



"Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible"

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

**Fermentación en estado sólido de *Saccharum officinarum* con  
follaje de *Moringa oleifera* para alimentación porcina**

**AUTOR**

Ing. Wendell Antonio Mejía Tinoco

**ASESORES**

Ing. Nadir Reyes Sánchez PhD.  
Ing. Bryan Mendieta Araica PhD.

Managua, Nicaragua

Abril, 2017

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL**

**APROBACIÓN DEL TRIBUNAL EXAMINADOR**

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable tribunal examinador designado por la Decanatura de la Facultad de Ciencia Animal, como requisito para optar al título de:

**MAESTRO EN CIENCIA**

**MIEMBROS DEL TRIBUNAL EXAMINADOR:**

---

Ing. Fabio Vásquez PhD  
**Presidente**

---

Lic. Rosario Rodríguez MsC.  
**Secretaria**

---

Ing. Norlan Caldera MsC.  
**Vocal**

**Managua, Nicaragua, 2017.**

## INDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>ii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>iv</b>
<b>INDICE DE ANEXOS</b> .....	<b>v</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vii</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS</b> .....	<b>3</b>
2.1 Objetivo general .....	3
2.2 Objetivos específicos .....	3
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>4</b>
3.1. Experimento 1. ....	4
3.1.1 Variables de fermentación .....	5
3.1.2 Humedad del sustrato .....	5
3.1.3 Temperatura y pH de fermentación .....	5
3.1.4 Temperatura ambiental (°C) .....	6
3.1.5 Composición química .....	6
3.2 Experimento 2. ....	6
3.3 Análisis financiero .....	9
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>10</b>
<b>4.1 Resultados del primer experimento</b> .....	<b>10</b>
4.1.1 Temperatura ambiente y temperatura de fermentación .....	10
4.1.2 pH de fermentación .....	12
4.1.3 Humedad del sustrato .....	13
4.1.4 Contenido de Proteína Bruta (PB), Fibra Detergente Neutro (FDN) .....	14
4.2 Resultados del segundo experimento .....	17
4.2.1 Peso final .....	17
4.2.1 Ganancia media diaria .....	17
4.2.2 Ganancia de peso total .....	18
4.2.3 Consumo de alimento .....	18
4.2.5 Conversión de alimento .....	18
4.2.6 Características y calidad de la canal .....	19
4.2.7 Morfometría de los órganos digestivos .....	20
4.2.8 Análisis financiero .....	21
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	<b>23</b>

<b>V.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>24</b>
<b>VI.</b>	<b>LITERATURA CITADA</b> .....	<b>25</b>
<b>VII.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>32</b>

## DEDICATORIA

A **Dios** el creador del universo, del conocimiento y todo lo que existe, por ser el pilar principal del día a día, dándome fortalezas para salir adelante venciendo con su ayuda y bendiciones los obstáculos del camino hacia el triunfo cumpliendo unas de mis principales metas.

A mis padres, **José Jaime Mejía Torres** y principalmente a mi hermosa y adorable madre **Mariana Tinoco Mairena** por ser el motor principal en mi vida impulsándome con ayuda emocional hasta donde estoy hoy en día, esto se lo debo a ella mi completa inspiración para salir adelante, por sus sacrificios, consejos y apoyo incondicional, gracias porque jamás me he sentido solo, tú siempre estás en mi corazón. Te amo mamá.

A mi esposa **Grilis del Carmen Ramírez Pérez** por su apoyo moral y amor incondicional que nos une. Te amo mi amor.

A mis hijas **Mariana del Rosario Mejía Ramírez** y **Wendy del Carmen Mejía Ramírez** por ser una inspiración más en mi vida, por el amor que nos une y ser una causa más de mi espíritu de superación.

A mi hijo **Wendell Napoleón Mejía Hernández** por el amor que nos une a pesar de la distancia.

A los asesores, **Ing. Nadir Reyes Sánchez PhD** e **Ing. Bryan Mendieta Araica PhD.** por su apoyo incondicional en este trabajo de graduación, compartiendo sus conocimientos y sabiduría, dedicando su valioso tiempo para la elaboración de este trabajo.

**A todos ellos con todo mi amor**

**Wendell Antonio Mejía Tinoco**

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a **Dios**, por darme la vida, salud, sabiduría, perseverancia, concentración y los nuevos conocimientos que adquirido día a día y durante el desarrollo de esta investigación científica.

A **mis padres** porque después de Dios son los que más amor me han demostrado a través de sus consejos, cuidados y enseñanzas.

A **mi esposa e hijas** por su paciencia que han tenido conmigo en los momentos sacrificados por la dedicación a mis estudios.

A José Aníbal Montiel, Jassir Espinoza, Joel Pon, y Jimmy Cajina por su valioso aporte en la fase de campo de este trabajo de investigación.

A mis familiares, amigos y compañeros de clases que han estado en la trayectoria de mi vida,

Muchas gracias a mis asesores **Ing. Nadir Reyes Sánchez PhD e Ing. Bryan Mendieta Araica PhD** por el tiempo, paciencia y motivación dedicada en el desarrollo de esta investigación, por hacer posible que el día de hoy este defendiendo mi trabajo investigativo.

**A todos ellos muchas gracias**

**Wendell Antonio Mejía Tinoco**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Raciones experimentales.....	7
<b>Tabla 2.</b> Porcentajes de proteína bruta, y fibra detergente neutro.....	15
<b>Tabla 3.</b> Presupuesto de producción de 1 kg de FES.....	16
<b>Tabla 4.</b> Comportamiento productivo de cerdos alimentados con diferentes niveles de FES-moringa.....	19
<b>Tabla 5.</b> Características y calidad de la canal.....	20
<b>Tabla 6.</b> Morfometría de los órganos digestivos del cerdo alimentados con inclusión de FES-Moringa.....	21
<b>Tabla 7.</b> Presupuesto parcial.....	22

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Temperatura de fermentación en cada uno de los tratamientos en estudio.....	10
<b>Figura 2.</b> Comportamiento del pH de fermentación .....	12
<b>Figura 3.</b> Comportamiento de la humedad al inicio y al final del período de fermentación. ....	13

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Proceso de FES- <i>Moringa</i> .....	32
<b>Anexo 2.</b> T1: Concentrado Comercial (CC).....	33
<b>Anexo 3.</b> T2: concentrado comercial con 15% de FES- <i>Moringa</i> .....	33
<b>Anexo 4.</b> T3: concentrado comercial con inclusión de 25% de FES- <i>Moringa</i> .....	33

## RESUMEN

Generando conocimientos sobre utilización de fuentes proteicas no convencionales en alimentación de cerdos, se realizaron dos experimentos. Experimento 1: Se estudió la dinámica de fermentación en estado sólido e indicadores bromatológicos de la caña de azúcar con 0, 10, 15, 20 y 25% de follaje fresco de *Moringa oleifera* (FFMO) utilizando un diseño completamente aleatorizado (DCA), con tres repeticiones. No hubo efecto ( $P>0.05$ ) de niveles de inclusión de follaje fresco de *Moringa oleifera* sobre pH ( $6.74 \pm 1.11$ ) y temperatura de fermentación ( $31.8 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3.3$ ). El contenido de proteína bruta (PB) aumento ( $P<0.05$ ) de 12.3 a 23.02% al incrementar la inclusión de FFMO de 0% a 25%. Experimento 2: En un (DCA) se estudió el efecto de incluir FES-Moringa sobre comportamiento productivo características de la canal y peso de vísceras digestivas, fue evaluado utilizando 15 cerdos con peso vivo inicial  $54.2 \pm 2.8$  kg, con tres tratamientos: Concentrado Comercial (CC); CC con 15 y 25% FES-Moringa. No encontrando diferencias entre los tratamientos ( $P>0.05$ ) para las variables peso final, ganancia media diaria, y ganancia de peso total, registrándose diferencias ( $p<0.05$ ) para las variables consumo de alimento y conversión de alimento. Rendimiento en canal, espesor de grasa dorsal y rendimiento en carne, hueso y grasa, fueron similares entre tratamientos. Los pesos de estómago, intestinos grueso y delgado e hígado incrementaron con CC (25% de FES-Moringa). Conclusión: incluir 25% de FFMO aumenta considerablemente el contenido de PB. La inclusión de 25% de FES-Moringa disminuye la utilización de cereales y subproductos, sin afectar el comportamiento productivo, ni las características de la canal. Así mismo a través del análisis financiero con la metodología presupuesto parcial demostró que al incluir un 25% de FES-Moringa en el concentrado comercial se obtuvo una utilidad bruta de US\$ 0.29 por animal.

Palabras clave: *Sacharomyces cerevisiae*, caña de azúcar, grasa dorsal, comportamiento productivo.

## ABSTRACT

Generating knowledge on the use of unconventional protein sources in pig feed, two experiments were carried out. Experiment 1: Solid state fermentation dynamics and bromatological indicators of sugarcane with 0, 10, 15, 20 and 25% fresh *Moringa oleifera* foliage (FFMO) were studied using a completely randomized design (DCA), with Three replicates. There wasn't effect ( $P > 0.05$ ) of inclusion levels of *Moringa oleifera* fresh foliage on pH ( $6.74 \pm 1.11$ ) and fermentation temperature ( $31.8 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3.3$ ). The crude protein (CP) content increased ( $P < 0.05$ ) from 12.3 to 23.01% by increasing the inclusion of FFMO from 0% to 25%. Experiment 2: The effect of including FES-Moringa on productive behavior of carcass traits and digestive viscera weight was studied using 15 pigs with initial live weight of  $54.2 \pm 2.8$  kg with three treatments: Commercial Concentrate (DC); CC with 15 and 25% FES-Moringa. There weren't differences between the treatments ( $P > 0.05$ ) for the variables final weight, average daily gain, and total weight gain, with differences ( $p < 0.05$ ) for the variables food consumption and feed conversion. Carcass yield, backfat thickness and meat, bone and fat yield were similar between treatments. Stomach, large and small intestine and liver weights increased with CC (25% FES-Moringa). Conclusion: Including 25% of FFMO increases the PB content considerably. The inclusion of 25% of FES-Moringa reduces the use of cereals and by-products, without affecting the productive behavior, nor the characteristics of the carcass. Also through the financial analysis with the partial budget methodology showed that including 25% FES-Moringa in the commercial concentrate obtained a gross profit of US \$ 0.29 per animal.

Key words: *Sacharomyces cerevisiae*, sugarcane, dorsal fat, productive behavior.

## I. INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente en Nicaragua, los cereales han sido fuentes de alimento para la población humana y animal, no obstante, en países tropicales como el nuestro no se puede desarrollar una producción animal creciente y sostenible con modelos productivos de países templados basados fundamentalmente en cereales y soya, ya que las cantidades reducidas que se producen crean una competencia entre el consumo animal y el consumo humano, provocando una insostenibilidad de los sistemas.

Según FAO, (2002) afirma que para el año 2030, nuestros países podrían estar produciendo sólo el 86 por ciento de sus propias necesidades, siendo sus importaciones netas del orden de 265 millones de toneladas anuales, lo que representa casi tres veces los niveles actuales.

