

**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
**INGENIERÍA AGROPECUARIA**



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

**“Composición química y digestibilidad aparente de nutrientes del  
ensilaje de chontaduro (*Bactris gasipaes* Kunth) en cerdos de  
recria Landrace x Duroc x Pietrain”**

**AUTOR:**

**Grace Carolina Sócola González**

**DIRECTOR DE PROYECTO:**

**Dr. Willan Orlando Caicedo Quinche, PhD**

**PUYO – ECUADOR**

**2019**



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Grace Carolina Sócola González, con C.I: 1600494940, certifico que los criterios y opiniones que constan en el Proyecto de Investigación bajo el tema: **“Composición química y digestibilidad aparente de nutrientes del ensilaje de chontaduro (*Bactris gasipaes* Kunth) en cerdos de recría Landrace x Duroc x Pietrain”**, son de mi autoría y exclusiva responsabilidad.

---

Grace Carolina Sócola González

1600494940

## CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Por medio del presente, Yo, Willan Orlando Caicedo Quinche, con C.I: 1600446114 certifico que la egresada Grace Carolina Sócola González, realizó el Proyecto de Investigación titulado: “Composición química y digestibilidad aparente de nutrientes del ensilaje de chontaduro (*Bactris gasipaes* Kunth) en cerdos de recría Landrace x Duroc x Pietrain”, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario bajo mi supervisión.

---

Dr. C. Willan Orlando Caicedo, PhD  
**DIRECTOR DE PROYECTO**



# UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

## SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND



Oficio No. 076-SAU-UEA-2019

Puyo, 18 de julio de 2019

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Proyecto de Investigación correspondiente a la egresada. SÓCOLA GONZÁLEZ GRACE CAROLINA con C.I. 1600494940, con el Tema: **“Composición química y digestibilidad aparente de nutrientes del ensilaje de chontaduro (*Bactris gasipaes* Kunth) en cerdos de recría Landrace x Duroc x Pietrain”**, 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 3%, 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:** Proyecto final corregid complet ok.docx (D54480092)  
**Submitted:** 7/18/2019 7:24:00 PM  
**Submitted By:** andreita\_g94@hotmail.com  
**Significance:** 3 %

### Sources included in the report:

KETTY\_ALEXANDRA\_COBEÑA\_ROSADO\_001.pdf (D34930865)  
EFECTO DE LA APLICACION DE INOCULANTES MICROBIANOS SOBRE LA ESTABILIDAD AERBICA  
DE ENSILAJES DE MAZ FORRAJERO (Zea mays) Y CSCARA DE MARACUY (Passiflora edulis).  
MOCACHE, ECUADOR 2014.txt (D11237206)  
ARTICULO NUEVO.doc (D14578405)  
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcolquim/article/view/57199/57869>  
[http://revistaciencias.univalle.edu.co/volumenes/vol\\_16/JRestrepo.pdf](http://revistaciencias.univalle.edu.co/volumenes/vol_16/JRestrepo.pdf)  
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/7191/1/CORDOVA%20-%20TERAN.pdf>  
8e18fa50-6180-43e1-88a2-da905afa47e0

### Instances where selected sources appear:

10

# CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El proyecto de investigación, titulado: “Composición química y digestibilidad aparente de nutrientes del ensilaje de chontaduro (*Bactris gasipaes* Kunth) en cerdos de cría Landrace x Duroc x Pietrain”, fue aprobado por los siguientes miembros del tribunal.

---

Dra. Alina Ramírez Sánchez, PhD  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

DMV. Orlando Roberto Quinteros Pozo, PhD  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Dr. Francisco Lam Romero, PhD  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## **AGRADECIMIENTO**

Más vale adquirir sabiduría que oro; más vale adquirir inteligencia que plata, Gracias a Dios por brindarme sabiduría para poder llegar hasta a completar esta etapa de mi vida.

A mis padres Reynaldo y Norma por ser mi pilar fundamental y velar por mi bienestar e inculcarme buenos valores.

Al Dr. Wilian Orlando Caicedo Quinche, director de tesis, por guiar el trabajo de investigación exitosamente. Y compartir sin egoísmo sus valiosos conocimientos en el proceso de investigación.

A los docentes y autoridades de la Universidad Estatal Amazónica, por ser mi soporte institucional para mi formación académica y personal.

Un agradecimiento muy profundo al departamento de Ciencias de la Tierra y a la carrera de Ingeniería Agropecuaria por formarme profesionalmente.



## **DEDICATORIA**

A Dios por cada día que me obsequia el regalo maravilloso de la vida y la sabiduría para llegar a cumplir mis objetivos y seguir adelante a pesar de las adversidades.

A mis padres Cruz Reynaldo Sócola Aponte y Norma Guadalupe González Linares por su apoyo incondicional y ejemplo de seres luchadores, quienes me han dado la fuerza y aliento para cumplir con esta etapa de la vida.

A mis hermanas Kelly y Sandra quienes fueron apoyo y ejemplo durante mi formación profesional.

A mis tíos, primos y familia quienes con su apoyo moral supieron darme la fuerza necesaria para conseguir esta meta.

Roberto, quien llegó en uno de los momentos difíciles a brindarme su apoyo y fortaleza para seguir adelante.

A mi abuelita Gladys Linares por ser un ejemplo de lucha y fortaleza quien me ha enseñado a salir adelante a pesar de los momentos difíciles que presenta la vida.

## Resumen Ejecutivo y Palabras Clave

Para valorar la composición físico-química y digestibilidad aparente de nutrientes del ensilaje de chontaduro (*Bactris gasipaes* Kunth) en cerdos de recría Landrace x Duroc x Pietrain, se utilizó tres cerdos machos castrados del cruce comercial (Landrace x Duroc x Pietrain) de  $20 \pm 2$  kg de peso vivo. Los animales se distribuyeron en tres tratamientos: T1 (dieta control a base de maíz y concentrado proteico), T2 y T3 (inclusión del 10 y 20% de ensilado de chontaduro en la dieta). Para determinar los indicadores de temperatura y pH se realizó ANOVA en un diseño completamente aleatorizado y las medias se contrastaron con la dódima de Tukey con ( $p < 0.05$ ). Para evaluar los datos de composición química: materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), cenizas, extracto etéreo (EE), extractos libres de nitrógeno (ELN) y energía bruta (EB) se utilizó estadística descriptiva y se determinó la media y desviación estándar. Para analizar los datos de aprovechamiento de nutrientes: MS, MO, PB, FB, EE, ELN y EB, se realizó ANOVA en un diseño cuadrado latino, las medias se compararon con la dódima de Tukey con ( $p < 0.05$ ). El ensilado de chontaduro con respecto a la temperatura no presentó diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en los días: uno (23.83 °C) y ocho (24.55 °C), sin diferencias con el día cuatro (23.74 °C), y difirieron del día quince (23 °C). El valor del pH del día uno (5.33) difirió significativamente ( $p \leq 0.05$ ) de los días cuatro (4.4), ocho (4.13) y quince (4.39). El ensilado presentó alto contenido de: MS (39.79%), MO (95.31%), PB (6.89%), EE (11.08%), ELN (73.68%) y EB (4290.39 kcal kg) y bajos niveles de FB (3.64%) y cenizas (4.69%). En relación a la digestibilidad aparente de la MS (91.76%), MO (83.95%), PB (93.33%), ELN (93.70) y EB (92.55%), el tratamiento T2 difirió significativamente ( $p < 0.05$ ) del tratamiento T1 y T3. El ensilado de chontaduro presentó un apreciable contenido de nutrientes y su inclusión en la dieta de cerdos en la etapa de recría hasta el 20% no afectó la digestibilidad de nutrientes, garantizando un alimento proteico energético de adecuadas características nutritivas para su uso en cerdos.

**Palabras claves:** cerdos en recría, chontaduro, digestibilidad de nutrientes, fermentados sólido.

## Abstract and Keywords

In order to evaluate the physical-chemical composition and apparent digestibility of nutrients from peach palm silage (*Bactris gasipaes* Kunth) in Landrace x Duroc x Pietrain pigs, three castrated male pigs from the commercial crossing (Landrace x Duroc x Pietrain) of  $20 \pm$  were used 2 kg of live weight. The animals were distributed in three treatments: T1 (control diet based on corn and protein concentrate), T2 and T3 (inclusion of 10 and 20% silage of peach palm in the diet). To determine the temperature and pH indicators, ANOVA was performed in a completely randomized design and the means were contrasted with the Tukey test with ( $p < 0.05$ ). To evaluate the chemical composition data: dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), crude fiber (CF), ash, ethereal extract (EE), nitrogen-free extracts (NFE) and gross energy (GE) descriptive statistics were used and the mean and standard deviation were determined. To analyze the nutrient utilization data: DM, OM, CP, CF, EE, NFE and GE, ANOVA was performed in a Latin square design, the means were compared with the Tukey test with ( $p < 0.05$ ). The FES of peach palm with respect to the temperature did not present significant differences ( $p \leq 0.05$ ) in the days: one ( $23.83^\circ \text{C}$ ) and eight ( $24.55^\circ \text{C}$ ), without differences with day four ( $23.74^\circ \text{C}$ ), and differed of the fifteenth day ( $23^\circ \text{C}$ ). The pH value of day one (5.33) differed significantly ( $p \leq 0.05$ ) from days four (4.4), eight (4.13) and 15 (4.39). The silage presented high content of: DM (39.79%), OM (95.31%), CP (6.89%), EE (11.08%), NFE (73.68%) and GE (4290.39 kcal/kg) and low levels of FB (3.64%) and ashes (4.69%). In relation to the apparent digestibility of the DM (91.76%), OM (83.95%), CP (93.33%), NFE (93.70) and GE (92.55%), the T2 treatment differed significantly ( $p < 0.05$ ) from the T1 treatment and T3. The FES of peach palm showed an appreciable nutrient content and its inclusion in the diet of pigs in the stage of rearing up to 20% did not affect the digestibility of nutrients, guaranteeing an energy protein food of adequate nutritional characteristics for use in pigs.

