



UNIVERSIDAD NACIONAL
AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMIA

Trabajo de Graduación

Alimentación de vacas lecheras con *Moringa oleifera* fresco o ensilado y su efecto sobre la producción, composición y calidad de leche

AUTOR

Lic. Rosario Rodríguez Pérez

TUTOR

Ing. MSc. Bryan Mendieta Araica

ASESOR

PhD. Nadir Reyes Sánchez

Managua, Nicaragua
Abril, 2011

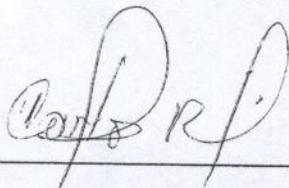
Aprobación de tribunal examinador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable tribunal examinador designado por la decanatura de la facultad y/o director de sede FACULTAD DE AGRONOMIA como requisito parcial para optar al título profesional de:

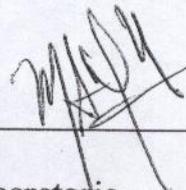
MAESTRO EN CIENCIAS

EN AGROECOLOGIA Y DESARROLLO SOSTENIBLE.

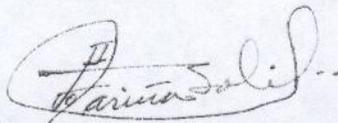
Miembros del tribunal examinador



Presidente
Ing. MSc. Carlos Ruíz Fonseca



Secretario
Ing. MSc. Martin Mena



Vocal
Ing. MSc. Tito Fariñas

Lugar y fecha (día/mes/año): Managua, 04 de Abril del 2011.

INDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
I INTRODUCCIÓN.....	1
II OBJETIVOS.....	4
III MATERIALES Y MÉTODOS.....	5
3.1 Localización y duración del experimento.....	5
3.2 Preparación de los alimentos.....	5
3.3 Manejo de los animales.....	6
3.4 Tratamientos.....	6
3.5 Digestibilidad.....	7
3.6 Elaboración de Queso.....	8
3.7 Análisis químicos y pruebas organolépticas.....	8
3.7.1 Alimentos.....	8
3.7.2 Heces.....	9
3.7.3 Leche.....	9
3.7.4 Prueba organoléptica.....	9
3.7.4.1 Para la leche.....	10
3.7.4.2 Para Queso.....	10

INDICE DE CONTENIDO

	SECCION	PAGINA
3.8	Diseño experimental y análisis estadístico.....	11
3.9	Variables.....	12
3.9.1	Composición química de los alimentos.....	12
3.9.2	Digestibilidad aparente:.....	12
3.9.3	Producción de leche.....	12
3.9.4	Leche corregida por energía.....	12
3.9.5	Composición química de la leche.....	13
3.9.6	Características organolépticas de leche y queso.....	13
3.10	Análisis financiero.....	13
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
4.1	Composición química de los ingredientes.....	14
4.2	Consumo de alimento y digestibilidad aparente.....	15
4.3	Producción y composición de la leche.....	17
4.4	Características organolépticas de leche y el queso.....	18
4.4.1	Leche.....	18
4.4.2	Queso.....	20
4.5	Análisis financiero.....	21
V	CONCLUSIONES.....	22
VI	LITERATURA CITADA.....	23
VII	ANEXOS.....	29

DEDICATORIA

A **DIOS**, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarte cada día más.

A mis hijos **Laura Sofía** y **Diego Elías** por ser ellos mi inspiración

A mi madre y hermanos

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Agraria, con especial mención a la Facultad de Agronomía, por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de Maestría.

Para todos los docentes que compartieron su tiempo y conocimientos durante estos dos años.

A la Facultad de Ciencia Animal por el apoyo en brindarme el tiempo para realizar mis estudios.

Especial mención a mis tutores Ing. MSc. Bryan G Mendieta Araica y Dr. Nadir Reyes Sánchez los cuales brindaron sus aportes y sugerencias para llevar a buen término esta investigación.

Gran parte del trabajo que se llevó a cabo en la recolección, ordenamiento y análisis de los datos, así como la recopilación bibliográfica para darle cuerpo a esta tesis no hubiera sido posible gracias a la colaboración del Ing. MSc. Norlan Caldera Navarrete.

A todos mis compañeros de la maestría quienes me acompañaron en esta trayectoria de aprendizajes y conocimientos.

INDICE DE CUADROS

CUADROS	PÁGINA
1. Escala hedónica para leche	10
2. Escala hedónica para queso.....	11
3. Composición química de los ingredientes.....	14
4. Consumo y digestibilidad aparente de los tratamientos.....	16
5. Producción y composición química de la leche de las diferentes dietas.....	17
6. Características organolépticas de la leche analizada por jueces no entrenados.....	18
7. Características organolépticas de queso analizado por jueces no entrenados	20

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS	PÁGINA
1. Encuesta sensorial para leche.....	29
2. Encuesta sensorial para queso.....	30
3. Análisis financiero de cada uno de los tratamientos evaluados.....	31
4. Presupuestos parciales.....	32
5. Costos e ingresos de cada una de las dietas en estudio.....	33
6. Costos e ingresos de cada una de las dietas en estudio (continuación).....	34

RODRIGUEZ, P.R.C. 2011. “Alimentación de vacas lecheras con *Moringa oleifera* fresco o ensilado y su efecto sobre la producción, composición y calidad de leche”. Tesis de Maestría en Agroecología y Desarrollo Sostenible. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria (UNA). 45 Pág.

Palabras claves: *Moringa oleifera* fresca o Ensilada, vacas lecheras, producción de leche, Características organolépticas.

Alimentación de vacas lecheras con *Moringa oleifera* fresco o ensilado y su efecto sobre la producción, composición y calidad de leche

Resumen

Moringa oleifera, fresca o ensilada, se comparó con una dieta control basada en *P. purpureum* cv CT-115 + concentrado comercial como dieta única para vacas lecheras. Se evaluó el efecto de las dietas experimentales sobre el consumo y la digestibilidad, la producción y composición de la leche, y las características organolépticas de leche y queso. Seis vacas lecheras fueron utilizadas en un experimento cuadrado latino 3x3, con dos repeticiones. Las dietas de *Moringa* fueron isocalóricas respecto a la dieta control. El consumo de MS de los tratamientos de *Moringa* fue significativamente mayor ($P < 0.05$) que el control. *Moringa* fresca tuvo el mayor consumo ($P < 0.001$) de materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácido (FDA) en comparación con la dieta de control. La mayor digestibilidad ($P < 0.05$) la manifestó el control respecto a los tratamientos de *Moringa* (fresca o ensilada), con la excepción de la digestibilidad de la PB. La producción de leche del tratamiento de *Moringa* ensilado fue ligeramente inferior (9%) respecto a los otros dos tratamientos. La composición de la leche fue similar entre todos los tratamientos. Sin embargo, la leche del tratamiento de *Moringa* fresca presentó un sabor y aroma a hierba, significativamente diferente ($P < 0.001$) de los otros dos tratamientos, a pesar de que era normal en color y apariencia. No se observaron diferencias organolépticas entre la leche del tratamiento control y el tratamiento de ensilaje de *Moringa*. Igual comportamiento se encontró en el queso elaborado a partir de la leche de los tres tratamientos. El análisis financiero favorece a los tratamientos de *Moringa*. La conclusión es que el ensilaje de *Moringa* se puede utilizar para alimentar vacas lecheras en grandes cantidades para producir la misma cantidad y calidad de la leche que las dietas convencionales.

ABSTRACT

Key words: *Moringa oleifera* fresh or ensiled, dairy Cattle, production of milk, Characteristic organoleptic

Moringa oleifera, fresh or ensiled, compared with a control diet based on *P. purpureum* cv *CT-115* + commercial concentrate as a diet for dairy cattle. Evaluated the effect of experimental diets on intake and digestibility, production and milk composition, and organoleptic characteristics of milk and cheese. Six lactating dairy cattle were used in a changeover 3x3 latin square experiment, replicated twice. *Moringa* diets were isocaloric with respect to the control diet. The DM of *Moringa* treatment was significantly higher ($P<0.05$) than the control. Fresh *Moringa* had the highest intake ($P<0.001$) of organic matter (OM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) compared with the control diet. The highest digestibility ($P<0.05$) control said about *Moringa* treatments (fresh or ensiled), with the exception of the digestibility of CP. Milk production of *Moringa* silage treatment was slightly lower (9%) than the other two treatments. The milk composition was similar among all treatments. However, milk fresh *Moringa* treatment had a flavor and aroma has grass, significantly different ($P<0.001$) of the other two treatments, although it was normal in color and appearance. There were no sensory differences between the milk from the control treatment and treatment of silage *Moringa*. Similar behavior was found in cheese made from milk of three treatments. Financial analysis favors the treatment of *Moringa*. The conclusion is that the silage *Moringa* can be used to feed dairy cows in large amounts to produce the same quantity and quality of milk than conventional diets.

