

**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**



**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA**  
**OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA**  
**AGROPECUARIA**

**“Digestibilidad aparente de nutrientes del Sacha inchi**  
**(*Plukenetia volubilis*) en cerdos criollos de ceba.”**

**AUTORA:**

**Dennice Magaly Asitimbay Oña**

**DIRECTORA:**

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

**PUYO – ECUADOR**

**2019**



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

Yo, Dennice Magaly Asitimbay Oña, con CI: 1600802506, certifico que los criterios y opiniones que constan en el Proyecto de Investigación y Desarrollo bajo el tema: “Composición química y digestibilidad aparente de nutrientes del Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) en cerdos criollos de ceba”, son de mi autoría y exclusiva responsabilidad.

.....  
Dennice Magaly Asitimbay Oña

1600802506

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

Por medio del presente, Yo, María Isabel Viamonte Garcés, con C.I: 1757041460 certifico que la egresada, Dennice Magaly Asitimbay Oña, realizó el Proyecto de Investigación titulado: “Digestibilidad aparente de nutrientes del Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) en cerdos criollos” previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria bajo mi supervisión.

.....

Dra. María Isabel Viamonte Garces, PhD

**DIRECTORA DE PROYECTO**

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

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

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

.....

Dra. Alina Ramírez Sánchez, PhD

**PRESIDENTA DEL TRIBUNAL**

---

Dr. Willan Orlando Caicedo Quinche, PhD

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

MSc.Pablo Ernesto Arias

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## AGRADECIMIENTO

*A Dios por darme la vida, a mi madre Anita Rosario Oña Cárdenas y a mi padre Luis Alberto Asitimbay, por ser mi apoyo incondicional en mi formación como persona e inculcarme valores, éticos y morales.*

*A mi esposo Samuel Paguay Ortiz por el apoyo constante y brindarme palabras de aliento en momentos difíciles.*

*A la Dra. María Isabel Viamonte Garcés, por el apoyo incondicional como Tutora de mi Proyecto de Investigación.*

*A la Ing. Q.F. Andrea Tapuy por compartirme más conocimientos de laboratorio que faltaron pulir durante mi carrera universitaria.*

*A la Ing. Sandra Soria, por que en algún momento me extendió sus brazos, palabras de aliento que siempre las tendré grabadas en mi mente y en mi corazón.*

*A la MSc. Janeth María Sánchez Campuzano, por su confianza y apoyo brindado en el lapso de mi Proyecto de Investigación.*

*A todos muchas gracias.*

## DEDICATORIA

A Dios por darme la vida y la sabiduría que necesite para seguir adelante y nunca rendirme.

A mi Mami Anita quien por su lucha e infinito amor me dio las fuerzas necesarias para seguir adelante y culminar esta etapa de mi vida ya que sin su esfuerzo y perseverancia yo no sería nada **GRACIAS MAMI.**

A mi amado esposo Samuel Paguay por ser mi impulso durante mi carrera universitaria que a pesar de las adversidades de la vida hemos estado juntos apoyándonos mutuamente. Ya que sin su apoyo no hubiese sido posible llegar al último escalón de mi trayectoria universitaria. **GRACIAS MI AMOR.**

A mi encantadora hija Briana que a pesar de su corta edad con esfuerzo y dedicación tanto en mis estudios, como en el papel de madre logre salir adelante sin descuidar a mi hija. **TE AMO BRIANITA**

A mis queridas amigas Mikahela, Ximena quienes con su alegría y amistad permitieron cultivar día tras día el compañerismo en la universidad e hicieron que esta amistad nos una más que nunca en la buenas y en las malas.

Dennice



## RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES

La investigación se desarrolló en el Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica, ubicado en el cantón Santa clara , provincia de Pastaza, con el objetivo de determinar la composición química y los coeficientes de digestibilidad aparente de los nutrientes de una dieta utilizando semillas de Sacha inchi con capsula (*Plukenetia volubilis*) en cerdos criollos en la etapa de ceba, se aplicó un diseño cuadrado latino de 3 x 3 con dos niveles de inclusión de Sacha inchi en las dietas T2 (10%) y T3 (20%) y un grupo control T (0), para lo cual se utilizaron 3 cerdos criollos machos castrados con un peso promedio inicial de  $70\pm 2$  kg, los cuales se ubicaron en 3 jaulas metabólicas de 0,40 x 1,50 m. Se determinó en las dietas la composición proximal y los coeficientes de digestibilidad para el aprovechamiento de los nutrientes: FB, PB, Ceniza, MO, MS y Grasa. Se realizó un análisis estadístico de ANOVA de acuerdo al diseño y la comparación de medias por la prueba de Turkey ( $P < 0,05$ ). La semilla de Sacha inchi presentó altos contenidos de MS (98,02%), MO (85,15%), PB (16%), FB (32,65%), Ceniza (14,55%). Los coeficientes de digestibilidad de la MS presentaron diferencias significativas de (95,24; 94,68; 94,33%); mientras que en la MO no existe diferencias significativas para ( $P < 0,001$ ), en la PB se obtuvo (82,54; 79,82; 78,06%); FB (89,98 ;88,95; 81,41%), Grasa (98,75; 98,72; 91,46%) no presentaron diferencias significativas ( $P < 0,001$ ) entre tratamientos. El sachá inchi contiene (MS) 98,02%, (MO) 85,15%, (PB) 16%, (FB) 32,65% y Ceniza (14,55%) requerimientos adecuados para cerdos criollos, etapa de ceba, la inclusión del 10% y 20% de Sacha inchi en la dieta de cerdos no influyo en la digestibilidad de la MO (99,88; 99,80%) y PB (79,82; 78,06%) y el aprovechamiento de la FB (88,95; 81,41%).

**PALABRAS CLAVES:** Sacha inchi, cerdos criollos, ceba, digestibilidad.

## EXECUTIVE SUMMARY AND KEYWORDS

The research was carried out in the Amazon Research, Postgraduate and Conservation Center, located in Santa Clara canton, province of Pastaza, with the objective of determining the chemical composition and the apparent digestibility coefficients of the nutrients of a diet using Sacha seeds. Inchi with capsule (*Plukenetia volubilis*) in Creole pigs in the fattening stage, a 3 x 3 square Latin design was applied with two inclusion levels of Sacha inchi in the T2 (10%) and T3 (20%) diets and a control group T (0), for which 3 male castrated creole pigs were used with an initial average weight of  $70 \pm 2$  kg, which were located in 3 metabolic cages of 0.40 x 1.50 m. The proximal composition and the digestibility coefficients for the utilization of the nutrients were determined in the diets: FB, PB, Ash, MO, MS and Fat. An ANOVA statistical analysis was performed according to the design and comparison of means by the Turkey test ( $P < 0.05$ ). The seed of Sacha inchi presented high contents of MS (98.02%), MO (85.15%), PB (16%), FB (32.65%), Ash (14.55%). The DM digestibility coefficients showed significant differences of (95.24, 94.68, 94.33%); while in the OM there are no significant differences for ( $P < 0.001$ ), in the PB it was obtained (82.54, 79.82, 78.06%); FB (89.98, 88.95, 81.41%), Fat (98.75, 98.72, 91.46%) did not present significant differences ( $P < 0.001$ ) between treatments. The sachu inchi contains (MS) 98.02%, (MO) 85.15%, (PB) 16%, (FB) 32.65% and Ash (14.55%) requirements suitable for Creole pigs, bait stage, the inclusion of 10% and 20% of Sacha inchi in the diet of pigs did not influence the digestibility of MO (99.88, 99.80%) and PB (79.82, 78.06%) and the utilization of the FB (88.95, 81.41%).

