

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO**

**“Composición química y digestibilidad de nutrientes del banano orito
(*Mussa acuminata* AA) ensilado en cerdos de crecimiento Landrace x
Duroc x Pietrian”**

AUTORA:

Andrea Yessenia Guamán Cali

DIRECTOR DE PROYECTO:

Dr. Willan Orlando Caicedo Quinche, PhD

PUYO – ECUADOR

2019

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Andrea Yessenia Guamán Cali, con C.I: 1600585770, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente, certifico libremente que los criterios y opiniones que constan en el presente Proyecto de Investigación bajo el tema: “Composición química y digestibilidad de nutrientes del banano orito (*Mussa acuminata* AA) ensilado en cerdos de crecimiento Landrace x Duroc x Pietrian”

.....
Andrea Yessenia Guamán Cali

C.I: 1600585770

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Por medio del presente, Yo, Willan Orlando Caicedo Quinche, con C.I: 1600446114 certifico que la egresada, Andrea Yessenia Guamán Cali, realizó el Proyecto de Investigación titulado: “Composición química y digestibilidad de nutrientes del banano orito (*Mussa acuminata* AA) ensilado en cerdos de crecimiento Landrace x Duroc x Pietrian” previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria bajo mi supervisión.

.....

Dr. Willan Orlando Caicedo Quinche, PhD

DIRECTOR DE PROYECTO



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND



Oficio No. 075-SAU-UEA-2019

Puyo, 18 de julio de 2019

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Proyecto de Investigación correspondiente a la egresada. GUAMÁN CALI ANDREA YESSENIA con C.I. 1600585770, con el Tema: “**Composición química y digestibilidad de nutrientes del banano orito (*Mussa acuminata AA*) ensilado en cerdos de crecimiento Landrace x Duroc x Pietrian**”, de la carrera Ingeniería Agropecuaria, Director de proyecto Dr. C. Willan Orlando Caicedo, PhD, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 2%, Informe generado con fecha 18 de julio de 2019 por parte del director, conforme archivo adjunto.

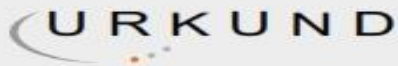
Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco MSc.

ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO



Urkund Analysis Result

Analysed Document: AAAA.docx (D54480060)
Submitted: 7/18/2019 7:21:00 PM
Submitted By: andreita_g94@hotmail.com
Significance: 2 %

Sources included in the report:

PASAR URKUND.docx (D35201666)
<http://www.dissupp.com/productos/orito>
<http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/1424/1/T-UTEQ-0239.pdf>
<https://www.slideshare.net/Santicrisjj/manual-del-banano-utc>
https://www.researchgate.net/publication/272026302_Tabla_de_composicion_de_alimentos_del_Ecuador_Compilacion_del_Equipo_tecnico_de_la_ENSANUT-ECU
8528c26f-d936-4f74-9cef-6e901a2354a1
8e18fa50-6180-43e1-88a2-da905afa47e0

Instances where selected sources appear:

11

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El proyecto de investigación titulado: “Composición química y digestibilidad de nutrientes del banano orito (*Mussa acuminata* AA) ensilado en cerdos de crecimiento Landrace x Duroc x Pietrian”, fue aprobado por los siguientes miembros del tribunal.

.....

Dra. María Isabel Viamonte Garcés, PhD

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

.....

Dra. Verónica Cristina Andrade Yucailla, PhD

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....

DMV. Orlando Roberto Quinteros Pozo, PhD

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

A Dios por bendecirme en la vida, por guiarme, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

A mis padres Raúl Justo Guamán Arellano y Nancy Susana Cali Maigua, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí.

A mis abuelitos Ana Maigua, Segundo Cali, Marina Arellano y Tomás Guamán quienes fueron los que sembraron en mí el amor a esta profesión, por enseñarme las cosas más esenciales de la vida el amor, el respeto y la sinceridad.

A mis primas; Dara, Mónica, Nataly y Doménica, por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento.

A mis tías; Silvana, Baltasara, Rosa y Martina, por su apoyo moral me permitieron permanecer con empeño y dedicación.

A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

A mi novio Adrián Vargas por darme su amor y apoyo incondicional.

Al Dr. Willian Orlando Caicedo Quinche, PhD y a su familia, por compartir sus conocimientos y por darme la oportunidad de trabajar en su granja depositando en mí su entera confianza para la creación de este proyecto, su ayuda fue una guía fundamental en el desarrollo del mismo.

En fin a todos los que de una u otra manera me han apoyado durante mi formación académica y científica.

A todos muchas gracias.

DEDICATORIA

A Dios por ser la luz incondicional que ha guiado mi camino.

A mis padres Raúl Justo Guamán Arellano y Nancy Susana Cali Maigua quienes son mi motor y mi mayor inspiración, que a través de su amor, paciencia, buenos valores, ayudan a trazar mi camino.

A toda mi familia por sus consejos y palabras de aliento.

Y por supuesto a mi querida Universidad y a todas las autoridades, por permitirme concluir con una etapa de mi vida, gracias por la paciencia, orientación y guiarme en el desarrollo de esta investigación.

ANDREA

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Problema de investigación.....	2
1.2. Formulación del problema.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	4
2.1. Aporte de nutrientes del banano orito (<i>Musa acuminata</i> AA)	4
2.1.2. Factores anti-nutricionales del banano orito.....	5
2.2. Fermentación en estado sólido (FES).....	5
2.2.1. Efecto de la fermentación en estado sólido (FES) en los indicadores de digestibilidad en cerdos.	6
2.3. Producción porcina mundial y en ecuador.	7
2.4. Alimentación del cerdo en la etapa de crecimiento y requerimientos de nutrientes en la etapa de crecimiento.	7
2.4.1. Digestibilidad aparente por el método de colecta total.....	7
2.4.2. Digestibilidad de nutrientes en cerdos de crecimiento	8
3. MATERIALES Y MÉTODOS	9
3.1. Localización.....	9
3.2. Tipo de investigación.....	9
3.3. Métodos de la investigación.	9
3.3.1. Elaboración de FES de banano orito (<i>Musa acuminata</i> AA).	9
3.3.2. Análisis físico-químico de muestras de FES de banano orito (<i>Musa acuminata</i> AA).....	10
3.3.2.1. Medición de temperatura y pH	10

3.3.2.2. Análisis químico de muestras de ensilado y excretas	10
3.3.3. Estudios de digestibilidad aparente en cerdos de crecimiento.	11
3.4. Diseño de la investigación.....	11
3.5. Factores de estudio.	12
3.5.1. Variables dependientes.	12
3.5.2. Variable independiente.	12
3.6. Recursos humanos y materiales.....	12
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	13
5. CONCLUSIONES	18
5.1 RECOMENDACIONES	18
6. BIBLIOGRAFÍA	19
7. ANEXOS	24

Índice de tablas

Tabla 1 Composición química del banano orito.....	4
Tabla 2. Aporte de nutrientes de las materias primas.....	10
Tabla 3. Formulación del ensilado de banano orito.....	10
Tabla 4. Composición y aporte de las dietas experimentales.....	11
Tabla 5. Comportamiento de la temperatura del ensilado de banano orito.	13
Tabla 6. Composición química del ensilado de banano orito.....	15
Tabla 7. Digestibilidad de nutrientes del ensilado de banano orito.....	17