I. INTRODUCCIÓN

La ganadería es una de las actividades económicas más importantes de los países de América Latina; no obstante, los indicadores de producción han permanecido invariables en las últimas décadas, teniendo repercusiones negativas sobre la economía de los productores; las principales desventajas de los sistemas actuales son: 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. (Izaguirre y Martínez, 2008).

En Nicaragua la ganadería históricamente, ha sido una actividad productiva relevante y en los últimos años ha logrado recuperarse después de un período de depresión, obteniendo incrementos sustanciales, debido a la demanda de internacional de carne y lácteos, la producción ha aumentado, así como las áreas destinadas a este rubro. El crecimiento poblacional y la expansión de la actividad ganadera a zonas que anteriormente estaban cubiertas de bosques han provocado cambios en el paisaje natural de tal forma que la creación de nuevas áreas de pastoreo ha creado nuevos mosaicos de pasturas que a su vez han contribuido a la degradación de suelos. (Belli *et al.* 2009).

En la actividad ganadera, sobre todo en los sistemas extensivos, prevalece la utilización de pasturas naturales y naturalizadas como dieta básica, sin embargo en la época seca la calidad de las mismas disminuye, lo que hace necesario el uso de suplementos con alto valor nutritivo esto incrementa los costos de alimentación y por ende limita el uso generalizado de los mismos en los pequeños productores lecheros.

Estos sistemas se han ido convirtiendo en una de las fuentes más importantes de la emisión de gases que producen el efecto invernadero asociado al calentamiento global. Así mismo, son causa importante de la pérdida de la biodiversidad y de la contaminación del agua (Arias, 2007).

Lo antes mencionado, sugiere la necesidad de hacer un equilibrio entre la problemática ambiental asociada a la ganadería y la importancia de este sector en la producción de alimentos. Algunos sistemas alternativos de producción ganadera amigables con el medio ambiente como los sistemas silvopastoriles en los que se asocian pastos, arbustos y árboles forrajeros, pueden evitar la degradación del suelo, mejorar la gestión de la cuenca hidrográfica y proporcionar un hábitat variado a una amplia variedad de biodiversidad. Estos sistemas bien manejados permiten mejorar tanto la calidad ambiental como la productividad pecuaria (FAO, 2007).

El uso de los árboles y arbustos (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.

El forraje proveniente de árboles y arbustos en sistemas silvopastoriles, puede constituirse en una alternativa valiosa en la suplementación del ganado, sustituyendo cantidades significativas de concentrados, elaborados a base de granos; cada día más caros y escasos y cuya producción también contribuye a la degradación ambiental.

Uno de estos árboles forrajeros es *Moringa oleifera* conocido comúnmente como Marango, este árbol forrajero crece en todo tipo de suelo, desde alcalino hasta ácido (Duke, 1983). Árbol de crecimiento rápido, alcanza alturas de 7-12 m, tolera hasta seis meses de sequía. La producción de Materia seca oscila entre 15 a 24 ton de MS ha⁻¹ año⁻¹ (Reyes, 2006).

El Marango tiene un excelente valor nutritivo, diversos autores reportan contenidos de proteína cruda en un rango de 17-26.8%, Fibra detergente neutro de 321.2-521 g kg⁻¹ MS y Fibra ácido detergente 223.5-361 g kg⁻¹ MS (Mendieta *et al.*, 2009; Reyes *et al.* 2006). Datos de digestibilidad In Vitro de la Materia seca en hojas y tallos de 79 y 57% respectivamente y energía metabolizable de 2.27 Mcal kg⁻¹ MS (Reyes, 2004).

Rocha y Mendieta (1998), utilizando como suplemento forraje de Marango 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 *et al.* (2006) en ensayos realizados reportan incrementos en más de 2 L de leche, no afectando la composición química de esta.

Existen diversas experiencias de la inclusión de Marango fresco 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 *et al.* 2002; Aregheore, 2002); Mayor aportación de proteínas en cerdos (Pérez, Torres y Mendieta, 2001), mejora la ganancia de peso en ovinos (Reyes *et al.* 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. Mendieta *et al.* (2009), al evaluar ensilaje de Marango en diversas proporciones (99 y 95%) reportan valores para Materia seca de 212 y 217 g kg⁻¹ con concentración de Proteína cruda de 150 y 144 g kg⁻¹ MS y fibra detergente neutro de 583 y 397 g kg⁻¹ MS respectivamente. Sin embargo las dietas

basadas solamente con follaje de Marango o ensilado de Marango no han sido evaluadas en vacas lecheras.

Existe muy poca información sobre el comportamiento productivo de vacas lecheras alimentadas exclusivamente con Marango (fresco o ensilado) y la respuesta financiera al cambio de las dietas tradicionales por las alternativas, por ende, el objetivo de este estudio es evaluar el efecto sobre la producción, composición de la leche y la digestibilidad de tres dietas para vacas lecheras, comparando una dieta convencional de pasto *Pennisetum purpureum* cv. *CT-115* + concentrado comercial con dietas a base de forraje fresco y ensilaje de Marango prestando atención a las características organolépticas de la leche y el queso producido por las vacas alimentadas con estas dietas.

II. OBJETIVOS

Objetivo General:

Evaluar el uso de forraje de Marango fresco y ensilado como único componente en la dieta para vacas lecheras y su efecto sobre el consumo, digestibilidad, rendimiento productivo, composición química y cualidades organolépticas de leche y queso.

Objetivos Específicos:

1. Estimar composición química (Materia Seca, Proteína Bruta, Fibra Detergente Neutra, Fibra Detergente Acida, Lignina y Energía Metabolizable) y Digestibilidad Aparente de la Materia seca de las dietas evaluadas (*Pennisetum purpureum* cv. CT-115 + concentrado comercial; Marango fresco y Marango ensilado).
2. Evaluar la producción, composición química de la leche y cualidades organolépticas de la leche y queso (Color, olor, sabor, aspecto y apariencia) en vacas alimentadas con las diferentes dietas en estudio.
3. Realizar una evaluación financiera de los tratamientos a través de presupuestos parciales.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización y duración del experimento

El estudio se realizó en la finca Santa Rosa de la Universidad Nacional Agraria (UNA) en, Managua, Nicaragua, localizada geográficamente a los 12° 08' 33" de latitud norte y 86° 10' 31" longitud oeste. La temperatura media anual es de 26.9 °C, la precipitación histórica es de 1119.8 mm anuales y humedad relativa del 72% con una marcada época seca de Noviembre a Mayo (INETER, 2006). El período de realización del ensayo estuvo comprendido del 19 de Julio al 11 Octubre del 2009.

3.2 Preparación de los alimentos

Antes del inicio de experimento, las áreas de *Pennisetum purpureum* cv. CT-115 y Marango fueron divididas en parcelas, se les realizó corte de uniformidad en intervalos regulares para garantizar rebrotes aproximadamente de 45 días. Durante el experimento el *P purpureum* cv. CT-115, fue cosechado a los 45±3 días de rebrote, posteriormente fue picado en partículas de aproximadamente 2 cm de longitud en una picadora estacionaria y ofrecido de forma fresca a las vacas. Para el tratamiento de Marango fresco se recolectaron diariamente ramas frescas del campo experimental con 45 días de rebrote, las mismas fueron separadas en fracciones, la fracción fina correspondió a hojas y pecíolos iguales o menores a 5mm de diámetro y la fracción gruesa a tallos y ramas mayores a 5 mm; utilizándose solamente la fracción fina.

Para la preparación del ensilaje de Marango, la fracción fina recolectada de las áreas experimentales de Marango de la Universidad Nacional Agraria (UNA) fue picada y se le agregó melaza (5% del peso fresco) para facilitar el proceso de fermentación del material a ensilar y luego se utilizó para la elaboración de silos en bolsas de polietileno (55 * 97 cm). Las bolsas fueron llenadas en capas sucesivas de 30 cm, compactadas por presión manual, cerradas y finalmente selladas con ayuda de una banda elástica para evitar la entrada de aire. Se elaboraron 180 bolsas (silos) con pesos aproximados de 45 kg cada uno. Posteriormente las bolsas fueron almacenadas sobre polines de madera en una bodega con piso de concreto durante un periodo de 120 días.

El concentrado fue elaborado en la planta procesadora de alimento de la UNA con ingredientes disponibles comercialmente. Este concentrado estaba conformado de los siguientes ingredientes: pulido de arroz, sorgo, harina de soya, melaza, carbonato de calcio, harina de maní, cloruro de sodio en proporciones de: 41-30-20-6-1.5-1-0.5 respectivamente. La melaza de caña de azúcar fue adquirida por medio de un distribuidor local de productos agrícolas.

3.3. Manejo de los animales

Para el experimento se utilizaron seis (6) vacas lecheras Pardo Suizo por Brahman procedentes de la finca Las Mercedes de la Universidad Nacional Agraria con un peso vivo promedio de 416(50) kg, que se encontraban entre la segunda y tercer lactancia y en la cuarta semana de lactación al iniciar el experimento.

