

**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

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

**TEMA:**

**“Digestibilidad aparente en dietas con inclusión de harina de semilla  
del Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) en cerdos criollos en  
crecimiento.”**

**AUTORAS:**

**Lorena Marisol Tipanquiza Aman  
Beatriz Carolina Tintin Clavijo**

**DIRECTORA:**

**Dra. M.V. María Isabel Viamonte Garcés, PhD**

**PUYO – ECUADOR**

**2020**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Yo, Lorena Marisol Tipanquiza Aman, con CI: 1805198684, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente certifico libremente que los criterios y opiniones que constan en el Proyecto de Investigación bajo el tema: “Digestibilidad aparente en dietas con inclusión de harina de semilla del Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) en cerdos criollos en crecimiento”, son de mi autoría y exclusiva responsabilidad.

.....

Lorena Marisol Tipanquiza Aman

1805198684

Yo, Beatriz Carolina Tintin Clavijo, con CI: 1600701567, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente certifico libremente que los criterios y opiniones que constan en el Proyecto de Investigación bajo el tema: “Digestibilidad aparente en dietas con inclusión de harina de semilla del Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) en cerdos criollos en crecimiento”, son de mi autoría y exclusiva responsabilidad.

.....

Beatriz Carolina Tintin Clavijo

1600701567

# **CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Por medio del presente, Yo, María Isabel Viamonte Garcés, con C.I: 1757041460 certifico que las egresadas, Lorena Marisol Tipanquiza Aman y Beatriz Carolina Tintin Clavijo, realizaron el Proyecto de Investigación titulado: “Digestibilidad aparente en dietas con inclusión de harina de semilla del Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) en cerdos criollos en crecimiento” previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria bajo mi supervisión.

---

Dra. M.V. María Isabel Viamonte Garces, PhD  
**DIRECTORA DEL PROYECTO**



**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND



Oficio No. 143-SAU-UEA-2020

Puyo, 31 de enero de 2020

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Proyecto de Investigación correspondiente a los egresados TIPANQUIZA AMAN LORENA MARISOL con C.I. 1805198684; y TINTIN CLAVIJO BEATRIZ CAROLINA con C.I. 1600701567, con el Tema: **“Digestibilidad aparente en dietas con inclusión de harina de semilla del Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) en cerdos criollos en crecimiento”**, de la carrera, Ingeniería Agropecuaria. Directora del proyecto Dra. MVz. Viamonte Garcés María Isabel, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 4%, Informe generado con fecha 30 de enero de 2020 por parte de la directora 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:** "Digestibilidad aparente en dietas con inclusión de harina de semilla del Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) en cerdos criollos en crecimiento".docx (D63214709)  
**Submitted:** 1/30/2020 8:46:00 PM  
**Submitted By:** aramirez@uea.edu.ec  
**Significance:** 4 %

Sources included in the report:

DOCUMENTO DENNICE PARA URKUND.docx (D54479647)  
Proyecto de Titulación Final.docx (D40183830)

Instances where selected sources appear:

7

# **CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

El proyecto de investigación titulado: “Digestibilidad aparente en dietas con inclusión de harina de semilla del Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) en cerdos criollos en crecimiento”, fue aprobado por los siguientes miembros del tribunal.

---

Dra. Alina Ramírez Sánchez, PhD

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

Dra. C. Verónica Cristina Andrade Yucailla, PhD

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Dr. Willan Orlando Caicedo Quinche, PhD

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.*

*A mi mami Luz Aman, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me ha demostrado su amor, cariño y comprensión corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos, mi mejor amiga.*

*A mi padre, Willian que siempre lo he sentido presente en mi vida. Y sé que está orgulloso de la persona en la cual me he convertido.*

*A mi abuelita Teresa Morales por su amor infinito, quien siempre ha buscado mi bienestar y por consentirme tanto.*

*Mi sincero agradecimiento a mi tutora de tesis, Dra. M.V. María Isabel Viamonte Garcés, PhD por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.*

*También me gustaría agradecer a mis profesores durante toda mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación.*

*A ti Danny por estar presente en esta etapa tan importante de mi vida, ofreciéndome lo mejor y buscando lo mejor para mi persona.*

*Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que les encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.*

**Lorena Marisol Tipanquiza Aman**

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios:**

Por dotarme de la sabiduría necesaria para culminar mi carrera, porque sin el nada somos y nada podemos hacer.

### **A mis padres:**

Quienes con esfuerzo y sacrificio me brindaron su apoyo incondicional y me concedieron uno de los más grandes anhelos de mi vida, tener un título profesional.

### **A mis hermanos:**

Por su amor y cariño, y por estar siempre presentes en los momentos más importantes de mi vida.

### **A mi familia:**

Por el apoyo moral que supieron brindarme para seguir adelante y no rendirme ante las adversidades de la vida.

### **A mi tutora:**

Dra. M.V. María Isabel Viamonte Garcés, PhD, por brindarme su tiempo y dedicación en la elaboración del presente proyecto.

### **A los miembros del tribunal:**

Dr. Willian Caicedo, Dra. Alina Ramírez y Dra. C. Verónica Andrade quienes con el aporte de sus conocimientos hicieron posible la elaboración del presente proyecto.

### **A mis queridos amigos:**

Marisol Tipanquiza, Jessica Sánchez, Kely Cachago, Karla Aguirre y Roberto Zabala, por ser uno de los pilares más importantes de mi vida y regalarme lo más precioso de su vida, su tiempo.

A todos ustedes, desde lo más profundo de mi corazón, muchísimas gracias.

**Beatriz Carolina Tintin Clavijo**

## DEDICATORIA

*Al creador de todas las cosas, el que me ha dado Fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios.*

*A mi padre Willian Tipanquiza por todo su apoyo durante todo este tiempo, quien con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, a mi madre Luz Aman por estar siempre junto a mí en las buenas y en las malas como la mejor amiga que dios puso en mi camino, a mis abuelitos en especial a la persona que siempre me dio fuerzas y ánimos para salir adelante mamita Teresa de Jesús Morales, la amo madre mía.*

*A mi hermano Willian y a su esposa Sandy por todo el cariño brindado en especial mi pequeña Camila por ser el motivo de mis sonrisas desde que llego a mi vida.*

*A mi familia tía Mirian, Mayra, Vicky, Allison y Sebitas por su apoyo moral que fue necesario en muchos momentos en mi vida.*

*A las personas que han compartido momentos agradables y por sus consejos y paciencia en la vida escolar: Carolina Tintin, Magdalena Romo, Gabriel Rubio, Roberto Zabala, Lady Pérez y Adriana Castro, Elvia Duchitanga*

*A ti Danny Toaingá por acompañarme durante todo este arduo camino y compartir conmigo alegrías y fracasos.*

*A mi directora de tesis, Dra. M.V. María Isabel Viamonte Garcés, PhD por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.*

*Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.*

**Lorena Marisol Tipanquiza Aman**

## DEDICATORIA

Mi proyecto de investigación lo dedico con mucho amor y cariño a mis padres, Beatriz Clavijo y Juan Tintin, por brindarme los recursos necesarios para llegar a ser profesional.

A mis hermanos José Luis Clavijo y Raquel Tintin, por estar presentes en todo momento y por brindarme su apoyo incondicional.

A mi familia, por sus consejos y palabras de aliento brindadas.

A mi tutora, la Dra. M.V. María Isabel Viamonte Garcés, PhD, por su esfuerzo y dedicación, quien, con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado la culminación del presente proyecto.