KEY WORDS: Sacha inchi, creole pigs, fattening, digestibility.

# ÍNDICE

CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. Problema de investigación.....	2
1.3. Formulación del problema.....	3
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
2.1. Origen de la planta de sacha inchi ( <i>Plukenetia volubilis</i> ).....	4
2.2. Producción de Sacha inchi ( <i>Plukenetia volubilis</i> ) en el Ecuador.....	4
2.3. Composición química del Sacha Inchi ( <i>Plukenetia volubilis</i> ).....	5
2.4. Factores anti nutricionales.....	5
2.5. Origen del cerdo criollo.....	6
2.5.1. Biotipos de cerdos criollos.....	7
2.6. Alimentación y requerimientos de nutrientes del cerdo criollo en la etapa de ceba... 8	
2.7. Digestibilidad en cerdos.....	9
2.7.1. Digestibilidad aparente (DA).....	9
2.7.2. La digestibilidad aparente mediante el método de colecta total.....	10
2.8. Digestibilidad de la MS, MO, PB y FB en cerdos de ceba.....	10
CAPÍTULO III.....	11
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	11
3.1 Localización de la investigación.....	11
3.2. Tipo de investigación.....	11
3.3. Métodos de investigación.....	11
3.3.1. Determinación de la composición proximal del Sacha inchi con cápsula y las dietas utilizadas.....	11

3.3.2. Manejo de los animales y coeficientes de digestibilidad aparente de los cerdos criollos.....	12
3.3.3. Manejo de la alimentación.....	12
3.4. Diseño de la investigación.....	13
3.5. Factores de estudio.....	13
3.5.1. Variables dependientes.....	13
3.5.2. Variables independientes.....	14
3.6. Análisis estadístico.....	14
3.7. Materiales.....	14
3.7.1. Equipos.....	14
CAPÍTULO IV.....	15
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
CAPÍTULO V.....	20
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	20
5.1. Conclusiones.....	20
5.2. Recomendaciones.....	20
CAPÍTULO VI.....	21
6. BIBLIOGRAFÍA.....	21
CAPÍTULO VII.....	27
7. ANEXOS.....	27

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición química de la cáscara y almendra del Sacha Inchi ( <i>Plukenetia volubilis</i> ) .....	11
Tabla 2 Clasificación zoológica del cerdo criollo.....	13
Tabla 3 Requerimientos nutricionales del cerdo ibérico cruzado en la etapa de ceba.....	15
Tabla 4 Composición química de las dietas.....	18
Tabla 5 Diseño experimental Cuadrado Latino.....	19
Tabla 6 Análisis proximal del Sacha inchi ( <i>Plukenetia volubilis</i> ) .....	21
Tabla 7 Coeficientes de digestibilidad aparente de los nutrientes estudiados en dietas de cerdos en etapa de ceba alimentados con Sacha inchi ( <i>Plukenetia volubilis</i> ) .....	23

# CAPÍTULO I.

## 1. INTRODUCCIÓN.

Durante mucho tiempo el cerdo (*Sus domesticus*) fue utilizado por la humanidad como fuente de proteínas y grasa, luego de su domesticación se crió de manera extensiva, pero en las últimas décadas la producción porcina se intensificó y estos cambios están asociados a las nuevas exigencias del mercado donde se están promoviendo los cortes magros; y, se empezó a elegir animales por características de la canal, eficiencia productiva y reproductiva (Guachamín, 2016).

Los sistemas de crianza porcino a nivel mundial han evolucionado significativamente, debido a que es la carne más consumida en el mundo, seguida por la aviar y bovina (INTA, 2014). Dentro de estos sistemas de producción porcícolas no convencionales la alimentación representa el principal componente del costo dentro de la cadena de producción, alrededor del 70% de los costos totales de producción, las fuentes de proteína más utilizadas en la alimentación provienen de la importación de las materias primas; debido a los requerimientos nutricionales en las diferentes etapas de desarrollo del cerdo para asegurar la calidad del producto final (Gabosi, 2012).

En Ecuador la producción porcícola tecnificada y semi tecnificada llegó a superar a la producción de traspatio o familiar con una producción de 140 000 Tm/año, disminuyendo las importaciones de carne de cerdo de 13 600 Tm/año a 3 000 Tm/año, sin embargo, las importaciones de materia prima como maíz y soya se incrementó, para suplir las demandas de las industrias de elaboración de balanceados, Ecuador importó 184 Tm/año de maíz amarillo y 60 Tm/año de torta de soya (ASPE, 2016).

La crianza de los porcinos depende del nivel de tecnificación, y su alimentación está basada en balanceado, sin embargo en granjas familiares o traspatio su alimentación es variada y se pueden utilizar alimentos vegetales que no clasifican para su comercialización, desechos de cocina, subproductos de la industria molinera entre las más importantes, la principal fuente de alimentación de los porcinos en Ecuador es el alimento balanceado con un promedio ponderado del 73 %, seguido de la categoría otros alimentos con el 12.7 %, granos enteros o molidos 8.6 % y el forraje verde 5.3 % ( AGRYTEC, 2011).

Tomando en cuenta que en Ecuador todavía existe la producción del cerdo criollo en un sistema de traspatio o familiar, en la cual han demostrado a través de los años una gran

adaptabilidad a diferentes ecosistemas, en especial a condiciones sumamente adversas y a una alimentación de bajo nivel nutritivo, a su vez generan importantes ingresos a los pequeños productores (Espinosa, 2016).

Actualmente el alto costo e importación de las materias primas en contenidos proteicos y energéticos utilizadas para la elaboración de los balanceados, hacen poco rentable la producción porcina para los productores de pequeños y medianos ingresos económicos, así como su comercialización, esto genera que se busquen nuevas fuentes y/o alternativas de alimentación a base de materias primas locales, para disminuir los costos de producción porcina (AFABA, 2014).

La gran biodiversidad existente en el Ecuador, permite disponer de una gran cantidad de recursos alimenticios no convencionales, que a través de métodos de procesamiento del alimento se convierte en una alternativa para alimentación animal, en esta gran biodiversidad se encuentra el Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) clasificada dentro de los alimentos funcionales, por la riqueza de sus aceites poli-insaturados, sus altos contenidos de proteínas y minerales (Velázquez, Vargas, Andrade, Baldeón y Sánchez, 2014).

Conocer el valor nutritivo de un alimento está ligado con el tipo y cantidad de nutrientes que estos aportan, así de esta forma se comprende cómo balancear los nutrientes en las dietas para los animales, al mismo tiempo constituye una necesidad determinar la presencia de metabolitos secundarios en el propio alimento que pueden afectar el comportamiento de estos en cuanto al consumo, digestibilidad y aprovechamiento de los nutrientes (Secombe y Lester, 2012).

La digestibilidad aparente es un método viable para conocer el valor nutritivo de un alimento tras recorrer el tracto gastro intestinal del animal (TGI), puede ser evaluada mediante uso de varios métodos, donde el método más representativo es el de colección total de heces conocida como (método directo). Este método implica el registro exacto del consumo de alimento y la colección minuciosa del total de heces producidas durante la prueba de digestibilidad (Osorio, Giraldo y Narváez, 2012).