Los animales fueron pesados al inicio del ensayo y alojados individualmente en un establo bien ventilado. Antes de iniciar el ensayo a los animales se les aplicó vitaminas A (625,000 UI), D₃ (125,000 UI) y E (125 UI), Ivermectina 1% para control de parásitos externos e internos y vacuna contra ántrax. A todos los animales se les garantizó acceso al agua *ad libitum* y sales minerales acorde a sus requerimientos. Las vacas se ejercitaron diariamente en un área común, aprovechando el momento de la limpieza de los cubículos individuales, excepto durante los periodos de recolección de heces.

3.4. Tratamientos

Las seis vacas lecheras utilizadas en el experimento fueron distribuidas en tres tratamientos. Los tratamientos evaluados fueron:

- T1: Forraje fresco *P. purpureum* cv. CT-115 + concentrado comercial
- T2: Forraje fresco de Marango + 1 kg Melaza.
- T3: Ensilaje de Marango +1 kg Melaza.

La cantidad total de alimento ofrecido (kg Materia Seca (MS) vaca⁻¹día⁻¹) fue calculada usando la siguiente fórmula:

$$\text{CMS (kg d}^{-1}\text{)} = (0.372*\text{FCM}+0.0968*\text{BW}^{0.75})*(1-e^{(-0.192*(\text{WOL}+3.67))})$$

Donde:

CMS = Consumo de Materia Seca

FCM = leche corregida al 4% de grasa

FCM= (producción de leche en kg*0.4) + (producción de grasa en kg*15)

BW = peso vivo

WOL = semanas de lactación

e = 2.718

El T1 (control) fue calculado para cumplir con los requerimientos de proteína bruta (PB) y EM (NRC, 1988); proporcionó 60% del consumo de materia seca calculado en base a forraje

fresco y el 40% restante mediante concentrado comercial. Estos porcentajes representan aproximadamente los habitualmente utilizados por productores de leche en la región Centroamericana (Vélez, 1997; Castro Ramírez, 2002). Los tratamientos con Marango (T2 y T3) se calcularon que fueran isocalóricos con respecto al tratamiento control (T1), como agente palatabilizador se usó un kilogramo de melaza uniformemente distribuida; a su vez la melaza contribuyó a ajustar el nivel energético de los tratamientos.

Los forrajes fueron ofertados a los animales individualmente en comederos separados, dos veces al día, a las 07:00 h y a las 17:00 h. El concentrado del tratamiento control fue suministrado de forma individual durante el ordeño, a las 05:00 h y 16:00 h, En el caso de los tratamientos 2 y 3 la melaza se fraccionó y se mezcló uniformemente con el forraje, cada vez que estos fueron ofrecidos.

El contenido de materia seca de los forrajes ofrecidos fue determinado diariamente utilizando un horno de microondas de acuerdo al proceso descrito por Undersander *et al.* (1993), para poder adecuar la asignación de materia seca de acuerdo con el plan de alimentación experimental.

Los alimentos ofrecidos y los rechazos ocasionales fueron pesados diariamente, tomando muestras de un kilogramo del alimento ofrecido por vaca día⁻¹ el que se congeló a -18°C. Al final de cada período experimental las muestras fueron descongeladas y agrupadas para obtener una muestra por cada periodo y sometidas a análisis químico. Igualmente al concentrado se le tomó una muestra de un kilogramo de forma semanal y se envió al laboratorio para su análisis químico.

Las vacas se ordeñaron manualmente dos veces por día, a las 05:00 h y a las 16:00 h, los registros de producción de leche se obtuvieron del pesaje diario de esta. Los últimos tres días de cada período se tomaron muestras de leche por vaca las que fueron refrigeradas y enviadas al laboratorio para su respectivo análisis químico.

3.5. Digestibilidad

En la última semana de cada período del experimento, las heces de cada vaca fueron colectadas diariamente de forma manual y colocadas en un contenedor con tapa, la recolección de cada 24 h se pesó y mezcló de forma homogénea tomándose una muestra correspondiente al 5% del total, estas se colocaron en bolsas individuales, las que fueron identificadas y congeladas. Cuando la colecta de heces se completó, las sub-muestras de cada vaca se descongelaron y se mezclaron para obtener una muestra homogénea por vaca y por período. Aproximadamente 300 g de la muestra compuesta de cada animal fue llevada al laboratorio

para análisis químico Los resultados de los análisis de las heces y del alimento más los datos del consumo fueron utilizados para estimar la digestibilidad aparente.

3.6. Elaboración de Queso

Para la elaboración de quesos provenientes de los tratamientos se tomó aproximadamente una cantidad de 10 l de leche por tratamiento. De forma individual cada muestra de leche fue depositada en un recipiente para su debido reposo, posteriormente a éste se le agrego cuajo (1 ml 10 l leche⁻¹), se agitó durante 2 minutos para su homogenización y luego se dejó reposar 45 minutos; Una vez conformada la cuajada esta fue cortada con ayuda de liras de forma horizontal y vertical para el desuerado, finalmente se le agregó 3% del peso fresco de sal y se colocó en moldes de 0.5 a 1 kg, para su prensado durante 24 h.

3.7. Análisis químicos y pruebas organolépticas

3.7.1. Alimentos

Las muestras secas de los alimentos ofrecidos y rechazos ocasionales fueron molidas y pasadas por un tamiz de 1mm y almacenadas en recipientes de vidrios para posteriores análisis químicos. La MS y cenizas fueron analizadas según el procedimiento de la AOAC (1990). La concentración de nitrógeno total fue determinado utilizando el método de Kjeldahl (AOAC, 1984) y la concentración de Proteína Bruta fue calculada mediante la siguiente fórmula: PB = % de nitrógeno total * 6.25. Los contenidos de Fibra Neutro Detergente (FND) y Fibra Ácido Detergente (FAD) fueron analizados según lo descrito por Van Soest *et al.* (1991) utilizando sulfito de sodio.

La energía metabolizable (EM) de los forrajes fue calculada usando la ecuación de Lindgren (1979).

$$EM = \frac{(0.16 * \text{Valor digestibilidad de la M.O.} - 1.91) * (100 - \% \text{ de cenizas})}{100} = \text{Mj kg}^{-1} \text{ MS}$$

Donde:

EM = Energía metabolizable

MO = Materia orgánica

Mj = Mega Joule

MS = Materia seca

Para determinar el contenido de energía metabolizable se tomaron 0.5 g de muestra seca las que se incubaron con 49 ml de solución buffer y 1 ml de líquido ruminal durante 96 h a 38°C, posteriormente, los residuos fueron pesados e incinerados.

Para determinar la energía metabolizable contenida en el concentrado se utilizó el análisis de Weende descrito por McDonald *et al.* (1988).

Donde: $EM = 0.82 * \text{Energía Digestible}$

$ED = 4.409 \text{ Mcal (ó } 18.45 \text{ Mj) * kg NDT}$

$NDT = (\text{CHOS}) * \text{coeficiente de digestibilidad}$ $NDT = \text{Total de nutrientes digestibles}$
Lípidos * coeficiente de digestibilidad CHOS = Carbohidratos
Proteína * coeficiente de digestibilidad

3.7.2. Heces

A las heces recolectadas por cada periodo se le realizaron análisis de MS, PB, ceniza; FND, FDA.

3.7.3. Leche

El contenido de nitrógeno en leche fue determinado por el método de Kjeldahl y el contenido de proteína en la leche fue calculado mediante la siguiente fórmula: $PB = \% \text{ de nitrógeno total} * 6.38$, la concentración de grasa en la leche por el método de Babcock (AOAC, 1984), y los sólidos totales y caseína fueron analizados de acuerdo al procedimiento descrito por la AOAC (1984).

3.7.4. Prueba organoléptica

Durante el último periodo del ensayo se realizó la evaluación organoléptica de la leche y queso mediante la metodología propuesta por Pastor *et al.* (2008). Ésta metodología permitió medir reacciones de respuestas desde la aceptación hasta el rechazo de los alimentos. Se realizó una prueba Hedónica con estudiantes y maestros de la Universidad Nacional Agraria que participaron como jueces afectivos no entrenados, para la degustación de leche y queso de vaca.

3.7.4.1. Para la leche

Antes de iniciar la prueba, se les dio una breve descripción a los participantes, y a cada uno se les proporcionó un cuestionario descrito en el Anexo 1, el cual se elaboró con base en un método afectivo denominado “prueba de nivel de agrado”, donde se emplea una escala hedónica (Cuadro 1) con cinco puntos que describen desde un extremo agrado hasta un extremo desagrado, con un punto intermedio (Pastor *et al.* 2008).

A cada uno se le proporcionó una muestra de leche de 50 ml aproximadamente de cada tratamiento en vasos esterilizados identificados con las letras (a, b, c) para que los jueces no identificaran los tratamientos a evaluar. A los jueces también se les brindó un vaso con agua, con la intención de neutralizar los sabores entre muestra y muestra. Se les solicitó que por medio de la observación, olfato y la degustación de la leche, le asignaran el puntaje de acuerdo al nivel de agrado.