**Keywords:** pigs, peach palm, digestibility, fermented solid.

# TABLA DE CONTENIDOS

## Contenido

CAPÍTULO I .....	1
1.1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.2. Problema de investigación .....	2
1.3. Formulación del problema .....	2
1.4. Objetivos .....	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos .....	3
CAPITULO II.....	3
1.5. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.6. Aporte de nutrientes de la fruta de chontaduro ( <i>Bactris gasipaes</i> Kunth).....	4
1.7. Fermentación en estado sólido (FES) .....	7
1.7.1. Temperatura .....	8
1.7.2. pH.....	9
1.8. Alimentación del cerdo en la etapa de recría .....	9
1.8.1. Requerimientos de nutrientes en cerdos de recría.....	10
1.8.2. Digestibilidad aparente por el método de colecta total.....	10
CAPÍTULO III.....	10
1.9. MATERIALES Y MÉTODOS .....	10
1.10. Localización.....	11
1.11. Tipo de Investigación .....	11
1.12. Métodos de Investigación.....	11
1.12.1. Elaboración de FES de chontaduro ( <i>Bactris gasipaes; Kunth</i> ).....	11
1.12.2. Análisis físico-químico de muestras de FES de chontaduro ( <i>Bactris gasipaes</i> Kunth). 12	12

1.12.3. Estudios de digestibilidad aparente en cerdos de recría .....	13
1.13. Diseño de la Investigación.....	13
1.13.1. Factores de estudio de la digestibilidad aparente .....	14
1.14. Recursos Humanos y Materiales .....	14
CAPÍTULO IV .....	15
1.15. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	15
CAPÍTULO V .....	22
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	22
1.16. Conclusiones.....	22
CAPÍTULO VI .....	23
1.17. BIBLIOGRAFÍA .....	23
ANEXOS .....	32

## **Índice de Tablas**

Tabla 1. Composición química del fruto de chontaduro.....	4
---	---

Tabla 2. Aporte de nutrientes de las materias primas. ....	11
Tabla 3. Formulación del ensilado de chontaduro ( <i>Bactris gasipaes</i> Kunth).....	12
Tabla 4. Composición y aporte de las dietas experimentales. ....	13
Tabla 5. Comportamiento de la temperatura del ensilado de chontaduro.....	16
Tabla 6. Composición química del ensilado de chontaduro. ....	18
Tabla 7. Digestibilidad de nutrientes de la dieta con inclusión de ensilado de chontaduro. ...	20

## Índice de Figuras

Figura 1 Comportamiento del pH del ensilado de chontaduro. .... 17

# CAPÍTULO I

## 1.1. INTRODUCCIÓN

La fermentación es un proceso catabólico de oxidación incompleta, totalmente anaeróbico, siendo el producto final un compuesto orgánico, fue descubierta por Louis Pasteur, y la describió como la *vie sans l'air* (la vida sin el aire). Estos productos finales son los que caracterizan los diversos tipos de fermentaciones. La fermentación típica es llevada a cabo por las levaduras y bacterias lácticas, sin embargo, algunos metazoos y protistas son capaces de realizarla (Mena, 2013).

La 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 conlleva determinados requerimientos de humedad (Echavarría, López y Mato, 2003).

Según Brizuela, Antigua, Contreras, Saucedo y Viniegras (1998) la FES es uno de los métodos más prometedores para la producción de proteína no convencional, ya que constituye la fermentación en estado sólido de los residuos lignocelulósicos, lo cual está determinado en primera instancia, por los grandes volúmenes de estos residuos que se producen anualmente en el mundo, y, en segundo lugar, por las ventajas que tiene el sistema de FES en relación a las fermentaciones sumergidas convencionales.

Onteru, Ampaire y Rothschild (2010) resaltan los procesos biotecnológicos desarrollados en los países en desarrollo, dentro de ellos la FES para la producción de enzimas fibrolíticas, utilizadas en la producción de alimentos para animales. Como antecedentes la FES, es un proceso antiguo que se ha utilizado especialmente en la obtención de productos como panes, quesos, shoyu y bebidas como el Sake.

Mata, Macé y Llabrés (2000) afirman que la generación de residuos agrícolas se ha convertido en una problemática mundial que afecta la biodiversidad, la economía y la seguridad alimentaria de los países. Las causas no son siempre las mismas, sin embargo, se relacionan con el incontrolado consumo de alimentos y mal uso de los mismos, la migración de personas del área rural al área urbana, crecimiento de la población humana, cambios en el estilo de vida y con un desarrollo económico poco planificado.



El cerdo es un animal que necesita alimentos con alto valor nutritivo para expresar su máximo desempeño productivo y su alimentación representa alrededor del 65% del costo total de producción, sin embargo, no es suficiente que una dieta obedezca las normativas oficiales que rigen para el uso y fabricación del alimento, sino que este debe ser fácil de conservar y administrar. En este entorno, los especialistas en la nutrición animal buscan permanentemente alimentos alternativos con buena disponibilidad de nutrientes, para su incorporación en la dieta de los cerdos (García, De Loera, Yagüe, Guevara y García, 2012).

En la provincia de Pastaza, existe la fruta de chontaduro (*Bactris gasipaes* Kunth), esta se comercializa principalmente para el consumo humano (Pinzón, Zapata y Ordoñez, 2015) en forma de harina, mermelada y conserva (Godoy, Pencue, Ruiz y Montilla, 2007). Sin embargo, tanto el consumo directo como el procesamiento generan residuos (cáscaras, frutas partidas y pequeñas), cuyo potencial agroindustrial no se ha evaluado en la mayoría de los casos (Pinzón, Zapata y Ordoñez, 2015). Estos residuos normalmente son desechados o empleados en la alimentación animal sin previo tratamiento (Perea, Martínez, Medina y Hinestroza, 2013).

Por otra parte, para conocer su potencial de uso en cerdos es necesario realizar estudios de digestibilidad. Existen varias técnicas para determinar el aprovechamiento de los nutrientes, y una de ellas es 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 obtener la cantidad de nutrientes asimilados por los animales. Esta metodología demanda disponer de jaulas de metabolismo para recolectar la totalidad del material fecal excretado (Llop, 2016).

## **1.2. Problema de investigación**

La demanda de alimentos balanceados para la alimentación porcina y el alto costo de producción, son factores que tienden a variar los patrones de alimentación animal tradicionalmente basados en dietas de maíz-soya. Esta situación ha estimulado la búsqueda de nuevas alternativas de alimentos para animales, que a menor costo puedan lograr una adecuada nutrición. En la provincia de Pastaza existen los subproductos del chontaduro que pueden constituir una buena fuente de alimento para cerdos, pero se desconocen los componentes nutricionales de este alimento conservados en forma de ensilaje sólido y su efecto sobre el aprovechamiento de nutrientes para cerdos en la etapa de recría.

## **1.3. Formulación del problema**

Existen técnicas como la fermentación en estado sólido (FES) que permiten reducir el contenido de factores anti-nutricionales y el nivel de fibra permitiendo obtener un alimento energético-proteico de buena calidad, pero se desconocen las propiedades nutritivas de la FES de la fruta de chontaduro y su efecto sobre el aprovechamiento de nutrientes en cerdos de recría.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

- Valorar la composición físico-química y digestibilidad aparente de nutrientes del ensilaje de chontaduro (*Bactris gasipaes* Kunth) en cerdos de recría Landrace x Duroc x Pietrain.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar la composición físico-química del ensilado: temperatura, pH, materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), extracto etéreo (EE), fibra bruta (FB), extractos libres de nitrógeno (ELN), cenizas y energía bruta (EB).
- Establecer los coeficientes de digestibilidad aparente de la: MS, MO, PB, EE, FB, ELN y EB del ensilado de chontaduro en la dieta de cerdos Landrace x Duroc x Pietrain en recría.

## **CAPITULO II**

### **1.5. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

## 1.6. Aporte de nutrientes de la fruta de chontaduro (*Bactris gasipaes* Kunth)

Clasificación Botánica:

- División: Magnoliophyta
- Orden: Arecales Bromhead
- Familia: Arecaceae
- Especie: *Bactris gasipaea* Kunth

El chontaduro pertenece a la familia de las palmáceas (Arecaceae) y es conocido con nombres comunes de acuerdo con la región donde se consume: chontaduro, pejibaye, cachipay, peripao y pupuna, macanilla, entre otros (Restrepo, Vinasco y Estupiñan, 2012). El chontaduro es considerado como una importante alternativa de cultivo alimentario, principalmente debido al valor nutritivo de su fruto en términos de altos niveles de fibra, grasa,  $\beta$ -caroteno, aminoácidos esenciales y bajo contenido de sodio y azúcares (Yuyama *et al.*, 2003). En la tabla 1 se observa la composición química de la fruta de chontaduro.

**Tabla 1. Composición química del fruto de chontaduro.**

Nutrientes	Contenido
MS,%	41
PB,%	5.4
Grasa,%	11.4
Fibra,%	2
FDN,%	3.9
FDA,%	1.8
Cenizas,%	1.8
Almidón,%	71.6
Energía bruta, kcal/kg MS	4419

Fuente: Leterme *et al.* (2005)

Los frutos son de forma ovoide, cilíndrica, cónica o achatada, de 2 a 7 cm de largo, y presentan un epicarpio delgado que cubre al fruto. La fracción comestible está constituida por el mesocarpio (pulpa), generalmente, de color amarillo, naranja claro o rojizo (Pinzón, Zapata y Ordoñez, 2015). Cada fruto tiene una sola semilla, razón por la cual es una drupa, que presenta en su interior una almendra similar en color, sabor y textura a la del coco (*Cocos nucifera* L., Arecaceae) (Granados y López, 2002; Pinzon *et al.*, 2015). El peso total de la fruta varía entre

20 y 100 g dependiendo del eco tipo (Vargas y Arguelles, 2000). La semilla puede pesar entre 3 y 4 g (Ordoñez, Pinzon y González, 2015).