## **1.2. Problema de investigación.**

Las almendras del Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) en estado natural conforman una excelente fuente de nutrientes y tiene alto contenido de aceites polinsaturados, sin embargo, al ser un alimento alternativo, posee un alto tenor de factores anti nutricionales, estos niveles se pueden reducir mediante tecnologías destacando el secado parcial, con la cual se podría

obtener un alimento de apreciada calidad nutritiva, y una fuente alternativa para la alimentación de los cerdos criollos, pero se desconocen los componentes nutricionales de este producto y su efecto sobre el aprovechamiento de nutrientes en la alimentación de cerdos criollos en la etapa de ceba.

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

¿Podrá el Sacha inchi utilizarse como alimento en cerdos criollos en etapa de ceba?

### **1.4. Objetivos.**

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

Determinar la composición química y digestibilidad aparente de nutrientes del Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) en cerdos criollos en la etapa de ceba.

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

- Determinar la composición proximal de la materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína Bruta (PB), fibra bruta (FB) y ceniza del Sacha inchi en cápsula.
  
- Comprobar la digestibilidad aparente de la materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína Bruta (PB), fibra bruta (FB), grasa y ceniza del Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) en la dieta de cerdos criollos en la etapa de ceba.



## CAPÍTULO II.

### 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

#### 2.1. Origen de la planta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*).

Sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) es una planta generalmente trepadora o liana, catalogada por primera vez en 1753 por el naturalista Linneo en la Amazonía peruana. Su nombre deriva de dos palabras quechuas: ‘sachá’ que significa silvestre, e ‘inchi’, cuyo término hace referencia al maní que produce, también es conocida como sachá yuc hi, sachá yuchiqui, sachá inchik, maní del monte, maní silvestre, maní del inca, entre otras ( Arfini y Antonioli, 2013).

Su nombre de maní de los incas o, en inglés, inca peanut, responde a las evidencias que muestran que fue cultivada por los incas, hace más de 3000 años, el género *Plukenetia* pertenece a la familia Euforbiáceas y está integrado por 19 especies con una distribución tan tropical, hallándose 12 especies en Sudamérica y Centroamérica, y las restantes en el viejo mundo, pudiendo existir otras especies actualmente no conocidas, en América, su presencia se da principalmente en Perú, Bolivia, Antillas Menores, Surinam, Venezuela, Colombia, Ecuador y Brasil, sitios que cumplen sus exigencias óptimas de crecimiento, que incluyen una altitud entre 30 y 2000 m.s.n.m., clima tropical o subtropical, con temperaturas de 10 a 26 °C y una humedad relativa del 78% (Tenorio, 2017).

#### 2.2. Producción de Sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) en el Ecuador.

La semilla de la especie *Plukenetia volubilis*, ha resultado muy atractiva por la riqueza de su aceite, lo que la convierte en una interesante opción nutricional, como alimento nutracéutico, de acuerdo con Chirinos *et al.* (2013), al analizar los ácidos grasos poliinsaturados, tocoferoles, fitosteroles, compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de la semilla de 16 diferentes variedades de Sachá inchi, encontraron diferencias significativas en los contenidos de aceites omegas 3 y 6, su capacidad antioxidante y otros compuestos fitoquímicos, concluyendo que su consumo puede ser considerado como una importante fuente dietaria de promotores fitoquímicos saludables.

Ecuador posee pequeños cultivos de esta semilla en las provincias de Orellana, Napo, Pastaza, Morona, Manabí, Pichincha, Santo Domingo de los Tsáchilas y Esmeraldas los cuales asciende a 500 hectáreas aproximadamente, esto demuestra la versatilidad y adaptación del cultivo a los diferentes pisos climáticos del Ecuador, los cultivos de Sachá

inchi han estado en crecimiento gracias al apoyo del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) el cual a través del Proyecto Segunda Ronda Kennedy (2KR) ha impulsado la siembra de esta semilla en varias provincias del país; mediante el 2KR se entrega a los productores semillas, insumos y materiales, se les proporciona capacitación y asistencia técnica gratuita (Páez, 2015).

### 2.3. Composición química del Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*).

Las semillas de Sacha inchi están conformadas de 33-35 % de cáscara y 65-67 % de grano, que presenta alrededor de 48-50 % de aceite y 27-28 % de proteínas altamente digeribles y ricas en aminoácidos esenciales: cisteína, tirosina, treonina y triptófano, excepto leucina y lisina (Alayón y Echeverri, 2016). En la Tabla 1, se presenta la composición química de la cáscara y almendra de Sacha inchi.

Tabla 1. Composición química de la cáscara y almendra del Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*).

Componente	Cáscara	Almendra
	%	%
Ceniza	1,75	4
Grasa	0,39	42
Proteína	2,75	24,7
Fibra bruta	77,84	-
Extracto no nitrogenado	17,27	-
Humedad	-	3,3
Carbohidratos	-	30,9

Fuente: (Gutiérrez, Rosada, y Jiménez, 2011; Benítez, Coronel, Hurtado, y Martín, 2015)

### 2.4. Factores anti nutricionales.

El término antinutrientes se utiliza para calificar a aquellos compuestos que afectan el valor nutricional de algunos alimentos, especialmente semillas, pues dificultan o inhiben la asimilación de nutrientes que provienen de alimentos generalmente de origen vegetal (proteínas y minerales); desde el punto de vista bioquímico estos factores son de naturaleza variada y pueden llegar a ser tóxicos o causar efectos fisiológicos poco deseables como la flatulencia; distensión estomacal, afectaciones pancreáticas, aglutinación de glóbulos rojos,

disminución en la asimilación de nutrientes, entre otros; los factores antinutricionales son sustancias naturales no fibrosas, generadas por el metabolismo secundario de las plantas como mecanismo de defensa a situaciones estresantes o contra el ataque de mohos, bacterias, insectos y aves, un ejemplo de estos son los taninos, los cuales son sintetizados durante el desarrollo de la semilla y la planta las utiliza como fuente de aminoácidos aunque su principal función parece ser la defensa de la planta frente a hongos, insectos y nemátodos.

Obregón (1997), afirma que el Sacha inchi contiene factores antinutricionales, específicamente taninos, que son metabolitos secundarios, de alto peso molecular cuya función principal en la planta es la defensa contra patógenos, herbívoros y condiciones ambientales hostiles o adversas causando ya sea una reacción inmediata (astringencia) ó lenta (efectos tóxicos y/o anti nutricionales) al ser consumidos.

El procesamiento más efectivo para la inhibición de los taninos en la semilla y torta de Sacha inchi es la cocción, logrando inhibir mejor los taninos en la semilla a 95°C por 15 minutos, en la torta de a 95°C por 5 minutos (Quintana, 2009).

## **2.5. Origen del cerdo criollo.**

Falconi. y Paredes, (2011) , menciona que los cerdos criollos de América Latina tienen su origen en los cerdos ibéricos traídos por Cristóbal Colón, durante su segundo viaje, específicamente a las costas orientales venezolanas o haitianas.

En Latinoamérica se encontró una población de 73 millones de cerdos, la mayoría de ellos criados bajo sistemas de producción extensivos, semi extensivos y agro-pastoriles. En general, los cerdos criollos latinoamericanos presentan cercanía genética entre ellos, sobre todo los cerdos criollos cubanos, argentinos y ecuatorianos (Linares, Linares y Mendoza, 2011).

Los cerdos criollos del Ecuador, tienen su origen en las razas ibéricas importadas durante el período de la conquista. La existencia en América Latina de otros fenotipos de cerdos, diferentes al lampiño que ha sido descrito 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).