Índice de Figuras

Figura 1. Comportamiento de pH del ensilado de banano orito	14
---	----

RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES

Para evaluar la composición química y digestibilidad aparente de nutrientes del ensilado de banano orito (*Musa acuminata* AA) en cerdos (Landrace x Dugroc x Pietrian) en la etapa de crecimiento, se utilizaron dos niveles de inclusión de ensilado en la dieta: Control, 10 y 20%, para lo cual se utilizó 3 animales machos castrados, con un peso promedio medio inicial de 30 ± 3 kg que se ubicaron en 3 jaulas metabólicas de 0,40 m x 1,50 m (0,60 m²). En el ensilado se determinó la temperatura, pH y la composición química: materia seca (MS), materia orgánica (MO), fibra bruta (FB), proteína bruta (PB), cenizas, extracto etéreo (EE), extractos libres de nitrógeno (ELN) y energía bruta (EB), y se obtuvieron los coeficientes de digestibilidad aparente de la: MS, MO, FB, PB, EE, ELN y EB. Los datos de temperatura y pH se procesaron por ANOVA en un diseño completamente aleatorizado y para contrastar las medias se utilizó la prueba de Tukey con ($p < 0,05$). Para analizar los datos de composición química del ensilado se utilizó estadística descriptiva y se determinó la media y desviación estándar. Los resultados de los coeficientes de digestibilidad se procesaron a través de un diseño cuadrado latino. El mayor ($p < 0,05$) valor de temperatura se obtuvo en los días uno (24,20 °C) y ocho (24,03 °C). El menor ($p < 0,05$) pH se registró en los días cuatro (4,19), ocho (4,19) y quince (4,19). El ensilado presentó altos contenido de: MS (34,50 %), MO (91,35 %), PB (8,65 %), cenizas (8,65 %), ELN (78,71 %), EB (3700,64kcal/kgMS) y bajos niveles de EE (1,89 %) y FB (2,32 %). Los mejores ($p < 0,05$) coeficientes de digestibilidad aparente de la: MS (94,64 %), MO (96,97 %), PB (94,53 %), FB (82,26 %), ELN (96,39 %) y EB (95,11 %) se obtuvieron en la dieta que se incluyó 10 % de ensilado de banano orito. En relación al aprovechamiento del EE no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) entre tratamientos. El ensilado de banano orito presentó una adecuada composición química, y su inclusión entre 10 y 20 % en la dieta de cerdos en crecimiento no afectó la digestibilidad de los nutrientes, propiciando un alimento de alto valor nutritivo para su uso en la alimentación de cerdos.

PALABRAS CLAVES: banano orito, cerdos, digestibilidad, ensilado, subproductos.

EXECUTIVE SUMMARY AND KEYWORDS

To evaluate the chemical composition and apparent digestibility of nutrients from the silage of banana orito (*Musa acuminata* AA) in pigs (Landrace x Dugroc x Pietrian) in the growth stage, two levels of silage inclusion in the diet were used: Control, 10 and 20%, for which 3 castrated male animals were used, with an average initial average weight of 30 ± 3 kg that were located in 3 metabolic cages of 0,40 mx 1,50 m (0,60 m²). In silage, the temperature, pH and chemical composition were determined: dry matter (DM), organic matter (OM), crude fiber (CF), crude protein (CP), ash, ethereal extract (EE), nitrogen-free extracts (NFE) and gross energy (GE), and the apparent digestibility coefficients of the: DM, OM, CF, CP, EE, NFE and GE were obtained. The temperature and pH data were processed by ANOVA in a completely randomized design and to test the means, the Tukey test was used ($p < 0,05$). To analyze the chemical composition data of the silage, descriptive statistics were used and the mean and standard deviation were determined. The results of the digestibility coefficients were processed through a Latin square design. The highest ($p < 0,05$) temperature value was obtained on days one (24,20 °C) and eight (24,03 °C). The lowest ($p < 0,05$) pH was recorded on days four (4,19), eight (4,19) and fifteen (4,19). The silage presented high content of: DM (34,50 %), OM (91,35 %), CP (8,65 %), ash (8,65 %), NFE (78,71 %), GE (3700.64kcal / kgMS) and low levels of EE (1,89 %) and CF (2,32 %). The best ($p < 0,05$) apparent digestibility coefficients of the: DM (94,64 %), OM (96,97 %), CP (94,53 %), CF (82,26 %), NFE (96,39 %) and GE (95,11 %) were obtained in the diet that included 10% banana silage orito. Regarding the use of EE, there were no significant differences ($p > 0,05$) between treatments. Banana silage orito presented an adequate chemical composition, and its inclusion between 10 and 20 % in the diet of growing pigs did not affect the digestibility of the nutrients, propitiating a food of high nutritional value for use in feeding pigs.

KEY WORDS: banana orito, pigs, digestibility, silage, by-products.

CAPÍTULO I.

1. INTRODUCCIÓN

El proceso de ensilado sólido conocido como Fermentación en Estado Sólido (FES) consiste en hacer crecer un microorganismo sobre un sustrato, empleando una fuente de nitrógeno y sales mineralizadas (ricas en macro y micronutrientes), bajo ciertas condiciones de humedad, pH, aireación y temperatura. La FES no presenta agua libre en su estructura, aunque con lleva determinados requerimientos de humedad (Echavarría, López y Mato, 2003).

La FES, se consolidan como una alternativa para la generación de alimentos proteico-energéticos de buena calidad y de bajo costo, esto necesariamente mejorará la rentabilidad del agro-negocio, en general de las producciones pecuarias, dando una alternativa económicamente viable y ambientalmente sostenible, si se piensa en estos residuos como posibles contaminantes ambientales si no se les da un manejo adecuado (Mena, 2013).

En las provincia de Pastaza, existen grandes cantidades de recursos alimenticios que se pueden explotar y utilizar de forma eficiente para la alimentación de cerdos, entre estos subproductos se destacan el banano orito (*Musa acuminata* AA). El orito es un cultivo de mucha importancia para miles de familias ecuatorianas, principalmente para aquellas asentadas en las estribaciones de las cordilleras como son: provincia de Guayas, Azuay, el Oro, Bolívar, Pastaza, Cotopaxi y Chimborazo en donde las plantaciones son manejadas, predominantemente, de forma orgánica y tradicional. Es una planta muy común y conocida, es la especie más resistente en la amazonia, la planta más fácil de reproducirle, no es muy exigente en la calidad del suelo como las otras especies conocidas en Pastaza; barraganete, dominico, llurimagua, maqueño, morado (Chilig y Chiluisa, 2015).

El uso de fuentes alternativas en la alimentación porcina constituye una estrategia adecuada para obtener sistemas de producción socialmente sostenibles y que tengan una economía viable, que coadyuven a la preservación de la biodiversidad, y que no compitan directamente con el hombre (Ly *et al.*, 2014).

El cerdo es un animal que necesita alimentos con alto valor nutritivo para expresar su máximo desempeño productivo y su alimentación representan el 70 % del costo total de producción (Moyano, Borrás y Iglesias, 2014). Sin embargo, debido al alto costo de las materias primas básicas para la alimentación de cerdos, están cada vez menos accesibles

para los pequeños y medianos porcicultores (Lezcano, Martínez, Vázquez y Pérez, 2017). En este entorno, los especialistas en nutrición animal se han visto obligados a buscar alimentos alternativos con buena cantidad de nutrientes para incorporarlos en la dieta de los cerdos.

Para utilizar nuevos alimentos es necesario realizar estudios de digestibilidad, ya que el aprovechamiento de los nutrientes de los alimentos depende del estado de desarrollo de los animales. Existen varias técnicas para determinar el aprovechamiento de los nutrientes, una de ellas constituye el método de colecta total. Esta técnica consiste en una medición precisa de la cantidad de alimento ingerido y la cantidad de heces excretadas, y por diferencia se obtiene la cantidad de nutriente asimilado por el organismo. En esta técnica, se requiere disponer de jaulas de digestibilidad para recolectar todo el material fecal excretado cada día de la investigación (Llop, 2016).

1.1. Problema de investigación

El banano orito (*Musa acuminata* AA) constituye un alimento alternativo que puede ser incorporado en la dieta de los cerdos, sin embargo, este producto no es utilizado de forma eficiente por el desconocimiento de sus bondades nutricionales y por el alto contenido de metabolitos secundarios que presenta la fruta en estado verde. Se conoce por la literatura que la fermentación en estado sólido constituye una técnica que permite obtener un alimento proteico-energético de apreciada calidad nutritiva, y una fuente alternativa para la alimentación de los cerdos, pero se desconocen los componentes nutricionales de este producto y su efecto sobre el aprovechamiento de nutrientes en la alimentación de cerdos en la etapa de crecimiento.