Teniendo en cuenta, que la alimentación, representa el 80% de los costos totales de producción en una granja porcina, es necesario buscar fuentes alternativas no convencionales de alimentación de buena calidad nutricional, fácil consecución y constante producción durante el año; que puedan ser utilizadas en la dieta de los animales, ya sea como materia prima para la elaboración de concentrados o como suplemento alimenticio, que conlleven a mejorar la producción y productividad de la empresa porcina a bajos costos.

El modelo ganadero en áreas del trópico es en muchos casos frágil e insostenible por su gran dependencia del exterior y no del caudal de recursos locales existentes (Moran *et al.*, 2016). Para una producción sostenible lo ideal sería emplear alimentos obtenidos de subproductos agrícolas, aunque en la mayoría deben ser tratados para incrementar su digestibilidad, lo que aumenta su costo (Villar-Delgado *et al.*, 2011). Por otra parte mediante el uso de recursos locales de alta producción de biomasa, como el follaje de árboles y arbustos forrajeros, puede ser un potencial para mejorar los sistemas de producción animal por su alto rendimiento, entre ellos están la *Saccharum officinarum* y *Moringa oleifera* Lam.

La caña de azúcar es una de las plantas del trópico más eficiente en la captura de la energía solar y su transformación en biomasa, más de 100 t ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, compuesta en su estado de madurez por 71.80% de tallos, 12.58% de cogollos, 8.7% de hoja y otros, así como un 6.9% de mamonos (retoños o renuevos de la cepa) estos porcentajes pueden variar conforme a la variedad, edad, condiciones de clima y otros factores (Chávez, 2008). El cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) constituye una alternativa viable para la ganadería de pequeña y mediana escala bajo condiciones agroclimáticas locales (Perucca y Kurtz, 2016), además en el procesamiento de la misma para la producción de azúcar se obtienen una serie de subproductos (mieles, cachaza, bagazo, etc.) que pueden ser utilizados en la alimentación animal (Fernández *et al.*, 2014)

Por otro lado *Moringa oleifera* Lam es uno de estos árboles forrajeros que crece bien en todo tipo de suelos desde ácidos hasta alcalinos, es tolerante a la sequía y con alta producción de follaje entre 24 y 99 t MS ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup> (Reyes-Sánchez *et al.*, 2006), las hojas frescas contienen entre 17 y 24.6% de PB y 2.73 Mcal de EM/kg MS (Reyes-Sánchez *et al.*, 2006; Mendieta-Araica *et al.*, 2009) es rico en vitaminas A, B y C, calcio, hierro y en dos aminoácidos esenciales (metionina y cistina) generalmente deficientes en otros alimentos (Makkar y Becker, 1996) y

ha sido utilizado en una gran variedad de dietas para distintas especies animales (Reyes-Sánchez et al., 2006; Reyes-Sánchez *et al.*, 2009; Mendieta-Araica *et al.*, 2009; Mendieta-Araica *et al.*, 2010; Mendieta-Araica *et al.*, 2011; Rodríguez-Pérez *et al.*, 2012).

Se han desarrollado tecnologías de enriquecimiento proteico de la caña de azúcar por medio de la Fermentación en Estado Sólido (FES), con las que se obtiene un concentrado rico en proteínas a base de levaduras (Elías *et al.*, 1990).

La FES se desarrolla a partir de la microflora epifítica (levaduras y bacterias) presente en la caña de azúcar, los que se nutren de los azúcares presentes y cuya reproducción y desarrollo se favorece mediante el enriquecimiento del medio de cultivo con los nutrientes requeridos por estos microorganismos y el control que se ejerce sobre el pH y la temperatura de fermentación (Vivas y Carvajal, 2004).

En tal sentido, a través de la fermentación en estado sólido (FES), evaluaremos diferentes niveles de inclusión de follaje fresco de *Moringa oleifera* en la FES de caña de azúcar seleccionando el que presente la mejor composición nutricional y más bajo costo. Luego evaluaremos el comportamiento productivo, características de la canal y morfometría de órganos digestivos de cerdos en etapa de finalización alimentados con diferentes niveles de inclusión del alimento experimental en la dieta.

## II. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

- Valorar desde una perspectiva holística la inclusión de fuentes proteicas alternativas no convencionales en la dieta de cerdos de engorde orientada a reducir el consumo de granos de cereales que compiten con la alimentación humana y potenciar la utilización de recursos locales de manera sostenible.

### 2.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de diferentes niveles de inclusión de follaje fresco de *Moringa oleifera* como aditivo en el proceso de fermentación en estado sólido de la caña de azúcar sobre la dinámica fermentativa (temperatura ambiente y de fermentación y pH) e indicadores bromatológicos (proteína bruta y fibra detergente neutro)
- Evaluar el efecto de diferentes niveles de FES-*Moringa*, en la alimentación de cerdos en engorde, sobre el comportamiento productivo (Peso vivo, consumo, ganancia de peso, conversión alimenticia), características de la canal (peso canal caliente, rendimiento de la canal, espesor de la grasa dorsal), y morfometría de las vísceras digestivas (Estómago, hígado, intestino delgado, intestino grueso).
- Analizar financieramente los tratamientos utilizados en el engorde de cerdos, haciendo uso de la metodología de presupuestos parciales.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios se realizaron 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% (INETER, 2015).

#### 3.1. Experimento 1.

##### **Dinámica de fermentación e indicadores bromatológicos de caña de azúcar con inclusión de follaje fresco *Moringa oleífera*.**

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con 5 tratamientos y 3 repeticiones. Los tratamientos en estudio fueron:

**T1:** Saccharina rustica 94.25% caña de azúcar (CA) + 3% melaza (MEL) + 2.25% NNP (urea + sulfato de amonio) + 0.5% sal minero-vitamínica (SMV)

**T2:** 79.25% caña de azúcar (CA) + 10% forraje fresco *Moringa oleífera* (FFMO) + 8% pulidura de arroz y melaza (PUMEL) + 2.25% de nitrógeno no proteico (NNP) + 0.5% de sal minero-vitamínica (SMV)

**T3:** 74.25% CA + 15% FFMO + 8% PUMEL + 2.25% NNP + 0.5% SMV

**T4:** 69.25% CA + 20% FFMO + 8% PUMEL + 2.25% NNP + 0.5% SMV

**T5:** 64.25% CA + 25% FFMO + 8% PUMEL + 2.25% NNP + 0.5% SMV

Para la obtención de la FES con inclusión de *Moringa oleífera* (FES-*Moringa*) fueron preparados tallos limpios de caña de azúcar (sin hojas secas y verdes ni cogollos) de una variedad comercial no identificada, con doce meses de rebrote. Los tallos se cosecharon con machete y se picaron usando una picadora mecánica para obtener un tamaño de partículas de 2 mm. Para cada tratamiento se tomó una porción de caña de azúcar de 30 kg, se mezcló con dos fuentes de NNP (urea y sulfato de amonio) además sal minero-vitamínica, pulidura de arroz más melaza diluida en agua, luego se mezcló homogéneamente, con la ayuda de una horqueta para pasto con el follaje fresco de *Moringa oleífera* y posteriormente se distribuyó de manera uniforme sobre una superficie lisa de cemento, dividido en tres repeticiones de 10 kg cada una con un espesor de capa de 10 centímetros.

El follaje fresco de *Moringa oleífera* utilizado se obtuvo de un área establecida en el año 2013, como cultivo puro con una densidad de 166,000 plantas por hectárea, manejadas agrónomicamente, sin fertilización, sin herbicida y sin riego, ubicada en la finca Santa Rosa de la Facultad de Ciencia Animal (FACA). Antes de iniciar el experimento se realizó un corte de uniformidad, para garantizar la disponibilidad de rebrotes de 45 d. El follaje se cortó con machete a una altura de 45 cm del suelo, se seleccionaron las hojas, pecíolos y tallos con diámetro menor a 5 mm, luego se fragmento en pedazos de aproximadamente 2 mm de longitud, usando una picadora mecánica estacionaria.

El proceso de fermentación en estado sólido tuvo una duración de 36 h. A las 4 h de iniciado el proceso de fermentación se removió cada mezcla para favorecer el proceso de FES. Cada 4 h se registró temperatura ambiente y humedad relativa con un termómetro ambiental y un

higrómetro chaney (ACUARITE®), la temperatura de fermentación y el pH de cada repetición por tratamiento se midió cada 4 h, utilizando un pH/temperature meter, model pH55/ph56 pocket size con electrodo reemplazable, marca pH Martini Instruments by Milwaukee Instruments, Inc.

Al inicio y al final del proceso de FES, se recolectaron muestras aleatorias de cada repetición por tratamiento con un peso fresco de 200 g para determinar el contenido de humedad del sustrato. Al finalizar la fermentación, el material de cada repetición por tratamiento se dispersó, en capas delgadas de 2 cm de alto, para secarlo al sol sobre una superficie de cemento y se revolvió cada dos horas. Una vez seco, se tomaron muestras aleatorias de 100 g de cada repetición por tratamiento.

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para las variables en estudio empleando un modelo de diseño completamente al azar (DCA), con 5 tratamientos y 3 observaciones cada uno, para conocer el sobre las variables estudiadas usando el Modelo Lineal General (GLM) por el procedimiento del Minitab Statistical Software Versión 17.1.0 (2013). Posteriormente las comparaciones de medias se realizaron por el procedimiento de Tukey cuando las diferencias entre las medias fueron significativas ( $P < 0.05$ ). El modelo aditivo lineal fue:

**Modelo aditivo lineal (MAL) usado fue:**

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

**Donde:**

$Y_{ij}$ : representa la j-esima observaciones del í-esimo tratamiento.

$\mu$ : representa la media de los tratamientos

$T_i$ : efecto del í-esimo tratamiento. (% de inclusión de follaje fresco de *Moringa oleífera*) sobre las variables estudiadas

$E_{ij}$ : representa el error aleatorio.del i-esimo tratamiesto y la j-esima replica

**3.1.1 Variables de fermentación**

Estas se analizaron a través de estadística descriptiva (media y desviación estándar).

**3.1.2 Humedad del sustrato**

Se tomaron muestras al inicio del proceso y al final con el fin de conocer el comportamiento de la humedad durante el proceso de fermentación. Para la determinación de esto se llevaron al horno para el secado de la muestra y así por diferencia obtener el cálculo de humedad.

**3.1.3 Temperatura y pH de fermentación**

Se tomó lectura de temperatura y pH de fermentación cada cuatro horas en cada tratamiento y cada repetición utilizando un termometro-pHmetro, modelo pH55/ph56 pocket size con electrodo reemplazable, marca pH Martini Instruments by Milwaukee Instruments, Inc. Para una correcta lectura se introdujo el electrodo a una profundidad de 5 cm dentro del sustrato.

### 3.1.4 Temperatura ambiental (°C)

Se determinó a través de un termómetro-higrómetro "Chaney" (AQUARITE®), que se colocó en el área de la galera experimental donde estaban ubicados los tratamientos a una altura de 5 cm sobre el nivel del suelo.