### 2.5.1. Biotipos de cerdos criollos.

Revidatti (2009), asevera que los actuales cerdos son considerados 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. En la Tabla 2, se puede observar la clasificación zoológica del cerdo criollo.

Tabla. 2. Clasificación zoológica del cerdo criollo.

CLASIFICACION	NOMBRE	NOTAS
Reino	Animalia	Organismo pluricelular que sintetiza hidratos de carbono heterotróficamente en forma de glucógeno
Subreino	Eumetazoa	Presenta tejidos propiamente dichos y poseen órganos y tubo digestivo
Filo	Chordata	Presencia de una cuerda dorsal o notocordrio
Subfilo	Vertebrada	Presenta un eje central óseo o columna vertebral
Clase	Mamalia	Poseen pelos en la piel y glándulas mamarias.
Subclase	Eutheria	Crías retenidas en el útero y alimentadas por una placenta.
Orden	Artiodactyla	Mamíferos de pezuñas pares.
Familia	Suidae	Cerdos, jabalí, etc.
Genero	Sus	-
Especie	Crofa	Cerdo criollo

Fuente: Estupiñán 2004

Son animales de mediano tamaño, de epidermis oscura y de escaso pelaje color negro pizarra, disponen de un hocico largo y estrecho que lo utilizan para escarbar la tierra en busca de alimentos y de humedad; tienen un esqueleto prominente y escasas carnes, los pesos promedios a nivel nacional de estos animales son de 90,7 kg para los machos y de 79,5 kg para las hembras, estos pesos son superiores para los machos en la Costa y para las hembras en la Sierra, donde los mismos llegan a alcanzar hasta 113 y 87,8 kg respectivamente (Benítez, 2009).

## **2.6. Alimentación y requerimientos de nutrientes del cerdo criollo en la etapa de ceba.**

El cerdo ibérico y sus diferentes estirpes (cerdo criollo), posee una elevada capacidad de deposición lipídica tanto de cobertura como intra muscular, por lo contrario, esa elevada deposición lipídica afecta negativamente a su eficiencia alimenticia, por lo que, si sus consumos energéticos son muy superiores, a sus requerimientos nutricionales, originarán un grado de engrasamiento que puede perjudicar a la producción y reproducción (Flores y Rivera, 2010).

Régnier, Bocage, Archimède, Noblet y Renaudeau (2013) mencionan que cuando el alimento es altamente fibroso en la alimentación de los cerdos criollos, aprovechan mejor los nutrientes que los cerdos mejorados; la limitante para cualquiera de las dos razas esta cuando los alimentos tienen contenidos de taninos.

Los requerimientos nutricionales de los cerdos criollos, se toma como referencia a los cerdos ibéricos cruzados. Espinoza (2016), menciona que los cerdos criollos en el Ecuador son una mezcla con cerdos comerciales adaptándose a las condiciones deficientes de alimentación y que no han tenido selección genética. En la Tabla 3. Se muestra el requerimiento nutricional de los cerdos criollos.

Tabla. 3. Requerimientos nutricionales del cerdo ibérico cruzado en la etapa de ceba.

Peso vivo	Kg	27-100
Energía metabolizable	Kcaloría/kg	2985
Energía neta	Kcaloría/kg	2270
Grasa añadida	%	2-5
Fibra bruta mínima	%	3,5
Fibra bruta máxima	%	5,5
Proteína bruta mínima	%	15,6
Proteína bruta máxima	%	16,5

Fuente: FEDNA 2013

## 2.7. Digestibilidad en cerdos.

La digestibilidad es una forma de medir el aprovechamiento de un alimento, permitiendo la comprensión de lo que ocurre con el alimento consumido contra el alimento que se ha excretado (Aparicio, 2016). El valor nutritivo de un alimento o nutriente puede ser evaluado a través de su coeficiente de digestibilidad, que es la proporción del alimento que no se excreta y que se asume, por tanto, ha sido absorbido por el tracto gastrointestinal del cerdo. El coeficiente de digestibilidad está íntimamente relacionado con el valor nutritivo de los alimentos. (Secombe y Lester, 2012).

La digestibilidad se refiere solo a la eficiencia de los procesos que ocurren dentro del tracto digestivo y no incluyen las pérdidas internas representadas en la orina, por consiguiente, la necesidad de herramientas confiables para estudiar la utilización de ingredientes lleva al desarrollo de varios métodos para entender el grado en que los nutrientes son absorbidos, incluidas las mediciones de digestibilidad aparente de los nutrientes (Pattacini, Scoles, y Braun, 2012).

### 2.7.1. Digestibilidad aparente (DA).

Las pruebas de digestibilidad aparente permiten estimar la proporción de nutrientes presentes en una ración que pueden ser absorbidos por el aparato digestivo, la digestibilidad aparente, es evaluada a partir de la digesta ileal y/o heces. Con este método no se conoce la proporción de la proteína que proviene de la dieta o de la secreción de nitrógeno endógeno (NE), y solo permite asumir que cantidad del alimento fue asimilado por el animal (Silva, 2010).

La digestibilidad aparente se emplea, debido a que es difícil cuantificar con exactitud las cantidades de origen endógeno de un determinado elemento presente en las heces, la porción que no es digerida se excreta en las heces y la porción absorbida se determina por diferencia entre los nutrientes ingeridos y los excretados en las heces expresándose como un porcentaje de la cantidad ingerida, donde se han empleado diversos métodos, entre los cuales se destaca, la recolección total de heces (Bauza, Barreto, Bratschi, Silva y Tejero, 2016).

### **2.7.2. La digestibilidad aparente mediante el método de colecta total.**

Es una técnica simple de realizar, ya que se obtiene al estimar la diferencia entre lo ingerido y lo excretado en heces, donde el más representativo es el de colección total de heces (método directo) con la utilización de jaulas metabólicas con dispositivos para separación de orina y heces, sin contaminación y con reducida volatilización de nitrógeno, este método implica el registro exacto del consumo de alimento y la colección minuciosa del total de heces producidas durante la prueba de digestibilidad (Rachuonyoab, Ellisb, Varelabc, Curtisb y Ibarzüengoytiabc, 2015).

### **2.8. Digestibilidad de la MS, MO, PB y FB en cerdos de ceba.**

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

## **CAPÍTULO III.**

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

#### **3.1 Localización de la investigación**

El estudio se realizó en el Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA), en el programa de porcinos, el cual está ubicado en el cantón Arosemena Tola, provincia de Napo (Ecuador). El ambiente es tropical con temperaturas que varían entre los 15 y 25 °C, precipitación anual de 4000 mm, humedad relativa del 80%, con topografía caracterizada por relieves ligeramente ondulados sin pendientes pronunciadas, distribuidos en mesetas naturales de gran extensión. La altitud varía entre los 580 y 990 msnm. Si bien los suelos presentan una composición muy heterogénea, la mayoría se origina en sedimentos fluviales procedentes de la región andina del país (UEA, 2018).

#### **3.2. Tipo de investigación**

La investigación es de tipo experimental, por la cual se aplicó un diseño cuadrado latino de 3 x 3 con la finalidad de determinar la incidencia de los niveles de inclusión del 10, 20% de Sacha inchi y un grupo control, sobre el aprovechamiento de nutrientes en cerdos durante la etapa de ceba.

#### **3.3. Métodos de investigación**

El método de investigación que se implementó es de modalidad experimental.

