

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS

**COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL ENSILAJE DE MAÍZ CON
DIFERENTES NIVELES DE MORINGA (*Moringa oleífera*)**

JUAN ANTONIO CASTILLO FERNÁNDEZ
9-713-906

DAVID, CHIRIQUÍ
REPÚBLICA DE PANAMÁ

2015

**COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL ENSILAJE DE MAÍZ CON DIFERENTES
NIVELES DE MORINGA
(*Moringa oleífera*)**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL
TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS**

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O
PARCIAL DEBE SER OBTENIDO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS**

APROBADO:

ING. AUDINO MELGAR M., M.Sc.

DIRECTOR

ING. ALEX D. SAMUDIO, M.Sc.

ASESOR

ING. FELIX A. GUERRA, M.Sc.

ASESOR

**DAVID, CHIRIQUÍ
REPÚBLICA DE PANAMÁ**

2015

AGRADECIMIENTO

Primero mi agradecimiento se dirige a quien ha forjado mi camino y me ha dirigido por el sendero correcto, a “DIOS” por darme la vida y fuerzas por haber culminado satisfactoriamente, mis estudios; con la ayuda de mis padres Juan Castillo, Aída de Castillo, mis abuelas, hermanos, pareja e hijas que con esfuerzo y mucho trabajo quisieron brindarme una educación universitaria y apoyó para culminar mis metas. A ellos MUCHAS GRACIAS.

Le agradezco a mis formadores, Ing. Audino Melgar, Ing. Félix Guerra y al Ing. Alex Samudio, personas de gran sabiduría, ellos se han esforzado por ayudarme a llegar al punto en que me encuentro. Sencillo no ha sido el proceso, pero gracias por las ganas de trasmitirme sus conocimientos, consejos y sugerencias.

A todos aquellos, que de una u otra manera han contribuido a que mis metas se estén cumpliendo.

MUCHAS GRACIAS.

DEDICATORIA

Este trabajo de tesis se la dedico a mis padres, Juan castillo y Aída de Castillo. Por qué siempre me han apoyado en todo, desde que llegué a este mundo, me han formado para saber cómo luchar y salir victorioso ante las diversas adversidades de la vida. A mis profesores por enseñarme una parte de sus conocimientos para así lograr mis objetivos.

Todos ellos contribuyeron y fueron los medios para lograr obtener el título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista muchas gracias.

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL ENSILAJE DE MAÍZ CON DIFERENTES NIVELES DE MORINGA (*Moringa oleífera*)

CASTILLO F, JA. 2015. Composición nutricional del ensilaje de maíz con diferentes niveles de moringa (*Moringa oleífera*). Tesis de Ingeniería Zootécnica. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá. Chiriquí, Panamá. 71 p.

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la composición nutricional del ensilaje de maíz con diferentes niveles de moringa (*Moringa oleífera*), se realizó un estudio, donde se evaluaron cinco niveles de inclusión de moringa en el ensilaje de maíz (0,15, 30, 45 y 60%), conservándolos a través de la técnica de microsilos en tubos de PVC. El ensilaje se realizó en las instalaciones del Centro de Enseñanza e Investigaciones Agropecuarias de Chiriquí (CEIACHI), de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, utilizando material vegetativo proveniente del área cultivada del proyecto moringa. Los análisis de laboratorio se realizaron en la Estación Experimental del IDIAP en Gualaca. Una vez abierto los microsilos a los 45 días, se tomaron muestras donde se determinó el pH, nitrógeno amoniacal (N-NH₃) y capacidad búfer (CB) como indicadores de fermentación y se analizó el valor nutricional por medio de la materia seca (MS), materia orgánica (MO), cenizas (CZ), proteína cruda (PC), contenido de fibra (FDN, FDA) y lignina ácido detergente (LAD). Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con cinco tratamientos y tres repeticiones. El análisis estadístico se realizó mediante un *PROC GLM* de *SAS* y las comparaciones de medias por medio de *Tukey* a un valor $P < 0.05$. Los resultados indicaron diferencia entre las proporciones mezcladas de maíz y moringa para las características de fermentación ($P < 0.05$). A medida que se incrementó la proporción de moringa, el valor de pH, N-NH₃ y CB se hizo mayor. El pH mantuvo valores adecuados (< 4.2) para favorecer una correcta fermentación para niveles de 70% de maíz y 30% de moringa, y fue evidenciado por los valores de N-NH₃ y CB. Al evaluar las características nutricionales, se observó que la MS, CZ y PC aumentaron a medida que se incrementó la proporción de moringa en el ensilado ($P < 0.05$). Los componentes de la pared celular (FDN y FDA) disminuyeron con el aumento del nivel de moringa en la mezcla ($P < 0.05$), mientras la LAD aumentó. Se concluye que la incorporación de moringa en el ensilado de maíz representa una alternativa para incrementar el valor nutricional del ensilaje. Los mejores resultados se obtuvieron cuando la proporción de moringa se mantuvo entre el 30% y 45%.

Palabras clave: Moringa, ensilaje, fibra, proteína, fermentación.

NUTRITIONAL COMPOSITION OF CORN SILAGE WITH DIFFERENT LEVELS OF MORINGA (*Moringa oleifera*)

ABSTRACT

In order to evaluate the nutritional composition of corn silage with different levels of moringa (*Moringa oleifera*), a study was conducted including five levels of moringa added to corn silage (0, 15, 30, 45 and 60%), keeping them through microsilos technique in PVC. The silage was prepared at the Agricultural Research and Teaching Center of Chiriquí (CEIACHI), Agricultural Sciences Faculty, using moringa plant material from the cultivated project area. Laboratory tests were conducted at the Experimental Station of IDIAP in Gualaca. Microsilos were opened after 45 days, where samples were collected to determine pH, ammonia nitrogen (N-NH₃) and buffer capacity (CB), as indicators of silage fermentation. Nutritional value was analyzed for dry matter (DM), organic matter (MO), ash (CZ), crude protein (CP), fiber (NDF, ADF) and acid detergent lignin (ADL). It was used a completely randomized design with five treatments and three replications. Statistical analysis was performed using SAS PROC GLM and comparisons of means by Tukey (P <0.05). The results indicated differences between the mixed proportions of corn and moringa for fermentation characteristics (P<0.05). As the proportion of moringa increased, the pH, N-NH₃ and CB became greater. The pH remained proper values (<4.2) to promote good fermentation for levels of 70% corn and 30% of moringa, and it was evidenced by the values of N-NH₃ and CB. In evaluating the silage nutritional characteristics, it was observed that the MS, PC and CZ increased as the proportion of moringa increased (P<0.05). The components of the cell wall (NDF and ADF) decreased with increasing level of moringa in the mixture (P<0.05), while LAD increased. It is concluded that the incorporation of moringa in corn silage is an alternative to increase the nutritional value of the silage. Best results are obtained when the proportion of moringa remained between 30% and 45%.

Keywords: Moringa, silage, fiber, protein, fermentation.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	<i>Página</i>
PÁGINA DE TÍTULO	i
PÁGINA DE APROBACIÓN	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del Problema a Investigar.....	2
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.5. Hipótesis.....	4
1.6. Alcance y Limitaciones del Estudio.....	5
II. REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1. El Ensilaje y sus Ventajas en los Sistemas Ganaderos.....	6
2.2. El Cultivo del Maíz para el Forraje.....	9
2.3. Utilización de los Árboles y Arbustos con alto valor proteico en la Alimentación del Ganado.....	12
2.4. Utilización de la Moringa como Forraje en la Alimentación Animal.....	14
2.4.1. La Moringa en el ganado Bovino.....	14
2.4.2. La Moringa en el Ganado Ovino.....	18
2.4.3. La Moringa en el ganado Caprino.....	18

2.4.4. La Moringa en el Ganado Porcino.....	19
2.4.5. La Moringa en Aves.....	19
2.5. Producción y Calidad del forraje de Moringa.....	20
2.6. Otros usos de la <i>Moringa oleífera</i>	22
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
3.1. Localización del Ensayo.....	23
3.2. Materia Prima.....	24
3.3. Tratamientos.....	24
3.4. Diseño Experimental y Modelo Matemático.....	24
3.5. Variables de Respuestas.....	26
3.5.1. Características de Fermentación.....	26
3.5.2. Características Nutricionales.....	26
3.6. Materia Vegetal e Insumos.....	26
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
4.1. Características de Fermentación.....	30
4.1.1. Valor de PH.....	30
4.1.2. Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃).....	35
4.1.3. Capacidad Buffer óTampón.....	39
4.2. Valor Nutricional del Ensilaje de Maíz con Diferentes Niveles de Moringa.....	41
4.2.1. Materia Seca.....	42
4.2.2. Cenizas.....	44
4.2.3. Materia Orgánica.....	45
4.2.4. Proteína Cruda.....	46
4.2.5. Fibra Detergente Neutra.....	49
4.2.6. Fibra Detergente Acida.....	50
4.2.7. Lignina Acido Detergente.....	52
5. CONCLUSIONES.....	57
6. RECOMENDACIONES.....	58
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
ANEXOS.....	66

ÍNDICE DE CUADROS

N°	Título	Página
I.	Análisis de Varianza para las Características de Fermentación del Ensilaje de Maíz con Diferentes Niveles de Moringa (<i>Moringa oleífera</i>).....	31
II.	Medias de las Características de Fermentación del Ensilaje de Maíz con Diferentes Niveles de Moringa (<i>Moringa oleífera</i>).....	32
III.	Contenido Nutricional del Maíz y la Moringa antes de Ensilar.....	41
IV.	Análisis de Varianza para la Composición Nutricional del Ensilaje de Maíz con Diferentes Niveles de Moringa (<i>Moringa oleífera</i>).....	54
V.	Análisis de Varianza para la Composición de la Pared Celular del Ensilaje de Maíz con Diferentes Niveles de Moringa (<i>Moringa oleífera</i>).....	55
VI.	Medias de Composición Nutricional del Ensilaje de Maíz con Diferentes Niveles de Moringa (<i>Moringa oleífera</i>).....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

N°	Título	Página
1.	Medias de PH para el Ensilaje de Follajes de Maíz con Diferentes Niveles de Moringa (<i>Moringa oleífera</i>).....	33
2.	Medias de Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃) para el Ensilaje de Maíz con Diferentes Niveles de Moringa (<i>Moringa oleífera</i>).....	38
3.	Medias de Capacidad Búfer para el Ensilaje de Maíz con Diferentes Niveles de Moringa (<i>Moringa oleífera</i>).....	40
4.	Medias de Contenido de Materia Seca para el Ensilaje de Maíz con Diferentes Niveles de Moringa (<i>Moringa oleífera</i>).....	43
5.	Medias del contenido de Cenizas para el Ensilaje de Maíz con Diferentes Niveles de Moringa (<i>Moringa oleífera</i>).....	45
6.	Medias del Contenido de materia Orgánica para el Ensilaje de Maíz con Diferentes Niveles de Moringa (<i>Moringa oleífera</i>).....	46
7.	Medias del Contenido de Proteína para el Ensilaje de Maíz con Diferentes Niveles de Moringa (<i>Moringa oleífera</i>).....	48
8.	Medias del Contenido de Fibra Detergente Neutra para el Ensilaje de Maíz con Diferentes Niveles de Moringa (<i>Moringa oleífera</i>).....	50
9.	Medias del Contenido de Fibra Detergente Acida para el Ensilaje de Maíz con Diferentes Niveles de Moringa (<i>Moringa oleífera</i>).....	51
10.	Medias del Contenido de Lignina Acido Detergente para el Ensilaje de Maíz con Diferentes Niveles de Moringa (<i>Moringa oleífera</i>).....	53

ÍNDICE DE ANEXOS

N°	Título	Página
1.	Costo de Producción de una Hectárea de Maíz con Riego para Ensilado.....	66
2.	Costo de Producción de una Hectárea de Moringa para Ensilado.....	67
3.	Cosecha del material vegetativo de moringa.....	68
4.	Preparación de microsilos en tubos de PVC.....	69
5.	Análisis de laboratorio para valor nutricional y características de fermentación.....	70

1. INTRODUCCIÓN

La ganadería es una de las actividades económicas más importantes en los países de América Latina; no obstante, tal como ha ocurrido en nuestro país, los indicadores de producción han permanecido invariables en las últimas décadas, teniendo repercusiones negativas sobre la economía de los productores. Se enumeran dentro de las principales desventajas de los sistemas ganaderos actuales, la reducida oferta cuantitativa y cualitativa de los forrajes, el establecimiento del monocultivo de gramíneas, sequías periódicas y pérdida de las características físico-químicas y biológicas del suelo (Jobim, 2007).

Haciendo referencia a la reducida oferta cuantitativa y cualitativa de los forrajes, se conoce, que en los sistemas ganaderos extensivos prevalece la utilización de pasturas naturales y naturalizadas como dieta básica para el ganado; sin embargo, en la época seca la calidad y disponibilidad de las mismas disminuye, lo que hace necesario el uso de fuentes alternativas de alimentación. Ejemplo de estos son los suplementos con alto valor nutritivo, con la desventaja de que cada vez que incluimos la suplementación, se incrementan los costos de alimentación y por ende limita el uso generalizado de los mismos en las pequeñas empresas ganaderas.

Lo antes mencionado, sugiere que existe la necesidad de buscar alternativas económicamente viables y con elevado valor nutricional que permitan optimizar

las áreas de producción forrajera en las fincas ganaderas, que se pueda conservar y ofrecer forraje durante los periodos críticos marcados por la sequía o por exceso de lluvias.

1.1. Planteamiento del Problema a Investigar

Durante las épocas críticas, en Panamá, existe una demanda por forraje de alta calidad para alimentar el ganado. Durante estos periodos baja la ganancia de peso y producción de leche como consecuencia de un bajo consumo de materia seca dado por una baja la disponibilidad y calidad en los forrajes. Una de las alternativas, que sobresale como recomendación para hacer frente a esta demanda es el ensilaje de maíz. El ensilaje de maíz posee una excelente palatabilidad, posee alto valor energético y ha sido ampliamente estudiado y sugerido como complemento de alimentación para el ganado de carne como ganado de leche., obteniéndose resultados prometedores. Como complemento para contribuir a incrementar el valor proteico en este forraje conservado, se sugiere la incorporación de *Moringa oleifera* en diferentes niveles. La moringa contiene alto valor proteico y es una planta arbustiva adaptada a las condiciones agroclimáticas de nuestro país.