Para valorar un alimento es necesario conocer su composición química en cuanto a:

### **Materia seca**

La materia seca es el valor esencial para la apreciación del valor nutritivo y conservación de un alimento el cual se mide por la cantidad de agua o humedad extraída por acción del calor (Ávila, 2011).

### **Materia orgánica**

La materia orgánica representa el sustrato en don se encuentran inmersos la proteína bruta, extracto etéreo, fibra bruta y extractos libres de nitrógeno por lo tanto la ceniza es una fracción relativa de la materia orgánica y hace referencia a todos aquellos componentes nutricionales que poseen carbono en sus moléculas (Llangari, 2005).

### **Proteína bruta**

Las proteínas son compuestos orgánicos complejos que se forman de cadenas de aminoácidos conformados mediante la eliminación de agua y la formación de enlaces peptídicos, contienen en su estructura carbono, hidrogeno, nitrógeno, oxígeno y azufre (Shimada, 2009)

Las proteínas, están constituidas por una secuencia de más de 20 aminoácidos en distintas combinaciones y son las primordiales constituyentes celulares, la proteína de estos alimentos en el aparato digestivo se fragmenta en aminoácidos que son absorbidos y luego forman nuevas moléculas de proteínas. En los animales jóvenes las necesidades de proteínas y aminoácidos son proporcionalmente más elevadas, mientras que en el adulto disminuye paulatinamente a medida que aumenta la edad (Guillén, 2009).

La proteína bruta es la cantidad de nitrógeno de un alimento determinado por el método de Kjeldahl y multiplicado por 6,25 ( $100\text{g P} - 16\% \text{ es N: } 100/16 = 6,25$ ), es decir no solo se determina la proteína sino también compuestos nitrogenados (Ávila, 2011).

### **Extracto etéreo**

El extracto etéreo o grasa bruta se encuentra formado por lípidos y otras sustancias, que tienen en común ser solubles en ciertos solventes de las grasas, es el conjunto de sustancias de un alimento que se extraen con éter etílico (Hernández y Díaz, 2011).

Las grasas y aceites son la mezcla de triglicéridos homólogos y mixtos, que pueden ser extraídos por la acción de solventes orgánicos como, Éter, Acetona, Benceno y Hexano, la mayor parte de estos pigmentos separa, además de los triglicéridos los pigmentos vegetales como la clorofila, xantofila, carotenos, resinas y fosforina, por lo que las grasas y los aceites vegetales son muy importantes ya que forman parte de los tejidos animales y vegetales, constituyendo una importante fuente de energía (Ávila, 2011).

### **Fibra**

La fibra se encuentra constituida principalmente por lignina, celulosa y hemicelulosa formando parte de la estructura celular de los vegetales, el contenido de fibra en las raciones para cerdos debe ser bajos ya que actúan como disolvente de los nutrientes y aumentan la velocidad de pasaje por el tracto digestivo, reduciendo el tiempo de absorción de los nutrientes a nivel intestinal (Faner, 2007).

### **Extractos libres de nitrógeno**

Los carbohidratos son compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno con estructura de polihidroxialdehído o polihidroxiketona, son la fuente más abundante y accesible de alimentos en la naturaleza. Las unidades básicas de los carbohidratos son denominados monosacáridos, de los cuales existe una gran variedad y difieren entre sí de acuerdo al número de átomos de carbono y la ubicación de los átomos de H y O que se encuentran enlazados a los carbonos. Los 18 polímeros que contienen de dos a seis unidades monosacáridos se denominan oligosacáridos, y al enlazarse de manera ilimitada, dando paso a los polisacáridos, resaltando en este último grupo el almidón y la celulosa (Gil, 2010).

### **Energía bruta**

La energía es el calor producido por los alimentos, se puede obtener a través de alimentos ricos en lípidos y carbohidratos no estructurales. La energía en sí no se considera como nutriente, pero se libera a través de alimentos que contienen lípidos (grasas) y carbohidratos. La energía que tienen los alimentos y que ingresa al cerdo se llama Energía bruta (Bauza, González, Panissa, Petrocelli, y Miller, 2014)

Zambrano (1999) menciona que las necesidades energéticas diarias son proporcionadas por las grasas y los Hidratos de Carbono, por lo que las principales fuentes de energía son los cereales como maíz, sorgo, cebada, trigo y las grasas, siendo además muy digestibles y apetecibles por parte del cerdo.

### **1.7. Fermentación en estado sólido (FES)**

La fermentación en estado sólido (FES) es la transformación microbiológica sobre materiales sólidos, donde el contenido de líquido en el sistema esté al nivel correspondiente de la actividad del agua, que asegure el crecimiento y el metabolismo de los microorganismos, así como la formación de productos deseables, pero sin exceder la capacidad máxima de retención de agua de la sustancia sólida (Durand, Renaud, Almanza, Maratray y Díaz, 1993).

A través de las fermentaciones se puede variar la composición físico-química de algunos productos agrícolas y lograr nuevas opciones para la alimentación animal. Además, la práctica de procesos fermentativos permite mejorar la calidad de los subproductos agroindustriales. Con el uso de productos fermentados, se han obtenido buenos resultados en la alimentación de animales de interés zootécnico (Elías, Aguilera, Rodríguez y Herrera, 2009).

Las principales ventajas de los sistemas de fermentación en fase sólida, se refieren a que se requiere un capital de inversión bajo y energías simples a pequeña escala. Es aplicable en condiciones rústicas. Normalmente, el principal componente del medio es el agua y pueden adicionarse otros nutrientes como fuente de nitrógeno y sales. El proceso de FES, aparte de representar una ventaja para la producción de alimento animal, también representa un beneficio para el medio ambiente. Muchas industrias productoras de jugo, empresas empacadoras de frutas, empresas azucareras, por citar algunas, producen bagazos y productos de desecho, que pueden representar un foco de contaminación, por lo que estos productos son reutilizables de manera eficiente cuando son sometidos a una FES; de esta manera, se beneficia la alimentación animal y, además, se evitan fuentes de contaminación para el ambiente (Flores, Castillo y Sánchez, 2013).

Jatunov, Quesada, Díaz y Murillo (2010) y Quesada, Sorel, Navarro y Gómez (2011) han determinado que el contenido de carotenoides en frutos de chontaduro es muy variable de acuerdo con la región de origen, las condiciones de cultivo, el estado de maduración, el

tratamiento térmico aplicado, entre otros. Unido a los carotenoides, este fruto posee altos niveles de fibra, grasa, ocho aminoácidos esenciales, y bajo contenido de sodio y azúcares (Yuyama *et al.*, 2003).

(Becerra, 2006) menciona que la FES tiene como objetivo preservar o desarrollar nuevos alimentos a partir de la utilización de varios materiales carbohidratos mediante el uso de microorganismos. Las levaduras son microorganismos unicelulares de crecimiento vegetativo que, dependiendo de la especie, pueden utilizar compuestos como las pentosas, metil pentosas, alcoholes de azúcar, ácidos orgánicos, polisacáridos e incluso compuestos como el i-inositol y casi todas las especies, utilizan iones de amonio para la síntesis de proteína. Durante la FES de subproductos agroindustriales ricos en azúcares y celulósicos, la energía de esos carbohidratos y la urea como fuente de nitrógeno (N) son utilizados para el crecimiento de la micro flora epifita de los subproductos, duplicándose la biomasa en 5,2 minutos, lo que hace posible obtener un incremento en la población de levaduras y bacterias principalmente, sin la utilización de inóculo en el sistema (Valiño, Elías, Quintana y Montes de Oca, 1994).

### **1.7.1. Temperatura**

En los ensilados es muy habitual que, como consecuencia de la actividad metabólica de los microorganismos, se produzca un aumento de la temperatura en los fermentadores, especialmente en las zonas internas del sustrato. Este incremento térmico afecta directamente al crecimiento, germinación de las esporas y/o formación del producto. Por lo que es recomendable dotar a los fermentadores de mecanismos que permitan disipar el calor, siendo los más utilizados la inmersión en baños de agua o su instalación en habitaciones de temperatura controlada (Pastrana, 1996)

Antes de que comience la fase de fermentación activa, el oxígeno atrapado en el forraje envasado permite que los procesos biológicos y químicos consuman nutrientes y energía, llevando a la producción de agua, dióxido de carbono, calor y amoníaco libre, esto aumenta la temperatura del ensilaje y afecta negativamente al ensilado, tanto en términos de pérdida de calidad y temperaturas prolongadas por encima de 40 ° C pueden causar daño a las proteínas (desnaturalización), afectando la disponibilidad de AA en la alimentación de la mayoría de las leguminosas y forrajes (Borreani, Tabacco, Schmidt, Holmes y Muck, 2017).

### **1.7.2. pH**

Uno de los factores más críticos en los procesos fermentativos es el pH en estado sólido su seguimiento y control durante el transcurso de los cultivos es particularmente dificultoso. No obstante, los sistemas de fermentación en estado sólido suelen poseer una relativa estabilidad frente al pH. Ello es debido a la elevada capacidad tampón de los sustratos usuales, por lo que mediante el ajuste inicial del pH del sustrato es posible eliminar la necesidad de su control reduciendo la incidencia real de esta variable. Con todo, en ocasiones resulta conveniente realizar la humectación de los sustratos con soluciones tampón para evitar cambios de pH en áreas localizadas (Dunière, Sindou, Chaucheyras, Chevallier y Thévenot, 2013).