##### **3.3.1. Determinación de la composición proximal del Sacha inchi con**



**cápsula y las dietas utilizadas.**

Las muestras del Sacha inchi y las dietas se analizaron en el laboratorio de química de la Universidad Estatal Amazónica. Se tomó una muestra al azar con 1 kg de cada dieta formulada para analizar la



composición química; materia seca (MS), proteína bruta (PB), (Anexo 2), fibra bruta (FB), cenizas y extractos libres de nitrógeno (ELN), se consideró que el contenido de materia orgánica (MO) es el resultado de sustraer (100 % de cenizas), según los procedimientos descritos por la AOAC (2005).

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

Se utilizaron tres cerdos criollos castrados en la etapa de ceba con un peso vivo promedio de  $70 \pm 2$  kg. Los animales se ubicaron en jaulas metabólicas individuales, con un consumo de 1,5 kg de alimento en la mañana, a las 08:00 am y 1,5 kg de alimento en la tarde, a las 15:00 pm, (Anexo5) el agua estuvo disponible a voluntad. Los animales pasaron una fase de adaptación a la dieta de cinco días de duración y se les ajustó el consumo de alimento de acuerdo al peso vivo. Las heces, (Anexo 4), se recolectaron durante cinco días por el método de colecta total (Bauza *et al.*, 2016).

### 3.3.3. Manejo de la alimentación.

Se suministró una dieta compuesta por maíz, soya, semita, pecutrín, (Tabla 4). El tratamiento (T1) control; T2 (inclusión del 10% sachá inchi) y T3 (inclusión del 20% sachá inchi), formuladas de acuerdo con los requerimientos nutricionales de la NRC (2012).

Tabla 4. Composición química de las dietas experimentales.

Ingredientes, % en base seca	Niveles de inclusión de harina de sachá inchi ( <i>Plukenetia volubilis</i> ) %			
	Control	T1(0)	T2(10)	T3(20)
Maíz amarillo	71	59	46	
Soya	19	21	24	
Semita	9,5	9,5	9,5	
Pecutrín	0,5	0,5	0,5	
Sachá inchi c/cápsula	-	10	20	
<b>Análisis % en base seca</b>				
PB%	14,87			
FB%	44,76			

### 3.4. Diseño de la investigación.

Para el presente proyecto de investigación se realizó un diseño experimental Cuadrado Latino 3 x 3, (Tabla 5) con la finalidad de determinar la incidencia de los niveles de inclusión sobre el aprovechamiento de los nutrientes del Sacha inchi en cerdos de ceba.

Tabla 5. Diseño experimental Cuadrado Latino.

Periodos	Animal 1	Animal 2	Animal 3
Periodo 1	T1	T2	T3
Periodo 2	T3	T1	T2
Periodo 3	T2	T3	T1

Diseño representado por el siguiente modelo matemático:

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

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

donde:

$Y(ijk)$  = Medición sobre la unidad experimental situada en la  $i$ -ésima fila y en la  $j$ -ésima columna, sometida al  $k$ -ésimo tratamiento (10 y 20% de inclusión de 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,

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

### 3.5. Factores de estudio.

#### 3.5.1. Variables dependientes.

Digestibilidad de la MS.

Digestibilidad de la MO.

Digestibilidad de la PB.

Digestibilidad de la FB.

Digestibilidad de Grasa.

### **3.5.2. Variables independientes.**

Nivel de inclusión del sachá inchi del 10 y 20 % en la dieta.

### **3.6. Análisis estadístico.**

En 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 y FB se analizaron mediante ANOVA con modelo de clasificación simple que controló el efecto de la dieta con sus niveles de inclusión de Sachá inchi (10 y 20%) y el grupo control. Para la diferencia entre medias se usó la prueba Tukey  $P < 0,05$ . Para el procesamiento estadístico de los datos se implementó el paquete estadístico SPSS versión 22,1 bajo ambiente Windows.

### **3.7. Materiales**

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

#### **3.7.1. Equipos**

- Balanza analítica (**aeADAM**) **Max 250g**
- Balanza gramera (**CAMRY**)
- Computadora (**TOSHIBA**)
- Cámara fotográfica (**CANNOM**)
- Ultra congelador
- Jaulas metabólicas

## CAPÍTULO IV.

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

El análisis proximal del Sacha inchi con cápsula (*Plukenetia volubilis*) utilizado como materia prima, para la elaboración de las dietas en esta investigación se muestra en la Tabla 6. Para lo cual se observa que se obtuvo en MS una diferencia de 3,62% a los resultados obtenidos por Baldeón, Velázquez, Castellanos, (2015) realizados solamente en la cáscara del Sacha inchi, mientras que los estudios obtenidos por Velásquez *et al.* (2014) en la provincia de Pastaza de la Amazonia ecuatoriana muestran porcentaje del 97,4% de materia seca en almendra de Sacha inchi descascarada y tostada, similares a las muestras obtenidas en esta investigación procedente de la provincia de Morona Santiago, perteneciente de igual manera a la Amazonía.

Tabla 6. Análisis proximal del Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*).

Sacha inchi	INDICADORES, %				
	MS	MO	PB	FB	Ceniza
Semilla con cápsula	98,02	85,15	16	32,65	14,55

Los resultados de la materia orgánica del Sacha inchi con cápsula mostraron valores de 85,15%, más bajo que los obtenidos por Veloz (2014), en semillas de Sacha inchi (91,67%) relacionándolo con las condiciones de manejo sanitario del cultivo, edad de la semilla, época de cosecha y ecotipo, características indispensables para aprovechar la fracción mineral que ofrece la planta. El valor obtenido en esta investigación pudo haber estado relacionado a que la semilla no se encontraba en buen estado y un inadecuado manejo desde la cosecha hasta el almacenamiento, resultando un deterioro de la almendra.

El resultado obtenido de Proteína es de 16% valores inferiores a los obtenidos por Gutiérrez, Rosada, y Jiménez, (2011) de 24,7% de proteína en semillas. Los valores de proteína obtenidos pueden ser adecuados para alimentación de los cerdos criollos en la etapa final de la ceba, según afirmación de FEDNA (2013) en estudios realizados en requerimientos de proteína para los cerdos ibéricos en la etapa de ceba requieren de 16,5%.

Al respecto Ruiz, Díaz, Anaya y Rojas, (2013) mencionan que el valor proteico y el contenido de proteína de la almendra del Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L) depende en gran medida de la eficiencia en la extracción del aceite; sin embargo, Ordoñez (2013) obtuvo

resultados superiores de proteína en torta de Sacha inchi analizado en el residuo de la extracción del aceite en base seca con un contenido proteico del 51,23%.

La fibra del Sacha inchi con cápsula mostró valores de 32,65%, resultados inferiores a los obtenidos por Benítez, Coronel, Hurtado, y Martín (2015) realizado en el Valle del Guamuez, Putumayo, Colombia, que indicaron valores de 77,84% de fibra para la cáscara de Sacha inchi.

Los contenidos de ceniza (14,55%) encontrados en este estudio fueron superiores a los publicados, por Betancouth (2013) en una investigación realizada con torta de Sacha inchi después de la extracción del aceite, donde obtuvo en el análisis proximal de ceniza un porcentaje de 9,25 en BS, de igual manera menciona Pascual (2000) que obtuvo un resultado próximo de 9,35% en BS. Los valores de ceniza obtenidos en este estudio pudieron estar relacionados a que se utilizó el Sacha inchi con cápsula y los nutrientes del suelo de donde se cosechó esta materia prima.