### 3.1.5 Composición química

Para la determinación del contenido de MS fue utilizado el procedimiento de la AOAC (1990). La concentración de nitrógeno total fue determinada utilizando el método de Kjeldahl (AOAC, 1990) y la concentración de Proteína Bruta fue calculada mediante la siguiente fórmula:

$$\text{PB} = \% \text{ de nitrógeno total} * 6.25.$$

El contenido de Fibra Neutro Detergente se analizó según lo descrito por Van Soest *et al.*, (1991) utilizando sulfito de sodio.

## 3.2 Experimento 2.

### Comportamiento productivo, características de la canal y morfometría del tracto gastrointestinal de cerdos alimentados con FES-*Moringa*

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con 3 tratamientos y 5 repeticiones por tratamiento. Los tratamientos en estudio fueron:

**T1:** Concentrado comercial (CC)

**T2:** CC con 15% de inclusión de FES-*Moringa*

**T3:** CC con 25% de inclusión de FES-*Moringa*

Se utilizaron 15 cerdos con un peso vivo inicial de  $54.2 \pm 2.8$  kg. Los cerdos fueron alojados durante sesenta días en corrales de 15 m<sup>2</sup>, piso de concreto y equipados con comederos y bebederos.

En el cuadro 1 se muestran las dietas experimentales que se utilizaron en el ensayo, con sus respectivos ingredientes y contenidos calculados de Proteína Bruta, Energía Metabolizable y Fibra Bruta. La formulación de las raciones experimentales se realizó de acuerdo a los requerimientos sugeridos por National Research Council, (1998) para cerdos en finalización.

**Tabla 1. Tratamientos experimentales utilizados en engorde de cerdos**

<b>Ingredientes</b>	<b>CC</b>	<b>CC con 15% FES-Moringa</b>	<b>CC con 25% FES-Moringa</b>
<b>FES-Moringa</b>	<b>0.00</b>	<b>15.00</b>	<b>25.00</b>
Sorgo	40.00	40.00	39.00
Semolina	29.20	18.20	11.00
Melaza de caña	4.00	5.00	5.00
Harina de soya	14.00	14.00	11.60
Tankaje	6.00	5.00	6.00
Cascarilla soya molida	0.40	0.40	0.00
Cascarilla de maní	4.00	0.00	0.00
CaCO <sub>3</sub> fino	0.64	0.64	0.64
Sal común	0.50	0.50	0.50
Salmex	0.23	0.23	0.23
Termitox	0.25	0.25	0.25
Biolys	0.42	0.42	0.42
Premix cerdos	0.27	0.27	0.27
Óxido de zinc	0.06	0.06	0.06
Metionina	0.03	0.03	0.03
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>
<b>PB (%)</b>	<b>15.79</b>	<b>16.08</b>	<b>16.27</b>
<b>ED (Mcal)</b>	<b>3230</b>	<b>3100</b>	<b>3050</b>
<b>FB (%)</b>	<b>5.28</b>	<b>8.23</b>	<b>11.20</b>

Los animales se alimentaron todos los días a la 8:00 am. Durante el estudio, los cerdos tuvieron acceso ad libitum a alimento y agua. La cantidad de alimento ofrecida a los cerdos se ajustó diariamente de acuerdo a lo rechazado el día anterior, para garantizar que los animales tengan siempre alimento a libre disponibilidad.

El pesaje de los cerdos se realizó en una báscula electrónica con capacidad de 1600 kg y precisión de 0.1 kg. El primer pesaje se realizó al inicio de la prueba y subsecuentemente cada 14 d hasta completar los 60 d de evaluación. Se realizaron anotaciones de alimento ofrecido y rechazado durante el periodo experimental para luego calcular el alimento consumido.

El sacrificio de los animales se realizó en la Facultad de Ciencia Animal. A los cerdos se les retiro el alimento 16 horas antes del sacrificio. Los cerdos fueron sacrificados por aturdimiento y sangrado.

La canal eviscerada, sin la cabeza ni las extremidades, se pesó inmediatamente después del sacrificio. Se midió el espesor de la grasa dorsal con un vernier sobre la línea media a lo largo de la región dorsal y lumbar, en tres ubicaciones: opuesto a la primera costilla, a la última costilla y a la última vértebra lumbar. Luego se realizó el despiece de la canal para obtener el peso de los cortes magros sin piel y grasa (peso de la carne), peso de piel y lonjas y el peso de

los huesos. Con estos datos se estimó el peso de la canal caliente, rendimiento de la canal, proporción de cortes magros, proporción de cortes grasos.

Por otra parte, el contenido de grasa intramuscular se estimó por el método de extracto etéreo (mg de grasa/100 g de músculo en fresco), muestra de aproximadamente 200 g y el color de la carne se determinó utilizando los estándares sugeridos por National Pork Producer Council, (1999) con las siguientes calificaciones: 1) carne pálida blanca, 2) rosa gris, 3) roja deseable, 4) roja oscura, 5) púrpura, 6) púrpura oscura.

Posteriormente, las diferentes secciones que componen el tubo digestivo se vaciaron y limpiaron de todo contenido de alimento, se pesaron individualmente en una balanza con capacidad de 10 kilogramos  $\pm 1$  g de precisión y se midieron con una cinta métrica flexible de 30 m  $\pm 1$  cm de precisión.

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para las variables en estudio empleando un modelo de diseño completamente al azar (DCA), con 3 tratamientos y 5 repeticiones, usando el Modelo Lineal General (GLM) del Minitab Statistical Software Versión 17.1.0 (2013). Posteriormente las comparaciones de medias se realizaron por el procedimiento de Tukey cuando las diferencias entre las medias fueron significativas ( $P < 0.05$ ). El modelo aditivo lineal fue:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

**$Y_{ij}$** : j-esima observación del i-esimo tratamiento

**$\mu$** : es la media general de cada tratamiento

**$T_i$** : es el efecto del i-esimo tratamiento Concentrado comercial (CC), con 15% de inclusión de FES-*Moringa* y CC con 25% de inclusión de FES-*Moringa* sobre las variables estudiadas.

**$\epsilon_{ij}$** : error experimental del i-esimo tratamiento y j-esima replica.

Para las variables relacionadas a las características de la canal y morfometría de las vísceras digestivas, se sacrificó un cerdo por tratamiento por lo se obtuvieron en una medición única

Para las variables productivas se estimaron a través de las siguientes formulas:

- $\text{Peso Final} = \text{Peso inicial (kg)} + \text{Incremento en peso (kg)}$
- $\text{Ganancia media diaria (g)} = \text{Incremento en peso (kg)} / \text{período (días)} / 1000$
- $\text{Conversión de alimento (kg)} = \text{alimento consumido (kg)} / \text{incremento de peso (kg)}$
- $\text{Consumo de alimento (kg)} = \text{alimento ofertado (kg)} - \text{alimento rechazado (kg)}$
- $\text{Ganancia de peso (kg)} = \text{peso final (kg)} - \text{peso inicial (kg)}$

### 3.3 Análisis financiero

Con la finalidad de comparar los costos por tratamiento, así como determinar el beneficio económico que habrá al sustituir uno de los tratamientos por otro, se realizará un análisis de presupuestos parciales con la metodología sugerida por (Pérez, 1993).

Los presupuestos parciales para cada tratamiento se basaron en los costos debidos al alimento. En general se considerarán cuatro partidas básicas que se clasifican 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 produce utilidades, consecuentemente, si este fuera negativo o muy pequeño el cambio no se justifica.

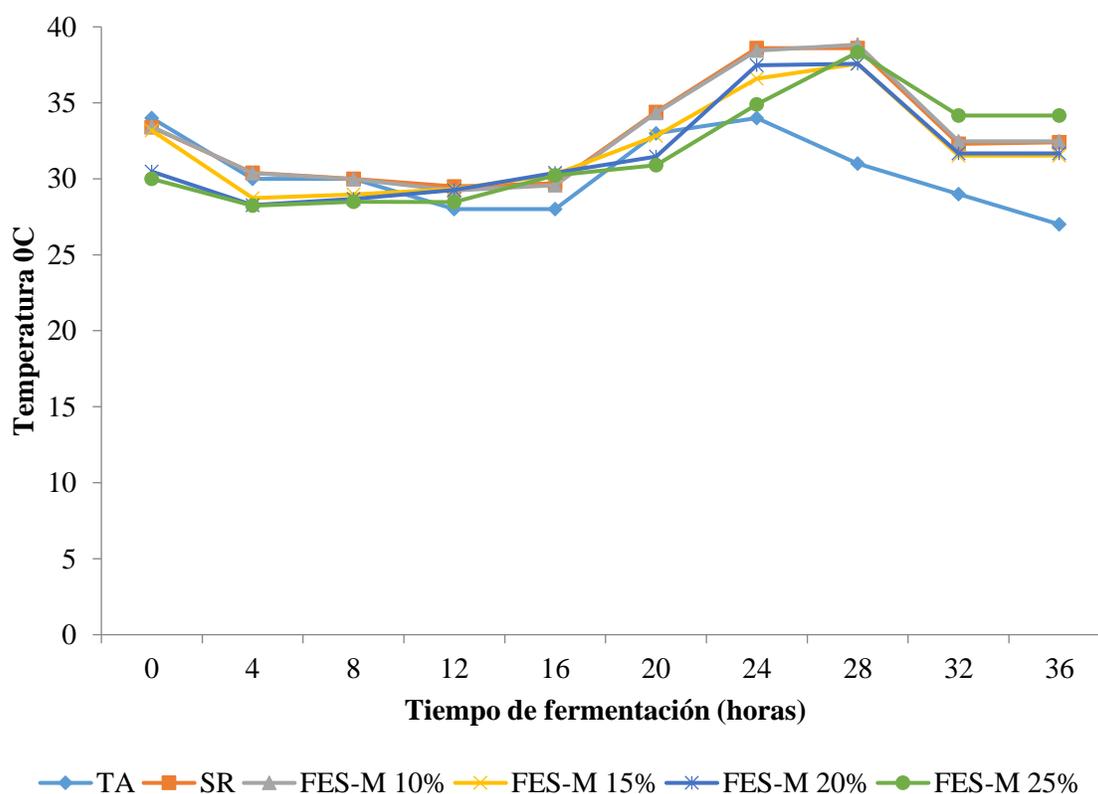
## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Resultados del primer experimento

Indicadores de FES y bromatológicos de caña de azúcar con inclusión de follaje fresco *Moringa oleífera*.

#### 4.1.1 Temperatura ambiente y temperatura de fermentación

Como se muestra en la Figura 1, la temperatura ambiente promedio durante las 36 horas que dura el proceso de FES fue de  $30.4 \pm 0.81$  °C, mientras que la temperatura promedio de fermentación para los tratamientos en estudio fueron  $32.8 \pm .60$  °C, para saccharina rustica (SR)  $32.68 \pm 0.63$  °C,  $31.92 \pm 0.56$  °C,  $31.43 \pm 0.61$  °C y  $31.67 \pm 0.66$  °C para FES con 10, 15, 20 y 25% de inclusión de follaje de *Moringa oleífera*.



**Figura 1.** Comportamiento de la temperatura de fermentación

Estos resultados indican que durante el proceso de FES hay una tendencia natural a que se mantenga la temperatura interna de fermentación del producto con una estabilidad relativa, con relación a la temperatura ambiente, lo cual es coincidente con lo expresado por Ruíz *et al.*, (2002); así mismo Rodríguez *et al.*, (2009) exponen que, en los procesos de FES, la temperatura de fermentación interna suele mantenerse constante a pesar de los cambios de temperatura ambiental.