Cuadro 1. Escala hedónica para leche

Olor	Puntaje	Sabor	Puntaje	Color	Puntaje	Aspecto	Puntaje
Característico	5	Característico	5	Blanco amarillento	3	Homogénea	3
Normal	4	Normal	4	Blanco	2	Con grumos pequeños	2
Envejecido	3	Envejecido	3	Anormal	1	Con Grandes grumos	1
Hierba	2	Hierba	2				
Acido	1	Amargo	1				

Pastor *et al.*, 2008

3.7.4.2. Para Queso

Al igual que para la leche el procedimiento fue similar excepto el cuestionario (Anexo 2) y la escala hedónica (Cuadro 2), los que fueron diseñados para la prueba sensorial del queso.

A cada juez se le proporcionó tres porciones de queso de 10 g aproximadamente elaborado a partir de leche de cada uno de los tratamientos. Se colocaron en bandejas identificadas con las letras (a, b, c) para que los mismos no identificaran el queso a evaluar. A los jueces también se les brindó un vaso con agua, con la intención de neutralizar los sabores entre muestra y muestra. Se les solicitó que por medio de la observación, olfato y la degustación de los quesos, le asignaran el puntaje de acuerdo al nivel de agrado.

Cuadro 2. Escala hedónica para queso

Escala	Puntaje
Me disgusta mucho	1
Me disgusta	2
No me disgusta ni me gusta	3
Me gusta	4
Me gusta mucho	5

Pastor *et al*, 2008

3.8. Diseño experimental y análisis estadístico.

El diseño experimental utilizado fue un Doble Cuadrado Latino 3 * 3 según descrito por Patterson and Lucas (1962). Cada período experimental tuvo una duración de 4 semanas de las cuales las 2 primeras semanas eran de adaptación a los tratamientos y las otras 2 semanas de evaluación y recolección de datos de producción de leche y consumo de alimentos. La digestibilidad aparente de cada nutriente fue estimada en la última semana de cada período experimental mediante el método de colecta total de heces.

	Bloque 1			Bloque 2		
	Vaca A	Vaca B	Vaca C	Vaca D	Vaca E	Vaca F
Periodo 1	1	2	3	1	2	3
Periodo 2	2	3	1	3	1	2
Periodo 3	3	1	2	2	3	1

Los datos fueron analizados utilizando el Modelo Lineal General (GLM) del Software SAS versión 9.1.2 (SAS[®], 2004). El procedimiento de comparación de medias por la prueba de Tuckey fue utilizado cuando las diferencias entre tratamientos eran significativas al $P < 0.05$.

El modelo matemático utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + C_j + T_k + \varepsilon_{ijk}$$

Donde

μ = media general

P_i = efecto fijo de período ($i=1, 2, 3$)

C_j = efecto aleatorio de vaca dentro del cuadrado ($j= 1, 2, \dots, 6$)

T_k = efecto fijo de tratamiento ($k = 1, 2, 3$)

ϵ_{ijk} = error residual aleatorio

El efecto residual de los tratamientos y las interacciones entre los efectos fueron analizados y removidos del modelo debido a la falta de significancia ($P > 0.1$).

Los datos de las encuesta para leche y queso fueron analizados por medio de pruebas no paramétricas utilizando la prueba de Kruskal Wallis.

3.9. Variables

3.9.1. Composición química de los alimentos

Para determinar la composición química de las dietas, se tomó una muestra del alimento ofrecido y de alimento rechazado, las que posteriormente se enviaron al laboratorio de bromatología para la determinación de MS, PB, FDN y FDA, Lignina, EM y Ceniza.

3.9.2. Digestibilidad aparente:

El Coeficiente de Digestibilidad Aparente (CDA) de PB, MO, FDN, FDA y MS total se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$CDA = \frac{\text{Cantidad de Nutriente Consumido} - \text{Cantidad de Nutriente Excretado}}{\text{Cantidad de Nutriente Consumido}} \times 100$$

3.9.3. Producción de leche

Para determinar la producción de leche vaca día⁻¹, se realizaron dos ordeños diariamente durante todo el período del ensayo, la suma de los dos ordeños fue considerada como la producción de leche total diaria.

3.9.4. Leche corregida por energía

Para establecer diferencias entre los tratamientos se consideró la estandarización de la producción de leche de cada tratamiento utilizando el procedimiento planteado por Sjaunja *et al.* (1990) el que sugiere el uso de siguiente ecuación:

$$ECM = M \times [(383MF + 242MP + 783.2) / 3140]$$

Dónde:

ECM = Leche corregida por energía (kg)

M = Producción de leche (kg)

MF = Porcentaje de contenido de grasa de la leche

MP = Porcentaje de contenido de proteína de la leche

3.9.5. Composición química de la leche

Al final de cada periodo, en los últimos tres días se tomaron muestras de leche las que fueron enviadas al laboratorio para la determinación de porcentaje de grasa, proteína, caseína, y sólidos totales.

3.9.6. Características organolépticas de leche y queso

Para la leche las características evaluadas fueron: Color, olor, sabor, aspecto; y para queso fueron: Color, olor, sabor, textura y apariencia

3.10. Análisis Económico

Con la finalidad de comparar los costos de cada dieta así como los beneficios económicos que existen al sustituir una por otra, se realizó un análisis de presupuestos parciales con la metodología sugerida por Pérez (1993).

Los presupuestos parciales para cada dieta se basaron en los costos generados por ella. En general se consideraron cuatro partidas básicas que se clasificaron como sigue:

Nuevas entradas

- a) Costos reducidos (del rubro que se piensa sustituir).
- b) Nuevos ingresos (del rubro que se piensa introducir).

Nuevas salidas

- c) Nuevos costos (del rubro que se piensa introducir).
- d) Ingresos reducidos (del rubro que se piensa sustituir).

Las diferencias entre las nuevas entradas $(a+b)$ y las nuevas salidas $(c+d)$ indica si el cambio produjo utilidades, consecuentemente, si este fue negativo o muy pequeño el cambio no se justifica.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Composición química de los ingredientes

El Cuadro 3 muestra que el follaje y ensilaje de Marango tuvieron altas concentraciones de PB y una baja concentración de FDN en comparación con el *P. purpureum* cv. *CT-115* utilizado en el experimento. El contenido de PB del concentrado es lo usual en alimentos comerciales balanceados para vacas lecheras en Centro América.

Cuadro 3. Composición química de los ingredientes

Nutrientes	<i>P. purpureum</i> <i>CT-115</i> ¹	Follaje de Marango ¹	Ensilaje de Marango ¹	Melaza ¹	Concentrado comercial ¹
MS (g kg ⁻¹)	153.40(17.30)	193.40(1.20)	267.40(9.80)	727.00(0.10)	844.94(10.40)
g kg ⁻¹ MS					
PB	107.70(2.00)	241.20(5.20)	217.70(5.70)	21.70(0.30)	184.00(1.58)
FDN	506.50(17.30)	365.20(6.10)	354.80(17.90)	nd	90.60(3.13)
FDA	289.40(5.50)	319.70(24.40)	326.00(22.10)	nd	58.20(11.20)
Lignina	255.80(7.20)	313.50(16.90)	310.30(7.20)	nd	43.20(4.49)
Cenizas	180.80(0.30)	92.80(3.20)	116.10(3.20)	27.80(0.10)	76.82(3.98)
EM Mcal	2.03(0.02)	2.60(0.36)	2.58(0.41)	2.19(0.00)	3.49(0.03)
No. Muestras	6	6	6	6	6

MS: Materia seca; PB: Proteína Bruta; FDN: Fibra detergente neutra; FDA: Fibra detergente ácida; EM: Energía metabolizable; nd: no determinada; ¹: μ y SD de cada uno de los componentes de las dietas

Los contenidos de PB de Moringa del estudio se encuentran dentro del rango de 156 a 264 g kg⁻¹MS reportados por otros autores (Becker, 1995; Makkar y Becker, 1996). Reyes Sánchez (2005) reporta una concentración de PB en Marango de 178 g kg⁻¹MS. Los valores para FDN estuvieron dentro del rango de 219 a 684 g kg⁻¹MS, reportados por (Makkar y Becker 1996; 1997).

Mendieta *et al.* (2009) y Garavito (2008), en ensayos con Marango fresco reportan valores superiores de PB (268 g kg⁻¹MS y 267.4 g kg⁻¹MS respectivamente), Cabe destacar que estos autores utilizaron principalmente hojas en lugar de hojas y tallos suaves utilizados en el presente estudio. Sin embargo, otros autores (Makkar y Becker, 1996; Foild *et al.* 1999; Aregheore, 2002; Reyes *et al.* 2006) reportan valores similares a los encontrados en este ensayo (170-240 g kg⁻¹MS). También se reportan variabilidad en el contenido de PB en las diferentes fracciones botánicas presentadas por Makkar y Becker (1997) encontrando en hojas

un contenido de PB de 264 g kg⁻¹ MS, mientras que en ramas y tallos el contenido fue de 72 y 62 g kg⁻¹ MS respectivamente.