En el lapso de los días en la alimentación de los cerdos las raciones fueron consumidas, con normalidad y no se exhibieron problemas de rechazo. A los 5 días de adaptación el consumo se estabilizó en 3 kg de MS/día.

En la Tabla 7 se muestran los coeficientes de digestibilidad aparente de los nutrientes de las dietas estudiadas, en los cerdos criollos en la etapa de ceba. Los coeficientes de digestibilidad de la MS obtuvieron diferencias significativas al ( $P < 0,05$ ) entre los tres tratamientos, donde difiere el grupo control de los tratamientos con inclusión de Sacha inchi al 10 y 20 %. Los coeficientes de digestibilidad de PB, FB y Grasa presentaron diferencias significativas a ( $P < 0,001$ ) entre tratamientos, en cuanto a la digestibilidad de la MO no existe diferencias significativas entre tratamientos.

Los coeficientes de digestibilidad de la materia seca del grupo control fue superior a los tratamientos con inclusión de Sacha inchi al 10 y 20 %, estos no difieren entre sí.

Tabla 7. Coeficientes de digestibilidad aparente de los nutrientes estudiados en dietas de cerdos en etapa de ceba alimentados con Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*).

Nutrientes,%	Inclusión de Sacha inchi, %			±EE	Sig
	Control (T1)	10% (T2)	20% (T3)		
Materia Seca	95,24 <sup>a</sup>	94,68 <sup>b</sup>	94,33 <sup>b</sup>	0,71	**
Materia Orgánica	99,86	99,88	99,80	0,01	NS
Proteína Bruta	82,54 <sup>a</sup>	79,82 <sup>b</sup>	78,06 <sup>c</sup>	3,33	***
Fibra Bruta	89,98 <sup>a</sup>	88,95 <sup>a</sup>	81,41 <sup>b</sup>	3,91	***
Grasa	98,75 <sup>a</sup>	98,72 <sup>a</sup>	91,46 <sup>b</sup>	1,69	***

Letras desiguales en una misma fila difieren en \*\* (P<0,05) y \*\*\* (P<0,001)

La digestibilidad de la MS de los tratamientos fueron: T1(95,24%), T2 (94,68%), T3 (94,33%) estos resultados son superiores a la investigación realizada por Herrera *et al.*, (2013) quienes obtuvieron en consumo de especies forrajeras menores coeficientes de un 80%, mientras que en los análisis obtenidos por Phiny, Preston y Ly(2003) atribuyen que los bajos resultados de la materia seca de los alimentos se debe a la elevada palatabilidad y, a la ausencia de metabolitos secundarios (taninos, fenoles, saponinas, entre otros); García, Ojeda y Montero (2003) afirman que los metabolitos secundarios afectan al consumo voluntario de los animales.

En la MO no existe diferencia significativa en los tres tratamientos por lo que presenta un alto coeficiente de digestibilidad cercano al 100%, por lo que los cerdos criollos demuestran tener una alta digestibilidad ya que son animales rústicos y tiene la facilidad de digerir cualquier tipo de alimento que se les suministre en su dieta alimenticia, autores como Aguilera, García, Valverde y Nieto (2007) realizaron un trabajo en cerdas madres de raza ibérica las cuales fueron alimentadas con pulpa de bellotas y mostraron un coeficiente de digestibilidad del 91,3% según Stephen *et al.*, (1987) citado por Morales *et al.*, (2003) suponen que dicha fermentación es un proceso lento y que la cantidad de sustrato realmente fermentado en los cerdos ibéricos pudo haber sido difícil por el poco tiempo de retención de digesta que ocurre en el tracto digestivo.

Los coeficientes de digestibilidad de la proteína difieren entre tratamientos. El cual es mayor en el tratamiento control (T1) con un 82,54%, con respecto al T2 (79,82%) y el T3 (78,06%) en proteína bruta, con una diferencia significativa mínima (1,76%) en la inclusión del 10% y 20% de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*), debido probablemente a los metabolitos secundarios que posee el Sacha inchi y los altos contenidos de fibra del (32,65%) lo cual fue utilizado con cápsula. Estas observaciones son similares a las referidas por López, Fructuoso y Mateos (2000), en digestibilidades con bellotas en cerdos ibéricos que mostraron datos con un porcentaje menor al coeficiente de digestibilidad de un 75%, relacionándola a la presencia de taninos sobre todo en la harina de Sacha inchi en las raciones.

Al respecto estudios realizados por Morales *et al* (2003) utilizando una dieta basada en maíz y cascarilla de bellota consiguieron coeficientes de digestibilidad de la proteína del 78,9%, similares a los obtenidos en esta investigación con los niveles de inclusión en los tratamientos T2 (79,82%) y T3 (78,06%).

Por otra parte, Lewis, (2001) refiere que por cada unidad porcentual de proteína que se reduce en la dieta de los cerdos, disminuyen aproximadamente en 8 % las pérdidas de nitrógeno en las heces, 19% el amoníaco en el aire y 17,5% la fetidez. En investigaciones realizadas en México con cerdos en fase inicio alimentados con dietas bajas en proteína bruta (16,5%) con base en sorgo-harina de soja adicionadas con aminoácidos sintéticos no se afectaron las variables productivas, ni las características de la canal, pero sí disminuyó la concentración de urea en el plasma (González *et al.*, 2014).

En la Tabla 7 se muestra un mayor aprovechamiento de la fibra con el tratamiento control de (89,98 %) y en los tratamientos con inclusión de Sacha inchi en la dieta, del 10% (88,95%) seguido del tratamiento del 20% de 81,41%. Al respecto Macías (2006) en dieta elaborada con afrecho de trigo tuvo una digestibilidad de la fibra del 64,5% en cerdos cubanos rústicos. Hernández, Hernández, y Rodríguez (1999) afirman que las proporciones de fibra tienen una porción soluble de celulosa, hemicelulosa y una insoluble de lignina; al igual que otros investigadores hacen referencia que las porciones solubles consiguen ser asimiladas por la acción de algunos microorganismos como pueden ser hongos y bacterias, lo cual hace que incremente la degradable de la pared celular y así optimice la digestibilidad (Thomas *et al.*, 2013).

En los índices de digestibilidad de la grasa se puede apreciar que no existen diferencias significativas en los tratamientos T1 (98,75%) y T2 (98,72%), pero difieren a ( $P < 0,001$ ) del

T3 (91,46%), los altos coeficientes de digestibilidad de grasa en los cerdos criollos pueden estar dados por la rusticidad y tolerancia de los cerdos criollos. Ly *et al.*, (1999, 2000) en un estudio realizado en digestibilidad rectal de la grasa cruda en cerdos criollos cubanos, obtuvieron un porcentaje alto del 71,5%. Ly (2008) menciona que se logró este porcentaje alto en digestibilidad de la grasa en cerdos ibéricos de Portugal España y en sus descendientes en América latina.



## **CAPÍTULO V.**

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

#### **5.1. Conclusiones**

1. La harina de Sacha inchi con cápsula procedente de los cultivos de Huamboya, Provincia Morona Santiago posee una adecuada proteína para los cerdos en la etapa final de ceba, y contenidos de fibra aceptables para cerdos criollos.
2. La inclusión de la harina de Sacha inchi con cápsula al 10% fue la que obtuvo los mejores coeficientes de digestibilidad aparente en materia seca, fibra bruta y grasa, en los cerdos criollos en la etapa de ceba, no así en la proteína (79,82%).
3. Los coeficientes de digestibilidad de la proteína para las inclusiones del 10 y 20 % son aceptables para cerdos criollos.