Becerra, (2006) afirma que el rango óptimo para el crecimiento de levaduras es de 30 °C, aunque en la fermentación de caña de azúcar se reportan como temperaturas adecuadas de fermentación para el crecimiento de levaduras las que se ubican entre 30 a 33 °C (Lezcano y Elías, 1992).

Por otro lado, Castillo, (2013), manifiesta que la temperatura de fermentación óptima depende de los microorganismos que se desea desarrollar en el proceso, pero generalmente el óptimo se ubica entre 20 °C a 40°C, aunque se puede llegar a marcar hasta un máximo de 50 °C, no obstante, a esta temperatura se corre el riesgo de que los microorganismos se vuelvan lentos e ineficientes, por lo que es la mejor opción es mantener una temperatura de fermentación promedio cercana a 32 °C. En este sentido, es importante destacar que las temperaturas de fermentación obtenidas en el presente estudio en los diferentes tratamientos se ubican en el rango óptimo reportado por los autores anteriormente mencionados.

En la Figura 1 puede observarse que entre las 24 y las 32 horas de fermentación hay un incremento de la temperatura interna del sustrato en todos los tratamientos con relación a la temperatura ambiente. Esto puede ser explicado, por lo manifestado por Berradre, (2009) quien menciona que el calor acumulado en el sustrato fermentado provoca un incremento de la temperatura de fermentación y que es el resultado de la actividad metabólica de los microorganismos en un proceso aeróbico, determinado por el calor involucrado en las reacciones bioquímicas que se llevan a cabo, que además puede ser afectada por la conductividad del material biológico fermentado.

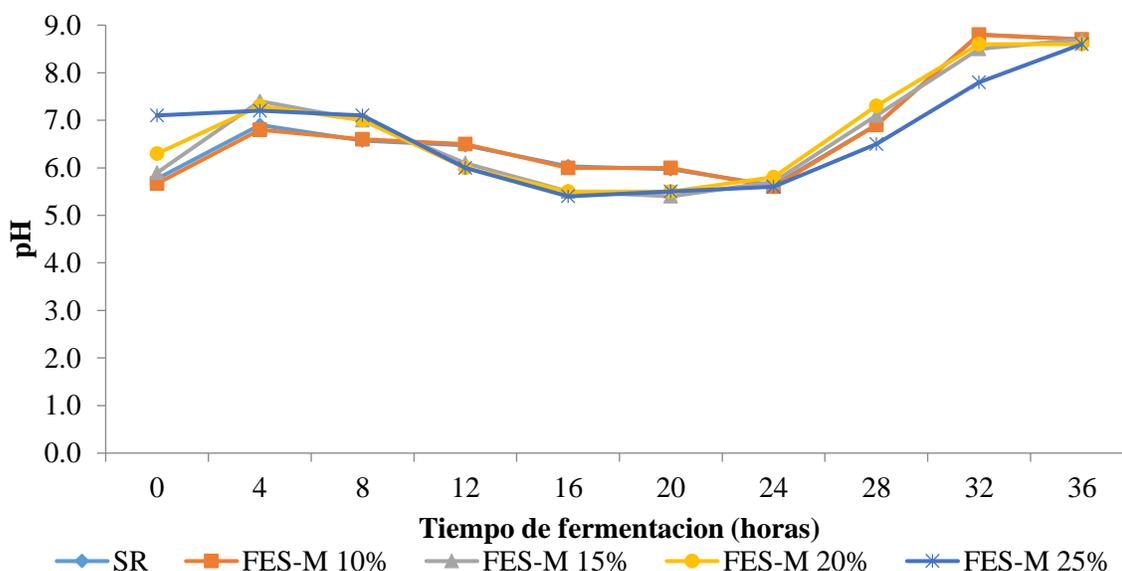
Berradre, (2009) en su investigación de FES de productos de la industria vinícola encontró incremento de la temperatura inicial entre 23 y 27 °C hasta valores de 37.6 - 52 °C para luego descender a valores entre 25 y 35 °C. Es frecuente que como consecuencia de la actividad metabólica de los microorganismos, se produzca una elevación en la temperatura de fermentación, especialmente en las zonas internas del sustrato, este incremento térmico afecta directamente el crecimiento, germinación de las esporas y/o formación de producto (Pastrana, 1996), la mejor opción es mantener una temperatura de fermentación promedio cercana a 32 °C.

Para Sosa *et al.*, (2012), la altura de cama para lograr un buen proceso fermentativo, es uno de los factores más importantes que se deben controlar, pues a medida que el grosor de la cama de sólidos es mayor, se encontrarán temperaturas más elevadas, debido, fundamentalmente, a la alta capacidad de aislamiento térmico del sustrato, que impide la disipación del calor metabólico generado durante la fermentación. En este estudio la cama fue de 10 cm aproximadamente por lo que no tuvo ningún efecto sobre la temperatura de fermentación pues esta se mantuvo por debajo de los 40 °C, coincidiendo con Rodríguez *et al.*, (2006) en FES rústica de la caña de azúcar con boniato (*Ipomea batata* Lam), para 10 y 15 cm de altura de la cama de sólidos demostrando que, para 10 cm, la temperatura se mantuvo por debajo de 40°C, valor en el cual se encuentra el óptimo de gran parte de los microorganismos ambientales.

### 4.1.2 pH de fermentacion

El pH es otro de los factores importantes en los proceso de fermentación, cada microorganismo posee un rango de pH para su crecimiento y actividad con un valor óptimo dentro del rango. Normalmente hongos tienen un mejor crecimiento en sustratos con un rango de pH de 3.5 - 6, las levaduras entre 4.5 - 7 y y las bacterias un poco más arriba que las levaduras sin que esto pueda ser tomado como una regla (Caraveo, 2008).

En la Figura 2 podemos observar que el pH del proceso de FES con inclusion de *Moringa oleifera* durante las 36 horas se mantuvo en un rango entre 5.5 y 8.8 con un pH promedio de  $6.7 \pm 0.22$ , para saccharina rustica (SR),  $6.8 \pm 0.2$ ,  $6.74 \pm 0.21$ ,  $6.79 \pm 0.21$  y  $6.67 \pm 0.19$  para FES con 10, 15, 20 y 25% de inclusión de follaje de *Moringa oleifera*, respectivamente.



**Figura 2.** Comportamiento del pH de fermentación.

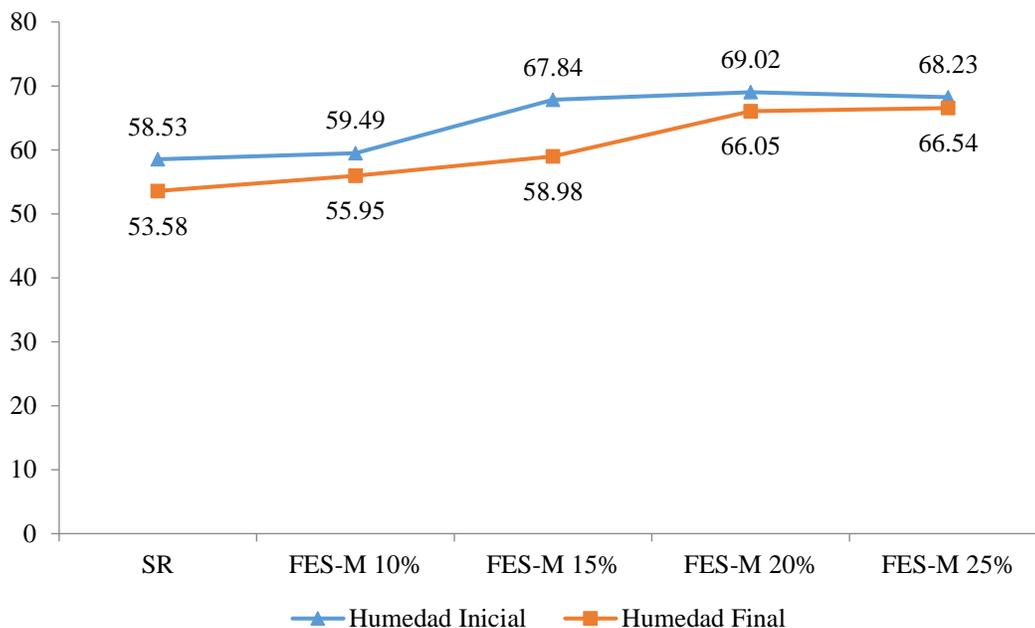
Es importante destacar que posterior a las 24 h todos los tratamientos (Figura 2) mostraron un incremento del pH alcanzando valores entre 6.5 y 8.8, esto se explica por la liberación de amonio debido a la desaminación de la urea u otras aminos que puede incrementar el pH, la magnitud del cambio del pH, dependerá de la actividad metabólica de los microorganismos y de la capacidad amortiguadora del sustrato (Caraveo, 2008).

El comportamiento del pH en el proceso de FES de los tratamientos en estudio sufre una disminución en las primeras horas de fermentación debido a la producción de ácidos orgánicos, y su posterior incremento se explica por pérdidas de ácidos orgánicos y liberación de amoniaco por efecto de la descomposición microbiana de bacterias que hidrolizan la urea y liberan  $\text{NH}_3$  al medio (Berradre, 2009; Salgado *et al.*, 2012).

### 4.1.3 Humedad del sustrato

La importancia del agua en el sistema es debido al hecho que la mayoría de las células viables se caracterizan por su contenido de humedad que va del 70 al 80 %. En el caso de bacterias la humedad en el material deberá tener más del 70%. Para las levaduras el rango puede ser más amplio entre 60 y 70%, y para los hongos, un rango aún más amplio de 20 al 70% (Becerra, 2006).

Como se aprecia en la figura 3, el contenido de humedad durante las 36 h del proceso de fermentación estuvo entre 53.58 y 68.23%, encontrándose entre los rangos recomendados y encontrados por Rodríguez, (2009), quien considera que la humedad óptima para la FES es de un 68%, Salgado *et al.*, (2012) 63.73 – 63.3 %, Moyano, (2014) por su parte recomienda 30 y el 75% para proporcionar un medio de cultivo ideal para el desarrollo de la levadura *Saccharomyces cereviceae*.



**Figura 3.** Comportamiento de la humedad al inicio y al final del periodo de fermentación.

Moyano, (2014) plantea que durante el curso de la fermentación ocurre reducción del nivel de humedad del sustrato debido tanto a pérdidas por evaporación, como a la propia actividad metabólica de los microorganismos, esto permite explicar la leve reducción de humedad del sustrato en el producto final después de 36 h de fermentación ocurrido en el presente estudio.

#### 4.1.4 Contenido de Proteína Bruta (PB), Fibra Detergente Neutro (FDN)

A través de FES con inclusión de 25% de Follaje fresco de *Moringa oleifera* (FFMO) permitió incrementar el contenido proteína bruta de la caña de azúcar con 2.2% PB a 23.02% de PB en el producto final obtenido. (Tabla 2).