1.2. Formulación del problema

Existen técnicas como la fermentación en estado sólido que permite reducir el contenido de metabolitos secundarios y el tenor de fibra de los recursos agrícolas posibilitando obtener un alimento proteico-energético de buena calidad para los animales, pero se desconocen las propiedades nutritivas del ensilado de banano orito y su efecto sobre el aprovechamiento de nutrientes en cerdos de crecimiento.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar la composición química y digestibilidad aparente de nutrientes del ensilado de banano orito (*Musa acuminata* AA) en cerdos Landrace x Duroc x Pietrian en la etapa de crecimiento.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la temperatura y pH del ensilado de banano orito a los 1, 4, 8 y 15 días.
- Determinar la composición química: materia seca (MS), materia orgánica (MO), fibra bruta (FB), proteína bruta (PB), extracto etéreo (EE), extractos libres de nitrógeno (ELN), cenizas y energía bruta (EB) del ensilado de banano orito.
- Determinar los coeficientes de digestibilidad aparente de la: MS, MO, PB, FB, EE, ELN y EB del ensilado de banano orito.

CAPITULO II.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Aporte de nutrientes del banano orito (*Musa acuminata* AA)

El orito es una excelente fuente de vitamina B6, vitamina C, fibra y potasio, además de alta digestibilidad. El orito es una planta de poco vigor, aunque puede alcanzar los 4 metros de altura, su pulpa es amarilla suave pastosa y muy dulce con mucho aroma. Los racimos son pequeños y con gran número de dedos cortos gruesos y rectos. Los frutos maduran rápido y su característico sabor dulce se debe al género *acuminata* se diferencia de las diferentes variedades de banano por su especial sabor tamaño y color, contiene más almidón y tolera la sigatoka negra (*Micosphaerella fijiensis*) una enfermedad que ataca al follaje (Chilig y Chiluisa, 2015). En la tabla 1 se observa la composición química de la fruta de banano orito.

Tabla 1 Composición química del banano orito

Parámetros	Unidad de medida	Valores
Humedad	%	68,9
Calorías	Cal	111
Proteína	g	1,2
Extracto de etéreo	g	0,2
Carbohidratos totales	g	29,2
Fibra	g	0,6
Cenizas	g	0,5
Calcio	mg	6
Fosforo	mg	21
Hierro	mg	0,7
Caroteno	mg	0,3
Tiamina	mg	0,02
Roboflavina	mg	0,03
Nicacina	mg	0,57
Ácido ascórbico	mg	16

Fuente: (CAEQ, 2015)

2.1.2. Factores anti-nutricionales del banano orito.

La presencia de taninos en bananas y plátanos parece ser el principal factor anti-nutricional presente en estas frutas. Los taninos influyen negativamente en el consumo voluntario del alimento por parte de los cerdos, y también en los procesos digestivos ya que inhiben la acción de las enzimas proteolíticas (Price y Butler 1980). Por otra parte, el sabor astringente de las bananas y plátanos verdes, atribuido con gran probabilidad a los taninos, es responsable de una disminución en el consumo voluntario de los cerdos, en comparación con las dietas donde estas frutas se brindan en estado de madurez adecuado (Williamson y Payne, 1965).

2.2. Fermentación en estado sólido (FES)

La fermentación es el proceso o método de preservación anaeróbica y por acidificación de forraje o residuos agropecuarios cuya finalidad principal es la conservación del material con mínima pérdida de nutrientes (Ramírez, Peñuela y Pérez, 2016). La FES consiste en hacer crecer un microorganismo sobre un sustrato, empleando una fuente de nitrógeno y sales mineralizadas (ricas en macro y micronutrientes), bajo ciertas condiciones de humedad, pH, aireación y temperatura (Borras y Torres, 2016). En la actualidad es una alternativa que se utiliza para la producción de alimento animal a bajo costo, además de otros usos farmacéuticos, biorremediación y biodegradación de compuestos peligrosos (Arguero, 2014).

El proceso de FES no depende solo del tipo y la calidad de material a conservar, sino también de la técnica empleada para la cosecha y para realizar el ensilaje. En este sentido, las bacterias ácido lácticas (BAL) juegan un rol muy importante, a más de ayudar en la conservación de los alimentos, mejoran las características organolépticas como; el sabor, olor, textura e incrementan su calidad nutritiva, por lo que su utilización en la preparación de productos fermentados, en el sector pecuario tienen múltiples aplicaciones para mejorar la producción de alimentos para consumo animal (Ramírez *et al.*, 2016).

La FES se ha utilizado ampliamente para el reciclaje de materiales voluminosos mediante la aplicación de tecnologías sencillas, con las que se logra incrementar los niveles proteicos, mejorar el balance de aminoácidos y la digestibilidad de las materias primas (Durand, Grajek, Gervais, 1987).

Las BAL fermentan los carbohidratos hidrosolubles para producir ácido láctico y en menor cantidad, ácido acético. Al generarse estos ácidos, el pH del material ensilado baja a un nivel que inhibe la presencia de microorganismos que inducen la putrefacción (Uribe, 2016).

Investigaciones realizadas con la cáscara de manzana mediante FES utilizando el hongo *Phanerochaete chrysosporium* produjeron un enriquecimiento proteico de la cáscara de manzana con un aumento del 36 % en el contenido de proteína en la dieta experimental con cáscara de manzana fermentada al 5 % p/p, se mejoró la conversión de alimentos ingeridos aumentó de $43,5 \pm 2,5$ a $83,1 \pm 4,4$ y la eficiencia de conversión de alimento se incrementó de $55,4 \pm 4,5$ a $92,1 \pm 3,6$ mediante el cultivo en estado sólido del hongo esto hace posible su uso como suplemento dietético para cerdos (Chandran *et al.*, 2015).

Se ha encontrado que al inocular preparados microbianos en los procesos de FES se evidencia una mejora en la digestibilidad y en la calidad nutricional de los alimentos producidos bajo esta tecnología. (Hsu *et al.*, 2013) utilizaron la FES, para tratar forrajes (elefante y pangola), inoculando bacterias celulolíticas y encontraron que estas enriquecían el contenido proteico de las gramíneas y mejoraron la digestibilidad en los pollos.

2.2.1. Efecto de la fermentación en estado sólido (FES) en los indicadores de digestibilidad en cerdos.

Varios estudios demuestran que la FES mejora el uso de residuos vegetales y los convierte en un alimento proteico-energético para los cerdos. Los ensilados pueden ser utilizados en la alimentación de cerdos, ya que este mantiene las características nutricionales, microbiológicas y enzimáticas favorables del alimento, inhibiendo el desarrollo de microorganismos putrefactivos y patógenos (coliformes, hongos, levaduras), y elevando la disponibilidad de nutrientes al incorporar ácidos orgánicos y microorganismos benéficos en el TGI de los animales (Caicedo, 2013).

La alta digestibilidad aparente de los componentes en las que se puede sustituir hasta en un 100 % el grano de sorgo o maíz por ensilaje de plátano de desecho en cerdos de crecimiento, obteniéndose consumos de hasta 4 kg, con ganancias diarias de peso de 600 gramos (Hang *et al.*, 2015). En otro estudio, los coeficientes de digestibilidad aparente para

PB se incrementan a medida que el ensilaje de taro complementa en la dieta (Bounlerth y Lamphuey, 2016).

