

**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**



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

“Composición química y digestibilidad *in vivo* de la harina de tubérculos de rechazo de papa china (*Colocasia esculenta L. Schott*) en la alimentación de cerdos en Ceba”

AUTOR:

Dani Fabian Pujupat Tseremp

DIRECTOR DE PROYECTO:

Dr. Willan Orlando Caicedo Quinche, PhD

PUYO – PASTAZA – ECUADOR

2018

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Dani Fabian Pujupat Tseremp, con C.I: 1401165848, certifico que los criterios y opiniones que constan en el Proyecto de Investigación y Desarrollo bajo el tema: “Composición química y digestibilidad in vivo de la harina de tubérculos de rechazo de papa china (*Colocasia esculenta L. Schott*) en la alimentación de cerdos en Ceba”, son de mi autoría y exclusiva responsabilidad.

Dani Fabian Pujupat Tseremp

1401165848

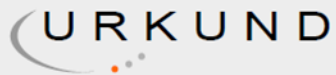
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Por medio del presente, Yo, Willan Orlando Caicedo Quinche, con C.I: 1600446114 certifico que el egresado Dani Fabian Pujupat Tseremp, realizó el Proyecto de Investigación y Desarrollo titulado: “Composición química y digestibilidad in vivo de la harina de tubérculos de rechazo de papa china (*Colocasia esculenta L. Schott*) en la alimentación de cerdos en Ceba”, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario bajo mi supervisión.

Dr. C. Willan Orlando Caicedo, PhD

DIRECTOR DE PROYECTO

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



Urkund Analysis Result

Analysed Document: PASAR URKUND.docx (D35201666)
Submitted: 1/31/2018 9:41:00 PM
Submitted By: dpujupat95@gmail.com
Significance: 4 %

Sources included in the report:

<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n010114/011401.pdf>
<http://www.ciencia-animal.org/revista-cubana-de-ciencia-agricola/articulos/T49-N1-A2015-P59-W-Caicedo.pdf>

Instances where selected sources appear:

5

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El proyecto de investigación y desarrollo, titulado: “Composición química y digestibilidad in vivo de la harina de tubérculos de rechazo de papa china (*Colocasia esculenta L. Schott*) en la alimentación de cerdos en Ceba”, fue aprobado por los siguientes miembros del tribunal.

Dra. Alina Ramírez Sánchez, PhD
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Dr. David Sancho Aguilera, PhD
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. Francisco Lam Romero, PhD
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Estatal Amazónica, por el soporte institucional para la realización de mis estudios superiores.

A las Autoridades de la Universidad

Dra. Karina Carrera, PhD Decana de la Facultad de Ciencias de la Tierra, por su misión en beneficio de la Colectividad Universitaria.

Dr. Javier Domínguez, PhD. Coordinador carrera de Ingeniería Agropecuaria, por su apoyo académico incondicional.

Al Dr. Willan Orlando Caicedo, PhD por su apoyo incondicional, quien con sus conocimientos ha sabido guiarme en el desarrollo y culminación de mi tesis.

Ing. Janeth Sánchez MsC. Técnica del centro de investigación, posgrado y conservación amazónica, por su apoyo incondicional y siempre estar pendiente en la culminación de mi trabajo de investigación.

Ing. Andrea Tapuy, MsC. Encargada del laboratorio Químico de la Universidad, por el aporte que me brindo para la culminación de mi investigación.

Ing. Sandra Soria Re MsC. Docente de la Universidad, por su trabajo arduo y por guiarme en toda mi etapa de estudios.

A todos muchas gracias, Dios los Bendiga.

DEDICATORIA

A Dios por ser el pilar Fundamental en mi vida, por darme la sabiduría y la fuerza necesaria para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se me presenten en mi diario caminar, por mostrarme día a día que con humildad, paciencia y sabiduría todo se alcanza sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi Papi Francisco Pandama, por darme la oportunidad de seguir y cumplir mi sueño, y a ha estado siempre. A mi Mami Nancy Tseremp por sus consejos, comprensión, amor y ayuda en los momentos difíciles. Me ha dado todo lo que soy como persona, mis valores, principios y mi coraje para conseguir mis objetivos. A mis abuelitos Bolívar y Lucia, por inculcarme sus sabidurías culturales y ancestrales y el apoyo moral.