La importancia del uso de Marango como forrajera se debe a sus características nutricionales y a su alto rendimiento en producción de biomasa fresca. Sus hojas y tallos presentan 23 y 9% de PB respectivamente, mientras que la digestibilidad encontrada fue de 79 y 57% respectivamente (Foidl *et al.* 2003).

Para ensilaje de Marango Mendieta *et al.* (2009); reportan valores de PB de 144 g kg⁻¹ MS, este valor es inferior al encontrado en este estudio, las diferencias entre ambos valores se debe principalmente a que en el ensilaje solamente se utilizó hojas y tallos suaves, en cambio Mendieta *et al.* (2009) utilizaron hojas, tallos y ramas, esto se soporta en el hecho de que el contenido de FDN es menor (354.8 g kg⁻¹ MS) al compararlo con los 397.0 g kg⁻¹ MS reportados por estos autores.

Valenciaga (2001) reporta para *P. purpureum* cv. CT-115 valores superiores de PB de 126.3 g kg⁻¹ MS a los aquí encontrados; así mismo Silva-Patiño *et al.* (2009) reportan valores de 143.6 g kg⁻¹ MS; Robles (2009) reporta valores de 107 g kg⁻¹ MS similar a los encontrados en este estudio; sin embargo Oquendo (2005) y Valenciaga (2010) reportan valores de 80.6 y 92.3 g kg⁻¹ MS respectivamente; ambos valores son inferiores al encontrado en este estudio. Sin embargo Clavero (1994); Ibarra y León (2001) encontraron valores inferiores de PB en otros cultivares de *P. purpureum* (53.2 -86 g kg⁻¹ MS), lo que demuestra que el CT-115 presenta un mejor valor nutritivo.

En relación a la FDN para el *P. purpureum* cv. CT-115; Valenciaga *et al.* (2001); Valenciaga *et al.* (2010) y Robles (2009), reportan valores de 741.0, 737.0, 728.0 y 734.0 g kg⁻¹ MS respectivamente; estos valores reportados son superiores a los encontrados en este estudio (506.5 g kg⁻¹ MS). La variabilidad encontrada tanto en los valores de PB como en los de FDN puede deberse principalmente a la edad de corte, nivel de fertilización y grado de lignificación del mismo.

4.2. Consumo de alimento y digestibilidad aparente

El Cuadro 4 muestra los valores de consumo y digestibilidad aparente de los tratamientos, en relación al consumo existen diferencias ($P < 0.05$) para MS, PB, MO y FDA entre el control y los tratamientos de Marango (fresco y ensilado). Respecto a FDN el tratamiento control tuvo un consumo ligeramente superior a los tratamientos de Marango. Lignina presento diferencias

significativas ($P < 0.01$) entre los tratamientos. El consumo de EM presentó diferencias ($P < 0.05$) entre Marango ensilado y los otros dos tratamientos.

Cuadro 4. Consumo y digestibilidad aparente de los tratamientos

Nutrientes	Tratamientos			Error Estándar	Significancia
	<i>P. purpureum</i> CT-115 + concentrado comercial	Marango Fresco	Ensilaje de Marango		
Consumo de Nutrientes kg día⁻¹					
MS	11.09 ^b	11.20 ^{ab}	11.29 ^a	0.04	*
MO	9.7 ^c	10.22 ^a	10.06 ^b	0.03	**
PB	1.54 ^b	2.48 ^a	2.42 ^a	0.06	**
FDN	3.77 ^a	3.73 ^{ab}	3.65 ^b	0.01	*
FDA	2.18 ^b	3.26 ^a	3.40 ^a	0.02	**
Lignina	1.89 ^c	3.38 ^a	3.19 ^b	0.01	**
EM Mj día ⁻¹	28.99 ^a	28.71 ^a	28.52 ^b	0.1	*
Coefficientes de Digestibilidad Aparente					
MS	0.76 ^a	0.69 ^b	0.54 ^c	1.22	*
PB	0.77	0.78	0.74	0.88	NS
MO	0.77 ^a	0.70 ^b	0.68 ^b	0.64	**
FDN	0.59 ^a	0.54 ^b	0.49 ^b	1.14	*
FDA	0.64 ^a	0.60 ^a	0.56 ^b	0.94	*

MS: Materia seca; **MO:** Materia orgánica; **PB:** Proteína Bruta; **FDN:** Fibra detergente neutra; **FDA:** Fibra detergente ácida; **EM:** Energía metabolizable; **NS:** no significativo; *, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$; ^{abc}: literales que establecen diferencias entre las medias de los tratamientos.

Como se puede observar las vacas alimentadas con Marango fresco y ensilaje de Marango tuvieron mayores consumos de MS, MO, PB, en comparación con la dieta convencional, igual comportamiento reporta Reyes (2005) con vacas suplementadas con 2-3 kg de Marango fresco. Este mismo autor atribuye los resultados al alto contenido de proteína.

De forma general el consumo manifestado por las vacas en el estudio en relación a la materia seca y proteína se encuentra dentro de los rangos recomendados por el NRC (2001) para vacas lecheras con promedios de producción de 10 a 15 kg de leche día⁻¹.

La digestibilidad aparente de la MS, MO, FDN y FDA, mostro diferencias ($P < 0.05$) entre el control (T1) y los tratamientos de Marango, solamente PB no mostro diferencias significativas ($P > 0.05$) entre ellos.

La mayor digestibilidad de la dieta 1 (*P. purpureum* cv CT-115 + concentrado comercial) se puede deber a que los alimentos concentrados presentan una elevada digestibilidad (Bochi-

Brum, 1999). En el caso del ensilaje de Marango, no se han encontrado reportes de digestibilidad. Sin embargo Cárdenas (2003), encontró en ensilajes mixtos (pastos + arboles) valores de digestibilidad *In vitro* de 53.4%. Para Marango fresco no se reportan datos de digestibilidad *In vivo* como en el presente estudio; sin embargo, a nivel de laboratorio Garavito (2008) reporta valores de digestibilidad de la MO de 0.74 kg día⁻¹. Así mismo Pérez (2009) reporta valores de 70.5% de digestibilidad aparente *In vitro* de la MS; Foidl *et al.* (2003) mencionan valores de digestibilidad *In vitro* del 79% y 57% para hoja y tallo respectivamente.

4.3. Producción y composición de la leche

Los resultados obtenidos de producción y composición de la leche se presentan en el Cuadro 5, observándose diferencias ($P < 0.01$) para producción de leche (kg vaca día⁻¹) y leche corregida por energía ECM (kg vaca día⁻¹). A pesar que el rendimiento de leche de las vacas alimentadas con ensilaje de Marango fue menor ($P < 0.01$), las diferencias con los otros dos tratamientos fue moderada (9%), sin embargo, esto no afectó la composición de la leche siendo similar a los otros tratamientos. Respecto a grasa, sólidos totales, PB y caseína donde no se encontró diferencias ($P > 0.05$) entre los tratamientos.

Cuadro 5. Producción y composición química de la leche de las diferentes dietas

Componentes	Tratamientos			Error Estándar	Significancia
	<i>P. purpureum</i> CT-115 + concentrado comercial	Marango Fresco	Ensilaje de Marango		
Leche (kg vaca día ⁻¹)	13.92 ^a	13.65 ^a	12.65 ^b	0.13	**
ECM (kg vaca día ⁻¹)	13.07 ^a	12.9 ^a	11.90 ^b	0.13	**
Grasa (g kg ⁻¹ de leche)	34.88	35.33	35.05	0.17	NS
Sólidos Totales (g kg ⁻¹ leche)	122.48	123.13	122.77	0.37	NS
PB (g kg ⁻¹ de leche)	34.5	34.63	34.23	0.19	NS
Caseína (g kg ⁻¹ de leche)	27.25	27.33	27.33	0.17	NS

ECM: Leche corregida por energía; **PB:** Proteína Bruta; **NS:** no significativo; ****:** $P < 0.01$; **^{ab}:** literales que establecen diferencias entre las medias de los tratamientos.

Vélez (1997), señala que la dieta puede causar una variación en la grasa láctea y contenido de proteína de la leche, pero la tendencia es que el contenido de sólidos totales se mantiene constante.

Así mismo González (2005) señala que la producción de grasa y proteína está positivamente relacionada con la producción de leche. Sin embargo, en la medida que el volumen aumenta

tiende a observarse una disminución en sus concentraciones. Este efecto de dilución ocurre debido a que los mecanismos de síntesis de cada compuesto obedecen a caminos metabólicos diferentes.

Sutton (1989); Schingoethe (1996); Reyes-Sánchez *et al.* (2006) reportan que no hay efectos de la dieta con Marango sobre la composición de la leche. Spordly (1989) observó que no hay relación entre la proteína de la dieta con el contenido de proteína en la leche. Reyes *et al.* (2004) encontraron efecto no significativo para el porcentaje de grasa, PB y sólidos totales de la leche al incluir Marango en dietas de vacas criollas lecheras.