Para la variable proteína bruta no se encontró diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos con inclusión de *Moringa oleifera* 15, 20 y 25% pero si se encontró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) con respecto al tratamiento con 10% de inclusión de *Moringa oleifera* y diferencias altamente significativa ( $p < 0.01$ ) con respecto a la sacarina rustica (Tabla 2).

Otero, (1999) coinciden en la proporción de proteína que presenta las levaduras, aunque difieren en el rango de valores, quienes afirman informó que contienen 15% - 60% de proteínas, estas proteínas están localizadas en su mayoría en el citoplasma celular y otra porción está integrada a los ribosomas, núcleo, membrana y pared celular (Otero, 1999). De tal manera que el incremento de los niveles de proteína en la FES-Moringa se debió al incremento de la microflora epifítica de la caña de azúcar al proporcionarle las condiciones ideales para su desarrollo.

Los resultados encontrados con FES-Moringa al 15, 20 y 25% de inclusión de FFMO son superiores a los encontrados por Herrera, (2007) y Torres, (2013) que reportan valores para sacarina rustica y mejorada entre 10.1 y 18.66% de PB, es importante destacar que las diferencias se deben a que los autores anteriormente mencionados en el proceso de FES utilizan solo tallos limpios de la caña de azúcar con urea y sales minero-vitamínicas, además de un corto proceso de fermentación.

Ramos *et al.*, (2007) en estudios realizados en FES de caña de azúcar con adición de pulidura de arroz (sacchapulido), maíz molido (sacchamaíz) y sorgo molido (sacchasorgo) encontraron valores de proteína bruta (PB) entre 18.13 a 19.70 %, similares a los obtenidos en este trabajo con FES-Moringa con 10% de inclusión de FFMO, pero inferiores a los valores de FES-Moringa con niveles de inclusión de 15, 20 y 25%.

Salgado *et al.*, (2012) en estudios de fermentación en estado sólido de caña de azúcar y con inclusión de diferentes niveles de zeolitas a las 24 h de fermentación, encontró un incremento en el contenido de PC de 16 y 21% con respecto a la hora de iniciado el proceso. Sin embargo, a las 48 h, el contenido de PC disminuyó en los tratamientos estudiados, lo cual se lo atribuye a la volatilización del NNP de la urea en forma de amoniaco.

Por el contrario, en este experimento siempre hubo nitrógeno disponible a través del nitrógeno orgánico aportado por el follaje fresco de *Moringa oleifera*, lo cual le pudo haber permitido a los microorganismos una mejor asimilación del nitrógeno. Esto demuestra la importancia de la adición de una fuente de nitrógeno orgánico, aportado por el follaje fresco de *Moringa oleifera*, para la síntesis de proteína microbiana en procesos de FES.

En cuanto a la fibra detergente neutro (FDN) no se registraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en los tratamientos con inclusión de follaje fresco de *Moringa oleifera* al 10, 15, 20 y 25% pero si se compara con el contenido de fibra de la caña de azúcar se observa que existe una marcada diferencia a través de una reducción de FDN en el proceso de FES con inclusión

de *Moringa oleifera* debido a un efecto de disgregación de la caña de azúcar, al agregar la pulidura de arroz, la melaza y el FFMO.

En este estudio la caña de azúcar, pulidura y melaza sirven como fuente de carbono para la reproducción y crecimiento de los microorganismos. La fuente de carbono representa la fuente de energía que estará disponible para el crecimiento microbiano. Este pudiera ser un simple monosacárido como la glucosa o un polímero complejo como la celulosa o el almidón.

Estos resultados están en el rango de valores para FDN reportados por Ramos *et al.*, (2007) y Torres (2013) de 31.42- 55.2% para sachamaiz, sachasorgo, sachacitrico y sachapulido, respectivamente.

**Tabla 2.** Análisis químico de los tratamientos para PB y FDN

Tratamientos	Contenido	
	PB (%)	FDN (%)
Caña de Azúcar	2.2	66.94
Saccharina rustica	12.3 <sup>c</sup>	46.5 <sup>a</sup>
FES-M 10%	17.80 <sup>b</sup>	47.31 <sup>a</sup>
FES-M 15%	22.01 <sup>a</sup>	43.26 <sup>a</sup>
FES-M 20%	22.12 <sup>a</sup>	44.42 <sup>a</sup>
FES-M 25%	23.02 <sup>a</sup>	45.13 <sup>a</sup>

<sup>abc</sup>  
\* Medias con distinta literal entre columnas representan diferencias significativas ( $p < 0.05\%$ ) por prueba de Tukey.

Las fuentes de nitrógeno utilizadas fueron urea y sulfato de amonio (como fuente de nitrógeno inorgánico) y follaje fresco de *Moringa oleifera* (como fuente de nitrógeno orgánico). El nitrógeno es el elemento crucial que determina el crecimiento microbiano. Es importante el suministro de fuentes orgánicas e inorgánicas de nitrógeno debido a que todas las levaduras pueden utilizar el ion amonio para la síntesis de proteína, pero otras pueden absorber aminoácidos intactos en el medio y algunas tienen la capacidad de desaminar aminoácidos individuales (Valiño *et al.*, 1992).

Por otro lado, durante la FES es común que se produzcan cantidades considerables de ácido acético y láctico por bacterias que pueden favorecer en ciertas circunstancias la retención de nitrógeno y así facilitar su utilización en el sistema para el crecimiento de levaduras y bacterias (Brea-Maure, 2015).

Además, el azufre, aportado por el sulfato de amonio, es un macromineral esencial en la formación de compuestos sulfurados en las células como metionina, cistina, homocisteína, cistationina, taurina y ácido cistéico, que podrían ser limitantes si el azufre no es disponible o insuficiente (Becerra, 2006).

Finalmente, las sales minero-vitamínicas utilizadas garantizan el suministro adecuado de elementos como el fósforo, azufre, otros minerales trazas y vitaminas que son importantes como parte de la célula, y su metabolismo.

**Tabla 3. Costos de producción de un kg de FES-*Moringa* cada tratamiento en estudio**

Ingredientes	Costos de los tratamientos por kg				
	SR	SM 10%	SM 15%	SM 20%	SM 25%
<b>Caña de azúcar</b>	7.31	6.52	6.09	5.68	5.27
<b>Follaje fresco de Moringa</b>		0.82	1.23	1.64	2.05
<b>Pulidura de arroz</b>		14.07	14.07	14.07	14.07
<b>Melaza</b>	11.40	11.40	11.40	11.40	11.40
<b>Urea</b>	8.55	8.55	8.55	8.55	8.55
<b>Sulfato de amonio</b>	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85
<b>Sal mineral-vitamínica</b>	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60
<b>Costo Total US\$ t<sup>-1</sup></b>	<b>39.13</b>	<b>52.81</b>	<b>52.79</b>	<b>52.79</b>	<b>52.79</b>
<b>Costo Total US\$ / kg húmedo</b>	<b>0.039</b>	<b>0.052</b>	<b>0.052</b>	<b>0.052</b>	<b>0.052</b>
<b>Rendimiento en seco kg t<sup>-1</sup></b>	<b>390</b>	<b>395</b>	<b>396</b>	<b>397</b>	<b>398</b>
<b>Costo Total US\$ / kg seco</b>	<b>0.100</b>	<b>0.134</b>	<b>0.133</b>	<b>0.133</b>	<b>0.132</b>
<b>Costo US\$ / kg maíz con 9.2%PB</b>			<b>0.28</b>		

El rendimiento en seco de FES-*Moringa* con inclusión de 25% de *Moringa oleifera* en forma de harina fue de 39.8%, por lo que un kg seco de FES-*Moringa* tiene un costo de US\$ 0.132, siendo el que obtuvo el costo más bajo de los tratamientos en estudio y el más alto contenido de proteína de 23.02%, por lo otra parte si comparamos con el costo de un kg de maíz el cual es de US\$ 0.28 y contiene escasamente 9.2 % de proteína, entonces resulta ser más rentable producir proteína bajo el proceso de FES-*moringa*, que obtenerla del grano de maíz y al mismo tiempo generamos menos competencia con la alimentación humana de desde el punto de vista sostenible.

Tomando en cuenta que este tratamiento fue el que obtuvo un costo de producción menor por kg y más alto contenido de proteína se procedió a utilizarlo bajo dos niveles de inclusión 15 y 25% en concentrado comercial para cerdos de engorde.

## **4.2 Resultados del segundo experimento**

### **Comportamiento productivo de cerdos alimentados con diferentes niveles de inclusión de FES-*Moringa***

#### **4.2.1 Peso final**

En la tabla 4 se muestran los pesos finales de los tratamientos donde no hubo diferencias significativas ( $p>0.05$ ) entre los tratamientos con respecto al peso final alcanzado el cual fue de T1: 92.20 kg, T2: 85.92 kg y T3: 83.72 kg respectivamente. Este peso final alcanzado nos indica que los tres tratamientos se comportaron estadísticamente iguales llegando a su peso al sacrificio al mismo tiempo.

Así pues los tratamientos que tenían inclusión de FES-*moringa* obtuvieron entre 6,28 a 8.48 kg menos que el tratamiento testigo, sin embargo se encuentran entre los pesos recomendados al sacrificio, ya que se ha comprobado que los cerdos a medida que alcanzan mayor peso ( $\geq 90$  kg), tienden a ser menos eficiente en la utilización del alimento y el comportamiento de corte magros disminuye, por lo que es preciso encontrar una forma económica de acortar la vida productiva de los cerdos logrando aumento en la cantidad de carne que pueda producir tomando en cuenta la genética y el sistema de manejo.

Por otra parte, a pesar de que el peso final del tratamiento 1 es mayor, y más eficiente demuestra que al usar una ración donde se aprovechen los recursos de la zona, se puede obtener un peso al sacrificio igual a la obtenida con el concentrado comercial y a menor costo.

#### **4.2.1 Ganancia media diaria**

En cuanto a la ganancia media diaria obtenida (tabla 4) esta fue de 590.8 g para el T1, 513.6 g para el T2 y 502.0 g para el T3, no encontrando diferencias significativas ( $p>0.05$ ) entre los tratamientos. Estas ganancias son aceptables debido a que un cerdo debe ganar de 500 g a 600 g diarios en la etapa de desarrollo y engorde (Acosta *et al.*, 2016).

No obstante, aunque no hubo diferencias significativas en la ganancia media diaria se observó que a medida que se incrementaron los niveles de inclusión de FES-*Moringa* en la dieta, causo una reducción de la ganancia media diaria debido al incremento del contenido de fibra, la cual influye sobre la digestibilidad de algunos nutrientes principalmente cuando estos animales son jóvenes.

Sin embargo, esta ganancia media diaria en 60 d es satisfactoria para este tipo de crianza, si se tiene en cuenta que una parte de los ingredientes empleados en el alimento no son importados y de un costo inferior a la soya y el maíz.

Por su parte Leiva y López, (2012) utilizando desperdicios de cítricos con un contenido de fibra bruta del 8.01% en la etapa de ceba encontró una ganancia media diaria de 510 g, los cuales son similares a los encontrado en este estudio.

#### **4.2.2 Ganancia de peso total**

Durante este estudio se obtuvieron las siguientes ganancias de peso T1: 35.46 kg, T2: 31.64 kg y T3: 30.12 kg, no se registraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos (Tabla 4).