2.3. Producción porcina mundial y en Ecuador.

La producción mundial de carne de cerdo mantuvo tendencia de crecimiento durante la última década. Sin embargo, para 2016 se previó un nivel de producción mundial de 109,3 millones de toneladas, lo que representa una disminución de 0,9 % a tasa anual. En particular, se prevé que la producción de carne de cerdo en China, principal país productor, se reduzca en 2,5 % en 2016 (FIRA, 2016). El incremento en la oferta mundial sería resultado del aumento anual en la producción de tres de los principales países productores: 3,7 % en China, 3,8 % en Estados Unidos, y 3,1 % en Brasil. En 2016, estos países aportaron 47,9; 10,4 y 3,4 % de la producción mundial de carne de cerdo. La Unión Europea, que participó con el 21,6 % de la oferta mundial en 2016 (FIRA, 2017).

La producción de carne de cerdo nacional para el año 2013 obteniendo 117 708 toneladas, distribuidas en 36 % para la producción traspatio o familiar y un 64 % en producción tecnificada, lo que demuestra que la producción de traspatio ocupa un significativo porcentaje en cuanto a la oferta de esta carne, producto que no siempre ocupa con los estándares de calidad (ASPE, 2013).

2.4. Alimentación del cerdo en la etapa de crecimiento y requerimientos de nutrientes en la etapa de crecimiento.

Los requerimientos nutricionales de los cerdos dependen de varios factores, como la raza, línea genética, sexo, heterosis, etapa de desarrollo del animal, consumo de ración, disponibilidad de nutrientes, temperatura ambiente, humedad del aire y estado sanitario del animal entre otros. Los cerdos en crecimiento, deben recibir un porcentaje de proteína en la ración de 16 % en la primera etapa del crecimiento. El consumo de materia seca puede ser entre 1,5 y 2 kg por día (Tizalema, 2014).

2.4.1. Digestibilidad aparente por el método de colecta total.

La digestibilidad facilita la interpretación de lo que ocurre con el alimento consumido vs el alimento que se ha excretado (Aparicio, 2016). La digestibilidad fecal puede ser evaluada mediante la utilización de varios métodos, donde el más representativo es el de colección

total de heces (método directo) con la utilización de jaulas metabólicas con dispositivos para separación de orina y heces, sin contaminación y con reducida volatilización de nitrógeno. Este método implica el registro exacto del consumo de alimento y la colección minuciosa del total de heces producidas durante la prueba de digestibilidad (Rachuonyo, Ellisb, Varelabc, Curtisb y Ibarzüengoytiabc, 2015).

2.4.2. Digestibilidad de nutrientes en cerdos de crecimiento

Los cerdos en crecimiento no poseen una capacidad significativa para digerir o fermentar la fibra en el intestino grueso, debido a que poseen un tracto gastrointestinal poco desarrollado, sin embargo, los cerdos adultos son capaces de digerir la fibra, pero la energía disponible de este proceso es baja. Con un aumento en la fibra, hay un aumento de la velocidad en el paso de nutrientes a través del tracto intestinal. La fibra dietética se degrada principalmente por la microbiota intestinal y los productos finales de fermentación bacteriana en el colon proporcionan a los cerdos entre 5-20 % de su energía total (Lowell, 2017).

Los aminoácidos contenidos en la proteína sólo pueden ser absorbidos en el intestino delgado o utilizados a lo largo del tracto gastrointestinal después de la digestión de la cadena proteica, lo que permite valorar correctamente las materias primas en cuanto al aprovechamiento de los aminoácidos (Silva, 2015).

CAPÍTULO III.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización.

El trabajo de campo se realizó en las instalaciones de la Granja Agropecuaria “Caicedo”, ubicada en la parroquia Tarqui, km 3,5 vía Madre Tierra, Pastaza, Ecuador. Esta zona tiene un clima semi cálido o subtropical húmedo, con precipitaciones que oscilan entre 4000 y 4500 mm anuales. Se encuentra a una altitud de 900 msnm, con humedad relativa media de 87 % y temperatura mínima y máxima promedio de 20 a 28 °C (INAMHI, 2014). El trabajo de laboratorio se ejecutó en el Laboratorio de Bromatología de la Universidad Estatal Amazónica.

3.2. Tipo de investigación.

La investigación es experimental, en la cual se aplicó un diseño cuadrado latino 3 x 3, con la finalidad de determinar la incidencia de los niveles de inclusión de control, 10 y 20 % de fruta de banano orito fermentada en estado sólido sobre el aprovechamiento de los nutrientes en cerdos durante el crecimiento.

3.3. Métodos de la investigación.

3.3.1. Elaboración de FES de banano orito (*Musa acuminata* AA).

La preparación de la FES se realizó con la fruta de banano orito de desecho que por su apariencia física no cumplan las exigencias para consumo humano. El banano orito verde se obtuvo en el “Mercado Mariscal” y se trasladó hacia las instalaciones de la “Granja Agropecuaria Caicedo”, inmediatamente se procedió al lavado y escurrido. En lo posterior, se molió en forma fresca en un molino mixto provisto de cuchillas y criba de 1 cm con la finalidad de obtener un tamaño de partícula con las mismas dimensiones. Se adquirió la melaza, semita, sal mineral y el carbonato de calcio se compró en el comercial “Agropecuarios Jaramillo”. El yogur natural se adquirió de la empresa “Toni S.A” que se comercializa en Puyo. Finalmente, todos los materiales se mezclaron de forma homogénea. Una parte de la mezcla, se colocó en fundas plásticas Ziploc de 1 kg para analizar la temperatura, pH y composición química, y el material restante se almacenó en bolsas plásticas, bajo sombra a temperatura ambiente hasta su uso. En las Tablas 2 y 3, se observa el aporte de nutrientes y la formulación del ensilado de banano orito.

Tabla 2. Aporte de nutrientes de las materias primas

Materias primas	Aporte de nutrientes, %				
	MS	PB	FB	EE	Cenizas
Yogurt natural	11,5	3,50	-	1,80	-
Semita	90,90	9,10	8	3,5	4,8
Melaza	73,7	4,3	-	0,1	10,1
Carbonato de calcio	99	-	-	-	-
Sal mineral	99	-	-	-	-

Tabla 3. Formulación del ensilado de banano orito

Materias primas	% de inclusión
Banano orito	90
Yogurt natural	1
Semita	6
Melaza	2
Carbonato de calcio	0.5
Sal mineral	0.5

3.3.2. Análisis físico-químico de muestras de FES de banano orito (*Musa acuminata* AA).

3.3.2.1. Medición de temperatura y pH

Los indicadores de temperatura y pH se determinaron en un total de 12 microsilos en los días 1, 4, 8 y 15 del proceso de fermentación, tres microsilos por cada medición. La temperatura en los microsilos se comprobó con un termómetro digital Martini 2012 de precisión ± 0.5 °C (Caicedo, 2013). Para la determinación del pH (Foto 1), se utilizó extracto acuoso formado por una fracción de 25 g de ensilado y 250 ml de agua destilada (Cherney y Cherney, 2003).

3.3.2.2. Análisis químico de muestras de ensilado y excretas

Para el análisis químico (Foto 2, 3), del ensilado se recolectó 1 kg de muestra al azar procedente de los microsilos evaluados al día 4. Mientras que para el análisis químico de excretas (Foto 6), se utilizó 200 g de excreta de cada tratamiento (Foto 7). Se determinó: la materia seca (MS), fibra bruta (FB), cenizas, proteína bruta (PB), extracto etéreo (EE),

extractos libres de nitrógeno (ELN), energía bruta (EB) según los procedimientos de AOAC (2005) (Foto 8).

3.3.3. Estudios de digestibilidad aparente en cerdos de crecimiento.

Para el efecto se utilizaron 3 animales machos castrados producto del cruzamiento alterno de razas (Landrace x Duroc x Pietrain), con un peso medio inicial de 30 ± 3 kg. Los animales se ubicaron en jaulas metabólicas individuales (Foto 5), y se alimentaron con una dieta control (0 %); T2 y T3 (inclusión de 10 y 20 % de fermentado en estado sólido de banano orito en la dieta), las tres dietas formuladas de acuerdo a las recomendaciones de (Rostagno *et al.*, 2011). Se ajustó el consumo de alimento de acuerdo al peso vivo y se alimentaron una vez al día, a las 08:30 am, el agua de bebida estuvo disponible a voluntad (Foto 4). El experimento estuvo constituido por dos fases, una de adaptación a las dietas de cinco días y la otra fase de cinco días para la colección de heces fecales. Las heces se recolectaron por el método de colecta total (Bauza, Barreto, Bratschi, Silva y Tejero, 2016). En la Tabla 4 se presenta la composición y aporte de las dietas experimentales.