4.4. Características organolépticas de leche y el queso

4.4.1. Leche

Los resultados de la evaluación sensorial con jueces no entrenados para características organolépticas de la leche se muestran en el Cuadro 6. No observando diferencias significativas ($P > 0.05$) para color y aspecto de la leche, sin embargo, se encontraron diferencias significativas ($P < 0.001$) para olor y sabor de la leche.

Cuadro 6. Características organolépticas de la leche analizada por jueces no entrenados

Características	Tratamientos			Significancia
	<i>P. purpureum</i> CT-115+ concentrado comercial	Marango fresco	Ensilaje de Marango	
Color	70	70	69	NS
Olor	90 ^a	57 ^b	89 ^a	***
Sabor	89 ^a	55 ^b	91 ^a	***
Aspecto	69	69	69	NS

NS= No Significativo; ***= Altamente significativo ($P < 0.001$), Escala numérica corresponde a la puntuación brindada por los jueces a cada uno de los tratamientos

Los resultados no demostraron diferencias para color, sin embargo, la de menor puntuación fue la de ensilaje de Marango. Todas las leches mostraron un color característico para leche de vaca (Blanco amarillento).

Para olor, las leches procedentes de T1 y T3 obtuvieron la mayor aceptación respecto a la leche de T2, esta última obtuvo la menor aceptación por presentar un ligero olor a hierba.

La leche del tratamiento con ensilaje de Marango presento los valores similares a los obtenidos con la leche de T1, siendo clasificada como olor característico por los jueces no entrenados, sin embargo la leche del tratamiento de Marango fresco fue significativamente calificada con la menor puntuación en la prueba.

Los resultados obtenidos de este ensayo para Marango fresco difieren para olor y sabor a los encontrados por Reyes *et al.* (2004), no así para color en el cual no se obtuvo diferencias entre los tratamientos ($P > 0.05$). Un aspecto relevante a señalar es que la leche procedente de ensilaje de Marango fue la que presento el olor más característico a la leche, no así los otros dos tratamientos.

En relación al sabor de la leche, la procedente del tratamiento con Marango fresco fue la que presento un sabor característico a hierba (menor puntuación) no así para los otros dos tratamientos donde el sabor se considero como normal; Makker y Beker (1997) afirman que el sabor a hierba de la leche de vacas alimentadas con Marango fresco es atribuido a la presencia de Glucosinolatos.

Así mismo Bennett *et al.* (2003) reporta la presencia de 4(α -L-rhamnopyranosyloxy)-benzylglucosinolate y 3 isómeros monoacetil de estos glucosinolatos y los ésteres 3-caffeoylquinic y 5-caffeoylquinic en hojas de Marango.

Pereira *et al.* (1991), Fales *et al.* (1987) y Nash, (1985) mencionan que el gusto de la leche cuando las vacas son alimentadas con follaje de Marango fresco y la ausencia de este en el ensilaje de Marango se debe a la reducción de Glucosinolatos por el proceso de ensilaje hasta en un 90%.

En relación a aspecto no se obtuvo diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos considerándose como leches homogéneas.

Reyes *et al.* (2006) mencionan que en países donde el Marango se utiliza en la alimentación de vacas lecheras esta puede transferir mal sabor a la leche. Así mismo en algunas notas técnicas (Agrodesierto, 2010), se menciona que al utilizar Marango fresco en la alimentación de vacas lecheras debe de esperarse al menos 3 h antes del ordeño para evitar el sabor y aroma de hierba en la leche. En un estudio realizado por Reyes *et al.* (2006), utilizando 20% de inclusión de Marango en la dieta no observaron efectos en el sabor de la leche. En el presente estudio la dieta basada en un 100% de utilización de Marango fresco produjo efectos sobre las

características organolépticas de la leche, no así en el caso del ensilaje de Marango el cual no afecto la calidad de la misma.

4.4.2. Queso

En el Cuadro 7 se observan las características organolépticas de queso elaborado a partir de leche procedente de cada uno de los tratamientos. No existen diferencias significativas ($P>0.05$) para color, textura y apariencia, pero si para olor y sabor ($P<0.001$). De acuerdo a la escala de juzgamiento (Anexo 2) el queso elaborado a partir de leche de la dieta de Marango fresco es la que presento la menor aceptación, no así para ensilaje de Marango y *P. purpureum* cv *CT-115* donde el queso se considero como normal. Los evaluadores encontraron que el queso elaborado a partir de ensilaje de Marango presento la mayor aceptación tanto para olor y sabor, seguido del queso del T1, pero siendo el queso de T2 el que menor puntuación recibió por no ser del agrado de los jueces no entrenados.

Cuadro 7. Características organolépticas de queso analizado por jueces no entrenados

Características	Tratamientos			Significancia
	<i>P. purpureum</i> <i>CT-115+</i> concentrado comercial	Marango fresco	Ensilaje de Marango	
Color	41	43	41	NS
Olor	45 ^a	29 ^b	48 ^{ab}	***
Sabor	39 ^b	29 ^c	45 ^a	***
Textura	40	40	39	NS
Apariencia	40	41	40	NS

NS= No Significativo; ***= Altamente Significativo ($P<0.001$), Escala numérica corresponde a la puntuación brindada por los jueces a cada uno de los tratamientos

Para textura y apariencia de los quesos, no se encontró diferencias ($P>0.05$) entre ellos, siendo el queso de Marango fresco el que obtuvo la mayor puntuación, seguido del queso de leche de *P. purpureum* cv *CT-115* y del queso de leche de ensilaje de Marango. Al respecto se debe considerar el papel de la sal en el proceso de elaboración de los quesos que además de aportar sabor salado, mejora la conserva y afirma la textura por su interacción con las proteínas.

La textura y apariencia final de los quesos además de las materias primas, dependen de las técnicas específicas de elaboración. La mayoría de los quesos no adquiere su forma final hasta que son prensados en un molde. Al ejercer más presión durante el prensado, se genera menos humedad, lo cual dará como resultado final un queso más duro. (Revilla, 1995).

Vilanova de la Torre y otros (1999) al realizar una prueba hedónica con un grupo de estudiantes encontraron una gran variabilidad en la percepción de diferentes aromas. Barda (1996), menciona que el análisis sensorial a través de la prueba hedónica se realiza con panelista no entrenado (consumidores habituales), por lo que los resultados de la misma se ven influenciados por la preferencia al producto evaluado, no se debe de perder de vista que para mejorar la calidad de los resultados se requiere de un número alto de jueces.

Mientras más numerosos sean, mejor se podrá sobrellevar la diferencia de sensibilidad entre individuos. Poca cantidad de jueces puede ser compensado con la calidad de los mismos, pero hay que tener cuidado porque la degustación es siempre difícil y pueden tener algún tipo de anosmia hacia un determinado carácter sensorial.

4.5. Análisis financiero.

Utilizando la metodología de presupuestos parciales y la producción de leche vaca día⁻¹ como variable de medición (Anexos 3 y 4) se encontró que al sustituir el T1 (dieta convencional) vs T2 (Marango fresco) se obtuvo un mejor rendimiento financiero con una utilidad incremental de US\$ 1.99 día⁻¹. Lo que significa que con el T1 los rendimientos de leche vaca día⁻¹ son mayores, pero a un mayor costo productivo, en cambio con el T2 se produce una reducción de los costos de producción por consiguiente una mayor utilidad por vaca día⁻¹.

Así mismo se encontró una tendencia similar al comparar el T1 vs T3 (Ensilaje de Marango) este último presentó una utilidad bruta de US\$ 1.54. Esta utilidad se obtuvo al reducir los costos de producción en un 88.8% en comparación a T1, aunque el rendimiento productivo se redujo en un 9%.

El análisis financiero a través de los presupuestos parciales favorece al T2 ya que obtuvo una mayor utilidad, sin embargo, el efecto que tiene el uso de Marango fresco en un 100% de la dieta sobre las características organolépticas de la leche, hace elegir al T3 (Ensilaje de Marango) como el más aceptable por no alterar las cualidades organolépticas de la leche.

V. CONCLUSIONES

- Los resultados de este estudio reflejaron que Marango (*Moringa oleífera*) tanto fresco como ensilado se puede utilizar como dieta única en la alimentación de vacas lecheras sin ningún efecto negativo sobre el consumo, digestibilidad y producción de leche.
- La producción de leche de las vacas alimentadas con la dieta de Marango fresco fue similar a la obtenida con la dieta convencional, en cambio la producción de leche obtenida con la dieta de ensilaje de Marango fue ligeramente inferior.
- La composición química de la leche (Sólidos totales, grasa, PB, Caseína) no se vio afectada por el uso de Marango fresco o ensilado.
- Las características organolépticas de la leche y queso no se vieron afectadas con el uso de Marango ensilado, no así, la utilización de Marango fresco que afectó el olor y sabor de la leche y queso.
- El análisis financiero reflejó que la utilización de Marango fresco o ensilado brinda mayores utilidades que la alimentación convencional, Sin embargo la utilización de Marango ensilado en sistemas lecheros tropicales, se puede brindar sin alterar las características organolépticas de la leche.