#### **5.2. Recomendaciones**

1. La harina de Sacha inchi con cápsula por el aprovechamiento de sus nutrientes en cerdos, podría ser una fuente proteica como alternativa de materia prima para la alimentación de cerdos criollos en etapa de ceba en los sistemas de crianzas para pequeños productores.
2. Continuar los estudios de la harina de Sacha inchi en cuanto a valor nutritivo de los ácidos grasos y compuestos anti nutricionales que interfieran en la absorción de los nutrientes.
3. Probar la harina de Sacha inchi con otros ingredientes que mejoren la palatabilidad, para favorecer el consumo voluntario.

## CAPÍTULO VI.

### 6. BIBLIOGRAFÍA.

1. AGRYTEC. (2011). Censo de granjas porcícolas. Disponible en: <https://revistas.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/1355>., revisado el 25 de abril 2019.
2. AFABA. (2014). Se requiere normal suministro de maíz y soya. Ecuador: Asociación ecuatoriana de fabricantes de alimentos balanceados para animales. Disponible en: [http://www.afaba.org/portal/index.php/2015-04-07-00-5241/boletines/boletines-2015/doc\\_download/97-septiembre-3ero](http://www.afaba.org/portal/index.php/2015-04-07-00-5241/boletines/boletines-2015/doc_download/97-septiembre-3ero). Revisado el 14 de mayo del 2019.
3. Aguilera, J., García, R., Valverde, y Nieto, R. (2007). Valor nutritivo de los recursos de la dehesa. Disponible en: [http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/24\\_13\\_43\\_valor\\_nutritivo\\_de\\_los\\_recursos\\_de\\_la\\_dehesa.pdf](http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/24_13_43_valor_nutritivo_de_los_recursos_de_la_dehesa.pdf). Revisado el 26/06/2019.
4. ASPE. (2016). Estadísticas porcícolas 2016., Ecuador: Asociación de porcicultores. Disponible en: <http://www.aspe.org.ec/index.php/informacion/12-estadisticas>., Revisado el 12 de mayo del 2019.
5. Alayón, A., y Echeverri, I. (13 de octubre de 2016). Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*): una experiencia ancestral desaprovechada evidencias clínicas asociadas a su consumo. Revista Chilena de Nutrición, 43(2), 167-171.
6. AOAC. (2005). Official Methods of Analysis of AOAC international 18th Association of Official Chemists, Washington, DC.USA.
7. Aparicio, G. (2016). Calidad nutricional y digestibilidad in vitro del nopal (*Opuntia rastrera*) y maguey (agave salmiana). (Tesis de grado). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buena Vista – Saltillo, México. P,102.
8. Arfini, F. y Antonioli, F. (2013). Investigación sobre las condiciones para el reconocimiento del Sacha inchi en las indicaciones geográficas en el Perú, Centro de Investigación Educación y Desarrollo. Lima – Perú, P 129: 17-18.
9. Baldeón D., Velázquez F., Castellanos J., (2015)., Utilización de *Plukenetia volubilis* (sacha inchi) para mejorar los componentes nutricionales de la hamburguesa., Enfoque UTE, 6(2), 59-76.

10. 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.
11. Benítez, W. (2009). Caracterización etnozootécnica y genética del cerdo criollo de Ecuador. *REDVET*, 16(7), 1-12.
12. Benítez, R., Coronel, C., Hurtado, Z., y Martín J. (2015). Composición química de la cáscara de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) y alternativas para su aprovechamiento como subproducto agroindustrial. *El Hombre y la Máquina*, 46(2):28 -32.
13. Betancourth , C. (2013). Aprovechamiento de la torta residual de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo) mediante extracción por solventes de su aceite. (Maestría) Universidad de Manizales. Manizales. Colombia. P,32.
14. Chirinos, R., Zuloeta, G., Pedreschi, R., Mignolet E., Larondelle, Y., y Campos D., (2013). Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*): Una fuente de semillas de ácidos grasos poliinsaturados, tocoferoles, fitoesteroles, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante. *Química de los alimentos*, 43(2),167-171.
15. De Rouchey, J. (2014, 29 de junio). Un resumen del sistema digestivo del cerdo - boca, estómago, intestino delgado e intestino grueso. Kansas EUA: El sitio porcino. Disponible en: <http://www.elsitioporcino.com/articles/2513/sistema-digestivo-del-cerdo-anatoma-y-funciones/>., Revisado el 10 de mayo del 2019.
16. 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. P, 126.
17. Estupiñán, K. (2004). Cerdos en crecimiento y acabado. *Ciencia y tecnología*,2(2),15-20.
18. Falconí, C., y Paredes M. (2011). Levantamiento poblacional, caracterización fenotípica y de los sistemas de producción de los cerdos criollos en los cantones de Mejía (Pichincha) y Colta (Chimborazo). (Tesis de grado). Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí-Ecuador. P,108.
19. FEDNA. (2013). Necesidades nutricionales para Ganado porcino. Disponible en: [http://www.fundacionfedna.org/sites/default/files/Normas%20PORCINO\\_2013\\_rev2.pdf](http://www.fundacionfedna.org/sites/default/files/Normas%20PORCINO_2013_rev2.pdf). Revisado el 12 de mayo del 2019.

20. Flores, L., y Rivera, A. (octubre,2010). Claves en la alimentación del cerdo ibérico de cebo., España: Mundo ganadero. Disponible en: [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_MG/MG\\_2010\\_232\\_30\\_34.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_MG/MG_2010_232_30_34.pdf). Revisado el 08 de mayo del 2019.
21. Gabosi, H. (febrero,2012). Alimentación porcina y los costos. Argentina: Centro de investigación de actividades porcinas. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/298739296/Alimentacion-Porcina-y-Los-Costos>. Revisado el 06 de mayo del 2019.
22. García, D.E., Ojeda, F. y Montero, I. (2003). Evaluación de los principales factores que influyen en la composición fitoquímica de *Morus alba*. y análisis cualitativos de metabolitos secundarios. Pastos y forrajes 26(4), 335-346.
23. González, R.M.; Figueroa, V.J.L.; Vaquera, H.H.; Sánchez-Torres, M.T.; Ortega, C.M.E.; Cordero, M.J.L.; Copado, B.J.M. y Narciso, G.C. (2014). Niveles de proteína para cerdos en fase starter: un meta-análisis. Arch. Zootec 63 (242),315-325.
24. Guachamín, D. (2016). Evaluación de tres complementos alimenticios en la crianza de cerdos (*sus scrofa domestica*) en crecimiento y engorde, Nanegal – Pichincha (Tesis ). Universidad central del Ecuador, Quito-Ecuador. P,86.
25. Gutiérrez, L., Rosada, L., y Jiménez, A. (2011). Composición química de las semillas de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) y características de su fracción lipídica. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA), 62(1), 76-83.
26. Guillén, D., Ruiz, A., Cabo, N., Chirinos, R., y Pascual, G. (2003). Caracterización del aceite de Sacha
27. inchi (*Plunketia volubilis* L.) mediante espectroscopia FTIR y H RMN. Comparación con el aceite de linaza. Revista de la American Oil Chemists Society, 80 (8), 755–762.
28. Herrera, R., Pérez, A., Arece, J., Hernández, A., y Iglesias, M., (2013),. Utilización de grano de sorgo y forraje de leñosas en la ceba porcina. Pastos y forrajes, 36(1):56-63.
29. Hernández, S., Hernández, G., y Rodríguez, A. (1999). Celulosomas: sistemas multienzimáticos. Revista de la sociedad química de Mexico,43(3-4),137- 42.
30. INTA. (2014). Análisis de mercado internacional de cerdo. Argentina: El sitio porcino. Disponible en: <http://www.elsitioporcino.com/articles/2549/analisis-de-mercado-internacional-de-cerdo-en-2013/>. Revisado el 2 de mayo del 2019.