A mi novia Erika Chinkim, por estar hay en todo los momentos que le necesito, por el apoyo moral, compresión, cariño, consejos, paciencia y sobre todo el amor que me brinda cada día.

A mis amigos, compañeros y docentes que formaron parte de mi carrera profesional y mi vida, gracias por cada consejo y apoyo moral que me brindaron, Dios los bendiga.

Dani.

RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES

En el laboratorio de Química, Bromatología y Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA) de la Universidad Estatal Amazónica. Se determinó las características químicas de la harina de tubérculos de papa china de rechazo (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) y se evaluaron tres niveles de inclusión de harina en la dieta de cerdos en ceba. Para el efecto, se utilizó 3 animales machos castrados producto del cruzamiento entre razas (Duroc x Pietrain), con un peso medio inicial de 68 ± 2 kg. Los animales fueron ubicados en 3 jaulas metabólicas de 0,40m x 1,50m ($0,60\text{m}^2$) y se alimentaron con una dieta control T1 (0% de harina de tubérculos de papa china) y dos dietas experimentales T2 y T3 (inclusión de 20 y 40% de harina de tubérculos de papa china en la dieta), para evaluar la digestibilidad aparente de la MS, MO y PC. El experimento se condujo a través de un diseño cuadrado latino, la comparación de medias se realizó con la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$). La harina de tubérculos de papa china de rechazo presentó altos contenido de MS (93.10%), PB (4.83%), Cenizas (5.67%), ELN (85.02%), FDN (22.86%), EB (4426 kcal kg MS^{-1}), ED (3254.34 kcal kg MS^{-1}) y EM (2934.02 kcal kg MS^{-1}) y bajos niveles de EE (1.80%), FB (6.50%), FDA (5.35%) y LDA (1.26%). Los coeficientes de aprovechamiento de la MS, MO y PB fueron altos sin diferencias significativas ($P > 0.05$) entre tratamientos. La harina de tubérculos de rechazo de papa china posee un buen contenido de MS, ELN, EB, PB y baja concentración de FB, apta para su uso en la alimentación del ganado porcino. La inclusión de 40% de harina de tubérculos de papa china en la dieta de cerdos en ceba (Duroc x Pietrain) no afectó la digestibilidad de la Materia Seca, Materia Orgánica y Proteína Bruta.

PALABRAS CLAVES: alimento alternativo, cerdos comerciales, dietas, digestibilidad aparente.

ABSTRACT, AND KEYWORDS

In the laboratory of Chemistry, Bromatology and Center for Research, Postgraduate and Conservation of the Amazon (CIPCA) of the Amazon State University. The chemical characteristics of tuber meal of Chinese reject potatoes (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) were determined and three levels of inclusion of flour in the diet of fattening pigs were evaluated. For this purpose, 3 castrated male animals were used as a result of cross breeding (Duroc x Pietrain), with an initial mean weight of 68 ± 2 kg. The animals were placed in 3 metabolic cages of 0.40m x 1.50m (0.60 m²) and were fed a T1 control diet (0% Chinese potato tuber meal) and two experimental diets T2 and T3 (inclusion of 20 and 40% of tuber meal of Chinese potatoes in the diet), to evaluate the apparent digestibility of the MS, MO and PC. The experiment was conducted through a Latin square design; the comparison of means was made with the Duncan test ($P \leq 0.05$). The tuber meal of Chinese reject potato presented high content of DM (93.10%), PB (4.83%), Ash (5.67%), ELN (85.02%), NDF (22.86%), EB (4426 kcal kg MS⁻¹), ED (3254.34 kcal kg MS⁻¹) and EM (2934.02 kcal kg MS⁻¹) and low levels of EE (1.80%), FB (6.50%), FDA (5.35%) and LDA (1.26%). The utilization coefficients of the MS, MO and PB were high without significant differences ($P > 0.05$) between treatments. The Chinese potato reject tuber flour has a good content of DM, ELN, EB, PB and low concentration of FB, suitable for use in pig feed. The inclusion of 40% of Chinese potato tuber meal in the diet of fattened pigs (Duroc x Pietrain) did not affect the digestibility of DM, MO and PC.