Sin embargo, son aceptables tomando en cuenta otros estudios en etapa de engorde, con alternativas no convencionales de alimentación como es el ensilaje de plátano verde y maduro en el que se encontraron ganancias de peso de 29.8 kg y 27.6 kg respectivamente (Ángeles *et al.*, 1997).

A pesar que no hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos se logró observar que los tratamientos con inclusión de FES- *moringa* y que consumieron dietas altas en fibra tuvieron un menor peso al finalizar el ensayo, estos resultados se fundamentan con lo expuesto por Savón, (2008) quien afirma que la fibra en exceso de 7 a 10% de la dieta para el crecimiento de cerdos tiene un efecto inhibitorio sobre este.

#### **4.2.3 Consumo de alimento**

En estos resultados (Tabla 4), se encontró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos T1: 1.81 kg, y T2: 1.80 kg, T3: 1.73 kg. La reducción en el consumo de alimento para el tratamiento 3, podría estar asociada al incremento en el nivel de fibra, conforme se incrementó la inclusión de FES-*Moringa* en la dieta, esto se debe a las propiedades físicas químicas de la fibra insoluble especialmente las que producen efecto de sensación de saciedad y retención de agua las cuales causan los alimentos ricos en fibra afectando de esta forma el consumo voluntario de los cerdos (Savón, 2008).

Los resultados de este estudio coinciden con estudios realizados por Hurtado *et al.*, (2011) en cerdos de engorde, donde el maíz fue sustituido en la dieta en un 100%, por harina de arroz integral llegando a presentar un contenido de 7.06% de fibra bruta, reduciendo de esta forma el consumo de 1.676 kg a 1.529 kg y por ende el aprovechamiento de los nutrientes como también disminuyendo la ganancia media diaria.

#### **4.2.5 Conversión de alimento**

En estos resultados de la tabla 4 muestran que se encontró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) con respecto a la conversión de alimento entre los tratamientos T1: 3.06 kg, T2: 3.51 kg, y T3: 3.45 kg. Tomando estos valores de conversión alimenticia se puede decir que los animales del tratamiento 1 transformaron un kg de peso vivo, necesitando menos kilogramos de alimento que el tratamiento 2 y el tratamiento 3.

La conversión de alimento depende de la edad de los animales, la raza, el sexo y se encuentra estrechamente relacionada con el consumo de alimento y a otras características inherentes a este, por lo que al incrementar la fibra en la dieta se afecta el consumo voluntario y al mismo tiempo afecta la digestibilidad trayendo consigo bajo aporte energético y el incremento en la conversión de alimento.

Savón, (2008) indica que la inclusión de altos niveles de fibra limita el consumo energético de la ración, debido fundamentalmente a que producto de la degradación microbiana se forman ácidos grasos de cadena corta (acético, propiónico y butírico), cuya eficiencia en la producción de energía es inferior a la de los monosacáridos absorbidos a nivel del intestino delgado y además porque cierta parte de la energía se pierde como calor de fermentación y como metano (López *et al.*, 2005)

Varel y Yen, (1997) por su parte, afirma que la población de bacterias celulíticas en el intestino grueso en cerdos de mayor edad, pueden digerir alimentos fibrosos más eficientemente que los cerdos en crecimiento ya que estos poseen 6.7 veces más bacterias celulíticas en el colon que los animales en crecimiento.

Estos resultados también pueden ser comparables con estudios realizados por Leiva y López, (2012) utilizando desperdicios de cítricos en la etapa de ceba con una conversión de alimento de 3.57 kg, mezcla de subproductos y derivados de la industria azucarera 3.84 kg, crema de levadura *saccharomyces* de 4.46 kg los cuales son más altos que los encontrados en este estudio.

**Tabla 4.** Comportamiento productivo de cerdos alimentados con diferentes niveles de FES-moringa

Variables evaluadas	Tratamientos		
	T1: Concentrado Comercial (CC)	T2: CC con 15% de inclusión de FES-Moringa	T3: CC con 25% de inclusión de FES-Moringa
PF	92.20 <sup>a</sup>	85.92 <sup>a</sup>	83.72 <sup>a</sup>
GMD	590.8 <sup>a</sup>	513.6 <sup>a</sup>	502.0 <sup>a</sup>
GPT	35.46 <sup>a</sup>	30.84 <sup>a</sup>	30.12 <sup>a</sup>
CA	1.81 <sup>a</sup>	1.80 <sup>a</sup>	1.73 <sup>b</sup>
Conv. A	3.06 <sup>b</sup>	3.51 <sup>a</sup>	3.45 <sup>a</sup>

<sup>abc</sup>  
\* Medias con distinta literal entre columnas representan diferencias significativas ( $p < 0.05\%$ ) por prueba de Tukey.

PF: Peso Final, GMD: Ganancia Media Diaria, GPT: Ganancia de Peso Total, CA: Consumo de Alimento, Conv.A: Conversión de Alimento.

#### 4.2.6 Características y calidad de la canal

En la tabla 5 se muestra que el rendimiento de la canal para los tratamientos donde el T1 (testigo) fue de 77.8 %, T2 77.7% y T3 75.7, los cuales no presentaron diferencias entre tratamientos.

Así mismo el T1 a pesar que fue el que obtuvo el mayor rendimiento en canal, fue el que obtuvo mayor espesor de grasa dorsal a nivel de la primera costilla, ultima costilla y ultima vertebra, mientras que el T2 y T3 se obtuvo menor rendimiento en canal y menor espesor de grasa dorsal, lo cual se corrobora con el porcentaje en lonjas obtenido.

En cuanto al color de carne no se encontró diferencias entre los tratamientos, ya que el color se determinó de forma subjetiva, obteniendo un valor de 3 el cual corresponde a carne roja deseable, utilizando los estándares de calidad sugeridos por (National pork producer council, 1999).

Para la humedad de la carne el tratamiento que mayor retención de agua se obtuvo con el T1, con 85.75%, el T2: 69.21 y T3: 64.74. Además, el % de grasa intramuscular estimado fue 6.97 para el T1, 4.4% para el T2 y T3 13.4%, Según varios estudios reportados por National pork producer council, (1999), afirma que una carne con mayor contenido de agua tiene mayor contenido de proteína y menor contenido graso y que la cantidad mínima de grasa intramuscular que debe presentar la carne para una óptima calidad organoléptica es de 3%.

**Tabla 5.** Características y calidad de la canal.

Parámetros	Raciones experimentales		
	CC	CC con 15% FES-Moringa	CC con 25% FES-Moringa
Peso vivo al sacrificio (kg)	105.4	113.4	115.8
<b>Características de la canal</b>			
Peso canal caliente (kg)	82.0	88.1	87.6
Carne (%)	67.1	65.8	66.2
Lonjas (%)	21.9	21.7	21.2
Huesos (%)	11.0	12.5	12.6
<b>Rendimiento canal (%)</b>	<b>77.8</b>	<b>77.7</b>	<b>75.7</b>
<b>Espesor de la grasa dorsal (cm)</b>			
Primera costilla	2.0	2.0	2.5
Ultima costilla	2.0	2.0	2.0
Ultima vertebra	3.0	2.0	2.0
<b>Calidad de la carne</b>			
Humedad de la carne %	75.7	69.2	64.7
Grasa intramuscular (%)	6.97	4.4	13.4
Color de la carne	3	3	3

#### 4.2.7 Morfometría de los órganos digestivos

Se presentan los resultados correspondientes a la morfometría de los distintos órganos internos del cerdo alimentados con inclusión de FES-Moringa en la dieta. Se observó que los animales que consumieron una dieta basada en CC con la inclusión de 25% de FES-Moringa, tuvieron mayor desarrollo de algunos órganos internos entre ellos sobresalen el estómago, hígado, intestino delgado y grueso.

Este aumento en el peso relativo podría estar influenciado por el consumo de fibra el cual fue mayor en los tratamientos 2 y 3, ya que estas fuentes de fibra cruda contienen celulosa, lignina y otros carbohidratos complejos que los cerdos digieren de forma limitada, esto concuerda con los resultados de Hansen *et al.*, (1992) y Zhao *et al.*, (1995) donde demostraron que los cerdos

que consumen dietas altas en fibra presentan un incremento del peso del hígado, estómago, y TGI con relación al peso corporal. Por otra parte, se ha observado con frecuencia un incremento en el peso absoluto y relativo del intestino grueso con la inclusión del material fibroso (Ly, 1996).

**Tabla 6.** Morfometría de los órganos digestivos del cerdo alimentados con inclusión de FES-Moringa

Órganos	Tratamientos					
	Concentrado Comercial (CC)		CC con 15% de inclusión de FES-Moringa		CC con 25% de inclusión de FES-Moringa	
	P (kg)	Long.(m)	P (kg)	Long. (m)	P (kg)	Long. (m)
Estómago	0.87	0.25	0.81	0.28	<b>1.29</b>	<b>0.36</b>
Hígado	1.26	0.30	0.90	0.31	<b>1.55</b>	<b>0.37</b>
Intestino delgado	2.34	17.3	1.81	14.6	<b>2.93</b>	<b>21.7</b>
Intestino grueso	1.95	4.12	2.82	4.92	<b>2.93</b>	<b>6.14</b>

P: Peso, Long: Longitud

Generalmente, en dietas no convencionales la inclusión de fibra se relaciona con un incremento en el peso del tracto gastrointestinal; ello depende del nivel de inclusión y las características del material fibroso, especialmente las físico-químicas (Savón *et al.*, 2008).

Por otra parte, también se encuentran presentes B-glucanos y mananos provenientes de la pared celular de la levadura que tiene la capacidad de adherirse a las proteínas que ligan manosa sobre la superficie de algunas cepas de bacterias y de ese modo previenen la colonización del tracto intestinal al interferir la unión de carbohidratos de los patógenos con la superficie de las células epiteliales del hospedero (Spring *et al.*, 2000).

Zebrowska *et al.*, (1983) refirieron incrementos en las producciones biliares y pancreáticas de los cerdos que recibieron dietas altas en fibra, debido a su voluminosidad y la capacidad de retener agua, no obstante estas secreciones digestivas están asociadas a la hormona secretina cuando el quimo tiene un pH inferior a 4.5 estimulando al páncreas para que se segregue jugo digestivo rico en bicarbonato y bajo en enzimas, al estómago para la segregación de pepsina y al hígado para que produzca la secreción de la bilis con más agua y bicarbonato, por lo que estos aspectos fisiológicos podrían estar influyendo en cambios morfométricos con un mayor desarrollo de estos órganos.

#### 4.2.8 Análisis financiero

Al realizar el análisis financiero a través de presupuesto parcial se encontró que la ración más económica fue la del T3 de US\$ 0.35 por kg de alimento.

Al comparar el tratamiento T1 con el tratamiento T2 se observa una pérdida de US\$ 3.92 por cerdo, lo que indica que si conservamos el tratamiento T1 por el tratamiento T2 tendremos mejores beneficios económicos.

Si comparamos el tratamiento T1 con el tratamiento T3 nos resulta una utilidad de US\$ 0.29 por cerdo, esto significa que si sustituimos la ración del tratamiento T1 por la del tratamiento T3 captaremos mayores beneficios por animal en lo que respecta a la actividad de alimentación.