Tabla 4. Composición y aporte de las dietas experimentales.

Ingredientes, % en base seca	Niveles de inclusión de ensilado de banano orito, %		
	Control	10	20
Maíz amarillo	65	52	39
Concentrado proteico	25	28	31
Semita	9,5	9,5	9,5
Ensilado de banano orito	-	10	20
Pecutrin	0,5	0,5	0,5
Análisis, % en base seca			
EB, kcal/kg MS	470,40	475,15	472,50
PB, %	18,16	18,29	18,40
FB, %	2,22	2,02	3,15

3.4. Diseño de la investigación

En el análisis de los datos de composición química: MS, MO, PB, FB, Cenizas, ELN, EE y EB, se utilizó estadística descriptiva y se determinó la media y desviación estándar. Para los datos de temperatura y pH se realizó análisis de varianza en un diseño completamente

aleatorizado. Para evaluar los coeficientes de digestibilidad aparente de la MS, MO, PB, FB, ELN, EE y EB, se realizó análisis de varianza de acuerdo a un diseño cuadrado latino. Para contrastar las medias se utilizó la prueba de Tukey ($P < 0,05$). Todos los análisis se ejecutaron con el programa estadístico Infostat.

3.5. Factores de estudio.

3.5.1. Variables dependientes.

Indicadores físicos: temperatura y pH

Digestibilidad de la: MS, MO, PB, FB, ELN, EE y EB

3.5.2. Variable independiente.

Niveles de inclusión de ensilado de banano orito control, 10 y 20 %.

3.6. Recursos humanos y materiales.

Materiales:

- Jaulas metabólicas
- Termómetro digital (Martini)
- Fundas plásticas
- Balanza (Thomas Scientific)
- Equipo de limpieza
- Equipo determinación de ceniza (Mufla a 500 °C)
- Equipo determinación de proteína (Aparato de digestión de Kjeldahl)
- Equipo determinación de extracto etéreo (Extrato de Goldfish)
- Equipo de analizador de fibra (LABCONCO)

Recursos humanos:

- Dr. Willan Orlando Caicedo Quinche, PhD
- Grace Carolina Sócola Gonzales
- Andrea Yessenia Guamán Cali

CAPÍTULO IV.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 5, se observa el comportamiento de la temperatura del ensilado del banano orito en los días de estudio. Los valores más altos ($p < 0,05$) se obtuvieron en los días uno y ocho, mientras que los valores menores presentaron los días cuatro y quince.

Tabla 5. Comportamiento de la temperatura del ensilado de banano orito.

Días	Día 1	Día 4	Día 8	Día 15	EE±	P valor
Temperatura	24,20 ^a	22,83 ^b	24,03 ^a	23 ^b	0,06	0,0001

^{ab} Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Los valores de temperatura obtenidos en este estudio se encuentran dentro de los recomendados para los ensilados sólidos (Blanco, Durañona y Acosta, 2016). El proceso de fermentación en estado sólido tiene cuatro fases que influyen en los cambios de la temperatura: La Fase uno Aeróbica; se produce la disminución y aprovechando las pequeñas cantidades de oxígeno, a causa de la respiración, el aumento de la temperatura en un rango de 4 °C a 6 °C más que la temperatura ambiental (Ferrari y Alarcón, 2015). La Fase dos Fermentación; es cuando se llega a la ausencia de oxígeno, y se alcanza un ambiente anaeróbico, se da inicio a esta etapa a temperaturas de 18 a 25 °C (Triana, Leal, Campo y Lizcano, 2014). La Fase tres Estable o de almacenamiento; Ocurren pocos cambios. Algunos microorganismos acidófilos sobreviven este período en estado inactivo; otros, como clostridios y bacilos, sobreviven como esporas. La Fase cuatro de Deterioro Aerobio; ocurre en todos los ensilajes al ser abiertos y expuestos al aire al inicio de la degradación de los ácidos orgánicos que conservan el ensilaje por acción de levaduras y ocasionalmente por bacterias que producen ácido acético, en ella se constata un aumento de la temperatura y la actividad de microorganismos que deterioran el ensilaje (Garcés, Berrio, Ruíz, Serna y Builes 2004).

Por otra parte, la microflora del ensilaje juega un papel clave para el éxito del proceso de conservación. Diferentes estudios señalan que al empezar a formarse el ácido láctico la temperatura debe mantenerse en un rango de 20 a 28 °C para lograr un buen desarrollo de los microorganismos benéficos (Mier, 2009; González y Marín 2005; Zacarías 2012). En este estudio el ensilado se mantuvo dentro de estos valores.

En la Figura 1 se observa el comportamiento del pH del ensilado del banano orito. El valor más alto del pH presentó el día uno ($p < 0,05$), y los valores menores se mostraron en los días cuatro, ocho y quince.

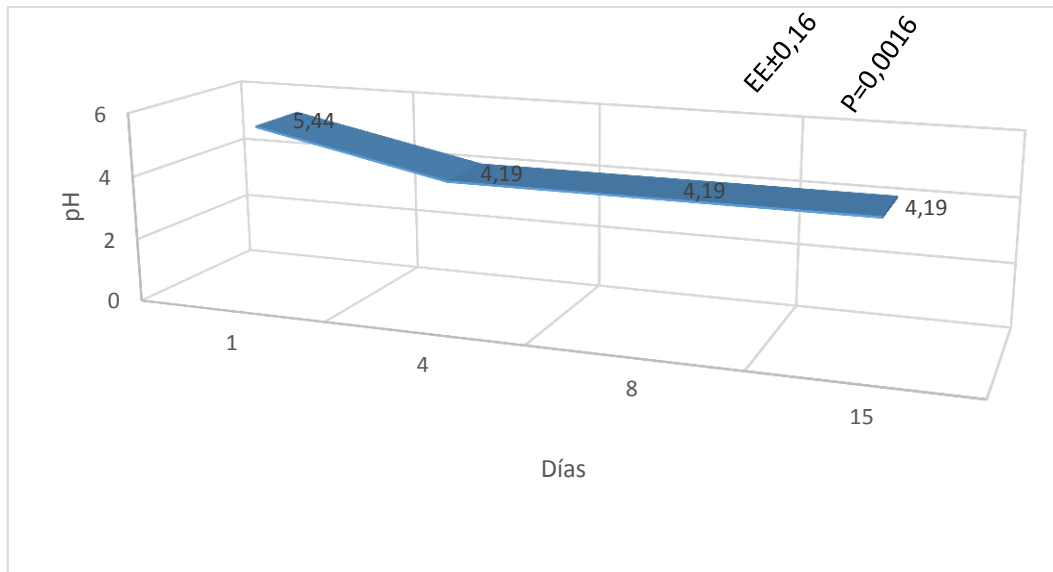


Figura 1. Comportamiento de pH del ensilado de banano orito

El mayor valor de pH se registró al inicio de la fermentación, y disminuyó parcialmente hasta el día cuatro, y se mantuvo estable hasta el día 15. El pH es un indicador de relativa importancia en el ensilaje, el mismo, debe ser controlado dentro de las primeras 96 horas de fermentación (Caicedo, 2015), esto se logra debido a la acción de las bacterias lácticas (BAL) presentes en el medio (Caicedo, Flores y Caicedo, 2018). Cuando el proceso de fermentación es adecuado, las BAL transforman los carbohidratos solubles en ácido láctico (Tobía y Vargas, 2010), el mismo que permite reducir el pH (Toledo y Llanes, 2007), con lo cual se logra preservar el producto por tiempo prolongado (Zapata, Muñoz, Ruiz, Montoya y Gutiérrez, 2009; Morales, 2012).