1.2. Antecedentes.

Existen evidencias sobre la utilización de la moringa en la alimentación animal, las hojas de moringa constituyen uno de los forrajes más completos. Muy ricas en: proteína, vitaminas y minerales y con palatabilidad excelente, las hojas son

ávidamente consumidas por todo tipo animal: rumiantes, camellos, cerdos, aves, incluso carpas, tilapias y otros peces herbívoros (Santana, 2004). Se destacan algunas características benéficas, ya que sirve para ganado vacuno, porcino, ovino, caprino u avícola, entre otros, en los que genera importantes incremento en el rendimiento, tanto de ganancia de peso como de producción de leche. Ante la escasez de pasturas de buena calidad para la alimentación y nutrición de ganado, porcino y equino, ya sea en explotación extensiva como intensiva en suelos preferiblemente por debajo de los 1000 msnm, se presenta una nueva, económica y excelente solución ampliamente conocida mundialmente, con el cultivo de la Moringa oleífera, arbustiva originaria de la India tradicionalmente utilizada en países asiáticos y africanos como alimento animal y purificador de agua.

Según Paziani (2004), las partes aprovechables de moringa se enmarcan casi a la planta entera, incluyendo a las semillas, vástago y raíces, corteza, hojas, tallos y brotes. Los animales al consumirla obtienen un incremento de peso diario de hasta un 32% y un incremento en la producción lechera de 43% a 65%.

1.3. Justificación.

La mezcla de maíz más moringa, conservada como ensilaje promete ser una fuente de forraje alternativo nutricional y económicamente viable para alimentar el ganado bovino. Esta mezcla ensilada permitiría obtener un forraje de calidad proteica y energética, que contribuiría a disminuir los costos de alimentación al

disminuir el uso de concentrados, en especial durante las épocas críticas. Al disminuir los costos de alimentación, el ganadero tiene opción de incrementar sus ingresos en la actividad ganadera y mejorar su calidad de vida.

1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo General.

- Evaluar la composición nutricional del ensilaje de maíz con diferentes niveles de *Moringa oleifera*.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Evaluar las características de fermentación del ensilaje de maíz con diferentes niveles de moringa.
- Valorar la composición nutricional del ensilaje de maíz con diferentes niveles de moringa.
- Recomendar la mejor proporción de moringa en el ensilaje de maíz basado en su composición nutricional.

1.5. Hipótesis.

- **Ho:** La proporción de *Moringa oleifera* no tiene efectos sobre las características de fermentación y la composición nutricional del ensilaje de maíz.

- **Ha:** La proporción de *Moringa oleífera* tiene efectos sobre las características de fermentación y la composición nutricional del ensilaje de maíz.

1.6. Alcances y Limitaciones del Estudio.

Al utilizar el ensilaje de maíz complementado con moringa se busca obtener no solo una alternativa nutricional de alto valor proteico, sino también contribuir a disminuir los costos de alimentación. Esta alternativa para ser utilizada, en la alimentación de las tres especies de rumiantes de interés comercial en nuestro país: bovino, ovino y caprino. Se considera esta alternativa como un forraje con potencial para ser utilizado en las épocas de escases de alimentos.

Una de las limitaciones de este estudio es la falta de conocimiento sobre el uso y potencial de la moringa por parte de los productores, ya que esta planta no es tan común en el área. Se hace necesario invertir esfuerzo en capacitar e innovar en el productor sobre las cualidades de la moringa y enfatizar en su potencial, como fuente alternativa de alimentación animal.

2. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. El Ensilaje y sus Ventajas en los Sistemas Ganaderos.

El ensilado es una técnica de conservación de forraje verde mediante fermentación anaeróbica (sin presencia de oxígeno), que cuando está bien implementada permite mantener y conservar la calidad nutritiva del pasto verde durante mucho tiempo. El punto fundamental es evitar el contacto del forraje ensilado con el aire, lo cual se logra mediante una buena compactación y almacenamiento en un ambiente totalmente hermético, lo cual puede lograrse por el acondicionamiento de alguna estructura sellada y/o mediante su cubrimiento con plástico (Reyes, 2008).

Según Reyes, (2008), el ensilaje ofrece ventajas, dentro de las que se pueden citar:

- Como una reserva para épocas de sequía, lo que implica ensilar hierba o cultivos bajo condiciones óptimas y almacenarlos por períodos de uno a 20 años. Este ensilaje se utiliza solamente en períodos de extrema escasez de alimento.
- Para aumentar la productividad, como empleo tradicional del ensilaje para aumentar la reserva de alimento del ganado. Su almacenaje es de menos de un año. El uso del ensilaje está asociado frecuentemente con un cambio en el uso de la tierra de más cultivos a menos praderas.

- Para facilitar el manejo de forrajeras y de cultivos donde la cosecha de forraje para ensilar también facilita otras prácticas de manejo. La mayor densidad de tallos y producción de los forrajes de zona templada para ensilarlos al comienzo de la temporada cuando ocurre un exceso de producción vegetativa lo que permite sembrar el cultivo sucesivo más temprano.
- Para usar mejor el excedente de producción; este exceso, en general, es considerado un desperdicio y el ensilaje sirve para almacenar el excedente y evitar pérdidas por efectos de madurez o deterioro in situ.
- Para equilibrar el contenido de nutrientes de la dieta, el ensilaje permite suplir nutrientes en períodos en que la ración estacional muestra deficiencias. Por ejemplo, combinando el uso del ensilaje de leguminosas para complementar el ensilaje de maíz, o combinando el ensilaje de maíz con el uso de praderas de leguminosas o con el uso de ensilajes que tengan distintos valores de contenido en fibra.
- Para permitir el almacenaje de alimentos muy perecederos ya que el proceso del ensilaje permite conservarlos por un largo período; por ejemplo, el ensilaje de subproductos muy acuosos. La técnica es similar a la empleada en la conservación de alimentos por medio de la adición de sustancias químicas o de la exclusión del aire en granos muy húmedos.

Todas estas ventajas; que se han citado, se fundamentan, en la asunción de que el uso del ensilaje debe ser rentable para ser incluido en el sistema de alimentación de la finca.

Entre los métodos de conservación destaca el ensilado, puesto que facilita la recolección del forraje, en que es difícil utilizar otra forma de conservación (Cañete y Sancha, 1998). El ensilaje es un proceso de conservación de forrajes en estado húmedo mediante fermentación que conduce a la acidificación, en unos reservorios especiales denominados silos, al abrigo del aire, la luz y la humedad exterior (Argamentería, 1997; Cañete y Sancha, 1998). Los forrajes se conservan con un mínimo de pérdidas de materia seca y de nutrientes, manteniendo una buena palatabilidad por el ganado (de la Roza, 2005 y Vieira da Cunha, 2009). En la conservación por ensilajes se trata de inhibir el crecimiento de microorganismos degradadores de la materia seca (Garcés, 2006). El objetivo es conseguir un valor nutricional similar al forraje en el momento de la recolección (Cañete y Sancha, 1998). La utilización de ensilajes para la alimentación animal, está considerando por el bajo costo y alto rendimiento biológico (Santos, 2009).

La calidad final del ensilado depende tanto de las materias primas como de la aplicación adecuada de la técnica. Entre los factores de la materia prima destacan la altura de corte, el nivel de humedad, el tamaño de las partículas, la porosidad de la masa forrajera (Paziani, 2004), la resistencia a la compactación

(Jobim, 2007) y la calidad fermentativa, determinada por la concentración de ácidos orgánicos, nitrógeno amoniacal y pH (Santana, 2004). En general, los forrajes con una concentración entorno al 6-8% de carbohidratos solubles y un contenido de materia seca entorno al 32-35% con bajo poder tampón constituyen una adecuada materia prima para el ensilaje (Vieira da Cunha, 2009).

El ensilaje es un proceso principalmente empleado en países desarrollados; se estima que 200 millones de toneladas de materia seca son ensilados en el mundo anualmente, a un coste de producción entre 100-150 balboas por tonelada. Este costo comprende: la tierra y el cultivo (aproximadamente 50%), secado y polietileno (30%), silo (13%) y aditivos (7%).

En Europa, los agricultores de países como Holanda, Alemania y Dinamarca almacenan más del 90 por ciento de sus forrajes como ensilaje. Aún en países con buenas condiciones climáticas para la henificación, como Francia e Italia, cerca de la mitad del forraje es ensilado. Las cosechas más importantes para el ensilaje a nivel mundial son las de maíz, alfalfa y pastos, aunque también se ensilan trigo, sorgo y algunas legumbres (Garcés, 2006).

2.2. El Cultivo de Maíz para Forraje.

En España, el cultivo de maíz es considerado una materia prima ideal para ensilar por su alto valor nutritivo, con 265,056 toneladas métricas anuales.

(Estadística Consejería Agricultura, 2008). El ensilaje de maíz es uno de los forrajes conservados más importantes y versátiles en el mundo. Es una mezcla única de grano y fibra digestible, que constituye una de las principales fuentes energéticas para la alimentación de rumiantes (Ruiz, 2009); siendo generalmente utilizado en la alimentación de rumiantes lecheros, mejorando sus producciones (Idris, 2001; Phipps, 2000; O'Doherty, 1997).

El maíz es importante, como forraje, para ensilar por su productividad, riqueza en energía, facilidad de recolección, conservación y utilización de los animales, aunque es pobre en materias primas nitrogenadas y en algunos minerales (Cañete y Sancha, 1998). El valor nutritivo del ensilado de maíz puede ser mejorado con inoculantes bacterianos los cuales contienen bacterias productoras de ácido láctico que se agregan a la población bacteriana natural para ayudar a garantizar una fermentación rápida y eficiente en el silo (Ruiz, 2009). Para Argamentaría (1997) su función es elevar el nivel de acidez del forraje a ensilar, para prevenir la ruptura de la proteína. El uso de inoculantes también puede mejorar la calidad fermentativa, principalmente por la reducción de ácido acético y nitrógeno amoniacal (Gordon, 1996).

Según el criterio de algunos autores en estudios realizados comentan que el uso de inoculantes bacterianos como bacterias del ácido láctico: *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, para ensilar no sólo tiene efecto sobre el proceso de fermentación, sino que también incrementan la producción animal: cantidad

y/o composición de la leche, condición corporal, ganancia de peso vivo y parámetros reproductivos. Así, (Phipps, 2000) observó que el ensilado de maíz tratado con aditivos microbianos mejora la producción de leche en vacas. Del mismo modo, (O'Doherty, 1997) demostró que el ensilado de maíz inoculado con microorganismos responde de modo similar al ensilado de hierba de alta calidad en ovejas preñadas. En pastos tropicales estos aditivos mejoran la calidad de fermentación y reducen las pérdidas durante el ensilaje (Mülbach, 2001).

Asimismo, el empleo de productos amoniacales asociados a los productos microbianos podría también mejorar el contenido de proteína bruta del ensilado de maíz (Argamentería, 1997). Aditivos de nitrógeno no proteico (NPN), especialmente la urea, al ser agregados a forrajes con valores altos en materia seca, y bajos de poder tampón (granos de maíz o sorgo) aumentan el contenido de PB y pueden mejorar la estabilidad aeróbica del ensilaje, en el momento de ser abierto (Mülbach, 2001).

Los efectos de los aditivos sobre la calidad final depende de la ensilabilidad del material, en forrajes con alta calidad fermentativa como el maíz se puede utilizar, pero es dudoso, que la mejora aportada compense económicamente; así como aumenta su susceptibilidad al deterioro aeróbico (Argamentería, 1997).

Se puede ensilar cualquier forraje (pasto, mezclas de pastos y leguminosa o subproductos agrícolas), pero se prefieren los cultivos verdes con altos rendimientos forrajeros por unidad de superficie, alta proporción de hojas, alto contenido de azúcares o carbohidratos solubles y facilidad de cosecha (Becerra y col., 2005).

2.3. Utilización de Árboles y Arbustos con Alto Valor Proteico en la Alimentación del Ganado.

El uso de los árboles y arbustos con alto valor de proteína (follaje, vainas y frutos), pueden contribuir a mejorar la calidad de la alimentación del ganado a un costo relativamente bajo, especialmente durante la época seca, cuando los pastos se lignifican y pierden calidad. El follaje arbóreo, por lo general presenta un alto contenido de nitrógeno y puede servir de suplemento, incrementando los niveles de proteína en la dieta, mejorando el consumo y la digestibilidad del alimento ingerido, constituyendo una alternativa valiosa para la suplementación del ganado, sustituyendo cantidades significativas de alimentos concentrados, elaborados a base de granos; los cuales son cada día más costosos y escasos (Reyes, 2006).

Uno de estos árboles forrajeros con alto valor proteico es la moringa, conocido comúnmente como moringa, este árbol forrajero crece en todo tipo de suelo, desde suelos alcalinos hasta ácidos (Duke, 1983). Es un árbol de crecimiento rápido, alcanza alturas de siete a 12 metros, tolera hasta seis meses de sequía.

La producción de materia seca oscila entre 15 a 24 toneladas por hectárea por año (Reyes, 2006).

Estudios indican, que la moringa tiene un excelente valor nutritivo. Diversos autores reportan contenidos de proteína cruda en un rango de 17 a 26.8 por ciento, fibra detergente neutro de 32.1% a 52.1% de materia seca y fibra ácido 1detergente de 22.35% a 36.1% de materia seca (Mendieta, 2009 y Reyes, 2006). Reyes (2004) reporta datos de digestibilidad in vitro de la materia seca en hojas y tallos de 79% y 57% respectivamente y energía metabolizable de 2.27 Megacalorías por kilogramos de materia seca.

Rocha y Mendieta (1998) utilizando como suplemento forraje de moringa en diferentes niveles de inclusión en dietas de vacas lecheras encontraron un consumo aceptable sin ningún efecto toxico, así mismo observaron incrementos en la producción láctea. Igualmente (Reyes, 2006), en ensayos realizados reportan incrementos en más de dos litros de leche, no afectando la composición química de esta.

Existen diversas experiencias de la inclusión de moringa fresca en la alimentación de otras especies de animales como: cabras, ovejas, aves y porcinos con efectos positivos sobre el comportamiento productivo de cabras y ovejas (Sarwatt y Aregheore, 2002); mayor aportación de proteínas en cerdos

(Pérez, Torres y Mendieta, 2001) y mejoras en la ganancia de peso en ovinos (Reyes, 2008).

