pdf](https://Dialnet-EvaluacionDeDosVariedadesDeFrejolDuranteTresEpocas-4130670%20(1).pdf)
- González F., Peña A., Núñez G. y Jiménez C (agosto 2005). Efecto de la densidad y altura de corte en el rendimiento y calidad del forraje de maíz. *Fitotecnia Mexicana*, 28 (4): 393 – 397.
- Guerrero L. J. P. (2013). *Comunidades bacterianas en ensilajes de forrajes tropicales (Vigna unguiculata, Canavalia brasiliensis) y batata (Ipomoea batata) y sus mezclas y su relación con la calidad y la digestibilidad enzimática invitro en cerdos*. [Tesis maestría]. Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia. Repositorio institucional.

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/21716/7409504.2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gutiérrez D., Borjas R. E., Rodríguez H. R., Rodríguez Z., Stuart R y Sarduy L. (2015). Evaluación de la composición química y degradabilidad ruminal in situ de ensilaje mixto con *Pennisetum purpureum* cv Cuba CT-169. *Redalyc.org*,19(3): 7-16. <https://www.redalyc.org/pdf/837/83743886002.pdf>

Iglesias J., Reyes F., Ojeda F., Delgado R. y Rivero L. (1992). Valor nutritivo de un ensilaje mixto de maíz y dolichos. *Pastos y Forraje* 15 (1): 71-76. <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=1153>

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. INETER. (2019). <https://www.ineter.gob.ni>

Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria [INTA] (2009). Guía Tecnológica. Cultivo del Maíz, 3,4-5. [https://issuu.com/inta\\_tecnologia\\_agropecuaria/docs/name455714](https://issuu.com/inta_tecnologia_agropecuaria/docs/name455714)

Intriago, F. & Paz, S. (2000). Ensilaje de cascara de Banano maduro con microorganismos eficaces como alternativa de suplemento para ganado bovino. [Tesis de grado Universidad EARTH. Guácimo, CR]. Repositorio institucional. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=earth.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=025126>

Jaramillo L. (2018). *Evaluación del rendimiento y calidad forrajera de la asociación de maíz (zea mays) y caupí (Vigna unguiculata) para forraje verde y microensilado en un área marginal del cultivo de la caña de azúcar*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira]. Repositorio.unal.edu.co/. [https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/69155/2021-Lizeth\\_Carolina\\_Jaramillo\\_Jaramillo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/69155/2021-Lizeth_Carolina_Jaramillo_Jaramillo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Jiménez P.A, Cortés R.H, Ortiz G. S. (2005). Rendimiento forrajero y calidad del ensilaje de canavalia en monocultivo y asociada con maíz. *Redalyc.org*, 54 (2): 31-36. <https://www.redalyc.org/pdf/1699/169920332005.pdf>

Jiménez-Leyva D., Romo-Rubio J., Flores-Aguirre L., Ortiz-López B., Barajas-Cruz R. (diciembre, 2016). Edad de corte en la composición química del ensilado de maíz blanco asgrow-7573. *Avanico Veterinario*. 6 (3) 13-23. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2016.63.1>

Leon S. V. D., Lopez C. V. M. (2009). *Comparación del ensilaje de caña de azúcar y el ensilaje de maíz mezclado con Mucuna pruriens como forraje para vaquillas de reemplazo*. (Tesis de Pregrado). Zamorano honduras. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/4ef9/64fdfb322fa735778014f2bae8fb6673c217.pdf>

León S.V.D., López C.V.M. (2009). *Comparación del ensilaje de caña de azúcar y el ensilaje de maíz mezclado con Mucuna pruriens como forraje para vaquillas de reemplazo* [tesis de Licenciatura, Zomorano]. [bdigital.zamorano.edu. https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/428/1/T2882.pdf](https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/428/1/T2882.pdf)

Massafera D. A., Aparecida F. L., Silveira R. C. H., Härter C. H., Vilela de Rezende A., Andrade R. A. (julio, 2015). Reemplazo de pasto aruana por gliricidia (*Gliricidia sepium*) en calidad de ensilaje. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 44(7), 231-239. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-92902015000700001>

Méndez M. 2000. Aprendamos sobre ensilajes. En Instituto Nacional de Aprendizaje (INA) Editorial INA Núcleo de formación y servicios tecnológicos agropecuarios Subsector Zootecnia. (pp. 1-10). San José, Costa Rica.