KEY WORDS: alternative food, commercial pigs, diets, apparent digestibility.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1. Problema de Investigación..... | 3 |
| 1.2. Formulación del Problema..... | 3 |
| 1.3. Hipótesis de la Investigación..... | 3 |
| 1.4. Objetivos..... | 4 |
| 1.4.1. Objetivo General..... | 4 |
| 1.4.2. Objetivos Específicos..... | 4 |
| CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN | 5 |
| 2.1. Origen de la papa china (<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott)..... | 5 |
| 2.1.1. Tubérculos o cormos de la papa china (<i>Colocasia esculenta</i> (L.) <i>Schott</i>)..... | 5 |
| 2.1.2. Factores antinutricionales de la papa china (<i>Colocasia esculenta</i> (L.) <i>Schott</i>) (FANs)..... | 6 |
| 2.1.3. Composición química del tubérculo de papa china (<i>Colocasia esculenta</i> (L.) <i>Schott</i>)..... | 6 |
| 2.1.4. Producción de papa china en Ecuador..... | 7 |
| 2.1.5. Tubérculos de papa china en la alimentación animal..... | 7 |
| 2.2. Producción porcina en el mundo..... | 7 |
| 2.3. Producción porcina en Ecuador..... | 8 |
| 2.4. Digestibilidad de nutrientes en cerdos..... | 9 |
| 2.5. Método indirecto..... | 9 |
| CAPÍTULO III. 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. Elaboración de la harina de tubérculos de papa china..... | 11 |
| 3.3.2. Análisis químico de muestras de harina de tubérculos de papa china..... | 11 |

| | |
|--|-----------|
| 3.3.3. Estudio de la digestibilidad aparente de la Materia Seca (MS), Materia Orgánica (MO) y Proteína Bruta (PB) en cerdos de ceba. | 12 |
| 3.4. Diseño de la investigación. | 12 |
| 3.5. Tratamiento de los datos. | 14 |
| 3.6. Recursos humanos, materiales y Equipos. | 15 |
| 3.6.1. Humanos | 15 |
| 3.6.2. Materiales. | 15 |
| 3.6.3. Equipos. | 15 |
| CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN. | 16 |
| 4.1. Composición Química de la harina de tubérculos de papa china. | 16 |
| 4.2. Digestibilidad Aparente de la MS, MO y PB | 17 |
| CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 20 |
| 5.1. CONCLUSIONES | 20 |
| 5.2. RECOMENDACIONES | 20 |
| CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA | 21 |
| CAPÍTULO VII. ANEXOS | 28 |

LISTA DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Composición y aporte de las dietas experimentales (%). | 13 |
| Cuadro 2. Diseño del experimento. | 14 |
| Cuadro 3. Niveles de inclusión de harina de tubérculos de papa china. | 14 |
| Cuadro 4. Composición química de la harina de tubérculo de papa china de rechazo en (BS, %). | 16 |
| Cuadro 5. Coeficientes de digestibilidad aparente de la MS, MO y PB en dietas de cerdos en ceba alimentados con harina de tubérculos de papa china de rechazo. | 17 |

LISTA DE GRAFICOS

| | |
|---|---|
| Grafico 1. Principales Países productores de cerdos. | 8 |
|---|---|

LISTA DE ANEXOS

| | |
|---|-----------|
| ANEXO 1. Elaboración de harina de tubérculos de papa china. | 28 |
| ANEXO 2. Selección de animales para el experimento. | 29 |
| ANEXO 3. Animales en jaulas Metabólicas experimentales. | 30 |
| ANEXO 4. Colecta de heces y pesaje de cerdos. | 31 |
| ANEXO 5. Análisis de muestras en laboratorio. | 32 |

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

En la República de Ecuador se encuentra disponible una alta cantidad de alimentos alternativos de origen vegetal, que son factibles utilizarlos para la alimentación porcina, entre estos se encuentran los tubérculos de rechazo de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott). Los tubérculos de papa china son reconocidos como una buena fuente de carbohidratos de menor costo en relación a los cereales como maíz, sorgo o trigo, así como también, otros tipos de raíces y tubérculos (Ologhobo y Adejumo, 2011).

El alto consumo de alimentos y el acelerado crecimiento de la población, aumenta el costo de las materias primas que se utilizan para hacer dietas balanceadas para los animales monogástricos (Abdulrashid y Agwunobi, 2009). Por esta situación, los nutricionistas se han visto obligados a buscar fuentes alternativas de alimentos para los cerdos (Caicedo, 2013). El empleo de fuentes alternativas en la alimentación porcina constituye una estrategia muy adecuada y permite obtener sistemas de producción socialmente asequibles, así como económicamente viables que contribuyan a la conservación de la biodiversidad y que no compitan directamente con el hombre (Ly *et al.*, 2014a; Caicedo y Valle, 2016).