31. Lewis, A.J. (2001). Amino acids in swine nutrition. In: Lewis, A.J. and Southern, L.L. (Ed.). Swine Nutrition. 2nded. CRC Press. New York. P,143.
32. Linares, V., Linares, L., y Mendoza, G. (2011). Caracterización etnozootécnica y potencial carnicero de *Sus scrofa* “cerdo criollo” en Latinoamérica. Scientia Agropecuaria, 2(2), 97-110.
33. López, C., Fructuoso, G., y Mateos. G. G. (2000). Sistema de producción porcina y calidad de la carne. El cerdo Ibérico. Disponible en: [http://www.anvepi.com/img/3paco\\_1263466361\\_a.pdf](http://www.anvepi.com/img/3paco_1263466361_a.pdf). Revisado 20 junio del 2019.
34. Lowell, J. (2017). Digestibilidad comparativa de la energía y los nutrientes en dietas alimentadas a cerdas y cerdos en crecimiento. Revista Computadorizada de Producción Porcina, 22(83), 3-57.
35. Ly, J. (2008). Una aproximación a la fisiología de la digestión de cerdos criollos. Revista Computadorizada de Producción Porcina ,15(1),13-23.
36. Macías, M. (2006). Procesos digestivos en el cerdo Criollo Cubano. Instituto de Investigaciones Porcinas. La Habana, P,104.
37. Morales, J., Perez, J. F., Anguita, M., Martin, S., Fondevila, M., Gasa, J., (2003). Comparación de parámetros productivos y digestivos entre cerdos Ibéricos y Landrace alimentados con maíz o bellota y sorgo. Archivos de Zootecnia,52(197),35-45.
38. NRC., (2012). Estimación de requerimientos nutricionales para cerdos usando los modelos NRC 2012. Disponible en: <http://www.actualidadporcina.com/articulos/estimacion-de-requerimientos-nutricionales-para-cerdos-usando-los-modelos-del-nrc-2012.html>. Revisado 02 de julio 2019.
39. Obregón, A. (1997). Obtención de Sacha inchi (*Piukenetia volúbilis*) en polvo, secado por atomización. Tropicult, 8(2):110-126.
40. Osorio, E., Giraldo, J. y Narváez, W. (2012). Metodologías para determinar la digestibilidad de los alimentos utilizados en la alimentación canina. Veterinaria Zootecnia, 6(1):87-97.
41. Ordoñez, Z. (2013). Análisis composicional de la torta y aceite de semillas de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) cultivada en Colombia (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Palmira-Colombia.P,87.

42. Páez, S. (2015). Desarrollo del branding plan para el lanzamiento de productos con omega 3, en el distrito metropolitano de Quito, caso: sachá – inchi (Tesis de grado). Universidad católica del Ecuador, Quito-Ecuador. P, 223.
43. Pascual, G. (2000). Extracción y caracterización de aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*). Anales científicos UNALM, 79(2):142-160
44. Pattacini, S., Scoles, G., y Braun, R. (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, 32(2): 107-115.
45. 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:26/06/2019.
46. Quintana, R. (2009). Inhibición de factores anti nutricionales (taninos), sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) presentes en la semilla y torta del sachá inchi mediante diferentes tratamientos térmicos (Tesis de grado). Universidad nacional agraria de la selva Tingo María-Perú. P, 63.
47. Rachuonyob, H., Ellisb, M., Varelabc, 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, 6(2):119-136.
48. Revidatti, A. (2009). Caracterización de cerdos criollos del nordeste argentino (Tesis Doctoral). Universidad de Córdoba, Córdoba, España. P, 232.
49. Régnier, C., Bocage, B., Archimède, H., Noblet, J., y Renaudeau, D. (2013). Utilización digestiva de follajes tropicales de yuca, batatas, cocoyam silvestre y eritrina en cerdos criollos. Anim Feed Sci Technol, 180:44-54.
50. Ruiz, C., Díaz, C., Anaya, J., y Rojas, R. (2013). Análisis proximal, antinutrientes, perfil de ácidos grasos y de aminoácidos de semillas y tortas de 2 especies de Sachá inchi (*Plukenetia volubilis* y *Plukenetia huayllabambana*). Revista de la Sociedad Química del Perú, 79(1): 29-36.
51. Secombe, C. y Lester, G. (2012). El papel de la dieta en la prevención y manejo de varias enfermedades equinas. Ciencia y tecnología de la alimentación animal, 173(1-2): 86-101.

52. 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. *Ciência Rural Santa Maria*, 40(11): 2350 - 2355.
53. Thomas , R. Nkosi, BD, Umesiobi, DO, Meeske, R., Kanengoni, AT, Langa, T. (2013) Evaluation of potato hash two silage inoculants bacteria and their effects on the growth of fattening pigs sudafricana *Journal of Animal Scienci*, 4 (5), 488 – 490.
54. Tenorio, C. (2017). Sacha inchi (la semilla del inca). Ecuador: Botica Olmedo. Disponible en: <http://www.boticaolmedo.com/2017/03/20/sacha-inchi-la-semilla-del-inca/>. Revisado el 25 de abril del 2019.
55. UEA. (2018). Centro de Investigación, Posgrado y conservación Amazónica. Puyo – Pastaza. Disponible en: <https://www.uea.edu.ec/cipca/index.php/home/mision-vision/2013-09-24-08-38-45>. Revisado el 5 de mayo del 2019
56. Velázquez, F., Vargas, J., Andrade, V., Baldeón, D., y Sánchez, J. (2014). *Plukenetia volubilis* L. (Sacha inchi-Ticasu) riqueza natural para la salud humana y valor agregado en las carnes del cerdo Criollo ecuatoriano en la Amazonia. 11(3):19-22.
57. Veloz, G. D. (2014). Efecto de diferentes niveles de *Plukenetia volubilis* L. (Sacha inchi) en el engorde de Broilers. (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Chimborazo, P 91.



## **CAPÍTULO VII.**

### **7. ANEXOS.**

#### **ANEXO 1**

#### **MOLIENDO SACHA SACHA INCHI CON CÁPSULA PARA INCLUSIÓN DE DIETAS.**



#### **DETERMINACIÓN DE HUMEDAD**





## ANEXO 2

### DETERMINACIÓN DE HUMEDAD



### ANEXO 3

### DETERMINACIÓN DE GRASA EN MUESTRAS DE HECES



### DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA Y CENIZA



## ANEXO 4

### PESO DE LAS MUESTRAS



### COLECTA DE HECES





## **ANEXO 5**

### **ALIMENTACIÓN A CERDOS CRIOLLOS**

#### **CERDOS EN JAULAS METABÓLICAS**



## **ANEXO 6**

### **INGRESO DE MUESTRAS DE HECES A LA ESTUFA**



### **MOLIENDO MUESTRAS DE HECES LUEGO DEL SECADO DE LA ESTUFA**