**Tabla 7.** Presupuesto Parcial

<b>T1 vrs T2</b>			
<b>Nuevas entrada</b>		<b>Nuevas salidas</b>	
Costos reducidos US\$	46.69	Nuevos costos US\$	41.51
Nuevos ingresos US\$	60.75	Ingresos reducidos US\$	69.85
Total (a+b) US\$	107.44	Total (b + d)	111.36
Utilidad (a+b) – (c + d) US\$			<b>(3.92)</b>

<b>T1 vrs T3</b>			
<b>Nuevas entrada</b>		<b>Nuevas salidas</b>	
Costos reducidos US\$	46.69	Nuevos costos US\$	36.46
Nuevos ingresos US\$	59.33	Ingresos reducidos US\$	69.85
Total (a+b) US\$	106.02	Total (b + d)	106.31
Utilidad (a+b) – (c + d) US\$			<b>0.29</b>

Por otra parte, maximizar las utilidades visualiza la diferencia entre el nivel de producción que constituye el óptimo técnico y aquel que representa el óptimo económico.

El óptimo técnico ilustra las posibilidades de producción de una cierta tecnología a partir del empleo de niveles sucesivos de insumos y que encuentra su máximo en términos de volumen de producción física. El óptimo económico, mientras tanto, es donde se maximizan los beneficios (ingresos totales – costos totales). Este depende del precio de la carne y de su estructura de costos.

## V. CONCLUSIONES

- ✓ Con la inclusión de *Moringa oleífera* en el proceso de fermentación en estado sólido de la caña de azúcar, no afecta los indicadores fermentativos de la FES (Temperatura de fermentación, pH y Humedad del sustrato), con inclusión del 25% de *Moringa oleífera*, se mejora el valor nutricional con 23.02% PB y 45.13% FDN.
- ✓ Según los resultados de este estudio, se concluye que, en la etapa de engorde y finalización, es factible sustituir hasta 25 % de la fuente proteica por FES-*Moringa* con inclusión de 25% de *Moringa oleífera* sin afectar los índices productivos ni la calidad de la canal.
- ✓ El peso relativo del estómago, ID, IG, e hígado, se incrementó en los animales que consumieron la ración con 15 y 25% de inclusión de FES-*Moringa* no afectando así el comportamiento productivo de los cerdos.
- ✓ El análisis financiero demostró que al incluir un 25% de FES-*Moringa* en el concentrado comercial es más rentable ya que se obtuvo una utilidad de US\$ 0.29 por animal.

## **V. RECOMENDACION**

Se recomienda el uso de recursos alimenticios alternativos locales, utilizando la tecnología de FES como una opción viable en la elaboración de dietas para cerdos, ya sea en la etapa de crecimiento o finalización por no afectar los parámetros productivos de los cerdos en crecimiento y engorde. Para ello, es necesario manejar con precaución los niveles de inclusión de dichas materias primas; principalmente aquellas con alto nivel de fibra ya que pueden afectar la fisiología digestiva de los cerdos en edades tempranas y al mismo tiempo afectar los parámetros productivos.

## VI. LITERATURA CITADA

- Acevedo Martínez, V, M., Zeledón Hernández, E, N. 2009. Estabilidad anaerobia del ensilaje de Marango con diferentes proporciones de Taiwán, caña de azúcar y melaza. Tesis I.Z. Facultad de Ciencia Animal. Universidad Nacional Agraria, Managua, NI. 40 p. (en línea), disponible en: <http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnq52a174.pdf>.
- Acosta E., Ribera S., Botero R., Taylor R. 2006. Evaluación de tres raciones alternativas para la sustitución del concentrado comercial en el engorde de cerdos Universidad EARTH Las Mercedes de Guácimo, Limón, Costa Rica. Rev. Tierra Tropical (2006) 2 (2): 91-98 disponible en: <http://docplayer.es/26290990-Evaluacion-de-tres-raciones-alternativas-para-la-sustitucion-del-concentrado-comercial-en-el-engorde-de-cerdos.html>.
- Ángeles M. A., Cisneros G. F., Mariscal G. 1997. Uso del ensilaje de plátano verde y maduro en la alimentación de cerdos para abasto y su efecto en la calidad de la canal, digestibilidad y consumo voluntario Tec. Pecu, Max. Vol 35, No.2 (1997) disponible en [https://www.google.com.ni/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUK Ewil7-ins\\_TAhUBJCYKHduBCdwQFgglMAE&url=http%3A%2F%2Fcienciaspecuarias.inifap.gob.mx%2Findex.php%2Fpecuarias%2Farticle%2Fdownload%2F613%2F611&usg=AFQjCNGzynnUjGZ14QO0fX-bGj1jZNjlhg](https://www.google.com.ni/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUK Ewil7-ins_TAhUBJCYKHduBCdwQFgglMAE&url=http%3A%2F%2Fcienciaspecuarias.inifap.gob.mx%2Findex.php%2Fpecuarias%2Farticle%2Fdownload%2F613%2F611&usg=AFQjCNGzynnUjGZ14QO0fX-bGj1jZNjlhg)
- Arana Boza C.M., Yin Mery C. S. 1999. Estudio descriptivo del rendimiento y espesor de grasa dorsal de cerdos alimentados con diferentes tipos de dietas. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. <http://repositorio.una.edu.ni/1275/1/tnl02a662.pdf>
- Association of official analytical chemist (AOAC). 1990. Official method of analysis. 15a. ed. Washington D.C. USA.
- Becerra B. A. 2006. Aprovechamiento de Subproductos de Manzana Mediante la Producción de Proteína Microbiana con Fermentación en Estado Sólido para la Alimentación Animal. Disertación Doctoral. Facultad de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, MX.
- Berradre M., Mejías M., Ferrer J., Chandler C., Páez G., Marmol Z., Ramones E., Fernández V. 2009. Fermentación en estado sólido del desecho generado en la industria vinícola, Laboratorio de Tecnología de Alimentos, Facultad de Ingeniería LUZ. Maracaibo, VZ. 25 p. (En línea), consultado el 21 de feb del 2016. Disponible en: <http://www.scielo.org.ve/pdf/rfaz/v26n3/art06.pdf>

- Brea-Maure Odelin., Elías-Iglesias Arabel., Ortiz-Milán Abel., Motta-Ferreira Walter., Hechavarría-Riviaux Suset. 2015. Efecto de la urea y del tiempo en la fermentación en estado sólido de la harina de frutos del árbol del pan (*Artocarpus altilis*) Ciencia y Agricultura (Rev Cien Agri) Vol. 12 (2). ISSN 0122-8420. Pp.91-101. Tunja (Boyacá) - Colombia. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5399611.pdf>
- Caraveo R. A. C. 2008. Efecto de los niveles de urea en la caña fermentada con pulidura de arroz (Sacchapulido), Colegio de Postgraduados, Institucion de Enseñanzas de Ciencias Agricolas, Campus Tabasco, Programa de Produccion Agroalimentaria en el Tropico. Tabasco, MX. 54 Disponible en: <http://www.biblio.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/1594>
- Castillo C. Y., Barrera R. O. 2013. Fermentación en estado sólido FES de sus productos agroindustriales como alternativa para obtener alimento animal, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Alternativas de cadena de valor. Primer congreso internacional AGROMERCA, primera edición. Ciudad Juárez, Chihuahua. MX. 85 p. Disponible en: <http://www.uacj.mx/DGDCDC/SP/Documents/Documents/Octubre%202013/Memorias%20Agromercaok.pdf>
- Chávez, M. 2008. Uso de la Caña de Azúcar como Forraje. Ventana Lechera. Revista Especializada. San José, Costa Rica, Dos Pinos. Edición N° 10, Año 3, diciembre del 2008. p: 45-51. Disponible en [http://www.corfoga.org/template\\_masivo/2009/mayo2009/Julio09/julio\\_v1\\_09.html](http://www.corfoga.org/template_masivo/2009/mayo2009/Julio09/julio_v1_09.html)
- Elías A., Lezcano O., Lezcano P., Cordero J., Quintana L. 1990. Reseña descriptiva sobre el desarrollo de una tecnología de enriquecimiento proteico de la caña de azúcar mediante fermentación en estado sólido (Saccharina). *Rev. cubana Cienc. agríc*, 24(1), 1-12.
- Fernández Gálvez Y., Ramírez Peláez H., Pedraza Olivera R., Guevara Leyva R., Llanes Díaz A., Montalvan Delgado J., Torres Varela I., Noy Perera A. 2014 Uso de la caña de azúcar (*saccharum spp.*) como alimento animal en el municipio carlos manuel de céspedes. *Rev. Centro azúcar* Vol 41, Abril-Junio, 2014. ISSN: 2223-4861. <http://centrozucar.qf.uclv.edu.cu/>
- Food Agriculture Organitations (FAO) 2002. Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030 Informe resumido, Roma, Italia ISBN 92-5-304761-5 <http://www.fao.org/docrep/004/y3557s/y3557s00.htm>
- Hansen L., Bach-Knudsen K. E., Eggum B. O. 1992. Gastrointestinal implication in the rat of wheat bean, cat bean and pea fibre. *British. J. Nutr.* 68:451

- Herrera O. H. R 2007. Uso de la saccharina más aditivo en la alimentación de cuyes y su efecto en la etapa de gestación, lactancia, crecimiento y engorde. Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH). Riobamba, EC. 104 p. (En línea). Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/1761?mode=full>
- Hurtado N V., Nobre S. R., Chiquieri J. 2011. Performance of growing swines fed with a diet containing rice subproducts Rev.MVZ Córdoba 16 (1) 2372-2380, 2011
- Instituto nicaragüense de estudios territoriales (INETER) 2015. Estación Meteorológica del aeropuerto internacional Augusto Cesar Sandino, INETER, Managua, NI. (En línea). Disponible en: <http://www.ineter.gob.ni/>.
- Leiva, L. y López, J. L. 2012. Alimentos no convencionales para cerdos. Uso de subproductos y fisiología nutricional en cerdos en crecimiento-ceba.: Simposio Internacional de Fisiología Digestiva en el Cerdo “Willem Sauer” (M. Cervantes y J. Ly, editores). La Habana, versión electrónica disponible en disco compacto ISBN 959 7164 90 6 Revista Computadorizada de Producción Porcina Volumen 9 (número 2) 2012. Centro de Investigaciones en Bioalimentos. Carretera a Patria, Morón. Ciego de Ávila, Cuba email: [liliam@ciba.fica.inf.cu](mailto:liliam@ciba.fica.inf.cu)
- López Jorge L., Tapia L. 2005. El follaje de leguminosas como alimento para cerdos 2. Desarrollo del sistema digestivo, efecto de la fibra y respuesta biológica Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde, vol. 9, núm. 2, agosto, 2005, pp. 325335 Universidade Anhanguera Campo Grande, Brasil <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=26012697006>
- Ly J. 1996. Una reseña corta sobre avances en estudios de procesos digestivos. Revista Computadorizada de Producción Porcina. 3(1), La Habana, CU: Instituto de Investigaciones Porcinas, 2010. ProQuest ebrary. Revisado en la Web. 1 febrero 2017.
- Makkar H. P. S., Becker K. 1996. Nutritional value and antinutritional components of whole and ethanol extracted *Moringa oleifera* leaves. Anim. Feed Sci. Technol. 63: 211–228.
- 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. doi:10.1111/j.1365-2494.2009.00701.x