Por otra parte, a mayor pH actúan microorganismos descomponedores (hongos y bacterias) que deterioran el ensilaje (González, Seguí, Moggi, Rubio y Roberto, 2016), y al mismo tiempo, pueden provocar daños en la salud de los animales (Zhao y Kim 2015). De hecho, estos ensilajes muestran una alta carga de clostridios, un alto contenido de ácido butírico, pH alto superior a 5 (Rendón, Noguera y Posada, 2014).

En la tabla 6, se observa la composición proximal del ensilado de banano orito. El alimento ensilado presentó alto contenido de MS, MO, PB, ELN, cenizas y EB, y bajos niveles de EE y FB.

Tabla 6. Composición química del ensilado de banano orito

Nutrientes	Media	Desviación estándar
MS, %	34,50	0,01
MO, %	91,35	0,09
PB, %	8,65	0,09
EE, %	1,89	0,01
Fibra, %	2,32	0,19
ELN, %	78,71	0,02
Cenizas, %	8,65	0,09
Energía bruta, kcal/kgMS	3700,64	0,14

El ensilado de banano orito presentó un contenido alto de materia seca (34,50 %), el cual es superior al banano en estado natural 21% y ensilado 29% (Pyar y Peh, 2018). La materia seca es un indicador que permite valorar la conservación de los ensilados. En este sentido, cuando la MS es superior a 30% se logra una mejor conservación (Revuelta, 2012), en relación con los ensilados de menor contenido de MS (Muck, 2010), ya que estos son más fácilmente atacados por microorganismos descomponedores (Caicedo, Rodríguez, Lezcano, Vargas, Ly, Valle, 2013).

La materia orgánica (91,35 %) presente en el ensilado de banano orito es similar con la banana en estado natural (91,50 %). La materia orgánica mide el valor nutricional en cuanto a (lípidos, proteínas y carbohidratos) de un alimento, el alto valor indica que posee una buena fuente de nutrientes (Anhwange, Ugye y Nyiaatagher, 2009).

El ensilado de banano orito presentó mayor contenido de EE (1,89 %) con relación al banano en estado natural (1,70 %), y en cuanto a la fibra (2,32 %) el ensilado tuvo menor contenido con respecto al banano en estado natural (19,20 %) (Pyar y Peh, 2018), lo cual es satisfactorio desde el punto de vista de la nutrición de cerdos (Aragadvay, Rayas, Heredia, Estrada, Martínez, Arriaga, 2015). El menor contenido de fibra del ensilado puede estar relacionado con la producción de enzimas de las BAL (Ramírez, Ulloa, Velázquez, Ulloa y Romero, 2011). En este sentido, algunos *Lactobacillus* poseen la enzima aldolasa que tiene la capacidad de producir ácido láctico como el productor principal de la fermentación de la glucosa utilizando la vía de glucólisis (Vásquez, Suárez y Zapata, 2009).

El contenido de cenizas (8,65 %) del ensilado fue similar al banano en estado natural (8,50 %). El alto contenido de cenizas registrado en este estudio se debe a que el banano presenta una excelente composición mineral, entre los que se destacan: potasio, calcio, sodio, hierro y manganeso (Anhwange, Ugye y Nyiaatagher, 2009).

Con relación a la proteína bruta se pudo observar un mayor contenido (8,65 %) con respecto al banano en estado natural (5,3 %) (Anhwange, Ugye y Nyiaatagher, 2009), lo cual puede atribuirse a la producción de proteína microbiana de las BAL (Ramírez, Ulloa, Velásquez, Ulloa y Romero, 2011; Caicedo, Moya, Tapuy, Caicedo y Pérez, 2019). El contenido de proteína bruta determina la cantidad de nitrógeno orgánico presente en el alimento (Intriago y Paz, 2000).

Por otra parte, el ensilado de banano orito presentó alto tenor de ELN (78,81 %), y de EB (3700,64 kcal/kgMS) lo cual es superior al banano verde en estado natural (59 %) (Anhwange, Ugye y Nyiaatagher, 2009). Los ELN y la EB se relacionan directamente con el tenor energético para su uso en la alimentación de cerdos (Caicedo, Moya, Tapuy, Caicedo y Pérez, 2019).

Los mejores ($p < 0,05$) coeficientes de digestibilidad aparente de MS, MO, PB, FB, ELN y EB presentó la dieta que se incluyó 10 % de ensilado de banano orito, seguido por la dieta del 20 %, y finalmente la dieta control. En relación al aprovechamiento del EE no se obtuvo diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las dietas, Tabla 7.

Tabla 7. Digestibilidad de nutrientes de la dieta con inclusión del ensilado de banano orito

Nutrientes	Niveles de inclusión del ensilado, %			EE±	P valor
	Control	T 10 %	T 20 %		
MS, %	93,59 ^c	94,64 ^a	94,16 ^b	0,01	0,0001
MO, %	83,56 ^c	96,97 ^a	85,47 ^b	0,06	0,0001
PB, %	93,33 ^c	94,53 ^a	93,96 ^b	0,03	0,0001
EE, %	87,22	89,59	88,93	0,77	0,1609
Fibra, %	70,81 ^b	82,26 ^a	71,12 ^b	1,20	0,0008
ELN, %	95,36 ^c	96,39 ^a	95,80 ^b	0,02	0,0001
EB, %	93,85 ^c	95,11 ^a	94,48 ^b	0,02	0,0001

^{abc} Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

La digestibilidad reflejan el porcentaje de alimento absorbido por el animal y son importantes porque al ser empleados en la formulación se obtiene como resultado dietas con alto valor nutricional y bajo impacto ambiental negativo (Lim, Kim y Lee, 2004).

Los mayores coeficientes de digestibilidad de la MS, MO, PB, FB, ELN y EB se obtuvieron en las dietas que incluían ensilado de banano orito. (Caicedo, Moya, Tapuy, Caicedo y Pérez, 2019), evaluando la digestibilidad rectal de la MS, MO, PB, FB, ELN y EB en cerdos de crecimiento alimentados con tubérculos de taro fermentados en estado sólido obtuvieron altos coeficientes de aprovechamiento, cifras similares en relación a las obtenidas en esta investigación.

El óptimo aprovechamiento de nutrientes de las dietas que se incluyó 10 y 20 % de ensilado de banano orito es debido probablemente a la presencia de las BAL aportadas por el yogurt natural, que permitió el desarrollo de estos microorganismos (Martínez, De La Roza, Modroño, Fernández y Afif 2001). Las BAL mejoran las características sensoriales como el sabor, olor, textura del alimento, así como también, pueden mejorar el funcionamiento de tracto gastrointestinal de los cerdos en crecimiento (Caicedo, Moya, Tapuy, Caicedo y Pérez, 2019), estos microorganismos permiten reducir o eliminar el contenido de metabolitos secundarios del alimento y consecuentemente, se obtienen mejoras en el aprovechamiento de los nutrientes (Caicedo *et al.*, 2017).

CAPITULO V.

5. CONCLUSIONES

- La temperatura y pH mantuvieron un comportamiento adecuado hasta el día 15 de la investigación, generando un producto apto para su uso en la alimentación de cerdos.
- El ensilado de banano orito posee alto contenido de materia seca (34,50 %), materia orgánica (91,35 %), proteína bruta (8,65 %), ceniza (8,65 %), energía bruta (3700,64 kcal/kgMS), extractos libres de nitrógeno (78,71 %), y bajos niveles de fibra bruta (2,32 %) y extracto etéreo (1,89 %), adecuado para el uso en la alimentación del ganado porcino.
- La inclusión de 10 % de ensilado de banano orito en la dieta de cerdos en crecimiento (Landrace x Duroc x Pietrain) no tuvo influencia en la digestibilidad de la materia seca (94,64 %), materia orgánica (96,97 %), proteína bruta (94,53 %), extractos libres de nitrógeno (96,39 %), fibra bruta (82,26 %) y energía bruta (95,11 %), respectivamente.