El pH es un indicador de la acidificación del medio y debe mantenerse entre 3,5 y 6,0 para favorecer el crecimiento de bacterias mesófilas (Elías, Lezcano, Lezcano, Cordero y Quintana, 1990).

### **1.8. Alimentación del cerdo en la etapa de recría**

Una correcta formulación de las dietas, así como la atención adecuada de las necesidades nutricionales para un óptimo crecimiento y desempeño productivo de los animales, ha incrementado su importancia en años recientes (NRC, 1998). En los sistemas de crianza porcino, una de las etapas de mayor cuidado es la de recría, puesto que existen muchos desafíos prácticos en cuanto a requerimientos nutricionales, así como también, por la limitada ingestión de alimento. Cuando los alimentos no cumplen con los requerimientos nutricionales establecidos para esta categoría se pueden producir trastornos digestivos, se reduce la altura de las vellosidades intestinales y aumenta el desafío por agentes patógenos. Los daños epiteliales intestinales se dan especialmente en las vellosidades de la mucosa; estructuras responsables de la absorción de nutrientes (Caldas, Kalinowski y Vílchez, 2007; Paramio *et al.*, 2012).

En los últimos años, a partir de los conocimientos generados en esos estudios, la industria ha desarrollado alimentos iniciadores de alta calidad para minimizar las alteraciones en un aparato digestivo poco desarrollado, estimular el consumo voluntario y disminuir el costo energético del proceso de adaptación pos destete en los lechones. Se recomienda que las raciones iniciadoras sean altamente digestibles para obtener un aprovechamiento lo más eficiente posible, y no poner en riesgo la salud y el desarrollo de los animales jóvenes (Souza, Mariscal, Escobar, Aguilera y Magné, 2012).



### **1.8.1. Requerimientos de nutrientes en cerdos de recría**

Los requerimientos nutricionales de los cerdos dependen de varios factores como genética, raza, sexo, etapa de desarrollo del animal, consumo de ración, nivel energético de la ración, disponibilidad de los nutrientes, temperatura ambiente, humedad del aire y estado sanitario del animal (Rostagno *et al.*, 2011).

Los cerdos necesitan varios elementos nutritivos como la energía, proteínas, minerales y vitaminas. El National Reserch Council (NRC) de 1998 manifiesta que los cerdos contienen entre un 48 y un 82% de agua dependiendo de su tamaño y el agua es necesaria para la mayoría de las reacciones bioquímicas corporales.

### **1.8.2. Digestibilidad aparente por el método de colecta total**

La digestibilidad facilita la comprensión de lo que ocurre con el alimento consumido vs el alimento que se ha excretado (Aparicio, 2016). La digestibilidad fecal aparente puede ser evaluada mediante la utilización de varios métodos, donde el más representativo es el de colección total de heces (método directo), en este método se utilizan jaulas metabólicas con dispositivos para separación de orina y heces para evitar la 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, Vrelabc, Curtisb y Ibarguengoytiabc, 2015).

## **CAPÍTULO III**

### **1.9. MATERIALES Y MÉTODOS**

## **1.10. Localización**

El trabajo de campo se realizó en las instalaciones de la granja “Agropecuaria Caicedo”, ubicada en la parroquia Tarqui, provincia de Pastaza, Ecuador. La zona tiene un clima semi-cálido o subtropical húmedo, con precipitaciones pluviales anuales entre 4000 y 4500 mm, humedad relativa media de 87% y temperatura mínima y máxima promedio de 20 y 28 °C. Se encuentra a una altitud de 900 msnm (INAMHI, 2014). La determinación de nutrientes se efectuó en el Laboratorio de Bromatología de la Universidad Estatal Amazónica.

## **1.11. 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 del 10 y 20% de chontaduro (*Bactris gasipaes* Kunth) fermentado en estado sólido sobre el aprovechamiento de los nutrientes en cerdos durante la recría.

## **1.12. Métodos de Investigación**

### **1.12.1. Elaboración de FES de chontaduro (*Bactris gasipaes*; *Kunth*)**

La preparación del fermentado en estado sólido (FES) se realizó con la drupa del chontaduro madura que por su apariencia física y tamaño no cumpla con las exigencias del mercado. Se obtuvo 100 kg de fruta madura procedente de la comunidad “Nuevos Horizontes” en el Km 22 vía Macas. Los frutos fueron lavados, extraídos la semilla y posteriormente molidos en forma fresca con un molino mixto, provisto de cuchillas y criba de 1.0 cm, para obtener un tamaño de partícula uniforme. La melaza, semita, sal mineral y el carbonato de calcio se compró en el comercial “Agropecuarios Jaramillo”. El yogur natural es 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 almacenará en una bolsa quintalera plástica, 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 chontaduro (*Bactris gasipaes* Kunth).

Tabla 2. Aporte de nutrientes de las materias primas.

<b>Materias primas</b>	<b>Aporte de Nutrientes, %</b>				
	<b>MS</b>	<b>PB</b>	<b>FB</b>	<b>EE</b>	<b>Cenizas</b>
Semita	90.90	9.10	8	3.5	4.8
Melaza	73.7	4.3	-	0.1	10.1
Sal Mineral	99	-	-	-	-
Carbonato de Calcio	99	-	-	-	-
Yogurt natural	11.5	3.50	-	1.80	-

Tabla 3. Formulación del ensilado de chontaduro (*Bactris gasipaes* Kunth)

<b>Materias primas</b>	<b>% de Inclusión</b>
Fruta de chontaduro picada	90
Semita	6
Melaza	2
Sal Mineral	0.5
Carbonato de Calcio	0.5
Yogurt natural	1

### **1.12.2. Análisis físico-químico de muestras de FES de chontaduro (*Bactris gasipaes* Kunth).**

#### **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  $\pm 0.5$  °C (Caicedo, 2013). Para la determinación del pH se utilizó extracto acuoso formado por una fracción de 25 g de ensilado y 250 ml de agua destilada (Cherney y Cherney, 2003).

#### **Análisis químico de muestras de ensilado y excretas**

Para el análisis químico 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 se utilizó 200 g de excreta de cada tratamiento. Se determinó: la materia seca (MS), fibra bruta (FB), cenizas, proteína bruta (PB), extracto etéreo (EE), extractos libres de nitrógeno (ELN) y energía bruta (EB) según los procedimientos de AOAC (2005).

### 1.12.3. Estudios de digestibilidad aparente en cerdos de recría.

Para el efecto se utilizaron 3 animales producto del cruzamiento alterno de razas (Landrace x Duroc x Pietrain) con un peso inicial de  $20 \pm 2$  kg. Los animales fueron ubicados en 3 jaulas metabólicas individuales, y se alimentaron con una dieta control T1 (dieta control); T2 y T3 (inclusión de 10 y 20 % de ensilado de chontaduro en la dieta). Las tres dietas ajustadas con 21 % de proteína cruda, y formuladas de acuerdo a las recomendaciones de (Rostagno *et al.*, 2011) (Tabla 3). Se ajustó el consumo de acuerdo al peso vivo y fueron alimentados una vez al día, a las 08:30 am, el agua estuvo disponible a voluntad. El experimento estuvo constituido por tres 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).

Tabla 4. Composición y aporte de las dietas experimentales.

Ingredientes, % en base seca	Niveles de inclusión de ensilado de chontaduro %		
	Control T1 (0)	T2 (10)	T3 (20)
Maíz amarillo	60	47	34
Concentrado Proteico	30	33	36
Fermentado de chontaduro	-	10	20
Semita	9.5	9.5	9.5
Sal Mineral	0.5	0.5	0.5
<b>Nutrientes calculados</b>			
EB, kcal/kg MS	3976.39	3898.25	3895.60
PB, %	21.29	21.24	21.44
FB, %	3.02	3.52	3.74

### 1.13. Diseño de la Investigación

Para analizar los datos de composición química: MS, MO, Cenizas, PB, FB, EE, ELN y EB, se utilizó estadística descriptiva y se determinó la media y desviación estándar. Para evaluar los indicadores de temperatura y pH se realizó análisis de varianza en un diseño completamente aleatorizado. Para analizar los coeficientes de digestibilidad aparente de la MS, MO, PB, FB, EE, ELN 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 versión 2012.

### **1.13.1. Factores de estudio de la digestibilidad aparente**

#### **Variables Dependientes.**

Temperatura y pH

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

#### **Variable Independiente.**

Niveles de inclusión de ensilado de chontaduro 10 y 20%.

### **1.14. Recursos Humanos y Materiales**

#### **Recursos Humanos:**

- Egda. Carolina Sócola
- Sr. Reynaldo Sócola
- Sra. Norma González
- Sr. Roberto Llinguin
- Kelly Sócola
- Egda Andrea Guamán
- Dr. C. Willan Orlando Caicedo, PhD

#### **Materiales de campo:**

- Frutos de chontaduro maduros
- Yogurt Toni S.A
- Semita
- Balanceado proteico
- Sal mineral
- Melaza
- Carbonato de calcio
- Picadora mixta provista de cuchillas y criba de 1 cm (TRAPPS)
- Fundas ziploc
- Tachos plásticos
- Balanza de precisión (GRAM)
- Jaulas metabólicas.