A nivel mundial existe alta demanda de carne de cerdo para consumo humano, por lo cual su producción se desarrolla constantemente (FAO, 2015). Es necesario establecer estrategias que permitan minimizar los costos de alimentación, ya que la alimentación representa el 70% en los costos de producción (OECD-FAO, 2014).

En estado natural presentan un tenor apreciable de metabolitos secundarios que pueden afectar el desarrollo óptimo de los cerdos (Caicedo, 2013) por lo que es necesario realizar algún procesamiento a estos tubérculos, para conservar su valor nutritivo y mejorar el aprovechamiento de los nutrientes en la ceba porcina (Lezcano *et al.*, 2014).

El valor nutritivo de un alimento se corresponde con el tipo y cantidad de nutrientes que estos aportan, así de esta forma se sabe cómo balancear con ellos 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).

Es común realizar procesamientos de conservación como el secado para la elaboración de harinas de recursos alimenticios alternativos, los mismos que por su carácter perecedero, no pueden almacenarse sin algún tipo de procesamiento para conservar sus nutrientes, y que debido a su disponibilidad en gran volumen, en ocasiones solamente determinados tiempos, no pueden ser utilizados por completo en la alimentación de cerdos (Domínguez, Chao, Vítores y Herrera. (2012); Fránquez, García, Rodríguez, Lemus, y Ly (2012).

El secado o deshidratación se usa como técnica de conservación de alimentos, donde se reduce su humedad, hasta un valor mínimo. Este método permite alargar la vida útil de los alimentos, ya que los microorganismos putrefactivos que causan los cambios químicos en los alimentos, no pueden crecer y desarrollarse en ausencia de agua. Los microorganismos pierden actividad cuando el contenido de agua se reduce por debajo del 10% en peso. Los términos de secado y deshidratación, aunque a menudo se utilizan como sinónimos, técnicamente son diferentes ya que un alimento se considera deshidratado cuando tiene menos de 2,5% de agua, no obstante, seco puede contener más de 2,5% (Torres, Miranda, y Martínez, 2017).

Numerosos estudios manifiestan que la cantidad y el tipo de excreción de material fecal en cerdos, depende de varios factores como; edad, ambiente, raza, naturaleza de la dieta entre otros. Por lo que resulta necesario estudiar el aprovechamiento de los nutrientes de las dietas, para realizar formulaciones balanceadas de acuerdo a la categoría de los animales (Galassia *et al.*, 2017).

El valor nutritivo de una ración, alimento o nutriente puede ser expresado a través de su coeficiente de digestibilidad, que es la proporción del alimento que no es excretada y que se asume, por tanto, ha sido absorbida. El coeficiente de digestibilidad está íntimamente relacionado con el valor nutritivo de los alimentos. De acuerdo al lugar de colecta de la muestra, se determina el tipo de digestibilidad (Secombe y Lester, 2012).

La digestibilidad ileal se comprueba mediante la colecta de la digesta antes de atravesar la válvula íleo-cecal. La digestibilidad fecal o total es una técnica fácil de utilizar, esta consiste en medir la diferencia entre la cantidad de nutriente consumido y la cantidad excretada en las heces. La digestibilidad fecal 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).

Otro método frecuentemente utilizado es el método del indicador o (método indirecto), el cual sustituye el procesamiento y la colecta total de las heces por un muestreo aleatorio. Este método, requiere de la adición de un marcador o indicador inerte e indigestible en el alimento, como indicadores se pueden utilizar oxido de cromo, oxido férrico y ceniza ácido insoluble, lignina purificada (Tamayo, Gutiérrez, Ciro, y Parra, 2012).

1.1. Problema de Investigación.

En países en vías de desarrollo como Ecuador, los altos costos que generan la producción porcina al utilizar dietas a base de maíz y soya hacen que esta actividad resulte en muchos casos no rentable. Este entorno conduce al productor porcino a buscar otras fuentes de alimento para abaratar los costos de producción. Existe desconocimiento, en cuanto a la utilización de fuentes alternativas locales de alimentación para los cerdos, una de estas posibilidades la constituye la papa china (*Colocasia esculenta (L.) Schott*), la cual se cultiva ampliamente en la Región Amazónica Ecuatoriana (RAE). El cantón Pastaza tiene un gran potencial en cuanto a producción de este tubérculo y se destaca la no utilización de los rechazos del mismo.