5.1 RECOMENDACIONES

- Continuar con las investigaciones para evaluar los tiempos de fermentación en cuanto a la composición química y digestibilidad del ensilado de banano orito.
- Evaluar el uso del ensilaje de banano orito en las demás etapas de producción porcina.

CAPÍTULO VI.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [AOAC] ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS Official Methods of Analysis. 2005. 18th ed. Gaithersburg, MD, USA Association of Official Analytical Chemists.
- [ASPE] ASOCIACIÓN DE PORCICULTORES DEL ECUADOR. 2013. Primer censo porcino 2010. Consultado el 02 de Abril del 2019. Disponible en: <http://www.aspe.org.ec/index.php/informacion/estadisticas/censo>.
- [CAEQ] Composición de los Alimentos Ecuatorianos, Quito. (2015). Consultado 4 de abril del 2019. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/272026302_Tabla_de_composicion_de_alimentos_del_Ecuador_Compilacion_del_Equipo_tecnico_de_la_ENSANUT-ECU
- Anhwange, B. Ugye T. y Nyiaatagher T. 2009. Chemical composition of *Musa sapientum* (banana) peels. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*.8(6): 437-442
- Aparicio, G. (2016). Calidad nutricional y digestibilidad in vitro del nopal (*Opuntia rastrera*) y maguey (*Agave salmiana*). (Tesis). Buena Vista – Saltillo, México. P, 34.
- Aragadvay R, Rayas-Amor A, Heredia D, Estrada J, Martínez F, Arriaga CM. (2015). In vitro evaluation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) silage alone or combined with maize silage. *Rev Mex Cienc Pecu* 2015; 6(3):315-327
- Arguero, A. (2014). Estudios de producción de enzima amilasa mediante *Aspergillus niger* por fermentación sólida con el uso de residuos agroindustriales. (Tesis de Grado). Quito-Ecuador.
- Bauza, R. Barreto, R. Bratschi, C. Silva, D. y Tejero, D. (2016). Digestibilidad fecal aparente de partidas de sorgo con diferentes contenidos de taninos, sometidos a distintas tecnologías de procesamiento en cerdos. *Agrociencia Uruguay* vol.20 no.1 Montevideo jun. 2016. Uruguay.
- Blanco-Valdes Y, Durañona H, y Acosta R. 2016. Efecto de la temperatura y la humedad en la conservación de granos de maíz en silos metálicos refrigerados. *Cultivos Tropicales* 37: 105-114. doi: 10.13140/RG.2.2.13900.21127
- Borrás, L. y Torres, G. (2016). Producción de alimentos para animales a través de fermentación en estado sólido – FES. P, 1-8.
- Bounlerth, T. y Lamphuey K. (2016). Feed intake, nutrient digestibility and nitrogen retention by Moo Lath pigs fed ensiled banana pseudo-stem (*Musa* spp) and ensiled taro foliage (*Colocasia esculenta*). *Livestock Research for Rural Development* 28 (1).
- Caicedo W. Flores A. y Caicedo M. 2018. Indicadores fermentativos de ensilajes de banana orito (*Musa acuminata* AA) con caña panelera (POJ93) para la alimentación porcina. *Revista electrónica de Veterinaria*.19 (5):1-7
- Caicedo W. Moya C. Tapuy A. Caicedo M. Perez M. 2019. Composición química y digestibilidad aparente de tubérculos de taro procesados por fermentación en estado sólido (FES) en cerdos de crecimiento. *Revista electrónica de Veterinaria*.48 (2):1-14.

- Caicedo W. Rodríguez R. Lezcano P. Vargas J. Ly J. y Valle S. 2013. Efecto de inocuidad del ensilado biológico de tubérculos de papa China (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) para la alimentación de cerdos. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*. 2(3):163-170
- Caicedo, W. 2015. Valoración nutritiva del ensilado de tubérculos de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) y su uso en la alimentación de cerdos en crecimiento ceba. Ph.D. Thesis, Universidad de Granma, Bayamo, Cuba, 100 p.
- Caicedo, W. (2013). Potencial nutritivo del ensilado de tubérculos de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) para la alimentación de cerdos. Tesis de Maestría. Bayamo, Cuba: Univ. de Granma. 60 p.
- Caicedo, W. Rodríguez, P. Lezcano, J. Ly, J.C. Vargas, H. Uvidial, E. Samaniego, S. Valle y L. Flores. 2017 Digestibilidad rectal de nutrientes en cerdos de crecimiento ceba, alimentados con ensilaje de taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott). (Nota técnica). *Cuban Journal of Agricultural Science*, Volume 51, Number 3.
- Chandran M. Ajila, Saurabh J. Sarma, Satinder K. Brar. Stephane G. Michel, C. Frederic, G. Mausam, V. and, Valéro, J. (2015). Fermented Apple Pomace as a Feed Additive to Enhance Growth Performance of Growing Pigs and Its Effects on Emissions. *Agriculture* , 5. P, 1-17.
- Cherney, J.H., y Cherney, D.J.R. (2003). Assessing silage quality. In: Buxton DR, Muck RE, Harrison JH (eds). *Silage science and technology*, Wisconsin, USA: American Society of Agronomy. p 141-198.
- Chilig, K. y Chiluisa V. (2015). Manual de banano, (tesis de pregrado) UTC. Latacunga .Ecuador
- Durand, A., Grajek, W. y Gervais, P.1987. The Inra-Dijon process for the single-cell protein production on sugar beet pulp with *Trichoderma viride*TS. *Food, Feed and Fuel from Biomass*. Chp. 10. Ed. D. S. Chahal in Oxford y IBH Publi. LTD. New Delhi: 123.
- Echavarría J, López P. y Mato S. Alternativas para la alimentación animal utilizando fermentación en estado sólido, *Revista Avanzada Científica*. 2003; 6(1):1-13.
- Ferrari, C. y Alarcón, A. (Marzo de 2015). Ensilaje. Recuperado Diciembre de 2015, de Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria http://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_ensilaje.pdf
- FIRA, (2016). Panorama Agroalimentario carne de cerdo 2016. Consultado el 2 de abril del 2019. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200634/Panorama_Agroalimentario_Carne_de_Cerdo_2016.pdf.
- FIRA, (2017). Panorama agroalimentario carne de cerdo 2017. Consultado el 3 de abril del 2019. Disponible en: <http://www.ugrpg.org.mx/pdfs/Panorama%20Agroalimentario%20Carne%20de%20cerdo%202017.pdf>.
- Garcés Molina, A., Berrio Roa, L., Ruíz Alzate, S., Serna León, J., y Builes Arango, A. (2004). Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. *Revista Lasallista de Investigación*, 1 (1), 66-71.