En los trópicos se hace uso de ensilajes de gramíneas, sin embargo, el mismo tiene una baja calidad, asociada principalmente, a la baja calidad del material ensilado. Rocha y Mendieta (1998) al evaluar ensilaje de moringa en diversas proporciones (99 y 95 por ciento) reportan valores para materia seca de 21.2% y 21.7% con concentración de proteína cruda de 15.0% y 14.4% de materia seca y fibra detergente neutro de 58.3% y 39.7%, respectivamente.

En la literatura, existe muy poca información sobre el comportamiento productivo de vacas lecheras alimentadas exclusivamente con moringa (fresco o ensilado) y la bioeconómica producto de la inclusión de esta alternativa de alimentación. Por ende, el objetivo de este estudio es evaluar el efecto sobre la composición nutricional y los costos de producción del ensilaje de maíz con diferentes niveles de moringa.

2.4. Utilización de la Moringa como Forraje en la Alimentación Animal.

2.4.1. La Moringa en el Ganado Bovino.

Según Foidl y col. (1995), alimentando a sus animales con las hojas de moringa y tallos verdes aumento de peso fue de hasta un 32% y aumenta la producción de leche 43-65% y que la moringa también mejora la digestibilidad de los otros alimentos, que come el ganado y la mejora de la salud de su animal.

Esto demuestra, que existe evidencia de un posible efecto asociativo en la digestión y asimilación de ambos alimentos cuando son suministrados al mismo tiempo.

Cuando se inicia la alimentación con moringa es posible requerir de un periodo de adaptación, mezclándolo con otros alimentos que se le ofrece al ganado. Se recomienda ofrecer la moringa poco a poco en la dieta de los bovinos por un período de 10 días, para evitar la indigestión o diarrea. Cada día, aumentar la proporción de Moringa ligeramente hasta que se dé el monto total a los 10 días.

La Moringa se puede utilizar como un complemento proteínico o sustituto completo (Foild y col, 1995). Resultados de investigaciones sobre el uso de moringa como forraje fresco para la alimentación de ganado, se reportan experimentos en ganado de leche. No se ha encontrado disminución en los volúmenes de leche, en animales que estaban en pastoreo y suplementados con concentrado y posteriormente se pasaron a pastoreo y suplemento de moringa. No se han observado problemas de palatabilidad y se evalúan cambios en la leche.

Se tienen resultados cuando se ha suplementado moringa en base al 6.25% del peso corporal adicionado a una dieta base de heno de *Brachiaria*, mezclado con melaza de caña de azúcar. Se reportan consumos promedio por vaca y día de 35 kg de moringa fresca (planta entera), además del pastoreo durante el día.

Por otro lado, Según Foild y col, (1995) el corte de los rebrotes se realiza en intervalos entre 35 y 45 días, estos en función de las condiciones de manejo del cultivo, pueden llegar a tener una altura de 1.20-1.5 metros.

El material debe ser cortado, tallos, ramas y hojas se pican y se suministra a los animales. Se ha llegado a ofrecer hasta 27 kilogramos de material fresco/animal/día. Según Foild y col., (1995) la cantidad a alimentar es alrededor de 10 a 15 kg de materia fresca por animal por día, como un suplemento a la dieta regular. La fórmula para esto será 3.75% del peso corporal.

Según Castellón y González (1996) novillos alimentados basándose con heno de estrella con o sin suplemento de hojas de moringa, ellos obtuvieron una mayor ganancia de peso (380 gramos por día) y consumo de alimento en los animales que fueron suplementados con hojas de moringa.

La mayor ganancia de peso y el mayor consumo en los animales suplementados con moringa se deben a que los componentes del contenido celular de la moringa tienen altos niveles de sustancias liberadoras de energía que son conocidas por incrementar la síntesis de proteína microbiana.

Para Rocha y Mendieta (1998), alimentando vacas lecheras con pasto jaragua (*Hypharrenia rufa*) y rastrojo de sorgo suplementadas con diferentes niveles de

marango (0.1%, 0.2% y 0.3% del peso vivo) encontraron un consumo aceptable sin ningún efecto tóxico o factor anti nutricional que limitara el consumo. Estos mismos autores (Rocha y Mendieta, 1998) encontraron que la suplementación con Moringa al nivel de 0.3% del peso vivo resultaba en una producción de leche de 5.73 kg/vaca/día que fue superior en un 13% al rendimiento del tratamiento control (5.07 kg/vaca/día) que fue solamente pasto jaragua y rastrojo de sorgo. Hay recomendaciones que sugieren que el forraje moringa debe ofrecerse después del ordeño, para evitar la transferencia de olores o sabores anormales.

Según Reyes y Ledin (2003), en un ensayo de alimentación que llevaron a cabo en Nicaragua probando tres raciones diferentes obtuvieron los resultados. Como se puede observar la producción de leche en las vacas alimentadas con moringa se incrementó en más de dos litros de leche por vaca por día con relación a las vacas, que consumieron solo heno.

Con relación, al efecto de la moringa sobre la composición química de la leche en comparación con el heno de *Brachiaria*, Reyes y Ledin (2003) encontraron, que las diferencias fueron muy pequeñas y no significativas o relativamente inexistentes. Existe alguna evidencia en la literatura, que la alimentación de vacas lecheras, con moringa puede causar olor, color y sabor no característico de una leche normal, por eso se recomienda que el ordeño se realice al menos tres horas después que los animales hayan consumido la moringa para evitar olor y sabor a hierba en la leche (Agrodesierto, 1999).

2.4.2. La Moringa en el Ganado Ovino.

Estudios realizados por Pérez y col, (2005) indican, que en la alimentación de borregos se encontró, que la moringa puede suministrarse a una cantidad de 40% en la dieta y la digestibilidad de materia orgánica de moringa es de 62%, contra el 68% de la alfalfa; mientras en la digestibilidad de la proteína es de 75%, contra 72.3% de la alfalfa

2.4.3. La Moringa en el Ganado Caprino.

En un ensayo experimental, con cabras usando niveles de inclusión de 9%, 27% y 36% de hojas de moringa en la ración, Sarwatt (2002) encontraron que el consumo de materia seca fue de 251, 335 y 311 g/d respectivamente, sin embargo, la incorporación de los diferentes niveles de hojas de moringa no afectó significativamente las ganancias medias diarias que fueron de 16.1, 15.0 y 13.6 g/d, respectivamente.

Por otro lado, Aregheore (2002), al suplementar cabras con 20% y 50% de hojas de moringa encontró consumos de materia seca de 50.9 y 51 g/kg^{0.75} por día similares al consumo de cabras que no fueron suplementadas (50.6 g/kg^{0.75} por día). Las cabras suplementadas tuvieron una ganancia media diaria de 86 y 78 g/día y las no suplementadas solamente ganaron 55 g/día.

2.4.4. La Moringa en el Ganado Porcino.

La moringa es uno de los forrajes más aptos para ganado porcino, por la alta cantidad de proteína que estos animales precisan.

En el caso de no rumiantes o monogástricos, principalmente aves y cerdos, el valor nutritivo de las hojas frescas se puede incrementar con la adición de la enzima fitasa que rompe los fitatos, lo que incrementa la absorción del fósforo contenido en las hojas frescas de moringa. Esta enzima se suministra simplemente mezclándola someramente con las hojas frescas en las cantidades indicadas por el fabricante (Agrodesierto, 1998).

2.4.5. La Moringa en las Aves.

La fabricación de concentrado casero de hoja de moringa es lo más conveniente para aves: pollos, gallinas, pavos aunque suelen admitir el consumo directo de las hojas frescas o en polvo. La cantidad de proteína recomendada para las aves es del 22%, de esta cantidad la mitad se puede obtener a bajo costo utilizando hojas de moringa en el concentrado (Agrodesierto, 1998). Esto demuestra que existe evidencia de un posible efecto asociativo en la digestión y asimilación de ambos alimentos cuando son suministrados al mismo tiempo.

2.5. Producción y Calidad del Forraje de Moringa.

Es muy importante señalar, el alto rendimiento de biomasa fresca total comestible (hojas, pecíolos, brotes y tallos con diámetro inferior a los 5 mm) que es de 68 ton/ha/ año equivalentes a 15 toneladas de materia seca por hectárea por año (Jarquín y Reyes, 2003). La moringa tiene una alta tasa de crecimiento y capacidad para producir altas cantidades de materia fresca por metro cuadrado con altas densidades de siembra.

Según Reddy (1982), el forraje de moringa es una buena fuente de proteína para la alimentación de animales, ya que contiene 25.1% de proteína cruda en base seca con un alto contenido de proteína sobre pasante, 47% de la proteína total, y la digestibilidad in vitro de la materia seca es de 79%.

El alto valor de proteína digestible en el intestino delgado indica, que las hojas de moringa son una buena fuente de proteína suplementaria para los rumiantes, ya que permite que más aminoácidos lleguen directamente al intestino delgado para ser usados directamente con fines productivos. Las hojas de Moringa son ricas en minerales principalmente calcio y hierro, pero de acuerdo con (Reddy, 1982) cuando hay presencia de fitatos (entre 1 y 5%) como en las leguminosas disminuye la disponibilidad de los minerales para mono gástricos. Las hojas son muy ricas en vitaminas B₁, B₆ y niacina y contiene 6780 µg de β-caroteno. En general, las vitaminas del grupo B (B₁, B₆ y niacina) muestran concentraciones muy altas excepto la riboflavina (B₂) que es relativamente baja (Gopala y col,

1979). Al compararse con otros vegetales la moringa es también excepcionalmente rico en ácido ascórbico (Souza y Kulkarni, 1990).

En su su hábitat natural, la moringa crece hasta los 1 400 metros de altitud, a lo largo de los ríos más grandes en suelos aluviales arenosos o guijosos (Troup, 1921). Según Ramachandran, (1980) la moringa es muy resistente a la sequía y se cultiva en regiones áridas y semiáridas de la India, Paquistán, Afganistán, Arabia Saudita y África del Este, donde las precipitaciones alcanzan sólo los 300 mm anuales. De igual forma, Croess y Villalobos (2008) señalan, que la moringa es un género de plantas con numerosas especies distribuidas en zonas áridas y semiáridas de la India, Pakistán y el sur de Himalaya.

Según Reyes (2006) la moringa es resistente a la sequía y tolera una precipitación anual de 500 a 1 500 mmm. Además crece en un rango de pH de suelo entre 4,5 y 8, excepto en arcillas pesadas, y prefiere suelos neutros o ligeramente ácidos. A su vez, García (2003) explica que en centroamérica se encuentra en zonas con temperaturas de 6 a 38°C. Es resistente al frío por corto tiempo, pero no menos de 2 a 3°C. En las temperaturas menores de 14°C no florece y solamente se puede reproducir vegetativamente (por estacas). Se localiza desde el nivel del mar hasta 1 800 msnm. Es una especie adaptada a una gran variedad de suelos. Falasca y Bernabé (2008) plantearon que en su hábitat natural las temperaturas medias anuales presentan grandes

fluctuaciones. Durante los meses más fríos soporta entre -1°C y 3°C ; mientras que en los meses más cálidos de 38°C a 48°C (Troup, 1921).

En sentido general, se puede decir, que es una especie de gran plasticidad ecológica, ya que se encuentra localizada en diferentes condiciones de suelo, precipitación y temperatura. Según Price (2000) en los informes plantea que la moringa puede sembrarse intensivamente. A este nivel de producción, los requisitos de nutrientes por hectárea por año son: 1,8 kg calcio; 0,5 kg cobre; 1,4 kg magnesio; 380 kg fósforo; 0,6 kg boro; 280 kg nitrógeno y 0,3 kg zinc. Es posible que los suelos en otras localidades proporcionen una parte de estos requisitos y los fertilizantes puedan ser distintos.

2.6. Otros usos de la *Moringa oleifera*.

La Moringa Oleífera tiene otros usos como floculante natural, energético, fuente de materia prima de celulosa y de hormonas reguladoras de crecimiento vegetal; usos en los cuales se realizan actualmente muchas investigaciones. Existe referencia de otros múltiples usos en la salud humana.

3. MATERIALES Y METODOS.

3.1. Localización del Ensayo.

El experimento se realizó en la Facultad De Ciencias Agropecuarias (FCA), sede de Chiriquí, en el Centro de Enseñanza e Investigación Agropecuaria de Chiriquí (CEIACHI) cuenta con un clima isotérmico con pocas variaciones de temperatura, que oscila entre 2°C y 2.5°C, cuyo promedio mensual más bajo se presenta en octubre con 26.0°C y el más elevado en abril con 28.2°C. Durante las horas del día la temperatura ambiental sufre variaciones muy marcadas con una amplitud térmica que oscila entre 10 y 14°C durante la época seca y entre siete y diez grados en la época lluviosa.

La precipitación pluvial anual es bastante elevada con un promedio anual de 828.6 milímetros y una distribución anual marcadamente estacional que define una época seca de cinco meses. Las mayores precipitaciones se dan en los meses de mayo a julio y de septiembre a octubre, la época seca se presenta en los meses de diciembre a abril. Durante este periodo la precipitación no supera generalmente los 100 milímetros al mes, los meses más secos son enero, febrero y marzo (Aguilar, 1998).

Los análisis de laboratorio se realizaron en el Laboratorio de Bromatología de la Estación Experimental del IDIAP en Gualaca.

3.2. Materia Prima.

Se utilizó el material vegetativo de moringa proveniente del área cultivada del proyecto moringa de la FCA, el cual se desarrolló en cuatro hectáreas, que eran utilizadas para evaluar las densidades de los árboles de moringa y ensayos experimentales de densidades del cultivo de moringa para biomasa. Para el forraje de maíz se utilizó la planta entera extraída de una parcela previamente establecida.

3.3. Tratamientos.

Se evaluó cinco tratamientos con la inclusión de cuatro niveles de moringa en el ensilado de maíz. Cada tratamiento se realizó por triplicado. Los tratamientos resultantes fueron:

- $T_1=100\%$ de Maíz + 0% de moringa.
- $T_2= 85\%$ de Maíz + 15% de moringa.
- $T_3= 70\%$ de Maíz + 30% de moringa.
- $T_4= 55\%$ de Maíz + 45% de moringa.
- $T_5= 40\%$ de Maíz + 60% de moringa.