- Cerdos (raza Landrace x Duroc x Pietrain)

**Materiales de Laboratorio:**

- Termómetro (digital Martini 2012)
- pH metro digital (AZ-8685)
- Balanzas analíticas (OHAUS)
- Estufa de desecación (MEMMERT SFE700)
- Crisoles
- Bandejas plásticas
- Vasos de precipitación 25 -100 - 250cc
- Tubos de digestión (VIDAFROC)
- Mufla a 500 °C
- Vasos de precipitación Berzelius 600ml
- Aparato de digestión de Kjeldahl. (J.P. SELECTA)
- Balones de Kjeldahl 500cc.
- Erlenmeyer de 500cc.
- Probetas de 25 -100 - 250cc.
- Extractor de grasas Goldfish (EG 4000)
- Condensador (LABCONCO 3000100)

## **CAPÍTULO IV**

### **1.15. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En la Tabla 5 se observa el comportamiento de la temperatura del ensilado de chontaduro en los diferentes tiempos de conservación. La temperatura en los días: uno (23.83 °C) cuatro (23.74 °C) y ocho (24.55 °C) no presentaron diferencias significativas. El ensilado de chontaduro con respecto a la temperatura no presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en los días: uno (23.83 °C) y ocho (24.55 °C), sin mostrar diferencias con el día cuatro (23.74 °C), y difirieron significativamente del día quince (23 °C).

Tabla 5. Comportamiento de la temperatura del ensilado de chontaduro.

Días	Día 1	Día 4	Día 8	Día 15	EE $\pm$	P valor
Temperatura	23.83 <sup>a</sup>	23.74 <sup>ab</sup>	24.55 <sup>a</sup>	23 <sup>b</sup>	0.18	0.0024

<sup>a,b</sup>Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

En este estudio, los mayores valores de temperatura presentaron los días uno y ocho, esto se debe probablemente a la actividad bacteriana (Sánchez, Ochoa, Peña, y López, 2018), algunos de estos microorganismos son beneficiosos, al acidificar la masa de la materia seca (disminuye el pH) y desarrollarse en ausencia de aire (anaerobiosis) (Mier, 2009), estos microorganismos a consecuencia de la actividad metabólica producen una elevación de la temperatura en los fermentadores (Peláez *et al.*, 2008), especialmente en las zonas internas del sustrato (Dalsenter, Viccini, Barga, Mitchell, y Krieger, 2005). Este incremento térmico puede afectar directamente al crecimiento, germinación de las esporas y/o formación del producto (Borreani, Tabacco, Schmidt, Holmes, y Muck, 2017). En este sentido, es conveniente dotar a los fermentadores de mecanismos que permitan disipar el calor, para mantener una temperatura interna estable (Mejía, 2017).

Por otra parte, Castillo y Barrera (2013) afirman que en la FES la temperatura óptima depende de los microorganismos que se desee desarrollar en el proceso, por lo general el rango óptimo se encuentra entre 20°C a 40°C para el crecimiento de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae* y *Candida utilis*) y para las bacterias ácido lácticas (BAL) es de 30 °C (Caicedo, Moyano, Valle, Díaz, Caicedo, 2019). Al respecto, las temperaturas del ensilado de chontaduro se reportan adecuadas para el crecimiento de estos microorganismos.

En la Figura 1 se observa el comportamiento del pH del ensilado de chontaduro. El valor del pH del día uno (5.33) difirió significativamente ( $p < 0.05$ ) de los días cuatro (4.4), ocho (4.13) y quince (4.39).

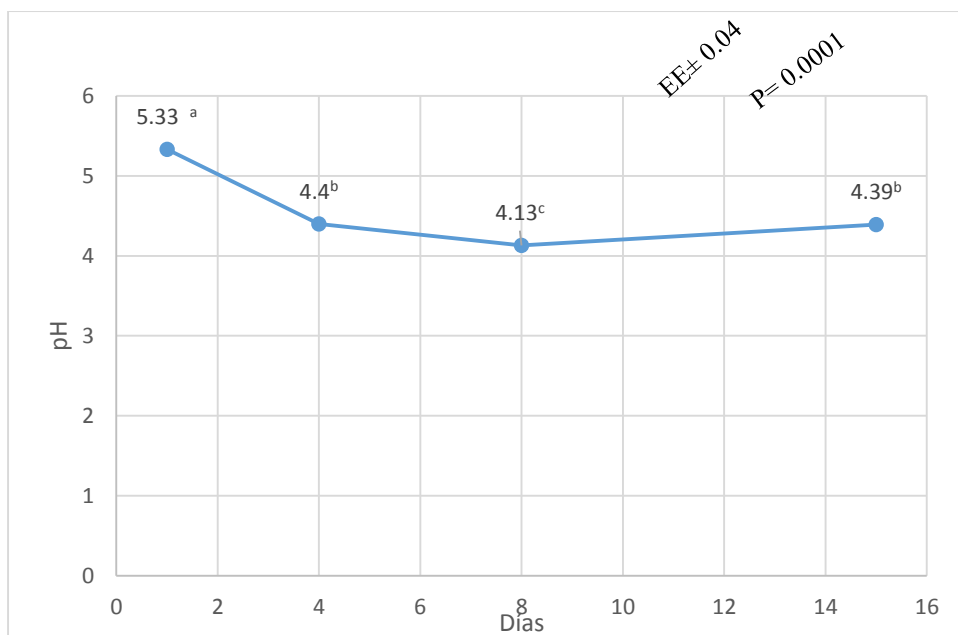


Figura 1 Comportamiento del pH del ensilado de chontaduro.

El mayor valor de pH se obtuvo al inicio de la fermentación en el día 1, el cual se debe a que en un inicio hay poca colonización de las bacterias ácido láctico con la consiguiente menor producción de ácido láctico (Wanga, Muhammada, Liua, Huangb y Cao, 2016). El pH es uno de los factores más críticos en los procesos de fermentación ya que influye directamente sobre la calidad del ensilado (Borreani *et al.*, 2017). Los diferentes tipos de microorganismo poseen un rango de pH adecuado para su crecimiento y actividad, normalmente los hongos tienen un mejor crecimiento en sustratos con un rango de 3.5 a 6, las levaduras entre 4.5 a 7 y las bacterias lácticas por debajo de 5 (Ramírez, Ulloa, Velázquez, Ulloa y Arce, 2011). Diferentes estudios señalan que el pH se debe estabilizar dentro de las primeras 96 horas de fermentación para no tener afectación sobre la degradación de la materia seca y conservar el producto por largo tiempo (Borras, Valiño y Rodríguez, 2017).

Entre el día cuatro y 15 el pH se mantuvo estable, esto se debe a la acción de las bacterias ácido lácticas (BAL) que producen ácido láctico, el cual permite mejorar el proceso de fermentación y conservación del ensilado (Parra, 2010). En este sentido, Triana, Leal, Campo y Lizcano (2014) mencionan que la principal función de las BAL es la producción de ácidos orgánicos que son los responsables de la correcta fermentación del ensilado y se encuentra estrechamente relacionado con el descenso del pH (Ramírez *et al.*, 2011; Salgado, Aranda, Georgana y Ramos, 2012).



Por otra parte, Holguín, Caicedo y Veloza (2009) y Ruvalcaba, Arteaga, Domínguez, Salazar, Martínez y Delgado (2019) afirman que la utilización de BAL en ensilajes es una estrategia buena para disminuir la presencia microbiana indeseable como: Coliformes, Clostridium, Escherichia coli que afectan la inocuidad del ensilado. Al mismo tiempo, estos microorganismos pueden provocar enfermedades a los animales que consumen estos alimentos (Dunière, Sindou, Chaucheyras, Chevallier y Thévenot, 2013).

El ensilado de chontaduro presentó alto contenido de MS, MO, PB, EE, ELN y EB, y bajos niveles de FB y cenizas (Tabla 5).

Tabla 6. Composición química del ensilado de chontaduro.

<b>Nutrientes</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>
MS, %	39.79	0.01
MO, %	95.31	0.07
PB, %	6.89	0.10
EE, %	11.08	0.62
FB, %	3.64	0.55
ELN, %	73.68	1.39
Cenizas, %	4.69	0.07
EB, kcal/kg MS	4290.39	1.65

### **Materia Seca**

En este estudio el contenido de materia seca fue alto. Al respecto, (Tomich, Gonçalves, Maurício, Pereira y Rodríguez, 2003) sugieren que un ensilado de excelente calidad debe contener un valor de MS que oscile entre 35 a 40%. En otros estudios con ensilados de subproductos agrícolas; papa (61.7%), zanahoria (56%), tubérculos de papachina (64.37%) encontraron mayor contenido en relación al obtenido en el presente estudio (Borras, Iglesias y Saavedra 2015; Fonseca, Saavedra y Rodríguez, 2018; Caicedo, Moya, Tapuy, Caicedo y Pérez, 2019), esto se debe principalmente a la mayor inclusión de material secante (salvado de trigo, polvillo de arroz) que utilizaron en estos estudios, al respecto, estos subproductos poseen un alto tenor de materia seca (Borras, Valiño y Elías, 2017).

### **Proteína**

La proteína del fermentado en estado sólido del fruto de chontaduro posee un 6.89% comparando con la proteína del fruto en estado natural que es de 5.4% (Leterme *et al.*, 2005). El mayor valor de PB registrado en el FES de chontaduro se debe al incremento de la proteína unicelular (Han, Ujor, Lai, Gopalan y Ezeji, 2013; Borrás, Iglesias y Saavedra, 2015). En otras investigaciones con FES, Espinoza y Montiel (2016) en ensilado de caña obtienen (17-21% PB) y Borrás *et al.* (2015) en ensilado de papa reportaron (19.09% PB), y concluyeron que este incremento se debió a la adición de nitrógeno no proteico (NNP).

## **EE**

El contenido de extracto etéreo del ensilado de chontaduro fue alto (11.8%) en comparación a otras investigaciones como ensilajes en banano orito maduro (0.72%), papa (0.28%), zanahoria (3.5%) (Moyano, 2014; Casanova, 2014; Fonseca, Saavedra y Rodríguez, 2018). El contenido de EE está relacionado con la composición de la grasa que posee el alimento (Espitia, Pardo, y Montalvo, 2013) y la fruta de chontaduro posee un tenor considerable de EE.