**Beatriz Carolina Tintin Clavijo**

## RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVE

La presente investigación se realizó en el Centro de Investigación Posgrado y Conservación Amazónica, situado entre las provincias de Pastaza y Napo, cantones Santa Clara y cantón Carlos Julio Arosemena Tola. El objetivo del estudio fue determinar la digestibilidad aparente en dietas con inclusión de harina de la semilla del sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) en cerdos criollos en crecimiento. Se aplicó un diseño cuadrado latino de 2 x 2, un grupo control T1 (0) y un nivel de inclusión de sacha inchi en las dietas T2 (15 %), se utilizaron cerdos criollos castrados con un peso vivo promedio de  $50\pm 2$  kg. Los animales se ubicaron en jaulas metabólicas individuales. En las dietas experimentales, se determinó la composición proximal y los coeficientes de digestibilidad de la materia seca, materia orgánica, proteína bruta, fibra bruta, grasa, extractos libres de nitrógeno, energía bruta, energía digestible, energía metabolizable, calcio y fósforo. Se realizó un análisis estadístico de ANOVA y la comparación de medias por la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ). La harina de la semilla del sacha inchi presentó altos contenidos de proteína bruta (18,28 %), fibra bruta (22,26 %), grasa (26,19 %) y bajos niveles de extractos libres de nitrógeno (31,74 %), energía bruta (5497,33 Kcal/Kg MS<sup>-1</sup>). Los coeficientes de digestibilidad de la materia seca, materia orgánica y del fósforo presentaron diferencias significativas entre tratamientos. Al incluir el 15 % de harina de la semilla del sacha inchi en dietas para cerdos criollos dietas, no hubo afectaciones sobre la digestibilidad aparente de la proteína bruta, fibra bruta, extractos libres de nitrógeno, energía bruta y calcio, lo que garantiza un alimento con un valor nutricional adecuado para los cerdos.

**PALABRAS CLAVE:** cerdos criollos, crecimiento, digestibilidad, sacha inchi.

## EXECUTIVE SUMMARY AND KEY WORDS

This research was carried out at the Amazon Postgraduate and Conservation Research Center, located between the provinces of Pastaza and Napo, cantons Santa Clara and canton Charles Juli. Arosemena Tola. The objective of the study was to determine the apparent digestibility in diets including flour from the sacha inchi seed (*Plukenetia volubilis*) in growing Creole pigs. Applied a 2x2 Latin square design, a control group T1 (0) and an inclusion level of sacha inchi in the T2 diets (15%), castrated two Creole pigs with an average live weight of  $50 \pm 2$  kg were used. The animals were located in individual metabolic cages. In the experimental diets, the proximal composition and digestibility coefficients of dry matter, organic matter, crude protein, crude fiber, fat, nitrogen-free extracts were determined, raw energy, digestible energy, metabolizable energy, calcium and phosphorus. A statistical analysis of ANOVA was performed according to the design and comparison of means by the Tukey test ( $P < 0.05$ ). Sacha inchi seed meal had high contents of crude protein (18.28%), crude fiber (22.26%), fat (26.19%) and low nitrogen-free extracts levels (31.74%), gross energy (5497.33 Kcal / Kg MS<sup>-1</sup>). The digestibility coefficients of the dry matter, organic matter and phosphorus presented significant differences between treatments. By including 15% of the flour from the sacha inchi seed to the diets, there were no effects on the apparent digestibility of the protein, crude fiber, nitrogen-free extracts, raw energy and calcium which guarantees a food with adequate nutritional value for pigs.

**KEY WORDS:** creole pigs, growth, digestibility, sacha inchi.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1. Problema de investigación .....	2
1.2. Justificación del problema.....	2
1.3. Formulación del problema. ....	3
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo general. ....	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
<b>CAPÍTULO II</b> .....	4
<b>2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	4
2. 1. Cultivo del Sacha inchi ( <i>Plukenetia volubilis</i> ). ....	4
2.1.2. Origen, familia, género.....	4
2.1.3. Producción y usos del Sacha inchi ( <i>Plukenetia volubilis</i> ) en el Ecuador.....	5
2.2. Composición química y ácidos grasos poliinsaturados (Omega 3, 6 y 9) de la semilla de Sacha inchi ( <i>Plukenetia volubilis</i> ). ....	5
2.2.1. Factores anti nutricionales de la semilla de Sacha inchi ( <i>Plukenetia volubilis</i> ). 6	
2.3. Concepto de digestibilidad .....	6
2.3.1. Tipos de digestibilidad .....	7
2.3.2. Digestibilidad de la MS, MO, PB, FB, energía digerible y energía metabolizable en cerdos en la etapa de crecimiento.....	7
2.4. Origen y biotipos del cerdo criollo Ibérico. ....	7
2.5. Requerimientos nutricionales del cerdo criollo Ibérico en la etapa de crecimiento. ....	8
<b>CAPÍTULO III</b> .....	10

<b>3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>10</b>
3.1. Localización .....	10
3.2. Tipo de Investigación.....	10
3.3. Métodos de Investigación.....	10
3.3.1. Elaboración de harina de la semilla del Sacha inchi .....	10
3.3.2. Determinación de la composición proximal de harina de la semilla del Sacha inchi y las dietas a utilizar. ....	11
3.3.3. Manejo de los animales y determinación de coeficientes de digestibilidad aparente en cerdos criollos. ....	11
3.3.4. Manejo de la alimentación.....	12
3.4. Diseño de la Investigación .....	12
3.4.1. Factores de estudio. ....	13
3.4.1.1. Variables dependientes. ....	13
3.4.1.2. Variables independientes.....	14
3.5. Análisis estadístico. ....	14
3.6. Materiales .....	14
3.6.1. Equipos.....	14
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>15</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>15</b>
CAPITULO V. ....	20
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>20</b>
5.1. Conclusiones.....	20
5.2. Recomendaciones .....	20
CAPÍTULO VI. ....	21
6. BIBLIOGRAFÍA .....	21
<b>CAPÍTULO VII.....</b>	<b>26</b>
7. ANEXOS.....	26

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del sachá inchi ( <i>Plukenetia volubilis</i> ).....	4
Tabla 2. Contenido de proteínas y ácidos grasos en sachá inchi y otras oleaginosas. ....	5
Tabla 3. Contenido de ácidos grasos saturados e insaturados en sachá inchi y otras oleaginosas. ....	6
Tabla 4. Requerimientos nutricionales del cerdo criollo ibérico en la etapa de crecimiento. ....	9
Tabla 5. Formulación de las dietas experimentales (% BS).....	12
Tabla 6. Diseño experimental Cuadrado Latino.....	12
Tabla 7. Composición nutricional de la harina de la semilla del sachá inchi.....	15
Tabla 8. Composición proximal de las dietas utilizadas en el experimento.....	16
Tabla 9. Coeficientes de digestibilidad aparente de los nutrientes estudiados en las dietas de cerdos criollos en crecimiento alimentados con semilla de Sachá inchi ( <i>Plukenetia volubilis</i> ).....	17

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Secado del Sachá inchi en semilla al sol para la inclusión en las dietas.....	26
Anexo 2. Semillas de Sachá inchi en el tambor de secado a una temperatura de 62 °C.....	26
Anexo 3. Elaboración del balanceado con las distintas materias primas. ....	27
Anexo 4. Alimentación de los cerdos criollos.....	27
Anexo 5. Cerdo criollo en la jaula metabólica. ....	28
Anexo 6. Colecta de heces fecales.....	28
Anexo 7. Secado de muestras de heces fecales al sol.....	29
Anexo 8. Muestras de heces fecales en la estufa a 60 °C.....	29
Anexo 9. Peso de las heces fecales en estado fresco y seco.....	30
Anexo 10. Laboratorio del INIAP de Santa Catalina. ....	30



# CAPÍTULO I.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción porcina a nivel mundial, además de contribuir a la seguridad alimentaria como fuente de proteínas, juegan un papel muy importante en la economía de muchas familias, pues generan un rubro económico adicional que les permite mantener una mejor calidad de vida (FAO, 2014).