3.4. Diseño Experimental y Modelo Matemático.

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), resultando de los cinco tratamientos (nivel de inclusión de Moringa) y las tres repeticiones por tratamientos un total de quince microsilos. Se realizó un análisis de varianza para determinar el efecto de los tratamientos sobre las variables en estudios

utilizando el paquete estadístico de SAS v9 (SAS Institute Inc., Gary, NC, USA). Las comparaciones de medias se realizaron por el procedimiento de Tukey, declarando diferencias con un valor $P < 0.05$.

El modelo estadístico utilizado en la presente investigación fue el siguiente:

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

Dónde:

- Y_{ij} = Variables de respuesta.
- μ = Media poblacional.
- τ_i = Efecto de tratamiento.
- ϵ_{ij} = Error experimental.

La distribución de los tratamientos en el campo se realizó bajo un diseño Completamente al Azar con cinco factores, el tiempo de almacenamiento (45 días) y cinco tratamientos (T_1 , T_2 , T_3 , T_4 y T_5); con tres repeticiones en el mismo tiempo.

3.5. Variables de Respuesta.

Las variables de respuesta para las características nutricionales y de fermentación fueron las siguientes:

3.5.1. Características de fermentación

- pH
- Capacidad búfer, meq NaOH/kg MS
- Nitrógeno amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$), %

3.5.2. Características Nutricionales.

- Materia seca (MS), %
- Materia orgánica (MO), %
- Cenizas (CZ), %
- Proteína cruda (PC), %
- Fibra detergente neutra (FDN), %
- Fibra detergente ácida (FDA), %
- Lignina ácido detergente (LAD), %

3.6. Materia Vegetal e Insumos.

- Material vegetativo de maíz.
- Material vegetativo de moringa.
- Microsilos tubulares de PVC de 2 kilogramos.
- Bolsas de 3 libras de papel para muestras.

- Bolsas pequeñas plásticas para muestra.
- Bolsas para fibra detergente neutra, fibra detergente ácido y lignina.
- Reactivos para análisis químicos de MS, MO, PC, FDN, FDA y lignina.

Se utilizó maíz de segundo corte, se cosecharon 203 plantas enteras que pesaron 184.5 kg (406 libras). Luego se procedió a cortar solo hojas de moringa de cinco (5) árboles, se recolectaron 2,350 hojas que pesaron 16 kg (35.25 libras). Se picaron ambos materiales y se mezclaron. Se pesaron en bolsas según los tratamientos. Se colocaron en envases de PVC con capacidad de dos (2) kilogramos cada uno. Luego se realizaron las réplicas, todos los microsilos fueron herméticamente tapados para evitar la menor entrada de oxígeno y lograr una buena fermentación.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Se estudió la incorporación de diferentes niveles de *Moringa oleífera* en el ensilaje de maíz para evaluar su calidad nutricional. Para esta evaluación, se realizaron pruebas en el material ensilado en microsilos de laboratorio para valorar sus características nutricionales y determinar la efectividad del proceso de su fermentación.

La calidad de un ensilado depende por una parte de su valor nutritivo, que está ligado directamente a su composición química (fibra, materias nitrogenadas, minerales, hidratos de carbono, otro.) y por otra, a la calidad de conservación, que viene definida por los productos finales de las fermentaciones que tienen lugar en el mismo (Cañete y Sancha, 1998).

Antes de evaluar los aspectos nutricionales y fermentativos, se realizó una apreciación organoléptica del material ensilado. Se consideró el color, olor y textura. Todos los microsilos presentaron características organolépticas favorables, que indican un buen proceso de ensilaje, en particular olor y textura. Cuando se evaluó el color se encontró, que algunos de los materiales presentaron ligeras manchas de moho superficiales cercanas a la boca de los envases, lo que puede ser indicativo de posible infiltración de aire durante el cerrado. Estas menudas porciones fueron retiradas y desechadas antes de

analizar las características fermentativas y la composición química nutricional del producto ensilado.

La exactitud de este método está sujeta a la experiencia del evaluador y a sus posibilidades para clasificar los rangos intermedios dentro de las categorías establecidas entre muy bueno y en descomposición. En términos generales podemos indicar que nuestra evaluación subjetiva del material ensilado, nos permite manifestar, que el proceso de fabricación y sellado fue adecuado y que durante el proceso existió una adecuada fermentación.

Según lo señalado por Gallardo (2003) en cuanto a la evaluación organoléptica del material, notamos que en todos los tratamientos estudiados el producto ensilado fue clasificado como de buena calidad. Es necesario indicar que tal como sugiere Tobías. Y col. (2003), la valoración de ensilajes mediante las características sensoriales en el campo es una manera rápida económica y sencilla, pero no deja de ser una herramienta subjetiva. Por lo tanto, es necesario realizar una evaluación, que nos permita analizar si realmente la fermentación del material fue adecuada. Para esto, tal como sugiere Martínez et al. (1998), recurrimos a evaluar las características de fermentación, en particular pH, capacidad búfer (meq NaOH/ kg de MS) y el porcentaje de nitrógeno amoniacal (N-NH₃). Una vez realizada esta evaluación, se obtuvo los resultados que se resumen en el Cuadro I relacionados al análisis de varianza.

4.1. Características de Fermentación.

El análisis de varianza indicó, que las tres características de fermentación evaluadas fueron diferentes entre los tratamientos ($P < 0.0001$). Por lo tanto, se conoció que el nivel de mezclado maíz más moringa afectó el proceso de fermentación durante el ensilado. Conociendo esto, se realizó una comparación de medias de los valores de las características de fermentación (Cuadro II), donde se observó lo siguiente:

4.1.1. Valor de pH.

El principio de conservación, en el ensilaje es alcanzar una rápida disminución en el pH, gracias a la producción de ácidos orgánicos especialmente el ácido láctico, que impide el crecimiento microbial y la actividad de las enzimas endógenas catabólicas de la planta preservando el alimento (FAO, 1999 y Bolsen, 1999).

La evaluación de comparación de las medias de tratamientos para pH indicó que hubo diferencia entre los tratamientos ($P < 0.0001$), con un coeficiente de variación de 2.33% (Cuadro II). Los mayores valores de pH fueron registrados cuando el nivel de moringa en el silo fue mayor, todos dentro de los rangos esperados (Figura 1). Los valores observados son conformes a los reportados por Castillo et al. (2009), al trabajar con ensilaje de maíz asociado con *Vigna radiata*.

CUADRO I. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LAS CARACTERÍSTICAS DE FERMENTACIÓN DEL ENSILAJE DE MAÍZ CON DIFERENTES NIVELES DE MORINGA (*Moringa oleífera*).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Error Estándar de la Media	F-Valor	P > F
Ph						
Tratamiento	4	0.07	0.02	0.021	44.01	< 0.0001
Error	10	0.004	0.0004			
Total	14	0.08				
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃), %						
Tratamiento	4	7.64	1.91	0.136	102.78	< 0.0001
Error	10	0.19	0.019			
Total	14	7.82				
Capacidad Búfer, meq NaOH/kg MS						
Tratamiento	4	14062.00	3515.5	4.10	210.09	< 0.0001
Error	10	167.33	16373			
Total	14	14229.33				

CUADRO II. MEDIAS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE FERMENTACIÓN DEL ENSILAJE DE MAÍZ CON DIFERENTES NIVELES DE MORINGA (*Moringa oleífera*).

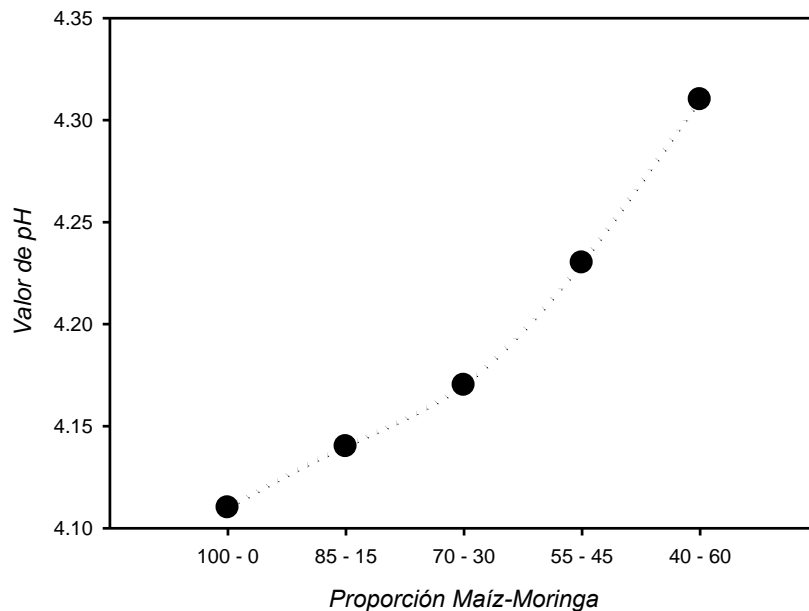
Variable de Respuesta	Tratamientos (Nivel Maíz: Moringa)					CV, %	P
	1	2	3	4	5		
	100:0	85:15	70:30	55:45	40:60		
pH	4.11 ^d	4.14 ^{dc}	4.17 ^c	4.23 ^b	4.31 ^a	0.49	<0.0001
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃), %	4.78 ^d	5.30 ^c	6.10 ^b	6.4 ^{ab}	6.70 ^a	2.33	<0.0001
Capacidad Búfer, meq NaOH/kg MS	158.67 ^d	166.33 ^d	180.33 ^c	212.33 ^b	240.67 ^a	2.13	<0.0001

^{abcde} Medias con distinta letra dentro de una misma fila difieren ($P < 0.05$).

CV = Coeficiente de variación.

P = Valor de probabilidad.

FIGURA 1. MEDIAS DE pH PARA EL ENSILAJE DE MAÍZ CON DIFERENTES NIVELES DE MORINGA (*Moringa oleífera*).



A medida, que se agregó moringa a la mezcla del material ensilado, aumentó el valor de pH. Esto indica, que la concentración mayor de proteína en el material ensilado a consecuencia de la mayor proporción de la moringa, promueven la formación de amoníaco el cual por su poder neutralizante, impide que el pH se estabilice y alcance valores más bajos.

Favre (2012) manifiesta que los valores indicativos de buena calidad en un ensilado se sitúan entre 3.6 y 4.2, valores, que revelan una buena calidad de fermentación dominada fundamentalmente por bacterias lácticas.

El pH es un indicador de vital relevancia en el proceso de conservación de un forraje en forma de ensilaje debido a que es una de las transformaciones más radicales que ocurren en el forraje y por su estrecha relación con los procesos degradativos durante la conservación. Es necesario, que el descenso del pH ocurra lo más pronto posible para garantizar un hábitat desfavorable para las bacterias clostrídicas y reducir la respiración; evitando así la proteólisis y la proliferación de los microorganismos indeseables en el proceso (Pezo, 1981; Muck, 1988).

Es necesario considerar, que el valor de pH está en función de la materia seca del ensilaje y de la proporción que exista entre las proteínas y los carbohidratos solubles, se considera, que cuando un ensilaje alcanza valores inferiores a 4.2 se ha logrado su estabilidad fermentativa. Por consiguiente, la materia seca es importante como controladora de la calidad del proceso fermentativo. Vallejo (1995) indica, que cuando el contenido de MS en el material a ensilar sobrepasa el 25%, se reduce el nivel de efluentes y las pérdidas de carbohidratos por esta vía; McDonald (1981), además afirma, que disminuye las pérdidas por respiración, permite un predominio de las bacterias ácido-lácticas y un pH adecuado. Su valor óptimo para la conservación se sitúa entre 30 y 35% (Ojeda *et al.*, 1991).

Basado en lo que plantea Mier Quiroz (2009), si el forraje es pobre en azúcares fermentables y alto valor de proteína, tal como ocurre con aquellos tratamientos

con mayor al 30% de moringa, las bacterias lácticas, formadoras del ácido láctico conservador, no tendrán suficiente cantidad de azúcares a su disposición como para conseguir bajar el pH de 4.2 y ello permitirá el desarrollo de otros microbios que van a desmejorar el forraje ensilado poco a poco originando amoníaco como producto final, el cual termina por neutralizar la acidez residual.

Para Jobim et al. (2007) en la actualidad el pH es una variable que sirve como referencia un indicador de la calidad fermentativa en ensilados con bajo contenido de materia seca. Asimismo el indicador más adecuado para determinar la calidad de fermentación de ensilajes sería el contenido de ácidos orgánicos indisociados (Lindaren, 1999). Para Cherney y Cherney (2003), citados por Jobim et al (1997), el valor de pH de 4,2 puede ser un buen indicador de la calidad de fermentación para ensilajes de bajo contenido en materia seca, no siendo adecuado en ensilajes con alto contenido en materia seca, para lo cual el mejor indicador de calidad de un ensilaje está basado en el contenido de ácidos orgánicos presentes.

4.1.2. Nitrógeno Amoniacal (N-NH₃)

El N-NH₃, se emplea como medida de la degradación de la proteína, que tuvo lugar durante el proceso de ensilado, y de los azúcares solubles residuales, cuya escasez en el efluente es el indicador de que tuvo lugar una correcta fermentación láctica. Se produce ácido láctico, como medida de la transformación de los azúcares presentes en el forraje y que contribuirá de

manera fundamental a la reducción de pH y a la estabilidad del ensilado (de la Roza, 2005). De esta manera, la presencia de $N-NH_3$ en los ensilajes está condicionada principalmente al metabolismo de los aminoácidos y de los nitratos presentes en la planta por las bacterias. Para poder utilizarlo en los criterios de evaluación se necesita expresarlo como porcentaje del nitrógeno total presente en el ensilaje, lo que da una idea de la proporción de las proteínas que se han desdoblado. En los ensilajes bien conservados se considera como óptima una concentración menor de siete por ciento de $N-NH_3$ como porcentaje del nitrógeno total (Ojeda y col., 1991).