## **FB**

El contenido de fibra del presente estudio fue bajo (3.64%) en relación a otros estudios como en papa (17.6%) Moyano (2014) y zanahoria (59.9%) Fonseca *et al.* (2018) quienes han obtenido un incremento en el contenido de FB debido probablemente a un aumento en el porcentaje de material secante (Hernández, 2010). La fibra del ensilado obtenido en este estudio se encuentra óptimo para uso en cerdos (Rostagno *et al.*, 2011).

## **ELN**

Con respecto al contenido de extractos libres de nitrógeno en el ensilaje fue alto (73.68%), el cual se relaciona con la cantidad de carbohidratos que posee la materia prima, los mismos que pueden servir como fuente inicial de energía para el crecimiento de las BAL (Parra, 2010; Espitia, Pardo y Montalvo, 2013).

## **Cenizas**

El ensilado presentó un apreciable tenor de ceniza (4.69%), el cual es superior a la fruta en estado natural (1.8%) (Leterme *et al.*, 2005). Por otra parte, Fonseca, Saavedra y Rodríguez, (2018) mencionan que este cambio puede deberse a la inclusión de carbonato de calcio.

## **EB**

El valor de la energía bruta del ensilado de chontaduro fue alto (4290.39 kcal/kg MS), superando ampliamente a la papa china (4058 kcal/kg MS) Caicedo *et al.* (2017) y raíz de yuca sin ensilar (3937.7 kcal/kg MS) y ensilada (3747.2 kcal/kg MS) Olufunke y Ogugua (2013). Sin embargo, fue superado por el ensilado de maíz (4343 kcal/kg MS) Coelho y Massamitu (2006). En este sentido, hay que señalar que el maíz es el producto energético de excelencia para elaborar las dietas alimenticias para los animales (Jobim, Cecato y Canto, 2001).

En la Tabla 7 se presenta los resultados de los coeficientes de digestibilidad aparente de la MS, MO, FB, EE, ELN y EB del ensilado de chontaduro. En relación a la digestibilidad aparente de la MS (91.76%), MO (83.95%), PB (93.33%), ELN (93.70%) y EB (92.55%), el tratamiento T2 difirió significativamente ( $p < 0.05$ ) de los tratamientos T1 y T3. En relación al aprovechamiento de la FB no hubo diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos T1 (77.08%) y T2 (75.01%) los cuales difirieron de T3 (67.71%).

Tabla 7. Digestibilidad de nutrientes de la dieta con inclusión de ensilado de chontaduro.

Nutrientes	Tratamientos, %			EE±	P Valor
	T1	T2	T3		
MS, %	90.50 <sup>c</sup>	91.76 <sup>a</sup>	91.00 <sup>b</sup>	0.01	0.0001
MO, %	68.90 <sup>c</sup>	83.95 <sup>a</sup>	74.35 <sup>b</sup>	0.09	0.0001
PB, %	91.73 <sup>c</sup>	93.33 <sup>a</sup>	92.23 <sup>b</sup>	0.04	0.0001
EE, %	83.44 <sup>b</sup>	87.36 <sup>a</sup>	83.89 <sup>b</sup>	0.37	0.0006
Fibra, %	77.08 <sup>a</sup>	75.01 <sup>a</sup>	67.71 <sup>b</sup>	0.73	0.0002
ELN, %	91.33 <sup>b</sup>	93.70 <sup>a</sup>	93.19 <sup>a</sup>	0.16	0.0001
EB, %	90.34 <sup>c</sup>	92.55 <sup>a</sup>	91.55 <sup>b</sup>	0.12	0.0001

<sup>a, b, c</sup> Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

La digestibilidad de la materia seca fue alta al incluir 10 y 20% de ensilaje de chontaduro en la dieta de los cerdos. Resultados similares han sido reportados por Caicedo *et al.* (2019) con FES de papa china, el cual obtuvo un aprovechamiento de MS (90.19%), así también en otro estudio realizado por Caicedo *et al.* (2018) con harina de tubérculo de taro obtuvieron altos aprovechamientos de la MS (88.77%) y con ensilaje líquido de taro, Caicedo *et al.* (2017) obtuvieron valores de MS (91.20%). López, Sánchez y Rosas (2006) señalan que, para obtener un alto aprovechamiento de la materia seca de productos y subproductos de origen vegetal, se

deben realizar diferentes procesos, como la fermentación, cocción y el secado, para optimizar el aprovechamiento de estos alimentos.

En la materia orgánica la digestibilidad aparente fue alta con la inclusión del 10 y 20%. Esto se debe probablemente a que este alimento posee un alto tenor de componentes solubles como la proteína, grasa y carbohidratos (Caicedo *et al.*, 2017).

En la digestibilidad aparente de la proteína se obtuvieron los mejores valores en los tratamientos 2 y 3. Cifras similares han sido reportadas por Caicedo *et al.* (2019) en el FES de papachina quienes obtuvieron un aprovechamiento de PB (87.65%), así también en otro estudio realizado por Caicedo *et al.* (2018) con harina de tubérculo de taro obtuvieron altos aprovechamientos de la PB (91.80%). Diferentes estudios señalan que los altos coeficiente de digestibilidad aparente en proteína se asocia con la proteína unicelular (bacterias, levaduras, hongos) que son consumidos por los animales en las dietas (Crueger y Crueger, 2000). En este sentido, Wang (2013) señala que la proteína unicelular presenta una composición similar de aminoácidos con las harinas de pescado y soya.

En el extracto etéreo los tratamientos 2 y 3 obtuvieron los mayores valores de digestibilidad aparente. Mateos, Rebollar y Medel (1996), manifiestan que la digestibilidad de grasas y aceites en cerdos varía de 20% a 90% y depende de la composición de las dietas.

Por otra parte, con relación al aprovechamiento de fibra, se observó que, a mayor inclusión de ensilado de chontaduro, disminuyó el aprovechamiento de la misma, lo cual se debe probablemente a la falta de enzimas de los cerdos en la etapa de recría para aprovechar la fibra (García *et al.*, 2012). En este sentido, Martínez, Ayala y Castro (2004) indican que en la etapa de recría hay poco desarrollo digestivo y los animales no están fisiológicamente preparados para aprovechar la fibra eficientemente. Sin embargo, la inclusión de hasta 20% de ensilado de chontaduro no afectó la digestibilidad de los demás nutrientes. Al respecto, Bertechini (2013) manifiesta que en la etapa de recría se tolera hasta un 5% de fibra sin causar efecto negativo sobre el comportamiento productivo de los animales, en este estudio las dietas empleadas no superaron el 3.79% de fibra.

La digestibilidad de los ELN más altos se obtuvo en la inclusión del 10 y 20% de ensilado. Esto se debe a que los ELN se relacionan con el contenido de carbohidratos de fácil asimilación que posee el alimento (Lapis *et al.* 2017).

En la digestibilidad aparente de la energía bruta los valores más altos que se obtuvieron fueron en los tratamientos 2 y 3. Ly *et al.* (2014) y Caicedo *et al.* (2017) manifestaron que la digestibilidad aparente de la energía bruta es superior a 85% cuando esta es sometida a algún procesamiento, como el secado, la cocción y la fermentación, en el presente trabajo se obtuvieron valores mayores a 90.34%.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **1.16. Conclusiones**

- El comportamiento de la temperatura y pH del ensilado de chontaduro se encuentra dentro de los rangos óptimos para una buena preservación y conservación del ensilado por tiempo prolongado.
- El ensilado del fruto de chontaduro contiene un buen nivel de materia seca, materia orgánica, proteína bruta, extracto etéreo, extractos libres de nitrógeno, energía bruta, y bajo tenor de fibra bruta y ceniza, convirtiéndolo en un alimento de apreciable calidad nutricional para su uso en cerdos en la etapa de recría.
- La utilización de ensilaje de chontaduro al 10 y 20% no afectó la digestibilidad de la MS, PB, MO, EE y EB en la dieta de los cerdos en la etapa de recría, siendo la inclusión del 10% de ensilaje de chontaduro el que obtuvo el mejor comportamiento.

### **Recomendaciones**

- Se recomienda realizar más trabajos de investigación sobre el estudio de inclusión de ensilaje de chontaduro en las restantes categorías porcinas.
- Se recomienda que para próximos trabajos en dietas para cerdos con inclusión de chontaduro realizar un análisis previo acerca de los taninos de la fruta.

## **CAPÍTULO VI**

### **1.17. BIBLIOGRAFÍA**

AOAC. (2005). Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th Edition, 2005. Association of Official Chemists, Washington, DC. USA.