Sin embargo, los altos costos de las materias primas ricas en contenidos proteicos y energéticos utilizadas en la elaboración de los balanceados, hacen poco rentable la producción para los pequeños y medianos productores (Ramírez, 2017). Con la finalidad de minimizar los costos de producción en la alimentación de los cerdos, los alimentos alternativos de origen vegetal resultan ser una opción más rentable de alimentación para cerdos, tal es el caso del cultivo de sacha inchi (*Plukenetia volubilis*).

El cultivo de sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) es de gran importancia en la provincia de San Martín en el norte de la Amazonia peruana (Macas, 2016). Actualmente, este cultivo se está difundiendo en la Amazonia ecuatoriana asumiendo un papel importante de producción alternativa de alimentación animal. El sacha inchi posee antioxidantes; vitamina A y alfa-tocoferol-vitamina E, más del 60 % de la almendra desgrasada es proteína completa de alta calidad (99 % digestible), muy rica en aminoácidos esenciales y no esenciales (Cárdenas, 2015). Estudios realizados sobre el sacha inchi han permitido profundizar la composición lipídica y su actividad antioxidante, además posee un alto contenido de ácidos grasos insaturados (linoleico, linolénico, oleico). Esto le convierte en un producto de alta calidad para la alimentación animal.

El sacha inchi también conocido como “maní del inca”, es una oleaginosa que debido a las propiedades que posee, es apetecible por el mercado nacional y mundial. La parte comercial es la semilla que tiene calidad. Por lo tanto, se utilizaría para la alimentación animal el rechazo, es decir, las semillas de baja calidad que no se exportan.

El sacha inchi posee antioxidantes; vitamina A y alfa-tocoferol-vitamina E, más del 60 % de la almendra desgrasada es proteína completa de alta calidad (99 % digestible), muy rica en aminoácidos esenciales y no esenciales (Cárdenas, 2015). Esto indica que la semilla es un producto con un alto valor nutritivo que podría ser aprovechada en la alimentación de los cerdos.

## **1.1. Problema de investigación**

La semilla de sacha inchi (*Plukenetia volubilis*), tiene un alto contenido de nutrientes que pueden ser aprovechados a través de diferentes tecnologías de transformación de la materia prima, destacando así, la elaboración de harina, la cual, podría ser utilizada en la elaboración de balanceados para el ganado porcino, sin embargo, se desconoce las propiedades nutricionales de la harina de la semilla de sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) y su efecto sobre el aprovechamiento de los nutrientes en la alimentación de cerdos criollos en crecimiento.

## **1.2. Justificación del problema**

En los sistemas de producción porcina, el 60% de la proteína de las materias primas de los balanceados son importados, por tanto, los costos de producción por alimentación son mayores. Sin embargo, en el Ecuador existe una gran diversidad de especies vegetales ricas en proteína que no son debidamente aprovechadas, una de estas es la semilla del sacha inchi, esta es una oleaginosa que por poseer un alto valor nutricional puede ser utilizada como materia prima para la elaboración de balanceados. Esto resulta ser una alternativa viable para abaratar los costos de producción traspatio en la alimentación de cerdos criollos.

Más del 60 % de la almendra desgrasada del sacha inchi es proteína completa de alta calidad (99 % digestible), muy rica en aminoácidos esenciales y no esenciales (Cárdenas, 2015). Esto indica que la semilla es un producto con un alto valor nutritivo que podría ser aprovechada en la alimentación de los cerdos.

No obstante, el valor nutritivo de un alimento debe ser evaluado a través de su coeficiente de digestibilidad, es decir, de la proporción del alimento absorbido y convertido en sustancias útiles para la nutrición. El coeficiente de digestibilidad está íntimamente relacionado con el valor nutritivo de los alimentos (Secombe y Lester, 2012).

Los nutrientes del sacha inchi con cápsula en cerdos criollos alimentados con diferentes niveles de inclusión, obtuvo los mayores coeficientes de digestibilidad de materia orgánica, fibra bruta, proteína y grasa con el 10 % de inclusión del sacha inchi en la dieta (Asitimbay, 2019). Sin embargo, se desconoce el aprovechamiento de los nutrientes de la semilla del Sacha inchi en forma de harina incluidas como materia prima en las dietas de cerdos criollos.

### **1.3. Formulación del problema.**

¿Podrán los cerdos criollos en crecimiento aprovechar las dietas con inclusión de harina de semilla del sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) al 15%?

### **1.4. Objetivos.**

#### **1.4.1 Objetivo general.**

Determinar la digestibilidad aparente en dietas con inclusión de harina de la semilla del sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) en cerdos criollos en crecimiento.

#### **1.4.2. Objetivos específicos.**

- Determinar la composición proximal de proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), grasa, extractos libres de nitrógeno (ELN), energía bruta (EB), energía digerible (ED, energía metabolizable (EM), calcio (Ca) y fósforo (P) de harina de la semilla del sachá inchi y las dietas formuladas.
  
- Evaluar la digestibilidad aparente de la materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), extractos libres de nitrógeno (ELN), calcio (Ca) y fosforo (P) de la harina de la semilla del sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) en la dieta de cerdos criollos en crecimiento.

## CAPÍTULO II.

### 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2. 1. Cultivo del Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*).

El sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) es un cultivo de gran importancia económica para el Perú. El mismo cultivo se está expandiendo en la Amazonía ecuatoriana debido a su fácil adaptación ante cualquier suelo fértil, las cosechas se realizan durante todo el año. En el Ecuador, la producción promedio de “maní del inca” es de 76 quintales por hectárea al año, equivalentes a 5122,00 dólares, cifras que superan a otros cultivos (MAGAP, 2014).

#### 2.1.2. Origen, familia, género

El sachá inchi fue descrito por primera vez en la amazonia peruana, en el año de 1753 por el naturalista Linneo, de ahí su nombre científico *Plukenetia volubilis* Linneo. Está distribuido en todo el mundo abarcando alrededor de 280 géneros con 8000 especies (Cagua, 2016).

Según Arévalo (1996) clasifica al cultivo de sachá inchi de la siguiente manera (Tabla 1):

Tabla 1. Clasificación taxonómica del sachá inchi (*Plukenetia volubilis*).

<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Angiospermae
<b>Clase</b>	Dicotyledonea
<b>Orden</b>	Euphorbiales
<b>Familia</b>	Euphorbiaceae
<b>Género</b>	<i>Plukenetia</i>
<b>Especie</b>	<i>Volubilis</i>
<b>Nombre científico</b>	<i>Plukenetia volubilis</i> .
<b>Nombre común</b>	"sachá inchi" "sachá maní" "maní del inca" "maní estrella"

Fuente: (Arévalo, 1996).

### 2.1.3. Producción y usos del Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) en el Ecuador.

En el Ecuador, según investigaciones realizadas por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca existen 813 hectáreas cultivadas. Con el total de hectáreas producidas en el Ecuador actualmente, se obtiene un promedio de 3,5 toneladas anuales por hectárea; lo que significa que en todo el país existiría una producción total de sachá inchi de 2845,5 toneladas (Burbano y Noriega, 2015).