Los resultados presentados en el Cuadro I sobre el análisis de varianza, mostraron que el nivel de moringa en la mezcla afectó el $N-NH_3$ ($P < 0.0001$). La comparación de las medias representadas en el Cuadro II y graficados en la Figura 2, indican que a medida que se incrementó la proporción de moringa en la mezcla ensilada, los valores para $N-NH_3$ también fueron mayores. Una elevada concentración de ($N-NH_3$) está asociada con una elevada proteólisis enzimática y microbial, por bacterias clostrídicas (Papadopoulos y McKersie, 1983).

Los valores reportados en este estudio califican como aceptables. Tal como sugiere Moreno (1977), concentraciones menores al 11 por ciento de ($N-NH_3$) se califican como aceptables y un ensilaje de mala calidad es aquel que contiene valores de ($N-NH_3$) superiores al 15 por ciento.

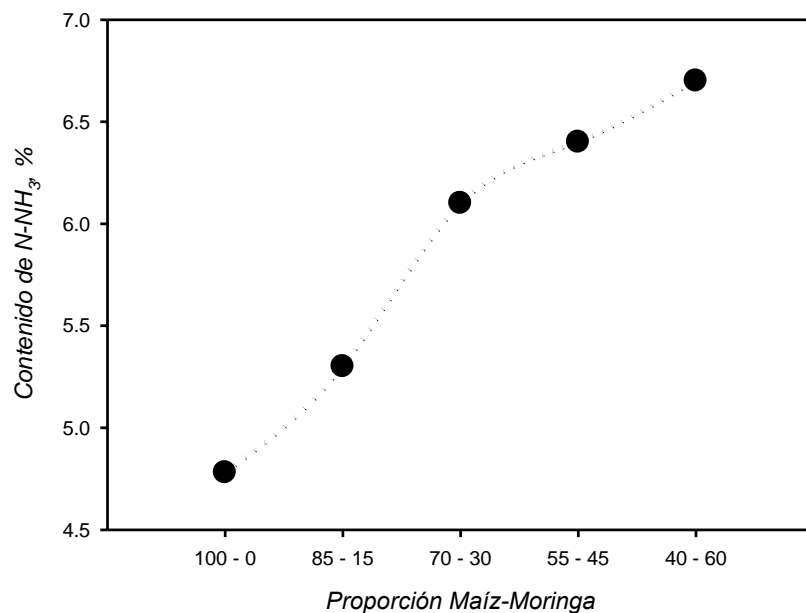
Las materias nitrogenadas de las plantas están constituidas en su mayor parte por proteínas (70-80% del total) y en menor cuantía por aminoácidos libres, aminos y de formas minerales (iones nitrato y amonio). Las proteínas se degradan a formas más simples del tipo aminoácidos y aminos, entre otros (Domenech et al., 1997). Las proteasas hidrolizan las proteínas vegetales en péptidos y aminoácidos. Esta proteólisis disminuye a medida que el medio se acidifica, y se detiene cuando el pH desciende por debajo de 4. Esto explica que, incluso en buenos ensilados, el contenido de nitrógeno soluble sea mayor que el de la planta verde y que pueda representar más del 50% del nitrógeno total (Cañete y Sancha, 1998).

Para algunos autores la adición de nitrógeno, ya sea como nitrógeno no proteico o adicionándolo con leguminosas, es el factor determinante en el aumento de la concentración de $N-NH_3$; así González et al. (1995), al trabajar con ensilaje de maíz adicionando urea y leguminosa, obtuvo mayores valores de $N-NH_3$.

La importancia de los carbohidratos solubles se ve también reflejada en la cantidad de $N-NH_3$ de los ensilajes, indicador de mala preservación del material. El nivel de $N-NH_3$ se relaciona inversamente con la concentración de carbohidratos solubles de la planta. A mayor tasa de producción de ácido láctico hay una menor producción de amonio, debido a que se producen menores pérdidas por proteólisis (Davies et al., 1998).

Las leguminosas forrajeras y las gramíneas en estados tempranos de desarrollo, con bajos contenidos de azúcares y altos de proteína producen, al ensilarse, una cantidad de ácido insuficiente para evitar el desarrollo de Clostridios, responsables de fermentaciones secundarias que transforman el ácido láctico en butírico y degradan proteínas y aminoácidos, aumentando el nivel de $N-NH_3$ (Penning *et al.*, 1976).

FIGURA 2. MEDIAS DE NITRÓGENO AMONIACAL ($N-NH_3$) PARA EL ENSILAJE DE MAÍZ CON DIFERENTES NIVELES DE MORINGA (*Moringa oleífera*).



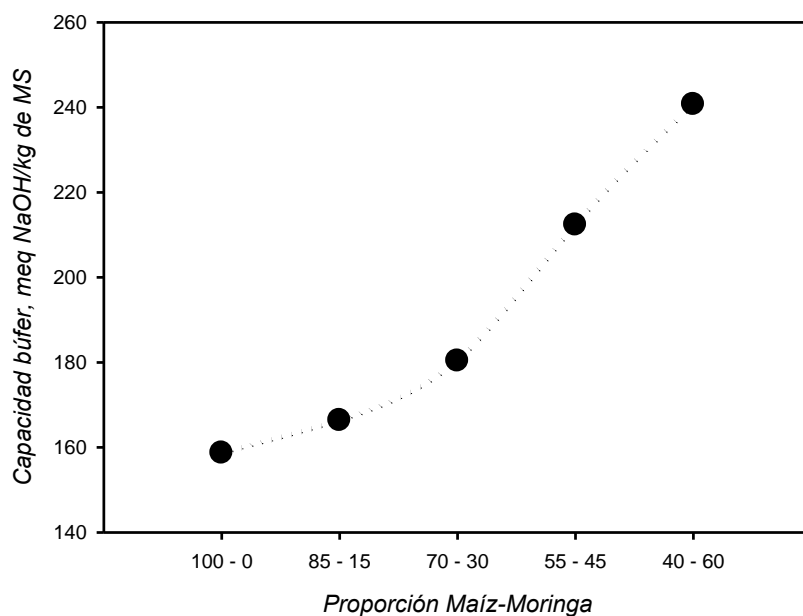
4.1.3. Capacidad Búfer o Tampón.

La relación azúcares solubles y proteínas deben ser elevadas para evitar que el exceso de nitrógeno producido por los procesos degradativos forme productos tóxicos y/o que neutralicen el ácido láctico formado. Las leguminosas presentan una relación azúcares/proteínas muy baja, razón por la cual su conservación mediante esta técnica es complicada y requiere el uso de diferentes tipos de aditivos para reducir la posibilidad de putrefacción (Bertoia, 2004).

Las gramíneas y leguminosas tropicales no son forrajes ideales para ensilar, sobre todo porque en el momento del corte poseen una escasa concentración de carbohidratos solubles que son indispensables para el éxito del ensilaje. Por esta condición el ensilado tiene una alta capacidad tampón, dejando las proteínas susceptibles a proteolisis (Woolford, 1984). Las leguminosas son bajas en azúcares y de alta capacidad tampón (Romero y Ahorna, 1998). Por lo tanto, una baja cantidad de carbohidratos solubles en la planta, asociada con alta humedad, crea condiciones ideales para el desarrollo de fermentaciones secundarias, por lo tanto, la interrelación entre el contenido de materia seca, carbohidratos solubles y la capacidad tampón del forraje, determinan el tipo de fermentación que ocurrirá en el silo. Así, el maíz es una de las gramíneas más idóneas para la producción de ensilajes, por tener alto contenido de carbohidratos solubles, baja capacidad tampón y contenidos de materia seca normalmente superiores al 30%

El N-NH_3 generado por la proteólisis aumenta el poder tampón del forraje ensilado, lo cual va en contra del descenso rápido del pH. Esto se vio evidenciado en este trabajo cuando se incrementó la proporción de moringa en el ensilado (Cuadro II, Figura 3). Al incrementar la proporción de moringa, se incrementó la cantidad de proteína en el material, se produjo mayor proteólisis, resultando en mayor N-NH_3 . Esto fue evidenciado cuando evaluamos pH.

FIGURA 3. MEDIAS DE CAPACIDAD BÚFER PARA EL ENSILAJE DE MAÍZ CON DIFERENTES NIVELES DE MORINGA (*Moringa oleífera*).



Reportes de Titterton y Maasdorp (1997) trabajando con cultivos separados de maíz y quince leguminosas mezclados durante el ensilaje en proporción de 50:50 en volumen produjeron una fermentación aceptable (pH entre 3.7 y 4.5; relación N-NH_3 menor a 12).

4.2. Valor Nutricional del Ensilaje de Maíz con Diferentes Niveles de Moringa.

El valor nutritivo de los ensilajes está determinado principalmente, por la composición del forraje, en el momento de la cosecha y por las modificaciones químicas que toman lugar durante el proceso de ensilado (proceso fermentativo). El valor nutritivo del ensilaje es siempre menor con relación al material de origen, siendo la magnitud de estos cambios dependiente de las medidas, que se adopten para conducir el proceso de conservación técnicamente en la forma más adecuada. En el Cuadro III se muestran los valores del contenido nutricional para los materiales antes de ensilar.

CUADRO III. CONTENIDO NURTICIONAL DEL MAÍZ Y LA MORINGA ANTES DE ENSILAR.

COMPONENTES NUTRICIONALES	MAÍZ	MORINGA
Materia Seca, %	25.5	23.1
Cenizas, %	8.4	9.3
Materia orgánica, %	91.6	90.7
Proteína cruda, %	9.5	23
Fibra detergente neutro, %	55	32
Fibra detergente ácido, %	30	28
Lignina ácido detergente, %	5.7	7.3

En análisis de varianza para las características del valor nutritivo del ensilaje de maíz con diferentes niveles de moringa muestra diferencia entre los tratamientos (Cuadro IV), para todas las variables estudiadas. Al realizar la comparación de medias de los tratamientos se obtuvo los resultados representados en el Cuadro V. Cada una de estos componentes es explicado por separado a continuación.

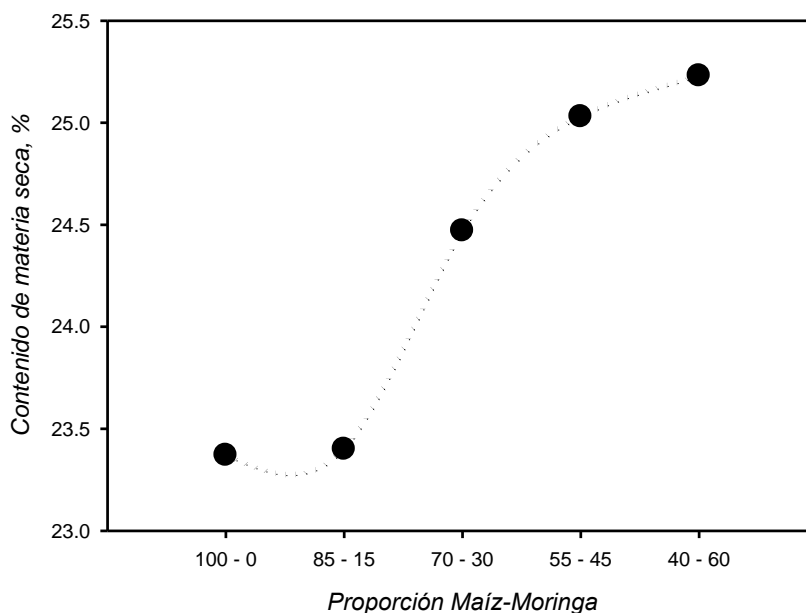
4.2.1. Materia Seca.

La materia seca es lo que queda luego de extraer toda el agua en un alimento. Por lo tanto, es importante su valor, ya que representa el contenido nutritivo del ensilaje y de esta manera los componentes nutricionales están expresados sobre su valor.

En nuestro estudio, el contenido de materia seca se incrementó ($P=0.0343$) a medida que aumentó la proporción de moringa en la mezcla ensilada (Figura 4). Para el material compuesto solo de maíz, la materia seca fue de 23.37%, en cambio con la mayor proporción de moringa, este valor fue de 25.23% (Cuadro VI). Estos valores son comparables con los reportados por Rodríguez (2011) para el ensilaje de moringa sola 26.7%. Tal como hemos mencionado anteriormente, la materia seca es un indicador importante como controladora de la calidad del proceso fermentativo. Al respecto, Vallejo (1995) indica que cuando el contenido de materia seca en el material a ensilar sobrepasa el 25%, se reduce el nivel de efluentes y las pérdidas de carbohidratos solubles por esta vía; McDonald (1981), además, afirma que se disminuyen las pérdidas por

respiración, permitiendo un predominio de las bacterias ácido-lácticas y un pH adecuado. Su valor óptimo para la conservación se sitúa entre 30 y 35% (Ojeda et al., 1991). Referente a esto, Favre (2012) indica que en silos de maíz de calidad este índice se debe ubicar entre un 25 y 35%. De esta forma, el contenido de humedad es un dato clave a la hora de confeccionar el silo. Los cultivos con alto contenido en agua, con valores inferiores a 25% de materia seca son difíciles de conservar y presentan grandes pérdidas de nutrientes por líquidos efluentes. Por el contrario, cuando los materiales a ensilar están muy pasados, con valores de materias secas mayores a 35%, son difíciles de compactar y el material ya ha perdido calidad nutricional por procesos de lignificación, donde la proteína se adhiere a la fibra.

FIGURA 4. MEDIAS DEL CONTENIDO DE MATERIA SECA PARA EL ENSILAJE DE MAÍZ CON DIFERENTES NIVELES DE MORINGA (*Moringa oleífera*).



Los resultados de materia seca encontrados en este estudio son indicativos de un buen proceso fermentativo, ya que, según Cairo (2008), pérdidas de hasta el 5% de la materia seca al comparar el material antes y después de ensilar, es aceptado como bueno, mientras que, un silo de baja calidad puede tener pérdidas mayores al 50% del total de materia seca (Van Soest, 1994).