1.2. Formulación del Problema.

Realizar estudios relativos a la utilización de los rechazos de la papa china (*Colocasia esculenta (L.) Schott*) en la alimentación de los cerdos, permitirá aclarar hasta qué punto esta fuente alternativa pudiera ir dando los elementos suficientes que satisfagan las interrogantes en relación con el desconocimiento planteado.

1.3. Hipótesis de la Investigación.

La inclusión de harina de tubérculos de rechazo de papa china (*Colocasia esculenta (L.) Schott*) en la dieta de cerdos en ceba (Duroc x Pietrain) permitirá obtener altos índices de aprovechamiento de los nutrientes.

1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo General.

- Determinar la composición química y la digestibilidad aparente de los indicadores nutricionales de la harina de tubérculos de rechazo de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) en la dieta de cerdos (Duroc x Pietrain) en la etapa de ceba.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Determinar la composición química Materia seca (MS), Proteína bruta (PB), Extracto libre de Nitrógeno (ELN), Extracto etéreo (EE) y Cenizas de la harina de tubérculos de rechazo de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott).
- Evaluar la digestibilidad aparente de la Materia Seca (MS), Materia Orgánica (MO) y Proteína Bruta (PB) de la harina de tubérculos de rechazo de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) en la dieta de cerdos (Duroc x Pietrain) en la etapa de ceba.

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.

2.1. Origen de la papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott).

Se originó en la región de la India y Malasia, en el este de India y Bangladesh donde se extendió hacia el este y sur de Asia, las Islas del Pacífico y hacia el oeste hasta Egipto y el Oriente Mediterráneo, por último, hacia el sur, oeste y este de África y África Occidental (Matthews, 2006).

La papa china es conocida con otras denominaciones como; malanga, taro, ocumo chino, cocoyan en dependencia del lugar donde se cultive, pertenece a la familia aráceae, es un cultivo de ciclo rápido (Denham *et al.*, 2003). Es un alimento muy tradicional, con una historia de más de 2000 años en su cultivo, por el uso de sus tubérculos, peciolos y hojas para la alimentación humana (Miyasaka, Ogoshi, Tsuji, Y Kodani, 2003).

Es una planta herbácea de tipo suculenta que alcanza una altura de 1,5 m, sin tallos aéreos y con peciolos largos, láminas verdes, de forma oblonga, ovada o cordada. Las flores se producen en espádices unisexuales, las femeninas son pistiladas y se encuentran en la base del espádice, las masculinas son estaminadas y se encuentran en el extremo apical del espádice con un grupo de flores estériles entre ambas zonas (Poot–Matu, Centurión, Moreno, Cazares y Mijangos 2002).

2.1.1. Tubérculos o cormos de la papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott).

Para Oscarsson y Savage (2007), los cormelos laterales son recubiertos con escamas fibrosas, nacen del cormo central. Generalmente la pulpa es de color blanco, pero algunos clones presentan coloraciones hasta llegar al violáceo. Los clones varían su forma que van desde cilíndricas hasta casi esféricas, pero también presentan clones coloreados hasta llegar al violáceo y las ramificaciones van desde simples hasta muy ramificadas dependiendo del tipo de clon.

2.1.2. Factores antinutricionales de la papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) (FANs).

Los tubérculos poseen muchas cualidades nutritivas, pero tiene componentes fotoquímicos, que se consideran como; tóxico, venenoso, desagradable o antinutricional. Uno de los metabolitos que presenta este alimento más obvio y desagradable es la picazón (Baruah, 2002).

La acritud (picazón), la sensación se experimenta cuando se pone en contacto con las hojas, peciolo y los cormos, cuando estos están crudos y se ponen en contacto con la boca y por ende es el principal factor que determina la palatabilidad, pero también intervienen otros factores. Entre los factores antinutricionales más importantes de interés son; taninos, cianuro, ácido oxálico, inhibidores de alfa-amilasa, saponinas, quimotripsina, proteasas, alcaloides, flavonoides y fitatos (Tiep, Luc, Tuyen, Hung y Tu2006).