Mendieta-Araica B., Reyes-Sánchez N (2017). Marango (*Moringa oleifera*) una alternativa sostenible de alimentación animal ante el cambio climático. <http://repositorio.una.edu.ni/3733/1/NL02M538m.pdf>

Mendieta-Araica, B., Spörndly, R., Reyes-Sánchez, N., Spörndly, E. (2011). Moringa leaf meal as a source of protein in locally produced concentrates for dairy cows fed low protein diets in tropical areas. *Livestock Science*. 137(1-3); 10-17. DOI <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.09.021>

Mendieta-Araica, B.; Spörndly E.; Reyes-Sánchez N.; Norell, L. and Spörndly R., (noviembre, 2009). Silage quality when *Moringa oleifera* is ensiled in mixtures with

- Elephant grass, sugar cane and molasses. *Grass and Forage Science*, 64, 364–373.  
[https://www.tortillaconsal.com/marango\\_silage.pdf](https://www.tortillaconsal.com/marango_silage.pdf)
- Mier, M. D. (2009). *Caracterización del valor nutritivo y estabilidad aeróbica de ensilados en forma de microsilos para maíz forrajero*. (Tesis de Máster). Universidad de Córdoba, España, 5-36.
- Moreno J. (2011). El maíz forrajero: una opción en las explotaciones ganaderas. *PASTOS*, 12 (1): 157-170. Recuperado de [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&as\\_ylo=2009&as\\_yhi=2019&q=El+ma%C3%ADz+forrajero%3A+una+opci%C3%B3n+en+las+explotaciones+ganaderas+&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&as_ylo=2009&as_yhi=2019&q=El+ma%C3%ADz+forrajero%3A+una+opci%C3%B3n+en+las+explotaciones+ganaderas+&btnG=)
- Obeid, J. A.; Gomida, J. A.; Cruz, M. E.; Zago, C. P.; Andrade, M. A. S., (1992). Silagem consorciada de milho (*Zea mays*,L.) com leguminosas: Producao e composicao bromatologica. *El reverendo Soc. Zootec.*, 21 (1): 33-38.  
<https://biblat.unam.mx/es/revista/revista-da-sociedade-brasileira-de-zootecnia/articulo/silagem-consorciada-de-milho-zea-mays-l-com-leguminosas-producao-e-composicao-bromatologica>
- Ocanto, G.; Acevedo, I.; García, O. (2014). Evaluación de las Características Físico-químicas y Funcionales del Ensilaje de Maíz (*Zea Mays*) y Ensilaje de Sorgo (*Sorghum Vulgare*) Municipio Urdaneta del Estado Lara. *Agroindustria, Sociedad Y Ambiente*,1(1), 110-129.  
<https://revistas.uclave.org/index.php/asa/article/view/2399>
- Ojeda F., Montejó I. L., (2001). Conservación de la morera (*Morus alba*) como ensilaje. I. Efecto sobre los compuestos nitrogenados. *Pastos y Forraje*, 24 (2).  
<https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=912&path%5B%5D=414>
- Oramas C y vivas N. (febrero, 2007). Evaluación de dos híbridos y una variedad de maíz (*Zea mays*) en monocultivo y en asociación con fríjol (*Phaseolus vulgaris*), para ensilaje. *Dialnet*, 5(1);29-35.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6117632>

- Peters M., Franco L.H., Oberthür (2006). Caupí (*vigna unguiculata*), una leguminosa multipropósito. [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Forrajes\\_Tropicales/pdf/Brochures/005%20Vigna%20Unguiculata2006.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Forrajes_Tropicales/pdf/Brochures/005%20Vigna%20Unguiculata2006.pdf)
- Piñero, G.;Gutiérrez, L.; Rossi, V. (2004).Manual Práctico LactoSilo para lograr ensilados de alta calidad: Ensayo: n° 63 efecto de la aplicación de un inoculante enzimático en la calidad nutricional y fermentativa: silaje de grano húmedo de sorgo. [http://es.beckerunderwood.com/media/cms/Manual\\_Practico\\_LactoSilo\\_papra\\_log\\_7437E9\\_3D49967.pdf](http://es.beckerunderwood.com/media/cms/Manual_Practico_LactoSilo_papra_log_7437E9_3D49967.pdf).
- R. (2020). R Core Team and the R Foundation for Statistical Computing. (Versión 4.0) [Software]. <https://www.r-project.org/>
- Rendon M. E., Noguera R. R. y Posada S. L. (2014). Vinaza de caña como aditivo acidificante en la elaboración de ensilaje de maíz (*Zea mays*). Livestock Research for Rural Development 26 (1). <http://www.lrrd.org/lrrd26/1/rend26007.html>
- Reyes - Sánchez N. y Mendieta - Araica B. (2017). *Guía para el establecimiento y cultivo del marango*. <http://repositorio.una.edu.ni/3585/1/RENF01R457.pdf>
- Reyes N, Mendieta B, Fariñas T, Mena M, Cardona J. y Pezo D. (2009). Elaboración y utilización de ensilajes en la alimentación del ganado bovino. Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza. Managua, Nicaragua. <http://201.207.189.89/bitstream/handle/11554/7886/173.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Reyes N., Mendieta B., Fariña T., Mena M. (2008). Guía de suplementación alimenticia estratégica para bovino en época seca. Universidad Nacional Agraria. 12. Recuperado de <http://repositorio.una.edu.ni/2417/1/RENL02G943.pdf>
- Ríos M. L A y Navas M. C. L (2015). *Evaluación bromatológica del ensilaje de Guácimo de Ternero (Guázuma ulmifolia Lam.) y el pasto Cubano CT-115 (Pennisetum purpureum x P. tiphoides), bajo diferentes niveles de proporción de hojas, más melaza en la alimentación animal*. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional