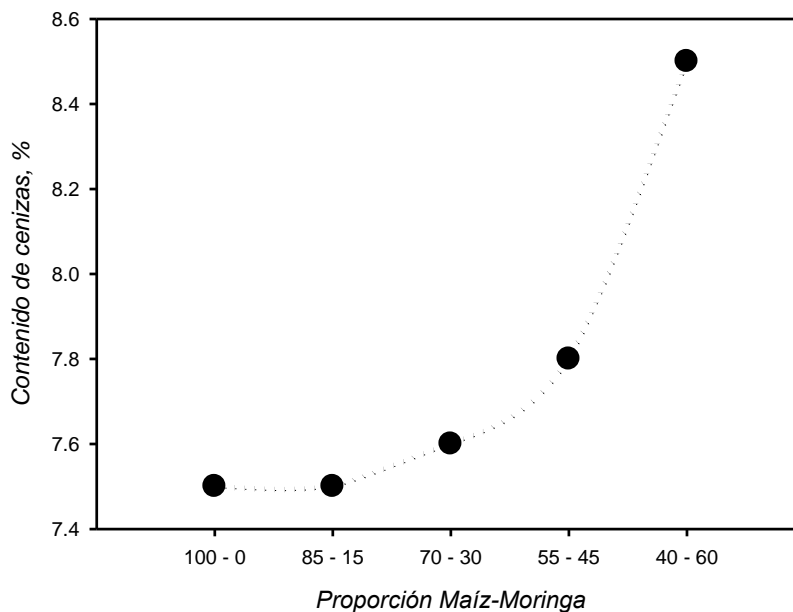
El mayor contenido de materia seca en el material con mayor proporción de moringa puede ser explicado por un incremento en la proteólisis. El rompimiento de proteínas ocasionó liberación de agua, el cual fue evidenciado por mayor N-NH₃ y pH después de abierto el microsilo.

4.2.2. Cenizas.

El contenido de cenizas en una muestra se refiere a la materia inorgánica, compuesta por los minerales. Por lo general, si el porcentaje de cenizas en una muestra es mayor al 15% sobre la materia seca, es seguro que hubo contaminación con tierra (Argamentería y col., 1997).

El contenido de cenizas reportado en el Cuadro VI para este estudio fue de 7.5% a 8.5%, donde solo el tratamiento (T₅) con mayor proporción de moringa, resultó diferente (P=0.0012). Lo que indica que a mayor contenido de moringa mayor es el contenido de cenizas (Figura 5). Estos valores son inferiores a los encontrados por Rodríguez y col. (2011) en el ensilaje de moringa (11.61%).

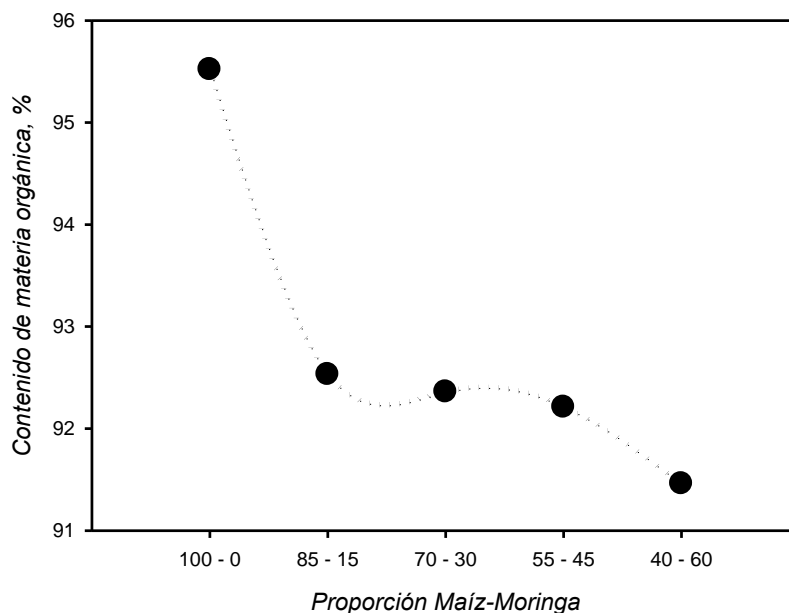
FIGURA 5. MEDIAS DEL CONTENIDO DE CENIZAS PARA EL ENSILAJE DE MAÍZ CON DIFERENTES NIVELES DE MORINGA (*Moringa oleífera*).



4.2.3. Materia Orgánica.

La materia orgánica se refiere a los compuestos formados por carbono, hidrógeno y oxígeno como base, incluye los materiales nitrogenados, extracto etéreo y carbohidratos en la planta. Al observar los valores de materia orgánica representados en el Cuadro VI, se aprecia que el tratamiento con mayor proporción de moringa (T₅), resultó con el menor valor de materia orgánica, lo que es congruente con el máximo valor de cenizas reportado para este tratamiento (P=0.0012).

FIGURA 6. MEDIAS DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA PARA EL ENSILAJE DE MAÍZ CON DIFERENTES NIVELES DE MORINGA (*Moringa oleífera*).



4.2.4. Proteína Cruda.

La proteína cruda se refiere al contenido total de nitrógeno en un alimento, para obtener este valor se multiplica el contenido de nitrógeno total del alimento por una constante de 6.25. Este incluye todos los compuestos, que contienen nitrógeno, sean o no sean aminoácidos. Así la proteína cruda es un parámetro importante debido a su influencia directa en la producción animal. Para ensilados de la planta entera de maíz, el contenido de proteína cruda debe estar comprendido entre 8 y 10 % sobre el valor de la materia seca. Si los valores son

superiores y no hubo adición de urea, puede significar un corte demasiado temprano con pérdida de potencial de producción y bajo contenido en almidón (Cañete y Sancha, 1998).

Otro indicador valioso en el ensilaje es el N-NH_3 detectado que en silos bien fermentados no debería superar el 10% del nitrógeno total del forraje (Favre, 2012). Las proteasas hidrolizan las proteínas vegetales en péptidos y aminoácidos. Esta proteólisis disminuye a medida, que el medio se acidifica, y se detiene cuando el pH desciende por debajo de 4. Esto explica que, incluso en buenos ensilados, el contenido de nitrógeno soluble sea mayor que el de la planta verde y que pueda representar más del 50% del nitrógeno total (Cañete y Sancha, 1998).

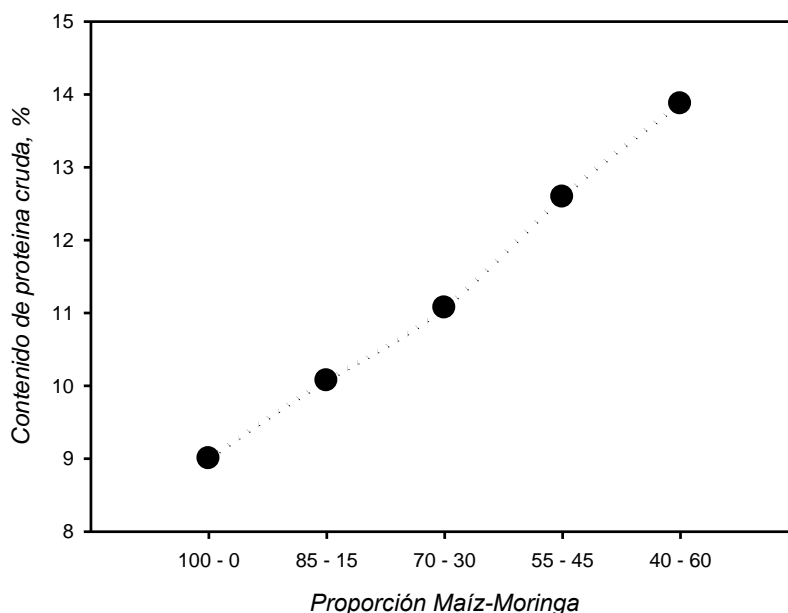
Westra (2000) aseguró que no debe existir variación en la concentración de proteína de un buen ensilaje, sin embargo, existe la posibilidad de que parte de la proteína verdadera se convierta en otro tipo de compuestos nitrogenados como el amonio, aunque para el presente estudio no se encontraron producciones significativas de amonio a lo largo del proceso indicando una baja utilización de la proteína del forraje por las bacterias.

El valor proteico se debe situar entre 10% a 12% en ensilajes de gramíneas y 15 a 17% en los de leguminosas (Favre, 2012). En este estudio, el mayor contenido de proteína cruda es relativo al tratamiento con mayor proporción de

moringa ($P < 0.0001$). Al observar los valores expresados en el Cuadro VI, notamos que a medida que se incluyó mayor proporción de moringa, el material ensilado presentó mayor valor de proteína (Figura 7). El ensilaje que contuvo solo maíz fue el de menor valor de la proteína cruda, con 9%.

En estudios donde se ensiló solo moringa, los contenidos de proteína cruda del material ensilado fueron de 15.6% a 26.4% (Becker, 1996; Makkar y Becker, 1996). Reyes Sánchez y col. (2006) reportaron una concentración de proteína cruda de 17.8%. Otro estudio, reportó valores de proteína cruda de 14.4% (Mendieta y col., 2009).

FIGURA 7. MEDIAS DEL CONTENIDO DE PROTEINA CRUDA PARA EL ENSILAJE DE MAÍZ CON DIFERENTES NIVELES DE MORINGA (*Moringa oleífera*).

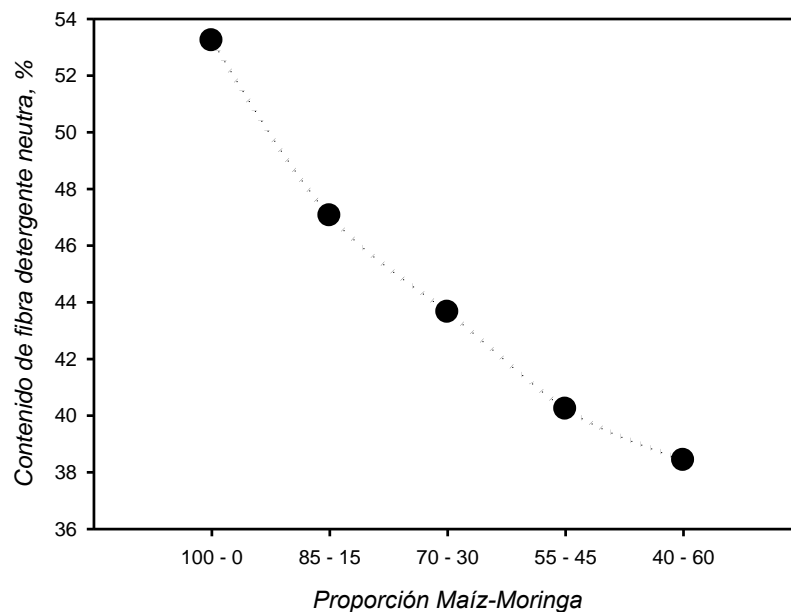


4.2.5. Fibra Detergente Neutra.

La fibra detergente neutra es la fracción del forraje que se corresponde a las paredes celulares (celulosa, hemicelulosa y lignina) y, está asociada, negativamente con la ingestión de materia seca. El porcentaje de fibra detergente neutra se incrementa con el estado de madurez de los forrajes. El contenido de fibra detergente neutra en los alimentos está relacionado con su ingestión por el rumiante. El valor de la fibra detergente neutra de un buen silo debe estar entre 35 y 60% en tanto que la fibra detergente ácida debe estar entre el 25 y 45% (Favre, 2012) y entre 5 y 10% de lignina ácido detergente.

Al comparar los valores de fibra detergente neutra (Cuadro VI), observamos que los valores estuvieron entre 38.42% y 53.23% ($P < 0.0001$). El mayor valor para fibra detergente neutra fue encontrado para el ensilaje solo de maíz (T_1). Los menores valores fueron reportados para los tratamientos con mayor proporción de moringa, el T_4 y T_5 (Figura 8). Por otro lado, reportes de Rodríguez y col. (2011) indican una fibra detergente neutra de 35.48% en el ensilaje de moringa sola, de 21.9% a 68.4% (Makkar y Becker, 1996; 1997) y 39.70% para Mendieta y col. (2009).

FIGURA 8. MEDIAS DEL CONTENIDO DE FIBRA DETERGENTE NEUTRA PARA EL ENSILAJE DE MAÍZ CON DIFERENTES NIVELES DE MORINGA (*Moringa oleífera*).



4.2.6. Fibra Detergente Ácida.

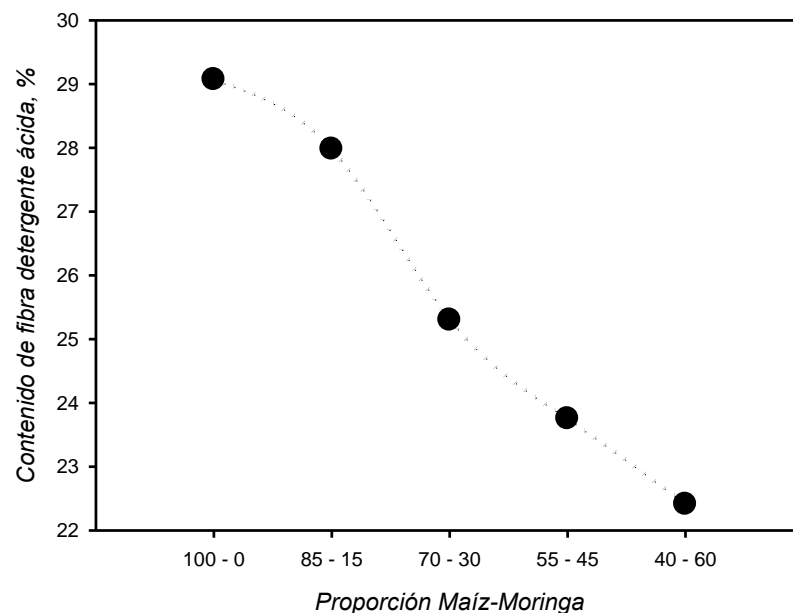
La fibra detergente es un estimador del contenido de la pared celular en celulosa y lignina, se determina como el residuo que queda tras la solubilización de la hemicelulosa con la solución ácido detergente (Van Soest, 1992). El contenido de fibra detergente ácida en los forrajes está relacionado con su degradabilidad ruminal y digestibilidad.

Los resultados reportados en el Cuadro VI indican, que a medida que se incrementó la proporción de moringa en la mezcla ensilada, el valor de fibra detergente ácida disminuyó de 29.07% a 22.41% (Figura 9), ($P < 0.001$). Esto

puede ser explicado, ya que las gramíneas son más ricas en hemicelulosa que las leguminosas y las leguminosas son más ricas en lignina, que las gramíneas. La lignina es totalmente indigestible y por ello las leguminosas son menos digestibles.