El sachá inchi, por su contenido de ácidos grasos esenciales (ácido linolénico, linoleico y oleico, conocidos como omega 3, 6 y 9 respectivamente) y vitamina E (Arias, 2015), tiene muchos usos, como: reductor del colesterol, aceite de mesa, de cocina, en la industria para enriquecer con omega 3 los alimentos producidos industrialmente, en la producción de cosméticos, nutracéuticos y medicina (Ayala, 2016).

### 2.2. Composición química y ácidos grasos poliinsaturados (Omega 3, 6 y 9) de la semilla de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*).

La composición química del sachá inchi comparado con otras oleaginosas tiene el mayor porcentaje de proteína (29 %), como se indica en la Tabla 2.

Tabla 2. Contenido de proteínas y ácidos grasos en sachá inchi y otras oleaginosas.

Ácidos grasos	Semillas							
	Sacha inchi	Soya	Maíz	Maní	Girasol	Algodón	Palma	Oliva
Total%	54	19	0	45	48	32,9	0	0
Proteínas	29	28	0	23	24	16	0	0
Palmítico	3,85	10,5	11	12	7,5	18,4	45	13
Esteárico	2,54	3,2	2	2,2	5,3	2,4	4	3
Oleico (omega 9)	8,28	22,3	28	41,3	29,3	18,7	40	71
Linoleico (omega 6)	36,8	54,5	58	36,8	57,9	57,7	10	10
Linolénico ( omega 3)	48,61	8,3	1	0	0	0,5	0	1

Fuente: Hazen y Stoewesand, Cornell University, Ithaca-USA, 1980 (citado por Manco, 2006).

La Tabla 3 describe el contenido de ácidos grasos saturados e insaturados del Sacha inchi comparado con otras oleaginosas como: soya, maní, algodón y girasol.

Tabla 3. Contenido de ácidos grasos saturados e insaturados en sachá inchi y otras oleaginosas.

Ácidos grasos	Semillas				
	Sacha Inchi	Soya	Maní	Algodón	Girasol
Total (%)	54	19	45	16	48
<b>Saturados</b>					
Mirístico	0	0	0	0	0
Palmístico	4,5	10,5	12,0	18,7	7,5
Esteárico	3,2	3,2	2,2	2,4	5,3
<b>Insaturados</b>					
Oleico (omega 9)	9,6	22,3	41,3	18,7	29,3
Linoleico (omega 6)	6,8	54,5	36,8	57,5	57,9
Linolénico (omega 3)	45,2	8,3	0	0,5	0

Fuente: Hammacker, *et.al.*, Arcansas Univercity - USA, 1992 (citado por Manco, 2006).

### 2.2.1. Factores anti nutricionales de la semilla de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*).

La semilla de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) en estado fresco presenta factores anti nutricionales como taninos, saponinas y alcaloides, lo cual representa una limitante para su uso en la nutrición animal; sin embargo, las diferentes técnicas de transformación de la materia prima, ofrece nuevas alternativas para el uso del recurso alimenticio en cuestión (Castillo, Castillo y Reyes, 2010). Tal es el caso de la elaboración de productos terminados como, por ejemplo: harina de la semilla de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*).

### 2.3. Concepto de digestibilidad

La digestibilidad es la capacidad que tiene un animal de degradar un alimento y hacerlo asimilable al organismo. Sencillamente es lo que el animal aprovecha de lo que consume (Orellana, 2013).

### **2.3.1. Tipos de digestibilidad**

#### **Digestibilidad aparente (DA).**

Se determina a partir de la digesta ileal y/o heces. Este método nos permite conocer el porcentaje de proteína que proviene de la dieta o de la secreción de nitrógeno endógeno (NE), solo permite asumir que cantidad del alimento fue aprovechado por el animal (Silva, 2010).

#### **Digestibilidad verdadera (DV).**

Es evaluada a nivel ileal y/o fecal, contempla la excreción de nitrógeno endógeno (NE) en sus cálculos, por lo cual proporciona un valor más exacto de la digestión de algún alimento. Razón por la cual, los valores de DV no son afectados por el contenido de proteína cruda de la dieta (Parra y Gómez, 2008).

### **2.3.2. Digestibilidad de la MS, MO, PB, FB, energía digerible y energía metabolizable en cerdos en la etapa de crecimiento.**

La digestibilidad de la MS y de la MO se ve favorecida cuando el alimento es consumido en estado seco, mas no en estado fresco. El alto contenido de humedad de los alimentos, hace necesario realizar procesamientos de secado para la producción de harinas, y así, obtener un mejor aprovechamiento de los nutrientes para la alimentación porcina (Sánchez *et al.*, 2018).

Los aminoácidos contenidos en la proteína de las materias primas, solo pueden ser aprovechados después de la digestión de la cadena proteica en el intestino delgado (Silva y Silva, 2015).

Los cerdos en etapa de crecimiento no son capaces de degradar la fibra de los alimentos consumidos, esto es debido a que poseen un tracto gastrointestinal pequeño, por lo tanto, la energía disponible de este proceso es baja (Moya, 2018).

### **2.4. Origen y biotipos del cerdo criollo Ibérico.**

El cerdo Ibérico tiene su origen en la interacción del cerdo de tipo mediterráneo que surge del tronco primitivo *Sus mediterraneus*, con el ecosistema de bosque mediterráneo peninsular que se encuentra una vez alcanzada la Península, penetrando en ésta por el

sudeste procedente de las áreas de la cuenca mediterránea que hoy constituyen Italia, Grecia, y el norte de África (Fernández, Gómez, Delgado, Belmonte y Jiménez, 2009).

Según Revidatti (2009), los cerdos criollos son descendientes de tres grandes grupos: asiáticos (*Sus vittatus*), célticos (*Sus scrofa*), provenientes del jabalí europeo, e ibéricos (*Sus mediterraneus*) de origen africano, distribuidos en todas las regiones del sur de Europa.

Estudios realizados en España por la Sociedad española para los recursos animales, declaran que existen 5 biotipos de los cerdos criollos ibérico: 1. Variedad Entrepelado; 2. Variedad Lampiño; 3. Variedad Manchado de Jabugo; 4. Variedad Retinto y 5. Variedad Torbiscal (Fernández *et al.*, 2009).

La existencia en América Latina de otros fenotipos de cerdos diferentes al lampiño y que han sido descritos por varios autores, hace suponer que también ingresaron a estos territorios cerdos provenientes del Mediterráneo, del vitoriano, chato murciano y del tipo céltico expresado en las razas gallegas (Espinoza, 2016).

En el Ecuador, específicamente en el sitio la Zanja (Cantón Celica de la provincia de Loja), existe un hato de cerdos criollos puros que pueden ser considerados ancestrales. Asimismo, algunos otros fenotipos de cerdos criollos puros han sido localizados en las provincias de Cañar y Bolívar, estos animales poseen mejores características cárnicas, su tamaño es un poco mayor, su pelaje abundante, largo y rizado, de tonalidades múltiples, pero con predominio del color negro (Benítez, 2001).

## **2.5. Requerimientos nutricionales del cerdo criollo Ibérico en la etapa de crecimiento.**

Los requerimientos nutricionales para cada etapa, varían de acuerdo al consumo promedio y el nivel productivo del animal, es así que el cerdo criollo ibérico en la etapa de crecimiento tiene los siguientes requerimientos, (Tabla 4).

Tabla 4. Requerimientos nutricionales del cerdo criollo ibérico en la etapa de crecimiento.