VI. LITERATURA CITADA

1. Agrodesierto, 2010. Moringa – *Moringa oleifera*, Programas agroforestales, (en línea) Retrieved october 11 st, 2010 form <http://www.agrodesierto.com/moringa.html>.
2. AOAC. 1984. Official methods of analysis. Washington, DC, USA: Association of Official Analytical Chemists.
3. AOAC. 1990. Official Methods of Análisis. (12th Ed.). Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C. 1018 p.
4. Aregheore, E.M. 2002. Intake and digestibility of *Moringa oleifera*-batiki grass mixtures for growing goats. Small Rum. Res. 46: 23–28.
5. Arias, A. R., 2007. Alternativas de producción ganadera amigables con el medio ambiente. Manejo silvopastoril o Forestoganadero. Producción y manejo de pasturas. 9P. (en línea) Consultado el 20/11/10. http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/manejo%20silvopastoril/75-produccion.pdf.
6. Bennett, R.N. Mellon, Foidl N., Pratt, J. H., Dupont, M.S. Perkins, L., Kroon, P.A.. 2003. Profiling Glucosinolates and Phenolics in Vegetative and Reproductive Tissues of the Multi-Purpose Trees *Moringa oleifera* L. (Horseradish Tree) and *Moringa stenopetala* L. J. Agric. Food Chem., 2003, 51 (12), pp 3546–3553
7. Bochi-Brum, O.; Carro, M.D.; Valdés, C.; González, J.S.; López, S.; 1999. Digestibilidad In Vitro de forrajes y concentrados: Efecto de la ración de los animales donantes de líquido ruminal. Arch. Zootec. 48: 51-61.
8. Carmona, J.C., 2005. El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. Rev. Col Cienc. Pec. Vol. 18:1
9. Castro Ramírez, A., 2002. Ganadería de leche: Enfoque empresarial, (Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica).
10. Cárdenas, J., Sandoval, C., Solorio, F., 2003. Composición química de ensilajes mixtos de gramíneas y especies arbóreas de Yucatán, México. Técnica Pecuaria de México. 41, 283-294.
11. Clavero, T., 1994. El pasto elefante morado (*Pennisetum purpureum*). Una alternative para ecosistemas tropicales. (Ed): Producción e investigación en pastos tropicales. IV.
12. Duke, J. A., 1983. Handbook of energy crops (*Moringa oleifera*). Purdue University, Center for New Crops and Plants Products.

13. Fales, S. Gustine, D., Bosworth, S., Hover, R., 1987. Concentrations of glucosinolates and S-methylcysteine sulfoxide in ensile rape (*Brassica napus* L.). *Journal of Dairy Science*, 70, 2402-2405.
14. FAO. 2007. Ganadería y deforestación. Política Pecuaria 03. Subdirección de información ganadera y de análisis y política del sector. Dirección de producción animal 8p.
15. Foidl, N., Mayorga, L. and Vásquez, W., 1999. Utilización del Marango (*Moringa oleífera*) como forraje fresco para el ganado. Conferencia Electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la Producción Animal en América Latina. (en línea) Consultado el 18/10/10. Disponible en <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/agrofor1/foidl16.htm>.
16. Foidl, N, Mayorga L., Vásquez, W., 2003. Utilización del Marango (*Moringa oleífera*) como forraje fresco para ganado. Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica". Proyecto Biomasa. Managua Nicaragua. 5 p.
17. Garavito, U. 2008. *Moringa Oleífera*, alimento ecológico para ganado vacuno, porcino, equino, aves y peces, para alimentación humana, también para producción de etanol y biodiesel. Corporación Ecológica Agroganadera SA. Colombia. (en línea) Consultado el 18/10/10. Disponible en <http://www.engormix.com/MA-agricultura/cultivos-tropicales/articulos/moringa-oleifera-alimento-ecologico-t1891/078-p0.htm>.
18. González, V. H. 2005. Factores nutricionales que afectan la producción y composición de la leche. Universidad de Chile. (en línea). Consultado el 04/03/2011. Disponible en http://www.agronomia.uchile.cl/extension/circular_extensio_panimal/circular%20de%20extension/n%B028/articulos_pdf/Articulo%202.pdf.
19. Ibarra, G., G.; León, M., J., 2001. Comportamiento bajo corte de dos variedades de *Pennisetum purpureum*: Taiwán 801-4 y Taiwán 144 en condiciones de secano *Rev. prod. anim.* Vol 13 No. 1 2001
20. INETER, 2006. Instituto Nicaragüense de estudios Territoriales. Estación Meteorológica del Aeropuerto Internacional Augusto Cesar Sandino, Managua.
21. Izaguirre, F.F., Martínez T. J. J. 2008. El uso de árboles multipropósito como alternativa para la producción animal sostenible. *Tecnología en Marcha*, Vol. 21-1, Enero-Marzo 2008, P. 28-40
22. Lindgren, E. 1979. The nutritional value of roughages determined in vivo and by laboratory methods. Report No.45. Upsala, University of Agricultural Science, Dept. Animal Nutrition, 58,233-24.3

23. McDonald, P., Edwards, R., Greenhalgh, J., 1988. Animal Nutrition, fourth ed. Longman group, United Kingdom
24. McDonald, P., Henderson N. and Heron S. 2002. The biochemistry of silage. Marlow, UK: Chalcombe Publications
25. Makkar, H.P.S and Becker K. 1996. Nutritional value and antinutritional components of whole and ethanol extracted *Moringa oleifera* leaves. Anim. Feed Sci. Technol. 63: 211–228.
26. Makkar, H.P; Becker, K. 1997. Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera* tree. Journal of agricultural science cambridge. 128: 311-332
27. Mendieta-Araica, B.; Spörndly E.; Reyes-Sánchez N.; Norell, L. and 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
28. Nash, J., 1985. Crop conservation and storage in cool, temperate climates. (Pergamon Press, Oxford, UK)
29. NRC. 1988. Nutrients requirements of dairy cattle. Sixth revised edition. National Academy of Science. Washington, USA
30. NRC. 2001. Nutrients requirements of dairy cattle. Seventh revised edition. National Academy of Sciences. Washington, USA.
31. Oquendo, G. 2005: Fomento y explotación de pastos y forrajes. Sociedad Cubana de Pastos SOCUP, ACPA Holguín.
32. Pastor, L.F.J., Mellado, B.M., Ramírez, A.A., Dolores R.E., 2008. Evaluación sensorial de queso de leche de cabra tipo Boursin sabor natural y ceniza (Sensory evaluation of goat milk cheese type boursin natural and ash flavor). Revista Electrónica de Veterinaria. 8
33. Patterson, H. D. and H. L. Lucas. 1962. Change-over designs. North Carolina Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 147 p.
34. Pérez, 1993. Pautas básicas para el análisis financiero de proyecto agropecuario en inversión para pequeñas empresas rurales. Manual de capacitación para técnicos de campo. IICA, San José, Costa Rica. 292 p

35. Pérez, A. P., Cruz, B. J. O., Vázquez, G. E., Obregón, J. F., 2009. Alimentación de ovinos con Moringa. *Moringa oleifera*, una alternativa forrajera para Sinaloa. Fundación produce Sinaloa. Universidad Autónoma de Sinaloa/Gobierno de Sinaloa/SAGARPA. 29 p.
36. Pérez, H.; Torres, P.F; 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 p.
37. Reyes, N., Rodríguez, R., Mendieta, B., Mejía, S., L. J; Mora T., A.P. 2008. Efecto de la suplementación con *Moringa oleífera* sobre el comportamiento productivo de ovinos alimentados con una dieta basal de pasto guinea (*Panicum máximum Jacq.*). Revista la Calera p 60-69.
38. Reyes, N.; Spornldy, E. Ledin, I. 2004. Effect of feeding different levels of foliage from *Moringa oelifera* to Creole dairy cows on intake, digestibility, milk production and composition
39. Reyes-Sánchez, N.; Ledin, S. and Ledin, I. 2006. Biomass production and chemical composition of *Moringa oleifera* under different management regimes in Nicaragua. Agroforestry Systems 66:231–242
40. Revilla, A. 1995. Industrias lácteas. Curso Práctico. 2da. ed. Zamorano Academic Press. Zamorano. Honduras 70 p.
41. Robles, R.J.M. 2009. Digestión del forraje íntegro y de las paredes celulares en los pastos *Pennisetum purpureum* CT 115, *Brachiaria humidicola* y en *Saccharum officinarum*.. Tesis M.C., Montecillo, Texcoco, Edo. de México, Méx. Colegio de Posgraduados 65 p.
42. Rocha, M.L.R.; Mendieta, B. 1998. Efectos de la suplementación con follaje de Moringa oleífera sobre la producción de leche de vacas en pastoreo. Tesis. Ing. Agron. Facultad de Ciencia Animal. Universidad Nacional Agraria. Nicaragua. 36p.
43. SAS. 2004. SAS/STAT User's Guide Version 9.1. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.
44. Sarwatt, S.V.; Kapange, S.S.; Kakengi, A.M.V. 2002. Substituting sunflower seed-cake with Moringa oleifera leaves as a supplemental goat feed in Tanzania. Agroforestry Sitems. 56:241-247, 2002.
45. Schingoethe, D. 1996. Utilización de Aditivos en Rumiantes: Vitaminas y Aminoácidos Protegidos. Anim. Feed Sci. Pg 153-160.