- González, D. y Marín, M. 2005. Obtención de ensilados a partir de los desechos del procesamiento de sardinas. *Revista Científica FCV-LUZ*. XV, 6: 560-567
- González, M.; Segui, R.; Mogni, S. y Rubio, R. 2016. Condiciones de acidez-pH de silaje destinado a la alimentación de rumiantes.(Tesis de Grado). Facultad de Ciencias Veterinarias –UNCPBA. Tandil:3-28
- Hang, D. An1, T. Thuong, L. Loc, N. Hai, V. Tra, T. Hai P. y NgoaN, L.(2015). Taro (*Colocasia esculenta* (L) Schott): biomass yield and nutritive value for pigs. *Livestock Research for Rural Development* 27 (6) 2015.
- Hsu PK, Liu CP, LiuL Y, Chang CH, y Yang SS. 2013. Protein enrichment and digestion improvement of napiergrass and pangolagrass with solid-state fermentation, *J Microbiol Immunol Infect.* 46 (3):171-179.
- INAMHI 2014 Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Consultado el 4 de abril del 2019. Disponible en: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202011.pdf>
- Intriago, F. y Paz, S. 2000. “Ensilaje de cascara de banana maduro con microorganismos eficaces como alternativa de su suplemento para ganado bovino”(Tesis de Grado). Universidad Earth. Costa Rica. 1-58pp
- Lezcano, P., Martínez, M., Vázquez, A. y Pérez, O. 2017. Main methods of processing and preserving alternative feeds in tropical áreas. Cuban experience. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 51(1):1-10.
- Lim, H. Kim, S. y. Lee W. 2004. Isolation of cholesterol-lowering lactic acid bacteria from human intestine for probiotic use. *J. Vet. Sci.* 5:391-395
- Llop, C. 2016. Utilización de productos agros industriales en la alimentación líquida para cerdo de engorde. (Tesis doctoral). Universidad Autónoma de Barcelona. Bellaterra-España.
- Lowell, J. (2017). Comparative digestibility of energy and nutrients in diets fed to sows and growing pigs. (Thesis). University of Illinois. USA.
- Ly, J., Samkol, P., Phiny, C., Caro, Y., Bustamante, D., Almaguel, R. E., Díaz, C. y Delgado, S. E. 2014. “Balance of N in young pigs fed on Moringa (*Moringa oleifera*) fresh foliage”. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 21(4): 164–167, ISSN: 1026-9053.
- Martínez, A., De La Roza, B., Modroño, S., Fernández, O. y Afif, E. 2001. Maíz forrajero: Calidad de los ensilados elaborados con distintos aditivos comerciales. Estabilidad aeróbica de los mismos. En: *Actas del I Foro Iberoamericano de Pastos*. España. 379-385 p.
- Mena C. 2013. Procesos fermentativos, disponible en: <http://es.scribd.com/doc/15762395/Procesos-Fermentativos>, marzo de 2013.
- Mier Quiroz, M.A. 2009. Caracterización del valor nutritivo y estabilidad aeróbica de ensilados en forma de microsilos para maíz forrajero. Universidad De Córdoba Departamento De Producción Animal.

- Morales A. 2012. Caracterización química y biológica de la Harina de (*Pennisetum purpureum*) enriquecida con ensilado de pescado. Tesis M.Sci. Universidad de Granma. Cuba. 20 pp.
- Moyano, M. Borrás, L. y Iglesias, A. 2014. Efecto de la temperatura y el tiempo sobre los indicadores de la papa (*Solanum tuberosum*) fermentada en estado sólido. Tunja – Boyacá, Colombia.
- Muck, R. 2010. Silage additives and management issues. Proceedings of Idaho Alfalfa Forage Conference, Best Western Burley Inn, Burley, Idaho, USA. 16-17 February. 49-55 pp.
- Price, M.L. y Butler, L.G. 1980. Tannins and Nutrition. Purdue University Agriculture Experimental Station Bulletin No. 272. West Lafayette
- Pyar H. and Peh K. 2018. Chemical Compositions of Banana Peels (*Musa sapientum*) Fruits cultivated in Malaysia using proximate analysis. Research Journal of Chemistry and Environment. 22(2):108-111
- Rachuonyoab, H. Ellisb, M. Varelab, D. Curtisb, S. y Ibarguengoytiabc, J. (2015). Balance de nitrógeno, emisión de amonio y olores de cerdos alimentados con dietas bajas en proteína. Rev. mex. de cienc. pecuarias vol.6 no.2 Mérida.
- Ramírez, C., Ulloa, P., Velázquez, M., Ulloa, J., Romero, F. 2011. Bacterias lácticas: importancia en alimentos y sus efectos en la salud. Revista Fuente. 2(7):1-15
- Ramírez, V. Peñuela, L. Pérez, M. (2016). Los residuos orgánicos como alternativa para la alimentación en porcinos. Rev. Cienc. Agr. vol.34 no.2 San Juan de Pasto July/Dec.
- Rendón, M. E., Noguera, R. R. y Posada, S. L. 2014. “Vinaza de caña como aditivo acidificante en la elaboración de ensilaje de maíz (*Zea mays*)”. Livestock Research for Rural Development, 26(1), ISSN: 0121-3784, Available:.
- Revuelta, D. 2012. “Cambios en nitrógeno amínico de ensilados”. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 21(3): 90–92, ISSN: 2071-0054.
- Rostagno, H.S., Teixeira, L.F., Donzele, L.J., Gomes, P.C., Oliverira, Rita., Lopes, D.C., Ferreira, A.S., Toledo, S.L. y Euclides, R.F. (2011). Tablas Brasileñas para aves y cerdos. Composición de Alimentos y Requerimientos Nutricionales. 3era Edición. Universidad Federal de Viçosa - Departamento de Zootecnia, Brasil, 167 pp.
- Silva, H. y Silva, L. (2015). Novos conceitos e tecnologias aplicadas à produção e nutrição de suínos aliados a sustentabilidade. Ciência Animal, 25(1); 109-120, 2015 – Edição Especial.
- Tizalema, I. (2014). Utilización de *saccharomyces cerevisiae* y enzimas digestivas (0,04; 0,06 y 0,08 %) en cerdos en la etapa de crecimiento y engorde y su influencia en la ganancia de peso en la provincia de Bolívar”. (Tesis de Grado). Universidad Estatal de Bolívar. Guaranda – Ecuador: 26-136
- Tobía, C. y Vargas, E. 2010. Inóculos bacterianos: Una alternativa para mejorar el proceso fermentativo en los ensilajes tropicales. Nutrición Animal Tropical, 6(1):129-143
- Toledo J. y Llanes J. 2007. Estudio compara-tivo de los residuos de pescado ensilados por vía bioquímica y biológica. Revista Aquatic. 25: 28-33

- Triana E, Leal F, Campo Y, Lizcano H. 2014. Evaluación de ensilaje a partir de dos subproductos agroindustriales (cáscara de naranja y plátano de rechazo) para alimentación de ganado bovino. *Revista Alimentos Hoy* 22: 33-45.
- Uribe, M. 2016. Selección de bacterias ácido lácticas y levaduras a partir de fuentes naturales y alimenticias para el desarrollo de un inóculo aplicable a la obtención de ensilaje. (Tesis de Maestría). Universidad Católica de Manizales: 12-57
- Vásquez S. Suárez H. y Zapata S. (2009). Utilización de sustancias antimicrobianas producidas por bacterias ácido lácticas en la conservación de la carne. *Revista chilena de nutrición*, 36(1),64-71. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182009000100007>
- Williamson, G. y Payne, W.J.A. 1965. *An introduction to animal husbandry in the tropics*. Longmans and Green. Londres
- Zacarías, J.B. 2012. Alimentación de pollos de engorde, gallinas ponedoras y sus remplazos con harina de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y aceite de palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) con impacto económico para Angola. Tesis de Doctor. Instituto de Ciencia Animal. Cuba. 108 pp.
- Zapata S. Muñoz J. Ruiz O. Montoya O. y Gutiérrez P. 2009 Aislamiento de *Lactobacillus plantarum* LPBM10 y caracterización parcial de su bacteriocina. *Vitae, Revista de la facultad de química farmacéutica*.16(1):75-82
- Zhao, P. y Kim, I. 2015. “Effect of direct-fed microbial on growth performance, nutrient digestibility, fecal noxious gas emission, fecal microbial flora and diarrhea score in weanling pigs”. *Animal Feed Science and Technology*, 200: 86–92, ISSN: 0377-8401, DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2014.12.010.

CAPÍTULO VII.

7. ANEXOS



Foto 1. Medición del pH al ensilado



Foto 2. Colocación de muestras de ensilado en la estufa para su posterior análisis.



Foto 3. Molienda de muestras secas del ensilado.



Foto 4. Preparación de dietas y pesaje para su alimentación.



Foto 5. Alimentación a los cerdos en sus respectivas jaulas metabólicas



Foto 6. Realización del método de colecta total.



Foto 7. Determinación de EE del ensilado



Foto 8. Determinación de FB del ensilado