<b>Aporte nutricional</b>	<b>%</b>
Materia Seca	87,94
Proteína	16,1
Extracto etéreo	3,72
Fibra Cruda	15,01
Cenizas	6,67
Lisina	0,6
Metionina	0,3
Metionina + Cistina	0,54
Treonina	0,58
Triptófano	0,19
Arginina	1
Glicina	1,03
Glicina + Serina	1,69
Histidina	0,37
Isoleucina	0,65
Leucina	1,21
Fenilalanina	0,71
Fenilalanina + Tirosina	1,17
Valina	0,72
Calcio	1,06
Fósforo	0,6
Fósforo Disponible	0,31
Sodio	0,18
Potasio	0,89
Cloro	0,24
Magnesio	0,25
Ácido Linoleico	1,26
Energía digestible, Kcal/Kg	2859

Fuente: (Naya, 2012).

## **CAPÍTULO III.**

### **3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Localización**

La fase experimental del presente estudio se desarrolló en el Programa didáctico productivo porcino del Centro de Investigación Posgrado y Conservación Amazónica, situado entre las provincias de Pastaza y Napo, cantones Santa Clara y cantón Carlos Julio Arosemena Tola; vía Puyo – Tena km 44 junto a la desembocadura de los ríos Piatúa y Anzu, a una altura de 561 msnm, temperatura que oscila entre los 15 a 25 °C, pluviosidad de 4 000 mm anuales y humedad relativa entre el 80 % (CIPCA, 2019). El tiempo de duración del estudio fue de tres meses.

#### **3.2. Tipo de Investigación**

La investigación fue de tipo experimental, por lo cual se aplicó un diseño cuadrado latino de 2 x 2 (dos periodos de evaluación con dos animales, cada animal rota por ambas dietas) con la finalidad de evaluar el aprovechamiento de los nutrientes de la dieta con un nivel de inclusión del 15 %, de harina de la semilla del sacha inchi y compararlo con un grupo control, en cerdos criollos en etapa de crecimiento.

#### **3.3. Métodos de Investigación**

##### **3.3.1. Elaboración de harina de la semilla del Sacha inchi**

Se procedió con la elaboración de harina de la semilla de sacha inchi (*Plukenetia volubilis*), se inició con la selección de semillas, una vez seleccionadas las semillas, pasaron por un proceso de pre secado durante tres días al sol (Anexo 1). Luego, fueron colocadas en una secadora de tambor por una hora alcanzando una temperatura de 62 °C con el objetivo de que pierdan el contenido total de humedad (Anexo 2). Posteriormente, se dejó enfriar y finalmente, se procedió a la molienda para la obtención de harina y su posterior incorporación en el balanceado para la alimentación en cerdos criollos (Anexo 3).

### **3.3.2. Determinación de la composición proximal de harina de la semilla del Sacha inchi y las dietas a utilizar.**

Las muestras de harina de la semilla del sachu inchi y las dietas, se analizaron en el laboratorio de servicio de análisis e investigación en alimentos del INIAP de Santa Catalina, Quito (Anexo 10). Se seleccionó una muestra al azar con 1 kg de cada dieta formulada para analizar la composición química; materia seca (MS), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), cenizas, extractos libres de nitrógeno (ELN), fósforo y calcio, se estimó que el contenido de materia orgánica (MO) es el resultado de sustraer (100 % de cenizas), según los procedimientos descritos por la AOAC (2005).

### **3.3.3. Manejo de los animales y determinación de coeficientes de digestibilidad aparente en cerdos criollos.**

Se utilizaron dos cerdos criollos castrados en la etapa de crecimiento con un peso vivo promedio de  $50 \pm 2$  kg. Los animales se ubicaron en jaulas metabólicas individuales, con un consumo de 2,6 kg de alimento que se fue incrementando según el peso metabólico de los animales (Anexo 5). El alimento se ofertó el 50 % en la mañana, a las 08:00 am y 50 % en la tarde, a las 15:00 pm, los animales tuvieron el agua disponible a voluntad. Estos pasaron por una primera fase de adaptación a la dieta, la cual fue de cinco días, donde se les ajustó el consumo de alimento de acuerdo al peso vivo y al rechazo de la dieta.

Para la determinación de los coeficientes de digestibilidad se recolectó las heces fecales (Anexo 9), durante cinco días por el método de colecta total según el método descrito por (Bauza, Barreto, Bratschi, Silva y Tejero, 2016) (Anexo 6); posteriormente las muestras de cada día se guardó en un congelador a  $-2$  °C hasta que termine la recolecto de cada periodo, se realizó un pool del cual se tomó una muestra de 200 gr, se puso a pre secar al sol (Anexo 7) y luego se colocó en la estufa a  $60$  °C durante 3 días para determinar la materia seca, (Anexo 8) se procedió a moler en un molino de marca Corona, finalmente se colocó en fundas ziploc, para posteriormente ser analizadas en el laboratorio del INIAP (Anexo 10).

### 3.3.4. Manejo de la alimentación.

Se suministró dos dietas compuestas por maíz, soya, concentrado proteico, afrecho de trigo, pecutrín, sal mineral y semillas de sacha inchi (Tabla 5). Las dietas fueron formuladas de acuerdo con los requerimientos nutricionales de los cerdos criollos en crecimiento Naya (2012) (Anexo 3).

Tabla 5. Formulación de las dietas experimentales (% BS)

Ingredientes, % en base seca	Niveles de inclusión de harina de la semilla del sacha inchi, %	
	Control T1 (0)	T2 (15)
Maíz amarillo	63	46
Soya	5	9
Concentrado proteico	21	21
Afrecho de trigo	10	8
Pecutrín	0,5	0,5
Sal mineral	0,5	0,5
Sacha inchi en semilla	-	15

### 3.4. Diseño de la Investigación

Se utilizó un diseño experimental cuadrado latino 2 x 2, (Tabla 6) con la finalidad de evaluar el aprovechamiento de los nutrientes de harina de la semilla del sacha inchi en el nivel de inclusión de 15 % en cerdos criollos en etapa de crecimiento.

Tabla 6. Diseño experimental Cuadrado Latino.

Periodos	Animal 1	Animal 2
Periodo 1	T1	T2
Periodo 2	T2	T1

Diseño representado por el siguiente modelo matemático:

$$Y(ijk) = \mu + a(i) + \beta(j) + \delta(k) + e(k)$$

$i = 1, 2, \dots, t$ ;  $j = 1, 2, \dots, t$ ;  $k = 1, 2, \dots, t$

donde:

$Y(k)$  = Medición sobre la unidad experimental situada en la  $i$ -ésima fila y en la  $j$ -ésima columna, sometida al  $k$ -ésimo tratamiento (15 % de inclusión de la harina de semilla del Sacha inchi, y un grupo control).

$\mu$  = Constante común a todas las observaciones,

$a(i)$  = efecto correspondiente a la  $i$ -ésima fila, (periodo de tiempo)

$\beta(j)$  = efecto correspondiente a la  $j$ -ésima columna, (los animales)

$\delta(k)$  = efecto correspondiente al  $k$ -ésimo tratamiento.

$e(k)$  = error residual, aleatorio, normal e independientemente distribuido, con media cero y varianza  $s^2$ .

### **3.4.1. Factores de estudio.**

#### **3.4.1.1. Variables dependientes.**

##### **Coefficientes de digestibilidad de los nutrientes (%)**

Digestibilidad de la materia seca (MS).

Digestibilidad de la materia orgánica (MO).

Digestibilidad de la proteína bruta (PB).

Digestibilidad de la fibra bruta (FB).

Digestibilidad de la grasa.