46. Silva-Patiño, A.V., Flores-Morales E., Gamboa-Alvarado J.G., Magaña-Sevilla H.F. 2009. Valor nutritivo y producción de forraje de king grass CT-115 y CT- 169 (*Pennisetum purpureum* x *P. thypoides*) a diferentes edades de Corte. In VI Simposio Internacional de Pastizales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. Méx. 4 al 7 de Noviembre de 2009.
47. Sjaunja, L.O., Baevre, L., Junkarinen, L., Pedersen, J. and Setälä, J., 1990. A Nordic proposal for an energy corrected milk (ECM) formula. JCAR, 27th session, July 2–6, Paris, France, (EAAP Publication No 50, 1991), 156–157.
48. Spörndly, E. 1989. Effects on milk protein content yield and composition of dietary changes in diets based on grass silage for dairy cows. *Swed. J. Agric. Res.* 19: 107-113.
49. Sutton, J.D. 1989. Altering milk composition by feeding. *J. Dairy Sci.* 72: 2801-2814.
50. Undersander, D., Mertens, D.R. y Thiex, N. 1993. Recommends forage analyses procedure. National Forage Testing Association, USA. 139 p. (en línea), Consultado el 28/10/09. Disponible en URL: <http://www.foragetesting.org/files/LaboratoryProcedures.pdf>.
51. Valenciaga, D., Chongo, B., La O, O., 2001. Characterization of clon *Pennisetum* CUBA CT-115. Chemical composition and dry matter ruminal degradability, Cuban Journal of Agricultural Science, 35, 349-354
52. Valenciaga, D., Chongo B, La O O, Oramas A, Cairo J y Pompa N 2010: Degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca y los constituyentes de la pared celular de *Pennisetum purpureum* vc. CUBA CT-115 con diferentes edades de rebrote en búfalos de río (*Bubalus bubalis*). *Livestock Research for Rural Development. Volume 22, Article #108.* Retrieved January 7, 2011, from <http://www.lrrd.org/lrrd22/6/vale22108.htm>.
53. Van Soest, P.J., Robertson J.B. and Lewis B.A. 1991. Methods for dietary fibre, neutral-detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 4, 3583–3597.
54. Vélez, M., 1997. Producción de ganado lechero en el Trópico. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano. Tegucigalpa, Honduras, pp. 189.
55. Vilanova de la Torre, M., F. Vilariño Pájaro. 1999. Estudio de la sensibilidad olfativa, como entrenamiento previo a la cata, de un grupo de alumnos del Centro Superior de Hostelería de Galicia. *Viticultura/Enología Profesional* No 61:14-22.

VII. ANEXOS

Anexo 1

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL
 DEPARTAMENTO DE SISTEMAS INTEGRALES EN PRODUCCIÓN

ENCUESTA SENSORIAL PARA LECHE

Encuestado No. _____

Fecha: _____

Tipo de leche:

Parámetros	A	B	C
Color			
Olor			
Sabor			
Aspecto			

Escala Hedónica:

Olor	Puntaje	Sabor	Puntaje	Color	Puntaje	Aspecto	Puntaje
Característico	5	Característico	5	Blanco amarillento	3	Homogénea	3
Normal	4	Normal	4	Blanco	2	Con grumos pequeños	2
Envejecido	3	Envejecido	3	Anormal	1	Con Grandes grumos	1
Hierba	2	Hierba	2				
Acida	1	Amargo	1				

Evaluador: _____ Edad _____

Sexo _____

Anexo 2

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS INTEGRALES EN PRODUCCIÓN ANIMAL

ENCUESTA SENSORIAL PARA QUESO

Encuestado No. _____

Fecha: _____

Parámetros	A	B	C
Color			
Olor			
Sabor			
Textura			
Apariencia			

Escala Hedónica:

1. Me disgusta mucho
2. Me disgusta
3. No me disgusta ni me gusta
4. Me gusta
5. Me gusta mucho

Evaluador: Edad _____

Sexo _____

Anexo 3

Análisis financiero de cada uno de los tratamientos evaluados

Tratamiento	PL (kg)	Costo 1 kg del alimento	Consumo vaca día-1 (kg)	Costo Total alimento	Valor de 1 kg de leche	Ingreso total US\$	Ingreso-Costos US\$
I*	13.92	0.203	11.09	2.25	0.36	5.01	2.76
II	13.65	0.01554	11.20	0.17	0.36	4.91	4.74
III	12.65	0.022	11.29	0.25	0.36	4.55	4.31

* La dieta T1 se considera el costo 60% forraje (US\$ 0.024 kg⁻¹) y 40% concentrado comercial (US\$ 0.47 kg⁻¹)

Costos e ingresos de cada uno de los tratamientos

Tratamiento	PL (kg)	Costo 1 kg del alimento	Consumo Vaca día ⁻¹ (kg)	Costo Total alimento	Valor de 1 kg de leche	Ingresos total	Costos – ingresos US\$
I*	13.92	0.4942	11.09	2.25	0.36	5.01	2.76
II	13.65	0.01554	11.20	0.17	0.36	4.91	4.74
III	12.65	0.022	11.29	0.25	0.36	4.55	4.31

* La dieta T1 se considera el costo 60% forraje (US\$ 0.024 kg⁻¹) y 40% concentrado comercial (US\$ 0.47 kg⁻¹)

Comparación de los tratamientos por medio de presupuestos parciales

Tratamiento	a	b	c	d	(a+b)	(c+d)	Utilidad (a+b)-(c+d)
I Vs II	2.25	4.91	0.17	5.01	7.16	5.18	1.99
I Vs III	2.25	4.55	0.25	5.01	6.80	5.26	1.54

Presupuestos parciales

Dieta 1 vs Dieta 2

Nuevas entradas		Nuevas salidas	
Costos reducidos US\$	2.25	Nuevos costos US\$	0.17
Nuevos ingresos US\$	<u>4.91</u>	Ingresos reducidos US\$	<u>5.01</u>
Total (a+b) US\$	7.16	Total (c+d) US\$	5.18
Utilidad (a+b) – (c+d)		US\$ 1.99	

Dieta 1 vs Dieta 3

Nuevas entradas		Nuevas salidas	
Costos reducidos US\$	2.25	Nuevos costos US\$	0.25
Nuevos ingresos US\$	<u>4.55</u>	Ingresos reducidos US\$	<u>5.01</u>
Total (a+b) US\$	6.80	Total (c+d) US\$	5.26
Utilidad (a+b) – (c+d)		US\$ 1.54	

Anexo 5

Costos e ingresos de cada una de las dietas en estudio

Dieta 1: (60% forraje + 40% concentrado comercial)

A: Costos = kg alimento x Costo del kg alimento x No. Días

Ingredientes de la dieta		Kg alimento		Valor 1 kg alimento		No. días		Total
<i>Pennisetum purpureum cv CT-115</i>	Costos =	6.654	x	0.024	x	1	=	0.16
Concentrado comercial	Costos =	<u>4.436</u>	x	0.47	x	1	=	<u>2.08</u>
Total		11.09		Total Costo de la dieta US\$				2.25

Ingresos = Producción de leche x Valor (US\$) L leche x No. Días

$$\text{Ingresos} = 13.92 \times \text{US\$ } 0.36 \times 1 = 5.01$$

Dieta 2: (Marango fresco 100%)

A: Costos = kg alimento x Costo del kg alimento x No. Días

Ingredientes de la dieta		Kg alimento		Valor 1 kg alimento		No. días		Total
Marango (<i>Moringa oleifera</i>)	Costos =	11.2	x	0.01554	x	1	=	0.17

B: Ingresos = Producción de leche x Valor (US\$) L leche x No. Días

$$\text{Ingresos} = 13.65 \times \text{US\$ } 0.36 \times 1 = 4.91$$

Anexo 6

Costos e ingresos de cada una de las dietas en estudio (Continuación...)

Dieta 3: (Ensilaje de Marango 100%)

A: Costos = kg alimento x Costo del kg alimento x No. Días

Ingredientes de la dieta		Kg alimento		Valor 1 kg alimento		No. días		Total
<i>Ensilaje de Marango</i>	Costos =	11.29	x	0.022	x	1	=	0.25

B: Ingresos = Producción de leche x Valor (US\$) L leche x No. Días

Ingresos = 12.65 x US\$ 0.36 x 1 = 4.55