El nivel de antinutrientes disminuye, cuando se realiza algún tratamiento como la cocción, fermentación y secado al sol, mediante estos procesos se disminuye el contenido de fitatos, saponinas, oxalatos y taninos (Agwunobi, Awukam, Cora y Isika, 2002).

2.1.3. Composición química del tubérculo de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott).

Los tubérculos de papa china se producen en las Islas del Pacífico y partes de Asia como fuente principal de alimento. Estos tubérculos contienen un almidón muy digerible, proteína de buena calidad, vitamina C, tiamina, riboflavina, niacina y alto contenido de oxalatos (Dedeh y Sackey, 2004).

Estos tubérculos constituyen una excelente fuente de energía y poseen alrededor de: 77% de almidón; 2,6% de pentosa; 0,5% de dextrina; 0,5% de azúcares reductores y 0,1% de sacarosa. Presentan niveles altos de hidratos de carbono y bajos de grasa y proteína (Huang, Chen Y Wang, 2007).

Según reportes de Tiep *et al.* (2006), los tubérculos tienen alto contenido de calcio 24,7 mg; magnesio 79,6 mg; sodio 11,1 mg; potasio 40,8 mg; zinc 2,13 mg y hierro 2,33 mg. Por lo general entre los minerales, el potasio y el magnesio pueden considerarse abundantes, mientras que el zinc y hierro son limitantes. El tubérculo en estado natural

posee un: 26,2% de MS; 4% de Cenizas; 1,7% de FB; 0,4% de EE; 85,2% de ELN y un 8,7% de PB (Catherwood, Savage, Mason, Scheffer y Douglas, 2007).

2.1.4. Producción de papa china en Ecuador.

Este tubérculo se produce y cosecha en las provincias de Santo Domingo de los Tsáchilas, Los Ríos (Quevedo, Chone), Esmeraldas, Pastaza, Morona Santiago y Napo (Caicedo, Rodríguez, Lezcano, Vargas, Ly, y Valle, 2013).

En la provincia de Pastaza, se destaca la producción de papa china, la parroquia rural Teniente Hugo Ortiz, la mayor parte de agricultores de este sector utilizan para la siembra la punta del tubérculo o corno principal, este es robusto, vigoroso, y garantiza el enraizamiento en menor tiempo, con lo cual se acelera el período de maduración y cosecha, aunque también utilizan para la siembra los cormos secundarios (Caicedo, 2015).

2.1.5. Tubérculos de papa china en la alimentación animal.

La papa china tiene el potencial de ser una fuente alternativa de carbohidratos para la alimentación de animales domésticos (Adejumo, Babalola, y Alabi, 2013), esto ha llevado a algunos investigadores a comparar el crecimiento y desempeño productivo de los animales, alimentando con follajes y tubérculos (crudos, cocidos secados al sol y fermentados).

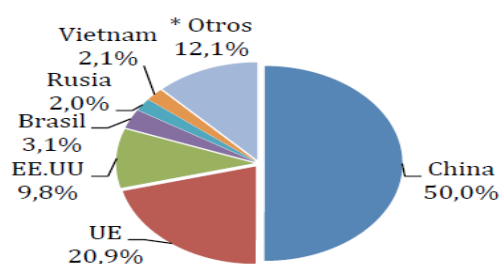
Adejumo y Oladeji (2012) observaron que los tubérculos de papa china cocidos compiten favorablemente con el maíz en la alimentación de pollos de engorde y resulta mucho más económico que el uso de tubérculos crudos y constituye una opción viable para reducir el alto costo de los alimentos en la producción de pollos de engorde. Abdurashid y Agwunobi (2009) recomendaron utilizar en pollos finalizadores hasta 25% de tubérculos secados al sol y hasta 50% en tubérculos cocidos y secados al sol en sustitución del maíz.

2.2. Producción porcina en el mundo.

El principal país productor de carne de cerdo en el 2013 fue China, cuya producción representó 50% de la producción mundial (Grafico 1). Por su parte, los registros de producción de la Unión Europea (UE) y EE.UU representaron 20,9% y 9,8%, respectivamente (USDA, 2013).

En el 2012 y 2013 se registraron aumentos en el consumo mundial de carne de cerdo y según el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), en 2014 pronosticó un crecimiento del 1,4 % frente al 2013. En el 2012 y 2013 se registraron crecimientos de 3,3 % y 1,8 %, correspondientemente (USDA, 2013).