Digestibilidad de los extractos libres de nitrógeno (ELN).

Digestibilidad de la energía bruta (EB)

Digestibilidad del fósforo (P).

Digestibilidad del calcio (Ca).

### **3.4.1.2. Variables independientes.**

Nivel de inclusión de la harina de la semilla del sachu inchi al 0 y 15 % en la dieta.

### **3.5. Análisis estadístico.**

Para el procesamiento estadístico de los datos se implementó el paquete estadístico SPSS versión 22,1 bajo ambiente Windows. Para el análisis de la composición química se realizó una estadística descriptiva, determinando la media y desviación estándar. Los datos de la digestibilidad de la MS, MO, PB, EB, FB y EM se analizaron mediante el análisis de varianza (ANOVA) con un modelo de clasificación simple, donde se controló el efecto de la dieta con el nivel de inclusión de harina de la semilla del sachu inchi al 15 % y el grupo control. Para la diferencia entre medias se utilizó la prueba Tukey  $P < 0,05$ .

### **3.6. Materiales**

- Bandejas plásticas
- Fundas herméticas ziploc
- Papel aluminio
- Guantes
- Lonas
- Cuaderno
- Esfero
- Marcadores
- Cintas adhesivas

#### **3.6.1. Equipos**

- Balanza analítica (aeADAM) Max 250 g
- Balanza gramera (CAMRY)
- Computadora (lenovo L420)
- Cámara fotográfica (CANNOM)
- Ultra congelador (INDURAMA)
- Jaulas metabólicas
- Bombona secadora

## CAPÍTULO IV.

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 7 se muestra la composición nutricional de la harina de la semilla de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*). El resultado obtenido de proteína fue de 18,28 % valor superior al obtenido por, Asitimbay. (2019) de 16 % realizado en el sachá inchi con cápsula. No obstante, Ayala (2016) en los análisis realizados a la almendra proveniente de la ciudad de Bogotá- Capital de Colombia, obtuvo 28,52 % de proteína, estos valores son atribuidos a los diferentes tipos de suelos que existen en la Amazonia ecuatoriana.

Tabla 7. Composición nutricional de la harina de la semilla del sachá inchi.

Nutrientes	Media	±EE	Mínimo	Máximo
Proteína Bruta,%	18,28	0,36	18,02	18,70
Fibra Bruta,%	22,26	0,22	22,00	22,41
Grasa %	26,19	0,18	26,03	26,40
ELN,%	31,74	0,92	31,02	32,86
EB, kcal/Kg MS <sup>-1</sup>	5497,33	301,52	5306,00	5845,02

Sin embargo, los valores de proteína obtenidos en este estudio, pueden ser adecuados para la alimentación de los cerdos criollos en la etapa de crecimiento, pues, según la FEDNA (2013) los cerdos ibéricos en la etapa de crecimiento requieren de 16,8 %.

La fibra de la harina de la semilla del sachá inchi presentó valores de 22,26 %, resultados superiores a los obtenidos por Cárdenas, (2015) de 7,21 % en la torta desengrasada de sachá inchi, proveniente de la ciudad del Tena-Provincia de Napo.

El contenido de grasa de la harina de la semilla del sachá inchi fue de 26,19 %, valores inferiores a los obtenidos por Tobar, (2018) de 44,62 % presente en la semilla.

Por otra parte, al comparar el contenido de ELN (31,74 %,.) de la harina de la semilla del sachá inchi de esta investigación con un estudio realizado por Baldeón, Velázquez y Castellanos (2015), este último (12,44 %), muestra datos inferiores a los alcanzados en esta investigación.

La cantidad de EB, presente en la harina de la semilla del sachu inchi fue de 5497,33 Kcal/Kg MS<sup>-1</sup>, valores superiores a los obtenidos por Muirragui, (2013) en el análisis realizado en la torta de sachu inchi, con un valor de 4860 Kcal/Kg MS.

En la Tabla 8, se presenta la composición proximal de las dietas utilizadas en el experimento. Con la inclusión del 15 % de la harina de la semilla del sachu inchi a la dieta, presentó un aumento del 1,43 % de proteína; 2,64 % de fibra; 2,01 % de grasa, 154 % de EB; 0,33 % ED y 0,39 Kcal/ Kg MS<sup>-1</sup> de EM; mientras que los ELN, el Ca y el P, disminuyeron un 5,67 %, 0,33 % y 0,11 % respectivamente, comparados con la dieta control.

Tabla 8. Composición proximal de las dietas utilizadas en el experimento.

Nutrientes	Dietas	
	Control (T1)	Inclusión de sachu inchi, % 15% (T2)
Proteína Bruta,%	15,68	17,11
Fibra Bruta,%	6,03	8,67
Grasa,%	5,53	7,54
ELN,%	66,82	61,15
EB, Kcal/Kg MS <sup>-1</sup>	4479	4633
ED, Kcal/Kg MS <sup>-1</sup>	3310	3640
EM, Kcal/Kg MS <sup>-1</sup>	2710	2900
Ca, %	0,78	0,75
P, %	1,23	1,12

Como la tabla lo indica, el contenido de proteína, con la inclusión del 15 % del sachu inchi a la dieta de alimentación de los cerdos criollos en crecimiento refleja un aumento en la composición química de los nutrientes, comparado con la dieta control.

La oferta de la dieta con el 15% de inclusión de harina de sachu inchi puede ser utilizada ya que suple los requerimientos nutricionales de los cerdos criollos, tanto en proteína, fibra, energía y minerales, según los resultados de Naya, (2012) quien describe requerimientos nutricionales del cerdo ibérico en la etapa de crecimiento – terminación de proteína 16, 1%, fibra de 15,01 % y energía digestible 2859 Kcal/kg; al respecto

similares resultados publica la FEDNA (2013), en cerdos criollos ibéricos en crecimiento del 16,8 % de proteína, 6,5 % de fibra y 3,030 Kcal/ Kg EM.

En la Tabla 9 se muestran los coeficientes de digestibilidad aparente de los nutrientes estudiados en las dietas de cerdos criollos en crecimiento alimentados con harina de semilla de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*). Los coeficientes de digestibilidad de la MS obtuvieron diferencias significativas al ( $p < 0,05$ ) entre los dos tratamientos, se pudo observar que los cerdos alimentados con la inclusión de sachá inchi al 15 %, tuvieron menor aprovechamiento en materia seca, materia orgánica y fósforo. Los coeficientes de digestibilidad de PB, FB, Grasa, ELN y Ca no presentaron diferencias significativas a ( $P > 0,05$ ) entre tratamientos.

Tabla 9. Coeficientes de digestibilidad aparente de los nutrientes estudiados en las dietas de cerdos criollos en crecimiento alimentados con semilla de Sachá inchi (*Plukenetia volubilis*).