Rodríguez y col. (2011) reportó un contenido de 32.6% de fibra detergente ácida en el ensilaje de moringa sola. Por su parte, Mier (2009), encontró valores de fibra detergente ácida en maíz con inóculo y sin inóculo de 26.67% y 27.63%, respectivamente.

FIGURA 9. MEDIAS DEL CONTENIDO DE FIBRA DETERGENTE ACIDA PARA EL ENSILAJE DE MAÍZ CON DIFERENTES NIVELES DE MORINGA (*Moringa oleífera*).



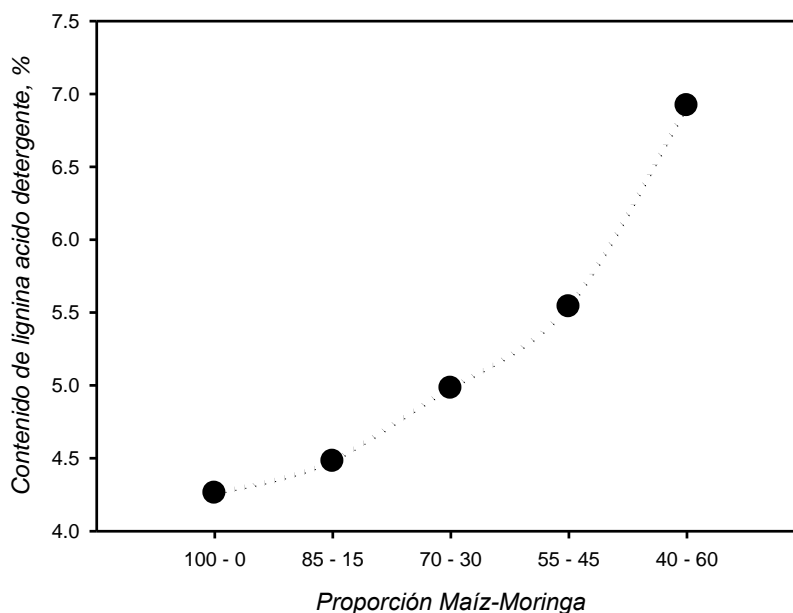
4.2.7. Lignina Ácido Detergente.

La lignina ácido detergente es el residuo, que queda al exponer la fibra en detergente ácido a una solución de ácido sulfúrico, su resultado se expresa en porcentaje de lignina ácido detergente con respecto a la materia seca analizada.

Los valores de lignina ácido detergente en este estudio fueron diferentes para el tratamiento con mayor proporción de moringa ($P=0.0001$). Este tratamiento tuvo el mayor valor, mientras que el tratamiento con solo maíz presentó el menor valor (Cuadro VI y Figura 10). Esto se relaciona al mayor contenido de lignina en las leguminosas comparado con las gramíneas.

Mier (2009) encontró valores en ensilaje de maíz con inóculo y sin inóculo de 7.05% y 4.18%, respectivamente. Este resultado se lo atribuye a la acción del inóculo utilizado el cual mejora la fermentación del ensilaje a través de acelerar la disminución del pH. Aumentando la concentración del ácido láctico y mejorando la estabilidad aeróbica. Becker (1995) observó, que las tasas de fermentación de raciones con diferentes proporciones de heno: moringa producían variaciones en la fermentación en comparación cuando ambos alimentos se suministraban por separado. Por otro lado, Ketelaars y col. (1991) encontraron que las plantas que incrementan el nivel de proteína en la ración tienen un efecto positivo sobre el consumo debido a que estimula un aumento en el nivel de eficiencia en la utilización de la energía metabolizable, producida por una mayor actividad microbiana.

FIGURA 10. MEDIAS DEL CONTENIDO DE LIGNINA ACIDO DETERGENTE PARA EL ENSILAJE DE MAÍZ CON DIFERENTES NIVELES DE MORINGA (*Moringa oleífera*).



Es importante indicar que cuando se calcula el contenido de proteína cruda o de fibras, sin considerar la proporción de ramas tiernas que consume el animal junto con el follaje, nos conduce a sobrestimar el valor de proteína y subestimar su contenido de FDN y FDA y por lo tanto su digestibilidad. El atributo principal de las leguminosas desde el punto de vista de forraje para el ganado es el alto contenido de proteína los cuales varían del 14 al 28% y contenidos de fibra menores al 40%, lo que permite un mayor consumo voluntario y digestibilidad, obteniendo incrementos en los rendimientos productivos de carne y leche hasta de un 50% o más (Lascano y Avila, 1991).

CUADRO IV. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL ENSILAJE DE MAÍZ CON DIFERENTES NIVELES DE MORINGA (*Moringa oleífera*).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Error Estándar de la Media	F-Valor	P > F
Materia Seca, %						
Tratamiento	4	9.353	2.338	0.765	4.00	0.0343
Error	10	5.847	0.585			
Total	14	15.200				
Cenizas, %						
Tratamiento	4	2.377	0.594	0.234	10.82	0.0012
Error	10	0.549	0.055			
Total	14	2.927				
Materia Orgánica, %						
Tratamiento	4	2.38	0.59	0.234	10.82	0.0012
Error	10	0.55	0.055			
Total	14	2.93				
Proteína Cruda, %						
Tratamiento	4	45.29	11.32	0.322	109.26	< 0.0001
Error	10	1.036	0.10			
Total	14	46.33				

CUADRO V. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LOS COMPONENTES DE LA PARED CELULAR DEL ENSILAJE DE MAÍZ CON DIFERENTES NIVELES DE MORINGA (*Moringa oleífera*).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Error Estándar de la Media	F-Valor	P > F
Fibra Detergente Neutro, %						
Tratamiento	4	414.60	103.65	0.830	151.09	< 0.0001
Error	10	6.86	0.68			
Total	14	421.46				
Fibra Detergente Ácido, %						
Tratamiento	4	94.21	23.55	0.430	127.83	< 0.0001
Error	10	1.84	0.18			
Total	14	96.06				
Lignina Ácido Detergente, %						
Tratamiento	4	13.55	3.39	0.434	18.01	0.0001
Error	10	1.88	0.20			
Total	14	15.43				

CUADRO VI. MEDIAS DE COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL ENSILAJE DE MAÍZ CON DIFERENTES NIVELES DE MORINGA (*Moringa oleífera*).

Variable de Respuesta	Tratamientos (Nivel Maíz: Moringa)					CV, %	P
	1 100:0	2 85:15	3 70:30	4 55:45	5 40:60		
Materia Seca, %	23.37 ^b	23.40 ^b	24.47 ^{ab}	25.03 ^a	25.23 ^a	3.15	0.0343
Cenizas, %	7.5 ^b	7.5 ^b	7.6 ^b	7.8 ^b	8.5 ^a	3.01	0.0012
Materia Orgánica, %	92.52 ^a	92.53 ^a	92.36 ^a	92.21 ^a	91.46 ^b	0.25	0.0012
Proteína Cruda, %	9.00 ^e	10.07 ^d	11.07 ^c	12.59 ^b	13.87 ^a	2.84	< 0.0001
Fibra Detergente Neutro, %	53.23 ^a	47.05 ^b	43.65 ^c	40.23 ^d	38.42 ^d	1.86	< 0.0001
Fibra Detergente Acida, %	29.07 ^a	27.98 ^a	25.30 ^b	23.75 ^c	22.41 ^d	1.67	< 0.0001
Lignina Ácido Detergente, %	4.26 ^c	4.48 ^{bc}	4.98 ^{bc}	5.54 ^b	6.92 ^a	8.28	0.0001
pH	4.11 ^d	4.14 ^{dc}	4.17 ^c	4.23 ^b	4.31 ^a	0.49	< 0.0001

^{abcde} Medias con distinta letra dentro de una misma fila difieren ($P < 0.05$).

CV = Coeficiente de variación.

P = Valor de probabilidad

5. CONCLUSIONES

- Al evaluar las características de fermentación del ensilaje de maíz con diferentes niveles de moringa se encontró diferencia entre las proporciones de maíz y moringa mezcladas. A medida que se incrementó la proporción de moringa, el valor de pH se hizo mayor. Hasta el tratamiento con 70% de maíz y 30% de moringa, el pH estuvo dentro de los valores adecuados para favorecer una correcta fermentación, lo que fue evidenciado por los valores de nitrógeno amoniacal y la capacidad búfer del material ensilado.
- Cuando valoramos la composición nutricional del ensilaje de maíz con diferentes niveles de moringa, se reportó diferencias entre las proporciones de maíz y moringa mezcladas. Los mejores resultados se obtuvieron cuando la proporción de maíz se mantuvo entre el 55%.
- En forma general, los valores de pH para las proporciones evaluadas no representaron valores de riesgos para una inadecuada fermentación.
- De las proporciones evaluadas, recomendamos un nivel de inclusión de 55% de maíz y 45% de moringa. Esto al observar los valores de las características de fermentación, en especial al pH y la comparación estadística. Luego de esta proporción, el valor de pH es mayor a 4.23. Esta proporción nos ofrece un valor de 12.59% de proteína cruda y 25.03% de materia seca.

6. RECOMENDACIONES

Basado en los resultados obtenidos, recomendamos:

- Incorporar moringa en la mezcla a ensilar en una proporción no mayor al 50% con respecto al maíz. A medida que se sobrepasa esta proporción, el proceso de fermentación podría verse afectado, a pesar de que el cambio de pH no es muy significativo.
- En este estudio se utilizaron solo hojas compuestas de plantas adultas. Por lo tanto, para estar de acuerdo a las recomendaciones prácticas es importante utilizar plantas enteras menor a los 75 días de corte. Esto permite mayor aprovechamiento de la biomasa.

6. REFERENCIAS CITADAS

AGRODESIERTO. 1998 y 1999. Programa agroforestales (*Moringa oleifera*). En línea. Disponible en <http://www.agrodesierto.com/moringa.html>.

AOAC. 2003. Métodos de análisis de la asociación oficial de química analítica para determinar humedad, fibra, cenizas, grasa y proteína. Chapter 32: 1, 2, 5 y 14, Washintong. U.S.A.

AREGHEORE, EM. 2002. Intake and digestibility of *Moringa oleifera* baitgrass mixtures by growing goats. Department of Animal Science, University of the South Pacific, Apia. Samoa.

ARGAMENTERÍA, GA; DE LA ROZA, B; MARTÍNEZ, A; SÁNCHEZ, L. 1997. El ensilado en Asturias. Centro de Investigación Aplicada y Tecnología Agroalimentaria (CIATA), p. 1-127.

BEKER, K. 1996. Studies on protein and fiber degradabilities and antinutritional factors in *Moringa oleifera* leaves. Institute for Animal Production in the tropics and Subtropics. University of Hoheheim. Germany.

BERTOIA, LM. 2004. Algunos conceptos sobre ensilaje. Secretaría de agricultura Laboratorio NIRS – Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Lomas de Zamora

BOLSEN, KK; LIN, C; BRENT, BE; FEYERHERM, AM; URBAN, JE; AIMUTIS, WR. 1992. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. Journal of Dairy Science Vol 75 N° 11 3066-3083.

CAIRÓ, G. 2008. Mayor seguridad inoculando su silo. Conferencia electrónica. Producir XXI. www.engormix.com.

CAÑETE, MV; SACHA, JL. 1998. Ensilado de forrajes y su empleo en la alimentación de rumiantes, p. 1- 260.

CASTELLON, C; GONZÁLEZ, CH. 1996. Utilización del *Moringa* (*Moringa oleifera*) en la alimentación de novillos en crecimiento bajo régimen de estabulación. Tesis. Universidad Centroamericana. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Nicaragua.

CASTILLO J, M; ROJAS-BOURRILLÓN, A; WINGCHING-JONES, R. 2009. Valor nutricional del ensilaje de maíz cultivado en asocio con vigna (*Vigna radiata*). Agronomía Costarricense 33(1): 133-146. ISSN: 0377-9424.

CROESS, R; VILLALOBOS, N. 2008. Caracterización en cuanto a edad y altura de corte del moringa (*Moringa oleifera*) como uso potencial en la alimentación animal. Instituto Universitario de Tecnología de Maracaibo. Trabajo especial de grado para optar al Título de Técnico Superior Universitario en Ciencias Agropecuarias.

DAVIES, DR; MERRY, RJ; WILLIAMS, AP; BAKEWELL, EL; LEEMANS, DK; TWEED, JKS. 1998. Proteolysis during ensilage of forages varying in soluble sugar content. Nutrition, Feeding, and Calves. Vol 12 Pg 41-67.

DE LA ROZA, B. 2005. El ensilado en zonas húmedas y sus indicadores de calidad. IV Jornadas de Alimentación Animal. Laboratorio de Mouriscade. Lalín (Pontevedra), p. 1-20.

D'SOUZA, J; KULKARNI, AR. 1990. Comparative Studies on Nutritive Values of Tender Foliage of Seeding, and Mature Plants of *Moringa oleifera* (Lam). The Ind. J. Nutr. Dietet. 27: 205-212.

DUKE, JA. 1983. Handbook of Energy Crops. Un published. Estadística Consejería Agricultura, 2008. Evaluación de la calidad bromatológica del ensilaje de pasto kikuyo y Evaluation of Some Green Leafy Vegetables. Ind. J. Nutr. Dietet. 17: 9-12.

FAVRE, ML. 2012. Una guía práctica para conocer la calidad del alimento ensilado. Sitio argentino de Producción Animal. Producir XXI, Bs. As., 20(253):64.

FALASCA, S; BERNABÉ, MA. 2008. Potenciales usos y delimitación del área de cultivo de *Moringa oleifera* en Argentina. Revista Virtual de REDESMA.

FAO (Food and alimentation organization). 1999. Electronic conference on tropical silage grassland and pasture crops group, crop and grassland service, Rome, Italy
<http://www.fao.org/waicent/faoinfo/agricult/agp/agpc/gp/silage/home.htm>

FOILD, N. SILES, TT; SÁNCHEZ. 1995. Marango, *Moringa oleifera* Lam. Moringácea. Especies para reforestación en Nicaragua. Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales. Servicio Forestal Nacional.

GALLARDO, M. 2003. Tecnologías para corregir y mejorar la calidad de los Forrajes conservados. Circular planteos ganaderos, aapresid.org.ar. EEA INTA Rafaela-Santa fe, p. 51-61.