Grafico 1. Principales Países productores de cerdos.



FUENTE: USDA, 2013

2.3. Producción porcina en Ecuador.

La República de Ecuador durante el período 2007- 2013 de acuerdo a datos publicados por ASPE (2013), ha mantenido un crecimiento constante en la producción de carne de cerdo en los dos sistemas de producción que existen en el país: 1) tecnificada o semitecnificada; aportó en el año 2007 (43.500 TM año⁻¹), mientras que en el año 2013 su producción fue de (74.908 TM año⁻¹). 2) producción de cerdo familiar/traspatio en el mismo orden en el año 2007 la producción fue de (43.500 TM año⁻¹), con una reducción para el año 2013 (42.800 TM año⁻¹).

La producción de cerdo en el país tiene una gran déficit frente a la gran demanda interna que existe; se establece una disponibilidad aparente per cápita que no llega a los 10 kg/hab/año. Al respecto, resulta necesario importar (15.500 TM año⁻¹), para cubrir la demanda de carne nacional (ASPE, 2013).

Esta situación revela la necesidad de incrementar la producción porcina en el país a fin de atender la gran demanda de este producto en el mercado nacional y local, por lo tanto, existe una buena perspectiva para invertir en esta actividad (Caicedo, Valle y Velásquez, 2012).

2.4. Digestibilidad de nutrientes en cerdos.

El cerdo es un animal omnívoro que posee las mejores disposiciones para producir carne magra; por su gran poder digestivo y asimilación de nutrientes, así también, comparado con otras especies domesticas tiene la mayor capacidad para aprovechar energía, proteína e ingerir considerables cantidades de alimentos líquidos (Lezcano *et al.*, 2014).

El aspecto nutricional es el más importante en la producción porcina, constituye la mayor proporción de los costos, por ende resulta necesario manipular el sistema de alimentación para abaratar los costes de producción (Caicedo, 2015).

El valor nutricional de una ración, alimento o nutriente puede ser expresado mediante el coeficiente de digestibilidad, que es la, proporción del alimento que no es excretada y que se supone por tanto ha sido absorbida, (Reis de Souza y Mariscal, 1997). El coeficiente de digestibilidad está íntimamente relacionado con el valor nutritivo de los alimentos (Laplace, Aumaitre y Rerat, 2001). La definición precisa del valor nutritivo de los alimentos se ha convertido en un aspecto cada vez más importante. La mayor parte de la atención se ha dedicado a aminoácidos, energía y más recientemente a algunos minerales como el P, Cu y Zn (Noblet, 2010).

En dependencia al lugar de colecta de las excretas, se determina el tipo de digestibilidad. Así la digestibilidad ileal se determina mediante la colecta de la digesta antes de atravesar la válvula íleo-cecal. La digestibilidad fecal o total es una técnica fácil de aplicar que consiste en medir la diferencia entre la cantidad de cada nutriente consumido y la cantidad excretada en las heces (Parra y Gómez, 2009; Gutiérrez, Galeano y Parra 2012).

2.5. Método indirecto.

El método del indicador (método indirecto), reemplaza el procesamiento y la colección total de las heces por un muestreo aleatorio sencillo, el mismo, requiere de la adición de un marcador o indicador inerte e indigestible dentro del alimento en forma natural. Los indicadores son compuestos de referencia, usados para monitorear aspectos químicos y físicos de la digestión, aprecia el flujo de la digesta, digestibilidad parcial o total y la producción fecal en muchas especies de animales. Los indicadores minimizan la interrupción con los patrones de comportamiento animal y simplifican los procedimientos (Rodríguez, Oliveira y Guimarães, 2007).

Un indicador debe ser inerte y no tóxico, no tener función fisiológica, no ser absorbido ni metabolizado, combinarse bien con el alimento y persistir uniformemente distribuido en la digesta, no afectar secreciones intestinales, absorción o motilidad, no afectar la microflora del tracto digestivo, tener método específico de determinación analítica y ser económico (Owens y Hanson, 1992).