- Monroy J. M., Aranda E., Mendoza, G., Ramos J. A. Herrera J., Cobos M., Izquierdo F. 2006. Elaboración y conservación de Saccharina a partir de caña de azúcar integral, con la adición de melaza y pulidura de arroz. Instituto de Ciencia Animal Cuba. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 40, No. 2. CU. 7 p. (en línea) Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193017714005>.
- Moran Montaña Charles., Quiñonez Quiñonez L., Iglesias Orejuela Keet William., Sagaró Zamora Francisco Antonio. 2016. Alternativa de alimentación para cerdos en ceba condiciones locales de producción. Revista Investigación y Saberes, vol. V No. 2 (2016): 78-83 <http://www.utelvt.edu.ec/ojs/index.php/is/article/view/153/108>
- Moyano B. M. A. 2014. Fermentación estado sólido (FES) de la papa (*solanum tuberosum*), como alternativa tecnológica para la alimentación animal, universidad nacional abierta y a distancia (UNAD) escuela de ciencias agrícolas, pecuarias y del medio ambiente especialización en nutrición animal sostenible. Tunja, CO. 87 p. (En línea). Disponible en: <http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/2545/1/2014-06.pdf>.
- National Pork Producer Council (NPPC) 1999. Pork quality standards colour and marbling standards cards. USA. NPPC
- Otero M. A. 1999. Procedimientos para el incremento del valor agregado de la Biomasa de levadura para el consumo humano, tesis de doctorado, Universidad de La Habana, La Habana, CU. 111 p. (En línea). Disponible en: <http://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/5666/Tesis%20maestr%C3%ADa%20Comabella,%20Yamil%C3%A9.pdf?sequence=1>
- Pastrana L. 1996. Fundamentos de la fermentación en estado sólido y aplicación a la industria alimentaria Ciencia y Tecnología alimentaria, CU, (En línea). Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72410301>
- Perdomo P. 1991. Adaptación edáfica y valor nutritivo de 25 especies y accesiones de leguminosas arbóreas y arbustivas en dos suelos contrastantes. Tesis de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira, Colombia. 128 pp.
- Pérez R. 1993. Pautas básicas para el análisis financiero de proyecto agropecuario en inversión para pequeñas empresas rurales. Manual de capacitación para técnicos de campo. M.A.G (Ministerio de Agricultura y Ganadería) IICA, San José, CR. 292 p

- Perucca Sandra C., Kurtz Ditmar B. 2016. Evaluación de tierras para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el noroeste de la provincia de Corrientes, Argentina. *Agrotecnia* 24: 11-16, 2016. <http://revistas.unne.edu.ar/index.php/agr> ISSN: 0328-4077
- Ramos J. A. A., Herrera, F. 2007. Proceso para la producción de un alimento energético-proteico para animales. Efecto de cuatro fuentes energéticas en la fermentación en estado sólido (FES) de la caña de azúcar. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. Tomo 41, No 2. CU. pp. 139-143. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193017658008>
- 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. DOI 10.1007/s10457-005-8847-y
- Rodríguez C., Lucero, J. F., Meléndez H. E., Rodríguez C., Hernández Ruiz, O. 2009. “Consumo de forraje y ganancia de peso de becerros comerciales para exportación, suplementados con bloques multinutricionales elaborados con manzarina”, en: *Memorias. Xxxiv Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Producción Animal y x Reunión Bienal del Grupo Norte Mexicano de Nutrición Animal*, MX. pp. 195-198.
- Rodríguez L. A., Toro M. E., Vazquez, F., Corea D. M. L., Gouiric, S. C., Vallejo M. D. 2009. Producción de bio-etanol por fermentación en estado sólido sobre orujos de uva y de remolacha azucarera. Instituto de Biotecnología, Facultad de ingeniería – UNSJ. San Juan, AR. 5 p. (En línea). Disponible en: [www.cab.cnea.gov.ar/ieds/images/2009/hyfusen\\_2009/.../12-138.pdf](http://www.cab.cnea.gov.ar/ieds/images/2009/hyfusen_2009/.../12-138.pdf)
- Rodríguez Pérez Rosario de la Concepción, Reyes Sánchez Nadir, Mendieta Araica Bryan. 2012. Comportamiento productivo de vacas lecheras alimentadas con moringa oleífera fresco o ensilado: efecto sobre producción, composición y características organolépticas de leche y queso *Revista Científica* Vol. 12. N° 18, p. 45-51 / junio 2012. ISSN 1998-8850
- Rodríguez Z., Boucourt R., Elías A., Herrera F., Núñez O. 2006. Efecto del grosor de la capa en la dinámica de fermentación de mezclas de caña (*Saccharum officinarum*) y boniato (*Ipomea batata* Lam). *Rev. Cubana Ciencias. Agrícolas*, 2006; 40(2): 173-182.
- Ruiz O., Castillo C.Y., Arzola A. C., Elías A. 2002. “Efecto de la inclusión de carbonato de calcio en las características fermentativas del bagazo de manzana bajo un proceso de fermentación en estado sólido (fes)”, en: *Agromerca 2012*. Nuevo Casas Grandes, Chihuahua, MX. 33 p.

- Salgado S., Aranda E. M., Georgana Lidia E., Ramos J. A., 2012. Elaboración de un alimento basado en caña de azúcar a partir de la fermentación en estado sólido y con diferentes niveles de zeolitas. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Sin mes, 159-163.
- Savón L., Mora L. M., Dihigo L. E., Rodríguez V., Rodríguez Scull I., Ruiz T. E. 2008. Efecto de la harina de follaje de *Tithonia diversifolia* en la morfometría del tracto gastrointestinal de cerdos en crecimiento-ceba. *Zootecnia Tropical*, 26(3), 387-390.
- Sosa D., Boucourt, R., Dustet J. C. 2012 Uso de la modelación matemática en los procesos de fermentación en estado sólido de sustratos fibrosos destinados a la alimentación animal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 46, Número 2. 119. La Habana, Cuba.
- Spring, P., Wenk C., Dawson K. A., Newman K. E. 2000. The effects of dietary mannanoligosaccharides on cecal parameters and the concentrations of enteric bacteria in the ceca of Salmonella- challenged broiler chicks. *Poult. Sci.* 79: 205–211. <https://doi.org/10.1093/ps/79.2.205>
- Torres M. J. A. 2013. Alternativas para la alimentación de bovinos con base caña de azúcar. Trabajo presentado al XIX congreso de técnicos azucareros de Centro América. San José, CR. 17 p. (En línea), consultado el 06 de feb 2016. Disponible en: <http://fermojica.com/ppagro/media/presentaciones/ABOVINOS.pdf>
- Valiño E., Elías A., Álvarez E., Regalado Cordero J. 1992. Dinámica de crecimiento de la microbiota de la caña de azúcar durante la obtención de saccharina. *Rev. Cubana de Cienc. Agric. CU.* 297 p.
- Van Soest, P. J., Robertson J. B., 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, 3583-3590 p.
- Varel V., Yen J. 1997. Microbial perspective on fiber utilization by swine. *Journal of Animal Science*. 75 (10):2715-2722. <https://www.animalsciencepublications.org/publications/jas/pdfs/75/10/2715>
- Villar-Delgado, José., Montano-Martínez, Ramón., 2011. "Producción sostenible de alimento animal a partir de la caña de azúcar". *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, num. Mayo-Agosto, pp. 35-41.

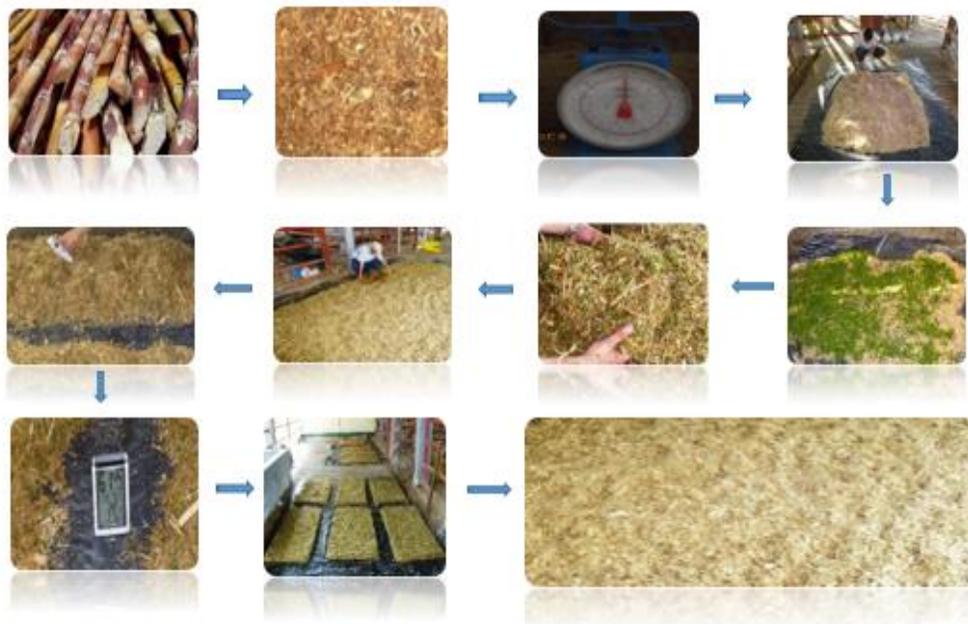
Vivas N. J., Carbajal J. 2004. Saccharina rustica una aplicación biotecnológica para la alimentación animal. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cauca. Vol 2, No 1. Cauca, CO. 6 p. (en línea), consultado el 07 feb. 2016, disponible en: [http://nutriciondebovinos.com.ar/MD\\_upload/nutriciondebovinos\\_com\\_ar/Archivos/File/saccharina\\_rustica\\_una\\_aplicacion\\_biotechnologica\\_para\\_la\\_alimentacion\\_animal\\_\(ica\).pdf](http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/File/saccharina_rustica_una_aplicacion_biotechnologica_para_la_alimentacion_animal_(ica).pdf)

Zebrowska, T., Low, A.G., Zebrowska, H. 1983. Studies on gastric digestion of protein and carbohydrate, gastric secretion and exocrine pancreatic secretion in growing pig. Br. J. Nutr. 49:401 Downloaded from <http://www.cambridge.org/core>. IP address: 165.98.16.250, on 03 Dec 2016 at 19:36:26, subject to the Cambridge Core terms of use, available at <http://www.cambridge.org/core/terms>. <http://dx.doi.org/10.1079/BJN19830049>

Zhao X., Jorgensen. A., Eggum B. Q. 1995. The influence of dietary fibre in body composition, visceral organ weight balance in rats housed in different thermal environments. British J. Nutr. 73:687

## VII. ANEXOS

### Anexo 1. Proceso de FES-Moringa



### Anexo 2. T1: Concentrado Comercial (CC)



**Anexo 3.** T2: concentrado comercial con 15% de FES- *Moringa*



**Anexo 4.** T3: concentrado comercial con inclusión de 25% de FES-*Moringa*