Nutrientes, %	Dietas		±EE	Sig
	Control (T1)	Inclusión de sachá inchi 15% (T2)		
Materia Seca	82,38	80,66	0,41	P<0,0088
Materia Orgánica	86,16	83,37	0,52	P<0,0200
Proteína Bruta	87,59	87,26	0,64	P<0,7649
Fibra Bruta	54,68	55,77	2,38	P< 0,8244
Grasa	84,88	92,11	2,18	P< 0,1246
ELN	91,41	91,80	0,34	P< 0,5828
EB	79,95	87,57	5,70	P<0,45
Ca	35,97	30,11	2,12	P< 0,1012
P	32,32	25,87	1,23	P< 0,0112

Según la prueba de Tukey, medias en una misma fila difieren a ( $p < 0,05$ )

Existen diferencias significativas de los coeficientes de digestibilidad de la materia seca (MS) del grupo control comparado con el tratamiento con inclusión de sachá inchi al 15 %. La digestibilidad de la MS de los tratamientos fue: T1 (82,38 %) y T2 (80,66 %), estos coeficientes son inferiores a la investigación realizada por Caicedo *et al.*, (2018) quienes al incluir harina de taro a las dietas, obtuvieron 88,77 % de digestibilidad de la MS, por consiguiente, en los análisis realizados por Caicedo, Moya, Tapuy, Caicedo y Pérez, (2019), al incluir el 10 % de fermentado en estado sólido (FES) de taro a las dietas de alimentación para cerdos en crecimiento, se obtuvieron coeficientes mayores de digestibilidad de la MS de 90,19 %. Según Phiny, Preston y Ly (2003) los bajos resultados

de la materia seca, se debe a la baja palatabilidad de los alimentos, y a la presencia de metabolitos secundarios (taninos, fenoles, saponinas, entre otros).

Los coeficientes de digestibilidad de la MO difieren entre tratamientos. El coeficiente de digestibilidad del tratamiento control (T1) es de 86,16 %, mientras que en el T2 es de 83,37 %. En un estudio realizado por Caicedo *et al.*, (2015) en ensilados de tubérculos de papa china con la adición de yogurt natural como componente del alimento, el coeficiente de digestibilidad de la MO fue de 65,08 %, el valor es mayor porque es un estudio *in vitro*. De la misma manera, en un trabajo realizado por Ly *et al.*, (2010) sobre digestibilidad *in vitro* de la MO de los tubérculos de yuca, obtuvieron resultados similares, el coeficiente fue de 68,7 % de digestibilidad de la MO. Al parecer, el proceso de elaboración de harina de la semilla del sachu inchi incrementó los coeficientes de digestibilidad de la MO.

Los coeficientes de digestibilidad de la energía bruta no presentaron diferencias significativas desde el punto de vista estadístico, pero sí matemático. Esto probablemente obedece a una respuesta biológica de los cerdos que consumieron la dieta con la inclusión del 15 % de sachu inchi, donde se aprecia que hubo mayor aprovechamiento de los nutrientes de la energía bruta (87,57 %), comportamiento posiblemente atribuido al alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados del sachu inchi, que facilitan una mayor digestibilidad de las grasas. Al respecto, Palomo, (2017) relacionó los ácidos grasos poliinsaturados con el aumento de la digestibilidad de la EB.

En un estudio realizado por Díaz, González, Reyes y Ly. (2014) sobre la digestibilidad fecal de la energía bruta del follaje de batatas (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) al 10 % de inclusión a la dieta, obtuvo los siguientes resultados 79,07 %, valor inferior al obtenido en el presente estudio. De igual manera, en una investigación realizada por Caicedo *et al.*, (2019), al incluir el 10 % de FES de taro a las dietas de alimentación para cerdos en crecimiento, se obtuvo un coeficiente menor de digestibilidad de la EB (85,16 %).

En los valores de digestibilidad del fósforo se puede apreciar que existen diferencias significativas en los tratamientos T1 (32,32 %) y T2 (25,87 %), estos resultados son inferiores a los obtenidos en la investigación realizada por Peña (2018) en la eficacia de la fitasa microbiana en cerdos de engorde, en la cual obtuvo un coeficiente de digestibilidad del fósforo de 53,6 %. Este valor es atribuido al uso de aditivos que mejoraron la palatabilidad del fósforo, por lo tanto, su coeficiente de digestibilidad es

mayor. De igual manera, en un estudio con fitasa fúngica realizado por Pattacini, Scoles y Braun (2012) el coeficiente de digestibilidad fue mayor con 44,15 % al obtenido en la inclusión de la harina de la semilla del Sacha inchi.

## **CAPITULO V.**

### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. Conclusiones**

1. La harina de la semilla del sachá inchi procedente del cantón Huamboya, Provincia de Morona Santiago, posee un alto contenido de proteína, fibra, grasa y energía, y puede ser empleada en la elaboración de dietas de cerdos criollos en la etapa de crecimiento.
2. Con la inclusión del 15 % de harina de la semilla del sachá inchi los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes de la materia seca (80,66 %); materia orgánica (83,37 %) y fósforo (25,87 %), con respecto al tratamiento control son aceptables.
3. La harina de semilla sachá inchi al 15% favoreció la digestibilidad de la energía bruta y el contenido de grasa.

#### **5.2. Recomendaciones**

1. No es recomendable incluir más del 15 % de harina de la semilla del sachá inchi, por los altos valores de fibra y las sustancias anti nutricionales que posee.
2. Realizar investigaciones de los aportes y digestibilidad de los ácidos grasos poliinsaturados que suministra la semilla de sachá inchi a la dieta de los cerdos criollos.
3. Incluir aditivos a las dietas que incluya la harina de la semilla del sachá inchi, para mejorar la palatabilidad y favorecer el consumo voluntario de los cerdos.

## CAPÍTULO VI.

### 6. BIBLIOGRAFÍA

1. AOAC. (2005). Official Methods of Analysis of AOAC international 18th Association of Official Chemists, Washington, DC.USA.
2. Arévalo, G. (1996). El cultivo de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) en la amazonía (pp. 8-24).
3. Arias, H. (2015). Formulación de alimento balanceado a base de pasta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) y evaluación de su efecto sobre los parámetros zootécnicos de pollos de engorde (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador. pp. 51.
4. Asitimbay, D. (2019). Digestibilidad aparente de nutrientes del sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) en cerdos criollos de ceiba (Proyecto de investigación y desarrollo). Universidad Estatal Amazónica, Pastaza, Ecuador. pp.32.
5. Ayala, G. (2016). Análisis de crecimiento y producción de 3 variedades de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), en el municipio de Tena Cundinamarca (Tesis de pregrado). Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Bogotá, Colombia. pp. 59.
6. Baldeón D., Velázquez F., Castellanos J., (2015)., Utilización de *Plukenetia volubilis* (sachá inchi) para mejorar los componentes nutricionales de la hamburguesa., Enfoque UTE, 6(2): 59-76.
7. 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, 20(1): 90-98.
8. Benítez, W (2001). Los cerdos criollos ecuatorianos. Los cerdos locales en los sistemas tradicionales de producción (pp. 38-39). Quito, Ecuador: FAO.
9. Burbano, P. y Noriega, L. (2015). Análisis de la producción de sachá inchi para la potencialización de la exportación del aceite (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. pp.80.
10. Cagua, J. (2016). Respuesta del cultivo de sachá-inchi (*Plukenetia volubilis* L.) a dos distanciamientos de siembra y a dos alturas de planta en la parroquia San Gregorio, cantón Muisne provincia de Esmeraldas (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. pp. 32.