- Aparicio, G. (2016). Calidad nutricional y digestibilidad *in vitro* del nopal (*Opuntia rastrera*) y maguey (*Agave salmiana*). (Tesis). Buena Vista – Saltillo, México. P, 34.
- Ávila, S. (2011) Alimentación animal. Facultad de Ciencias Agrícolas. Escuela de Ingeniería Agronómica. Universidad Central Del Ecuador. 19-23.
- 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. *Agro ciencia Uruguay*, 20(1): 79-89.
- Bauza, R., González, A., Panissa, G., Petrocelli, H., y Miller, V. (2014). Evaluación de dietas para cerdos en recría incluyendo forraje y suero de queso. *Revista Argentina de Producción Animal*, 25(1-2), 11-18.
- Becerra, A. (2006). Aprovechamiento de subproductos de manzana mediante la producción de proteína microbiana con fermentación en estado sólido para la alimentación animal. [Tesis Doctoral]. México: Universidad Autónoma de Chihuahua. P, 85.
- Bertechini, A. (2013). Nutrición de monogástricos. 2º Edición Revista. MG, Brasil: Editora UFLA. 373 p.
- Borras, L., Iglesias, A. y Saavedra, G. (2015). Evaluación de la dinámica de conservación del producto final de un alimento obtenido por fermentación en estado sólido de la papa. *Ciencia y Agricultura*, 12 (1), 73-82.
- Borrás, L., Valiño, E. y Rodríguez, C. (2017). Preparado microbiano con actividad ácido láctica como acelerante biológico en los procesos de fermentación para alimento animal. *Revista Ciencia y Agricultura Tunja (Boyacá) – Colombia*, 14 (1): 7-13.
- Borrás, L., y Valiño, E. y Elías, A. (2017). Evaluación del efecto de la inclusión de materiales fibrosos en la fermentación en estado sólido de residuos pos cosecha de papa (*Solanum tuberosum*) inoculado con preparado microbial. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 18 (8), 1-16.
- Borreani, G., Tabacco, E., Schmidt, R., Holmes, B. y Muck, R. (2017). Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *J. Dairy Sci*, 101(5): 3952–3979 <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13837>.
- Brizuela, M., Antigua, M., Contreras, R., Saucedo, G. y Viniegras, G. (1998). “Enriquecimiento proteico de residuos de cosecha cañera por FES con hongos filamentosos”, *LABORAT – acta*, 10(3): 44-51.
- Caicedo, WO. (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. 60p.
- Caicedo, W., Moya, C., Tapuy, A., Caicedo, M. y Pérez, M. (2019). Composición química y digestibilidad aparente de tubérculos de taro procesados por fermentación en estado sólido (FES) en cerdos de crecimiento. *Rev Inv. Vet Perú*, 30(2): 580-589 <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i2.16078>.

- Caicedo, W., Moyano, J., Díaz, L., Caicedo, M. (2019). Calidad fermentativa de ensilajes líquidos de chontaduro (*Bactris gasipaes*) tratados con yogur natural, suero de leche y melaza. *Rev Inv. Vet Perú*; 30(1): 167-177.
- Caicedo, W., Rodríguez, R., Lezcano, P., Ly, J., Vargas, J., Uvidia, H., Samaniego, E., Valle, S. y Flores, L. (2017). Digestibilidad rectal de nutrientes en cerdos de crecimiento ceba, alimentados con ensilaje de taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott). *Cuban Journal of Agricultural Science*, 51(3): 339-340.
- Caicedo, W., Sánchez, Tapuy, A., Vargas, J.C. Samaniego, E. Valle, S. Moyano, J. y Pujapat, D. (2018). Digestibilidad aparente de nutrientes en cerdos de ceba (Large white x Duroc x Pietrain), alimentados con harina de taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott). *Cuban Journal of Agricultural Science*, 52(2): 3-4.
- Caldas, J., Kalinowski, J. y Vílchez, C. (2007). Evaluación de tres productos comerciales de levadura en lechones durante la etapa de recría. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina, 68(1): 158 –163.
- Casanova, C. (2014). Caracterización del racimo de banano “criollo” dividido en sectores mediante análisis físico químico y nutricional para la obtención de compota. Tesis de Grado. UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO. 73:74.
- Castillo, C. y Barrera, R. (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, Ciudad Juárez, Chihuahua, 10(1): 85 p.
- Cherney, J. y Cherney, D. (2003). Assessing silage quality. In: Buxton DR, Muck RE, and Harrison JH. *Silage science and technology*, Wisconsin, USA: American Society of Agronomy. 141-198.
- Coelho, M. y Massamitu, W. (2006). Ensilado de maíz en dietas para postlarva de camarón de agua dulce *Macrobrachium rosenbergii*. *Invest. Mar.*, Valparaíso, 34(2): 57-61.
- Crueger, W. y Crueger, A. (2000). *Biología: Manual de Microbiología Industrial*. Zaragoza, España: Acribia, 413 p.
- Dalsenter, F., Viccini, G., Barga, M., Mitchell, D. y Krieger, N. (2005). A mathematical model describing the effect of temperature variations on the kinetics of microbial growth in solid-state culture. *Process Biochemistry*, 40 (2), 801–807. doi: 10.1016/j.procbio.2004.02.007.
- Dunière, L., Sindou, J., Chaucheyras, F., Chevallier, I. y Thévenot, D. (2013). Silage processing and strategies to prevent persistence of undesirable microorganisms. *Animal Feed Science and Technology*, 182 (1):1-15.
- Durand, A., Renaud, S., Almanza, J., Maratray, M., Díez, M y Desgranges, C. (1993). Solid State Fermentation Reactors: from Laboratory Scale to Pilot Plant. *Rev. Biotech. Adv.*, 11 (3): 591-593.



- Echeverría, J., López, P. y Mato, S. (2003). Alternativas para la alimentación animal utilizando fermentación en estado sólido. *Revista Avanzada, Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar*, 6 (1): 1-11.
- Elías, A., Aguilera, L., Rodríguez, Y. y Herrera, F. (2009). Inclusión de niveles de harina de granos de *Canavalia ensiformis* en la fermentación de la caña de azúcar en estado sólido (*sachanavalia*), en: *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 1 (43): 51-54.
- Elías, A., Lezcano, P., Lezcano, J., Cordero, A. y Quintana, L. (1990). Reseña descriptiva sobre el desarrollo de una tecnología de enriquecimiento proteínico en la caña de azúcar mediante fermentación sólida (*Saccharina*). *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 24(1), 1-12.
- Espinoza, J. y Montiel, J. (2016) Fermentación en estado sólido de *Saccharum officinarum* con diferentes niveles de inclusión de follaje fresco de *Moringa oleifera*. Universidad nacional agraria facultad de ciencia animal, Managua Nicaragua. (Trabajo de graduación) 11-12p.
- Espitia, P., Pardo, Y. y Montalvo, A. (2013). Características del análisis proximal de harinas obtenidas de frutos de plátanos variedades papocho y pelipita (*Musa ABB Simmonds*). *Acta Agron.* 62:189-195.
- Faner, C. (2007). Utilización de pastura de alfalfa y trébol blanco en la alimentación porcina. Actualización sobre aspectos productivos y de comercialización en el sector porcino. Universidad Católica de Córdoba, Argentina. 1-6p.
- Flores, E., Castillo, Y. y Sánchez, C. (2013). Fermentación en estado sólido (fes) de subproductos agroindustriales como alternativa para obtener alimento animal. Ciudad Juárez, Chihuahua: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, (Textos universitarios, Serie docencia) Primera edición. P, 53-59.
- Fonseca, D., Saavedra, G. y Rodríguez, C. (2018). Elaboración de un alimento para ganado bovino a base de zanahoria (*Daucus carota* L.) mediante fermentación en estado sólido como una alternativa eco eficiente. *Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas*, 12 (1): 175-182.
- García, A., De Loera, Y., Yagüe, A., Guevara, J. y García, C. (2012). Alimentación práctica del cerdo. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 6(1):21-50.
- Gil, A. (2010), Tratado de Nutrición. Tomo II: Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos, 2ª edición, Editorial Panamericana, España. 812p.
- Godoy, S., Pencue, L., Ruiz, A., y Montilla, D. (2007). Clasificación automática del chontaduro (*Bactris gasipaes*) para su aplicación en conserva, mermelada y harinas. *Revista Facultad de Ciencias Agrarias*, 5(2), 137-146.
- Granados, S., y López, R. (2002). Manejo de la palma de coco (*Cocos nucifera*) en México. *Revista Chapingo*, 8(1), 39-48.
- Guillen, V. (2009). Estructura y Propiedades de las Proteínas. Obtenido de [http://www.uv.es: http://www.uv.es/tunon/pdf\\_doc/proteinas\\_09.pdf](http://www.uv.es: http://www.uv.es/tunon/pdf_doc/proteinas_09.pdf). 34p

- Han, B., Ujor, B., Lai, V., Gopalan, A. y Ezeji, C. (2013). Use of proteomic analysis to elucidate the role of calcium acetate- butanol-ethanol fermentation by *Clostridium beijerinckii* NCIMB 8052. *Appl. Environ. Microbiol.* 79(1), 282-293. Doi: 10.1128/AEM.02969-12.
- Hernández, S. (2010). Importancia de la fibra en la alimentación de los bovinos [Tesis de grado]. México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 51 p.
- Hernandez, R. y Diaz, T. (2011). Las grasas sobrepasantes y su efecto sobre la actividad productiva y reproductiva en ruminantes. *Innovación y Tecnología de la ganadería doble propósito*, Venezuela, capítulo 30. 333-343.
- Holguín, S., Caicedo, L. y Veloza, L. (2009). Estabilidad de almacenamiento de ensilados biológicos a partir de residuos de pescado inoculados con bacterias ácido-lácticas *Rev. Med. Vet. Zoot.*, 56: 95-104.
- INAMHI Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2014). Anuario Meteorológico. Quito, Ecuador. 28 p. [Internet]. Available in: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wpcontent/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202011.pdf>.
- Jatunov, S., Quesada, S., Díaz, C. y Murillo, E. (2010). Carotenoid composition and antioxidant activity of the raw and boiled fruit mesocarp of six varieties of *Bactris gasipaes*. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 60(1), 99-104.
- Jobim, C., Cecato, U. y Canto, M. (2001). Utilização de silagem de grãos de cereais na alimentação animal. En: *Simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas*. Maringá, Paraná, Anais. Maringá: UEM/CCA/DZO, 1: 146-176.
- Lapis, T., Penner, M., Balto, A. y Lim. (2017). Oral digestion and perception of starch: effects of cooking, tasting time, and salivary  $\alpha$ -amylase activity. *Chem senses*, 42(8): 635-645.
- Leterme, P., García, M., Londoño, A., Rojas, M., Buldgen, A. y Souffrant, W. (2005). Chemical composition and nutritive value of peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) in rats. *J. Sci. Food Agric.*, 85:1505-1511.
- Llangari, J. (2005). Calidad nutritiva, energía metabolizable y energía neta de lactancia de la morera según estado fenológico de los ovinos. Tesis de grado. Universidad Politécnica de Chimborazo, Riobamba. 29-52.
- Llop, C. (2016). Utilización de productos agros industriales en la alimentación líquida para cerdo de engorde. (Tesis doctoral). Universidad Autónoma de Barcelona. Bellaterra-España. 179pp.
- López, J., Sánchez, D. y Rosas, J. (2006). Analysis of free amino acid in fermented shrimp waste by high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A.*, 1105(1): 106-110.
- Ly, J., Almaguel, R., Ayala, L., Lezcano, P., Romero, A. y Delgado, E. (2014). "Digestibilidad rectal y ambiente gastrointestinal de cerdos jóvenes alimentados con dietas de levadura