GARCÉS M, A; SUÁREZ, E; GUILLERMO, J; RUÍZ, S. 2006. Evaluación de la calidad bromatológica del ensilaje de pasto kikuyo y maní forrajero. Revista Lasallista de Investigación. Corporación Universitaria Lasallista, vol. 3, núm. 2, p. 34-37

GARCÍA ROA, M. 2003. Producción de semillas forestales de especies forrajeras enfatizadas en sistemas silvopastoriles.

GONZÁLEZ, G; CAMBRA, R; DUQUE, O; BERNAL, E. 1995. Efecto del contenido de materia seca y aporte de urea y leguminosa sobre el ensilaje de maíz. Nota técnica, p. 63-70.

GOPALA, PRK; MALLIKARJUNA, K; GURARAJA, RG. 1980. Nutritional Evaluation of Some Green Leafy Vegetables. Ind. J. Nutr. Dietet. 17: 9-12.

GORDÓN, DT. 1996. Forage fiber analysis. USA. Departament of Agriculture, Handbook N° 379. 20p.

IDRIS. 2001. Estabilidade aeróbica de silagens de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) emurcheado é tratado com inoculante microbiano. Revista Brasileira de Zootecnia., vol. 31, n 6, p. 2176-2185.

JARQUÍN, SJ; JARQUÍN, CM; REYES, N. 2003. Producción de Biomasa de *Moringa oleífera*, bajo diferentes densidades de siembra y frecuencias de corte en el trópico seco de Nicaragua. Tesis. Ing. Agro. Facultad de Ciencia Animal. Universidad Nacional Agraria. Nicaragua. 59 p.

JOBIM, CC; NUSSIO, L; REIS, R; SCHMIDT, P. 2007. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. Revista brasileira de zootecnia, v. 36, suplemento especial, p. 101-119.

LASCANO, CE; ÁVILA, P. 1991. Potencial de producción de leche en pasturas solas y asociadas con leguminosas adaptadas a suelos ácidos. Pasturas Tropicales 13(3):2-10.

MAKKAR, HPS; BECKER, K. 1996. Nutritional value and antinutritional components of whole and ethanol extracted *Moringa oleífera* leaves. Anim. Feed Sci. Technol. 63:211–228.

MAKKAR, HPS; BECKER, K. 1997. Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the *Moringa oleífera* tree. Journal of agricultural science cambridge. 128: 311-332.

MCDONALD, P. 1981. The biochemistry of silaje. U.K., J. Wiley. 226p.
McDonald P. 1981. The biochemistry of silage. John Wiley & Sons. Chichester, University of Edinburgh. 226 pp.

MENDIETA-ARAICA, B; SPÖRNDLY, E; REYES-SÁNCHEZ, N; NORELL, L; SPÖRNDLY, R. 2009. Silage quality when *Moringa oleifera* is ensiled in mixtures with Elephant grass, sugar cane and molasses. Grass and Forage Science, 64, 364–373

MIER QUIRÓZ, MARITZA DE LOS ÁNGELES. (2009). Caracterización del valor Nutricional y Estabilización Aeróbica de Ensilados en Forma de Microsilos para Maíz Forrajero. Universidad de Córdoba. Departamento de Producción Animal. Tesis.

MÜHLBACH, PRF. 2001. Uso de aditivos para mejorar el ensilaje de los forrajes tropicales. Memorias de la conferencia electrónica de la FAO sobre el ensilaje en los trópicos. Estudio FAO producción y protección vegetal 161, p. 157-171.

MUCK, R. 1988. Factors influencing silage quality and their implications for management. J. Dairy Sci. 71(11): 2992-3002.

O'DOHER, JV; MAHER, PF; CROSBY, TF. 1997. The performance of pregnant ewes and their progeny when offered grass silage, maize silage or a maize silage/ensiled super pressed pulp mixture during late pregnancy. Livestock Production Science 52, p. 11 – 19.

OJEDA, F; CÁCERES, O; ESPERANCE, M. 1991. Conservación de Forrajes. Editorial Pueblo y Educación. 80p.

PAZIANI, L. 2004. Aerobic stability of grass silage mixed with a range of concentrate feedstuffs at feed-out. In: International Grassland Congress, 19, 2001. São Pedro-SP. Proceedings. Piracicaba-FEALQ, p.794-795.

PEZO, D. 1981. Ensilajes de forrajes tropicales. En: Producción y Utilización de Forrajes en el Trópico. Compendio. Turrialba, C. R., CATIE. p. 141-154 (Serie Materiales de Enseñanza nº 10).

PENNING JM; WILKINSON, JM; OSBOURN, DF. 1976. The effect of stage of maturity and fineness of chopping on the nutritive value of maize silage. Animal Production, 22, 153.

PÉREZ, H; TORRES, PF; MENDIETA, B. 2001. Evaluación del Marango (*Moringa oleífera* Lam) como una alternativa en la alimentación de cerdos de engorde. Tesis Ing. Agrónomo. Managua, Nicaragua. 51

PHIPPS RH; SUTTON, JD; BEEVER, DE; JONES, AK. 2000. The effect of crop maturity on the nutritional value of maize silage for lactating dairy cows. *Animal Science* 71, p.401-409.

PRICE, ML. 2000. The Moringa tree. Educational Concerns for Hunger Organization (ECHO). Technical Note. 1985

ROCHA, MLR; MENDIETA, B. 1998. Efecto de la paja de trigo con álcali sobre el consumo de alimento y comportamiento ingestivo de vacas lecheras. Instituto de Zootecnia, Universidad Austral de Chile, Instituto de Producción Animal. *Archivos de Medicina Veterinaria* XXXIV, num 2, p. 199-212.

RAMACHANDRAN, C; PETER, KV; GO-PALAKRISHNAN, PK. 1980. Drumstick (*Moringa oleifera*): A multipurpose Indian vegetable. *Economic Botany*, 34 (3), 1980 pp 276-283.

REDDY, NR; SATHE, SK; SALUNKHE, DK. 1982. Phytates in legumes and cereals. *Adv. Food Res.* 28:1-92.

REYES, N, LEDIN, S; LEDIN, I. 2003. Biomass production and chemical composition of moringa oleifera under different planting densities and cutting frequencies in Nicaragua (unpublished).

REYES, N. 2006 Moringa use as animal feed - Livestock Food Diets miracletrees.org/moringa_livestockfodder.html Following the Foidl study, a study was conducted by Dr. Nadir Reyes Sanchez. Dr. Reyes is on the Faculty of the Veterinary Medicine and Animal Science...

REYES, N. 2008. Elaboración y utilización de ensilajes en la alimentación del ganado bovino. 1ed. Managua, NI. CATIE.

REYES-SÁNCHEZ, N; LEDIN, S; LEDIN, I. 2006. Biomass production and chemical composition of Moringa oleifera under different management regimes in Nicaragua. *Agroforestry Systems* 66:231–242

RODRÍGUEZ P, R; REYES, N. 2011. Alimentación de Vacas Lecheras con Moringa Oleifera Fresco o Ensilado y su Efecto Sobre la Producción, Composición y Calidad de la Leche. Universidad Agraria. Facultad de Agronomía. Tesis.

ROJAS, A. 1985. Effect of rolled corn silage on digestion of nutrients and feedlots performance of growing steers. Tesis de maestría. Iowa State University, Ames, Iowa, USA. 93 p.

ROMERO, L; AHORNA, S. 1998. Ensilaje, cómo disminuir las pérdidas durante el almacenaje. INTA Rafaela. Mar de plata, Argentina.

RUÍZ, BO; CASTILLO, Y; ANCHONDO, A; RODRÍGUEZ, C; BELTRAN, R; LAO, O; PAYAN, J. 2009. Efecto de enzimas inoculantes sobre la composición del ensilaje de maíz. Archivos de zootecnia vol. 58, núm. 222, p. 163-171.

SANTANA, L. 2004. Enzimas fibrolíticas e emurchecimiento no controle de perdas da ensilagem e na digestao de nutrientes em bovinos alimentados com rações contendo silagem de Capim Tanzania. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Doutor em Ciencia Animal e Pastagens, p. 1-64.

SANTOS, MV; GÓMEZ, AG; PÉREZ, M; PEREA, JM; FERNÁNDEZ, GM; GARCÍA, A; FERREIRA, RLC. 2009. Composição química de silagens obtidas em microsilos encobertos por plástico confeccionados com diferentes produtos-Resultados preliminares. XVIII Congresso de Zootecnia, UTAD- Vila Real Portugal, p. 462-465.

SARWATT; AREGHEORE. 2002. Potencial nutricional del follaje de *Buddleia skutchii* (hojas y pecíolos) en la alimentación de ovinos y análisis de las variables ruminales. Universidad de Colima México. Consultado el 28 de mayo del 2014.

SARWATT. 2002. Tree and Shreds of the Sahel, Their Characteristics and uses. Deutsche Gesellschaft for Technische Zusammenarbeit (GTZ). Federal Republic of Germany. 334-337 pp.

TOBIA, C; URIBE, L; VILLALOBOS, E; SOTO, H; FERRIS, I. 2003. Aislamiento, selección y caracterización de bacterias ácido lácticas en ensilajes de soya. Revista Agronomía Costarricense, vol.27 (2), p. 21-27.

TITTERTON, M; MAASDORP, BV. 1997. Nutritional improvement of maize silage for dairying: mixed crop silages from sole and intercropped legumes and a long season variety of maize. 2. Ensilage. J. An. Fd. Sci. and Technol., 69: 263-270.

TROUP, RS. 1921. The silviculture of Indian trees. 3 vol. Clarendon Press. Oxford, UK. 1195 p.

VALLEJO, MA. 1995. Efecto del premarchitado y la adición de melaza sobre la calidad del ensilaje de diferentes follajes de árboles y arbustos tropicales. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE 115p.

VAN SOEST, P; ROBERTSON, J. 1985. Analysis of forages and fibrous food: A laboratory manual for animal science. Cornell University, New York. 613 pp.

VAN SOEST, PJ; ROBERTSON, JB; LEWIS, BA. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science. 74:3583.

VAN SOEST, PJ. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Comstock publishing associates. Cornell university press. Ithaca, New York. 730 pág.

VIEIRA, DA; CUNHA, M. 2009. Conservação de forragem. Pesquisador da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA) e Doutotando do Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da UFRPE, p. 1-26.

WEISS, W. 1999. Silage for dairy cattle, pp 10. In: Curso de actualización en nutrición de ganado de leche. Asociación Americana de la Soya. Indiana Soybean Board, y United Soybean Board. Balsa de Atenas, Costa Rica.

WOOLFORD, MK. 1984. The Silage Fermentation. New York, NY: Dekker.

Westra, R. 2000. El arte de ensilar. Alberta Ag-Industries Ltd., Folleto, Westlock, Alberta, Canadá, 6 pág. Revista Producción Animal. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, provincia de Córdoba, República Argentina.

**ANEXOS 1. COSTO DE PRODUCCIÓN DE UNA HECTAREA DE MAÍZ CON
RIEGO PARA ENSILADO AÑO 2015.**

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	COEFICIENTE TÉCNICO	PRECIO UNITARIO B/.	TOTAL B/.
A. Maquinaria				
Preparación de suelo	hora	2	25.00	50.00
Siembra y abonamiento	hora	1	40.00	40.00
Aplicación de herbicida	hora	1	18.00	18.00
Aplicación de insecticida	hora	0.85	18.00	15.30
Cosecha (cortado, acarreo, comprimido)				200.00
Total de maquinaria				308.00
B. insumos				
Semilla certificada	quintal	1	90.00	90.00
Herbicida	litro	1	90.00	90.00
Fertilizante completo (15-30-8)	quintal	5	38.00	190.00
Urea	quintal	3	39.00	117.00
Diésel (moto bomba)	galón	15	2.35	35.25
Insecticidas y foliares	litro	1	30.00	30.00
Total de insumos				610.25
C. Mano de obra	jornales	40	11.00	440.00
D. Bolsas de 60 toneladas	unidades	3	250.00	750.00
E. Costo de la tierra	hectárea	1	80.00	80.00
F. Asistencia técnica	hectárea	1	40.00	40.00
Total				2,228.50

Análisis económico

Ingreso

1- Producción de 600 qq de ensilaje de maíz/a B/.4.50/qq = B/. 2,700.00

Egreso

2- Detalle en el cuadro = B/. 2,228.50

Utilidad = B/. 471.50

ANEXO 2. COSECHA DEL MATERIAL VEGETATIVO DEL MAÍZ.



Parcela de maíz a cosechar



Pesaje del maíz



Transporte del maíz



Picado del maíz

ANEXO 3. COSECHA DEL MATERIAL VEGETATIVO DE MORINGA.



Parcela de moringa a cosechar



Pesaje de 100 hojas compuestas



Cosecha de la moringa



Picado de la moringa

ANEXO 4. PREPARACIÓN DE MICROSILOS EN TUBOS DE PVC.**Homogenizando del material****Confección de microsilo en PVC****Llenado de microsilos****Microsilos preparados**

ANEXO 5. ANÁLISIS DE LABORATORIO PARA VALOR NUTRICIONAL Y CARACTERÍSTICAS DE FERMENTACIÓN.



Material ensilado a los 45 días



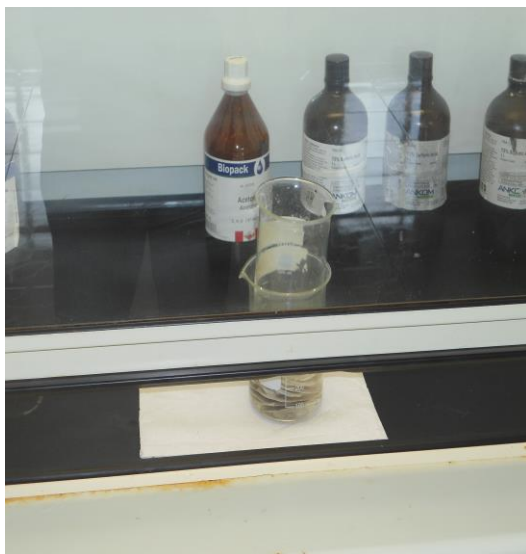
Pesaje de muestras para materia seca



Pesaje de las muestras



Secado de muestras en el Horno



Análisis de lignina ácido detergente



Lectura de pH



Filtrado para análisis de nitrógeno amoniacal



Pesado para análisis de nitrógeno amoniacal