Agraria]. Repositorio institucional.  
<https://repositorio.una.edu.ni/3251/1/tnl02r586.pdf>

Rodríguez A., Acevedo J. A. y Riquelme E. O. (1997). Estabilidad aeróbica de ensilaje de pasturas tropicales nativas. efecto del ácido propiónico y tiempo de exposición aeróbica. *Prod. Anim.* 5(1): 83-85.  
<http://www.avpa.ula.ve/congresos/ALPA97/PF28.pdf>

Rodríguez R, (2011). *Alimentación de vacas lecheras con Moringa oleifera fresco o ensilado y su efecto sobre la producción, composición y calidad de leche*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional.  
<https://repositorio.una.edu.ni/2143/1/tnl02r696.pdf>

Romero L.A. (2004). Ensilaje de leguminosas con énfasis en alfalfa y soja. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar), [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_reservas/reservas\\_silos/79-ensilaje\\_leguminosas.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/79-ensilaje_leguminosas.pdf)

Rubin A. (2014). Fermentación butírica: proceso, organismos y productos.  
<https://www.lifeder.com/fermentacion-butirica/>

Ruiz B.O., Castillo Y., Anchondo A., Rodríguez C., Beltrán R., La O.O., Payán J. (jun. 2009). Efecto de enzimas e inoculantes sobre la composición del maíz. *Archivos de Zootecnia*. 58 (222): 163-172.

Sanclemente R.O.E , Ararát O.M.C y De la cruz C.D.A (2015). Contribución de *Vigna unguiculata* L. a la sustentabilidad de sistemas de cultivo de caña de azúcar. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(2),47-57.

Somarribas M. (2007). *Efecto de diferentes densidades de maíz y diferentes agotamientos del agua disponible en el suelo sobre la producción de forraje de maíz asociado con mucuna*. [Tesis de maestría, Universidad de Costa Rica], San José, Costa Rica. 90 p.

Suárez R., Mejía J., González<sup>1</sup> M., García E. y Perdomo D.A. (2011). Evaluación de ensilajes mixtos de *Saccharum officinarum* y *Gliricidia sepium* con la utilización de aditivos. *Pastos y Forrajes*. 34 (1), 69-86.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942011000100006](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942011000100006)

- Titterton, M. y Bareeba, F. 2006. Ensilaje de gramíneas y leguminosas en los trópicos.  
<https://www.engormix.com/agricultura/articulos/ensilaje-de-gramineas-y-leguminosas-t26561.htm>
- Villegas H., Trujillo J., (2014). Herramientas para mejorar la producción y calidad de los ensilajes de maíz en Colombia. Federación colombiana de Ganaderos, Fedegán-FNG.  
<https://www.es.slideshare.net/Fedegan/taco-ensilaje-maiz-baja>.
- Wagner B., Asencio V., Caridad J. (2012). Como preparar un buen ensilaje.  
<http://190.167.99.25/digital/idiaf.ensilaje.manual.pdf>
- WingChing-Jones R.; Rojas-Bourrillón A. (2006). Composición nutricional y características fermentativas del ensilaje de maní forrajero *Agronomía Costarricense*, 30(1): 87-100.  
<https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/13795/6834-9403-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Zapa D. J. J.(2020). Seguimiento al manejo agronómico del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) para elaborar silo, en función de la oferta ambiental de planeta rica departamento de córdoba. [tesis ingeniería, Universidad de Córdoba]. Repositorio institucional.  
<https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/3626/zapadoriajosejulian.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Zavala D, Valencia E, Randel P. F y Ramos-Santana R. (2011). Producción de ensilaje de maíz blanco (*Zea mays* L.) de alto valor proteico con y sin mazorca asociado con dos leguminosas anuales, lablab (*Lablab purpureus* L.) y crotalaria (*Crotalaria júncea* L.). *J. Agrie. Univ P.R.*, 95(3-4), 151-167.  
<https://revistas.upr.edu/index.php/jaupr/article/download/2572/2158/2644>
- Hernández H. M., López O. S., Rodríguez J.J., Ortega J. E., Pérez E.S., Díaz R. P., Crosby G. M.M.(2020). Rendimiento y calidad nutritiva del forraje en un sistema silvopastoril intensivo con *Leucaena leucocephala* y *Megathyrsus maximus* cv. Tanzania. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*. 11(1), 53-69.  
<https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4565>