- torula. Influencia de la fuente de carbohidratos". Revista Computadorizada de Producción Porcina, 21(3): 134–139, ISSN: 1026-9053.
- Martínez., Ayala, L., y Castro. (2004). La fibra en la alimentación. Rvta. Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA) del cerdo: 19-20.
- Mata, J., Macé, S. y Llabrés, P. (2000). Anaerobic digestion of organic solid wastes. An overview of research achievements and perspectives. *Bioresource Technology*. 74(1):3-16.
- Mateos, G., Rebollar, P., y Medel, P. (1996). Utilización de grasas y productos lipídicos en alimentación animal: grasas puras y mezclas. Universidad Politécnica de Madrid. 12(1) 1-18.
- Mejia, W.A. (2017). Fermentación en estado sólido de *Saccharum officinarum* con follaje de *Moringa oleífera* para alimentación porcina. (Tesis de maestría). Universidad nacional agraria facultad de ciencia animal departamento sistemas integrales de producción animal, Managua, Nicaragua. 10-11pp.
- Mena, C. (2013). Procesos fermentativos, disponible en: <http://es.scribd.com/doc/15762395/Procesos-Fermentativos>, consultado mayo 2019, P 1-74.
- Mier, M. (2009). Caracterización del valor nutritivo y estabilidad aeróbica de ensilados en forma de microsilos para maíz forrajero. Trabajo de maestría. Universidad de Córdoba, Departamento de nutrición animal. 8-12pp.
- Moyano, M. (2014). Fermentación en estado sólido (fes) de la papa (*Solanum tuberosum*), como alternativa tecnológica para la alimentación animal. Tesis previa a la especialización en nutrición animal sostenible. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (Unad), Tunja, 10-11 p.
- NRC. National research council. Nutrient requirement tables. (1998). Chapt 10. In: Nutrient Requirement of Swine. 10th rev. Ed. National Academy Press, Washington. 110-123 pp.
- Olufunke, O. y Ogugua, C. (2013). Solid State Fermentation of Cassava Peel with *Trichoderma viride* (ATCC 36316) for Protein Enrichment. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Nutrition and Food Engineering, 7 (3): 205-207.
- Onteru, S., Ampaire, A., y Rothschild, M. (2010). Biotechnology developments in the livestock sector in developing countries. *Biotechnol Genet Eng Rev.*, 27: 217-228.
- Ordoñez, S., Pinzon, Z., y Gonzalez, S. (2015). Optimization of ultrasonic-assisted extraction of total carotenoids from peach palm fruit (*Bactris gasipaes*) by-products with sunflower oil using response surface methodology. *Ultrasonics Sonochemistry* 27, 560-566.

- Paramio, T., Manteca, X., Milan, M., Piedrafita, J., Izquierdo, M., Gasa, J., Mateu, E. y Pares, R. (2012). Manejo y producción de porcino. Departament de Ciència Animal i dels Aliments Unitat de Ciència Animal Facultat de Veterinària UAB, 1-48pp.
- Parra, R. (2010). Bacterias Ácido Lácticas: papel funcional en los alimentos. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 8 (1): 1-16.
- Pastrana, L. (1996). Fundamentos de la fermentación en estado sólido y aplicación a la industria Alimentaria. Ciencia y Tecnología Alimentaria. 1(3):4-12.
- Peláez, A., Meneses, M., Miranda, L., Megías, M., Barcena, R., y Loera, O. (2008). Ventajas de la fermentación sólida con *Pleurotus sapidus* en ensilajes de caña de azúcar. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chapingo. Km 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Texcoco. Estado de México. México. 56235. Arch. Zootec. 57 (217): 25-33.
- Perea, M., Martínez, G., Medina, H., y Hinestroza, L. (2013). Bromatological characterization plants species and by products in the humid tropic of Colombia. *Acta Agronómica*, 62(4), 326-332.
- Pinzon, Z., Zapata, H., y Ordoñez, S. (2015). Análisis de los parámetros de color en salchichas Frankfurt adicionadas con extracto oleoso de residuos de chontaduro (*Bactris gasipaes*). *Información Tecnológica*, 26(5), 45-54.
- Quesada, G.; Sorel, G.; Navarro, L. y Gómez, G. (2011). Carotenoids composition, antioxidant activity and glycemic index of two varieties of *Bactris gasipaes*. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 23 (6), 482-489.
- Rachuonyo, 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. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias Mérida*, 6 (2): 119-136.
- Ramírez, J., Ulloa, P., Velázquez, M., Ulloa, J., y Arce, R. (2011). Bacterias lácticas: importancia en alimentos y sus efectos en la salud. Microorganismos pueden provocar enfermedades a los animales que consumen estos alimentos, 2 (7): 1-16.
- Restrepo, O., Vinasco, L., y Estupiñan, J. (2012). Estudio comparativo del contenido de ácidos grasos en 4 variedades de chontaduro (*Bactris gasipaes*) de la región del Pacífico colombiano. *Revista de Ciencias*, 16: 123-129.
- Rostagno, H., Teixeira, L., Donzele, L., Gomes, P., Oliverira, R., Lopez, D., Ferreira, A., Toledo, S. y Euclides, R. (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.
- Ruvalcaba, J., Arteaga, R., Domínguez, G., Salazar, A., Martínez, M. y Delgado, R. (2019). Uso De Bacterias Ácido Lácticas Para Descontaminación De Estiércol Porcino Mediante Ensilaje Experimental. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 35 (1) 247-257, Doi: 10.20937/Rica.2019.35.01.18.

- Salgado, S., Aranda, E., Georgana, E. y Ramos J. (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*, 46(2): 159-163.
- Sánchez, H., Ochoa, G., Peña, P. y López, A. (2018). Evaluación productiva de *Capra hircus* alimentados con ensilado de cascarilla de arroz y *Opuntia ficus*. *Revista de Investigación Científica Universidad Nacional de Tumbes, Perú*. Manglar 15(1): 3-18.
- Shimada, A. (2009) *Nutrición animal*, 2da edición, México, Trillas. (pp. 18, 21, 27, 32, 236).
- Souza, T., Mariscal, L., Escobar, G., Aguilera, B., y Magné, B. (2012). Cambios nutrimentales en el lechón y desarrollo morfo fisiológico de su aparato digestivo. *Veterinaria México*, 43(2), 155-173.
- Tomich, T., Gonçalves, L., Maurício, R., Pereira, L. y Rodríguez, J. (2003). Composição bromatológica e cinética de fermentação ruminal de híbridos de sorgo com capim-sudão. *Escola de Veterinária da UFMG - Belo Horizonte, MG Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 55 (6): 747-755.
- Triana, E., Leal, F., Campo, Y., Lizcano, H. (2014). Evaluación de ensilaje a partir de dos subproductos agroindustriales (cascara de naranja y plátano de rechazo para alimentación de ganado bovino. *Revista Alimentos Hoy*, 22 (31): 37-43.
- Valiño, E., Elías, A., Álvarez, E., Quintana, M. y Montes de Oca, N. (1994). Composición de especies de bacterias aisladas del proceso de obtención de la Saccharina. II. Bacterias gram positivas. *Revista Cubana Ciencias Agrícolas*. 28(1): 75-80.
- Vargas, G., y Arguelles, J. (2000). Clasificación y caracterización de veinte razas de palma de chontaduro (*Bactris gasipaes* H.B.K.) de acuerdo con las propiedades fisicoquímicas y bromatológicas del fruto. *Sinchi*, 1: 1-19.
- Wang, J., Kim, J., Kim, J. y Kim, I. (2013). Amino acid digestibility of single cell protein from *Corynebacterium ammoniagenes* in growing pigs. *Anim Feed Sci Tech* 180: 111-114.
- Wanga, C., Muhammada, A., Liua, Z., Huangb, B. y Cao, B. (2016). Effects of ensiling time on banana pseudo-stem silage chemical composition, fermentation and in sacco rumen degradation. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 26(2):339-346.
- Yuyama, L., Aguiar, J., Yuyama, C., Clement, S., Macedo, D., Favaro, y Vannuncchi, H. (2003). Chemical composition of the fruit mesocarp of three peach palm (*Bactris gasipaes*) populations grown in central Amazonia Brazil. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 54(1), 49-56.
- Zambrano, E. (1999). Consumo de dietas altas en materiales celulósicos en cerdos. 2. ed. Quito, E. Editorial Minerva. 86 p.



## CAPÍTULO VII

### ANEXOS



Foto 1. Picado y molienda del chontaduro



Foto 2. Ensilado de chontaduro



Foto 3. Jaulas metabólicas



Foto 4. Toma de datos de la alimentación de los cerdos



Foto 5. Recolección de excretas



Foto 6. Extracción de ceniza de las muestras de excretas





Foto 7. Extracción de proteína de muestras de excretas por el método Kjeldahl



Foto 8. Muestras del ensilado de chontaduro, posterior medición de pH y T°