11. 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.
12. 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.
13. Caicedo, W. Sanchez, J. Tapuy, A. Vargas, J.C. Samaniego, E. Valle, S. Moyano, J. Pujapat, D. (2018). Apparent digestibility of nutrients in fattening pigs (Largewhite x Duroc x Pietrain), fed with taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) meal Technical note. Cuban J Agr Sci 52:181-186.
14. Cárdenas, V. (2015). Elaboración y caracterización de una bebida a partir de la semilla de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) no se pone en mayúscula (Tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. pp. 136.
15. Cárdenas, V. (2015). Elaboración y caracterización de una bebida a partir de la semilla de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) (Tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. pp. 136.
16. Castillo, S.E.F.; Castillo, V.S.F. y Reyes, A.C.E. (2010). Estudio fitoquímico de *Plukenetia volubilis* L. y su efecto antioxidante en la lipoperoxidación inducida por Fe<sup>3</sup>/ascorbato en hígado de Rattus var. Albinus. UCVScientia, 2: 11-21.
17. CIPCA. (2019). Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica. Recuperado de: <https://www.uea.edu.ec/cipca>
18. Díaz, I., González, C., Reyes, J.L., y Ly, J. (2014), Digestión de follaje de batatas (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) en cerdos. Digestibilidad ileal y rectal de nutrientes y energía. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Vol. 48, núm.2, pp.137-143 [Consultado: 28 de Enero de 2020]. ISSN: 0034-7485. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1930/193031101009>
19. Espinoza, J. (2016). Caracterización fenotípica del cerdo criollo en los cantones Zapotillo y Puyango de la provincia de Loja. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Loja. Loja – Ecuador. pp. 126.
20. FAO, (2014). Para lograr la seguridad alimentaria en la región es necesario controlar las enfermedades animales como la Peste Porcina Clásica. Recuperado de: <http://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/230517/>
21. FEDNA. (2013). Necesidades nutricionales para Ganado porcino. Disponible en:

22. Fernández, M., Gómez, M.; Delgado, J.V; Belmonte, S. A y Jiménez, M (2009). Guía de campo de las razas autóctonas españolas. In memoriam a Fernando Orozco Piñán. Editorial: Sociedad Española para los Recursos Animales (SERGA) Ed. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Barcelona, España. 766 pp.
23. Hazen y Stoewesand, (1980). Resultados de análisis del aceite y proteína del cultivo de Sacha Inchi. Universidad de Cornell. USA.  
[http://www.fundacionfedna.org/sites/default/files/Normas%20PORCINO\\_2013rev2.pdf](http://www.fundacionfedna.org/sites/default/files/Normas%20PORCINO_2013rev2.pdf). Revisado el 25 de noviembre del 2019.
24. Ly, J., Almaguel, R., Delgado, E., Carón, M. y Cruz, E., (2010). Estudios de digestibilidad *in vitro* (pepsina/pancreatina) de raíces de yuca para alimentar cerdos. Rev. Comp. Prod. Porcina 17:300.
25. Macas, J. (2016). Efecto de los niveles de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en la obtención de una emulsión cosmética con adición de emulsionante (Montanov 68) (Tesis de grado). Universidad Estatal Amazónica, Pastaza, Ecuador. pp.80.
26. MAGAP. (17 de enero de 2014). Magap impulsa producción de Sacha Inchi en el Oro. Obtenido de Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca: <http://www.agricultura.gob.ec/magap-impulsa-produccion-de-sacha-inchi-en-el-oro/>
27. Manco, E. (2006). Cultivo de Sacha Inchi. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (pp. 1-11).
28. Moya, C. (2018). Composición química y digestibilidad aparente de nutrientes de tubérculos de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) fermentados en estado sólido en cerdos de crecimiento Landrace x Duroc x Pietrain (Tesis de pregrado). Universidad Estatal Amazónica, Pastaza, Ecuador. pp. 47.
29. Muirragui, C. (2013). Estudio de factibilidad del uso de pasta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) en dietas para aves (Tesis de pregrado). Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador. pp. 66.
30. Naya, P (2012). Comportamiento digestivo de cerdos pampa rocha en la etapa de crecimiento – terminación (Tesis de pregrado). Universidad de la República, Montevideo, Uruguay. pp. 262.
31. Palomo, A. (2017, 12 de noviembre). Calidad de la carne de porcino: valor nutritivo y factores nutricionales de influencia. Interempresas. Recuperado de:

- <https://www.interempresas.net/Industria-Carnica/Articulos/263880-ESP-Solutions-adquiere-60-remolques-frigo-de-la-marca-alemana-Krone.html>
32. Orellana, L (26 de junio de 2013). Tema 1. Bromatología. Obtenido de: <https://es.slideshare.net/lenymo/tema-1-bromatologia>.
  33. Parra, J. y Gómez, A. (2008). Importancia de la utilización de diferentes técnicas de digestibilidad en la nutrición y formulación porcina. *Revista MVZ Córdoba*, 14 (1), 1633-1641.
  34. Pattacini, S.H., Scoles, G.E., y Braun, R.O. (2012). Digestibilidad aparente de nutrientes en cerdos alimentados con dietas compuestas por diferentes niveles de fitasas obtenidas de *Aspergillus oryzae*. Contaminación ambiental de los residuos orgánicos derivados. *Revista Argentina de Producción Animal*, Vol. 32 N° 2: 107-115.
  35. Peña, I. (2018). Eficacia de una fitasa en dietas de cerdos de engorde: efecto sobre la digestibilidad del calcio y fósforo y la mineralización ósea (Tesis de posgrado). Universitat Politècnica de Valencia, Valencia, España. pp. 37.
  36. Phiny, C., Preston, y Ly, J. (2003). Mulberry (*Morus alba*) leaves as protein source for young pigs fed rice-based diets. Digestibility studies. Research for rural development. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd15/1/phin151.htm>. Revisado el: 09 de diciembre del 2019.
  37. Ramírez, S. (2017). La producción porcina del país está a la baja. *Revista Líderes*. Recuperado el 25 de enero del 2017, de: [www.revistalideres.ec/lideres/produccion-porcina-pais-estadisticas-baja.html](http://www.revistalideres.ec/lideres/produccion-porcina-pais-estadisticas-baja.html)
  38. Revidatti, A. (2009). Caracterización de cerdos criollos del nordeste argentino (Tesis Doctoral). Universidad de Córdoba, Córdoba, España. pp. 232.
  39. Sánchez, J., Caicedo, W, Aragón, E., Andino, M., Bosques, F., Viamonte, M. y Ramírez, J. 2018. La inclusión de la Colocasia esculenta (papa china) en la alimentación de cerdos en ceba. *Revista Electrónica de Veterinaria*. 19(4): 1-5.
  40. Secombe, C.J. y Lester, G.D. (2012). The role of diet in the prevention and management of several equine diseases. *Animal Feed Science and Technology*, 173 (1-2): 86-101.
  41. Silva, H. y Silva, L. (2015). Novos conceitos e tecnologias aplicadas à produção e nutrição de suínos aliados à sustentabilidade. *Ciencia Animal*, 25 (1); 109-120, 2015- Edição Especial.

42. Silva, I. (2010). Digestibilidade de nutrientes e balanço de Ca e P em suínos recebendo dietas com ácido butírico, fitase e diferentes níveis de cálcio. *Ciencia Rural*, pp.2350-2355.
43. Tobar, A. (2018). Aceite de Sacha Inchi como potenciador cognitivo (Tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. pp. 122.

## CAPÍTULO VII.

### 7. ANEXOS.

Anexo 1. Secado del Sacha inchi en semilla al sol para la inclusión en las dietas.



Anexo 2. Semillas de Sacha inchi en el tambor de secado a una temperatura de 62 °C.



**Anexo 3. Elaboración del balanceado con las distintas materias primas.**



**Anexo 4. Alimentación de los cerdos criollos.**



**Anexo 5. Cerdo criollo en la jaula metabólica.**



**Anexo 6. Colecta de heces fecales.**



**Anexo 7. Secado de muestras de heces fecales al sol.**



**Anexo 8. Muestras de heces fecales en la estufa a 60 °C**



**Anexo 9. Peso de las heces fecales en estado fresco y seco.**



**Anexo 10. Laboratorio del INIAP de Santa Catalina.**