El óxido crómico (Cr_2O_3) fue planteado como indicador en 1918 en estudios con vacas lecheras y desde entonces, es extensamente utilizado como indicador externo en ensayos de digestibilidad. Tiene coloración verde oscura, insoluble en agua, alcohol y acetona, más ligeramente soluble en ácidos y álcalis, su concentración en los alimentos es baja, en torno de 1 a 10 gramos por día. La concentración del óxido crómico en las heces alcanza el estado de equilibrio alrededor de seis a siete días posterior de iniciada su administración. El cromo también puede ser empleado ligado a la pared celular, complejo denominado cromo-mordante. Esta técnica conocida como dosis pulso es empleada en estudios de cinética de tránsito y consiste en la aplicación de una única dosis y subsiguiente muestreo de heces en tiempos definidos, por lo general seis días, especificando la curva de excreción del indicador en las heces, y posteriormente ajustada por medio de modelos matemáticos no-lineales (Rodríguez *et al.*, 2007).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1. Localización de la investigación.

El presente trabajo experimental se realizó en el programa de Porcinos del Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA), el mismo que se encuentra ubicado en la vía Puyo - Tena km 44 entre los cantones Santa Clara y Arosemena Tola de las provincias de Pastaza y Napo.

3.2. Tipo de Investigación.

La investigación es aplicada con modalidad de campo, analítica, bibliográfica, experimental, a la cual se empleó estadística descriptiva para determinar el contenido de nutrientes de la harina de tubérculos de rechazo de papa china, y se aplicó un diseño experimental cuadrado latino 3 x 3, con la finalidad de determinar la incidencia de los niveles de inclusión al 0, 20 y 40% de harina de tubérculos de rechazo de papa china sobre el aprovechamiento de los nutrientes en cerdos de ceba.

3.3. Métodos de Investigación.

3.3.1. Elaboración de la harina de tubérculos de papa china.

Los tubérculos de papa china se obtuvieron en la parroquia rural Teniente Hugo Ortiz, comunidad Allishungo y se trasladaron al CIPCA. Se preparó una solución con 3% de hipoclorito de sodio en el agua para realizar el lavado de los tubérculos por 10 minutos, se enjuagaron y escurrieron. Seguidamente se realizó el troceado en forma de rodajas y pre-secado al sol por 8 horas y posterior secado en secador rotativo industrial (marca Burmester) a 70° por dos horas, inmediatamente se molió en un molino semi-industrial (marca TRAPS, modelo TRF 300G) con una malla de 0.25 mm, la harina se empaco en fundas herméticas y se almaceno hasta su utilización.

3.3.2. Análisis químico de muestras de harina de tubérculos de papa china.

Las muestras se analizaron en el laboratorio de química de la Universidad Estatal Amazónica. Se tomaron 5 muestras al azar de harina de 200 g para analizar la composición

química; materia seca (MS), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), cenizas y extractos libres de nitrógeno (ELN) según los procedimientos de la AOAC (2005). Se consideró que el contenido de materia orgánica (MO) fue el resultado de sustraer (100 - % de cenizas). La Energía Bruta (EB) para cerdos se estimó según (Noblet y Pérez ,1993).

3.3.3. Estudio de la digestibilidad aparente de la Materia Seca (MS), Materia Orgánica (MO) y Proteína Bruta (PB) en cerdos de ceba.

Se evaluó la digestibilidad aparente de la MS, MO y PB de las dietas. Para el efecto las dietas experimentales se marcaron con óxido de cromo al 0,3% como indicador de digestibilidad (Fan y Sauer, 1995). En las muestras del alimento y excretas se determinó el contenido de MS, PB, y cenizas según los procedimientos descritos por la AOAC (2005). Se consideró que el contenido de materia orgánica (MO) fue el resultado de sustraer de (100 - % de cenizas).

3.4. Diseño de la investigación.

Se seleccionaron 3 animales machos castrados de la categoría ceba del genotipo (Duroc x Pietrain), se pesaron, desparasitaron, y se alimentaron con una dieta control T1 (0% de harina de tubérculos de papa china) y dos dietas experimentales T2 y T3 (inclusión de 20 y 40% de harina de tubérculos de papa china en la dieta), las tres dietas ajustadas con 14% de proteína cruda (Rostagno *et al.* 2011), y formuladas de acuerdo a las recomendaciones de la NRC (2012), con el empleo del programa informático Zootec3.0 (Cuadro 1).

Se ajustó el consumo de alimento a razón de $0.10 \text{ kg.MS.kg PV}^{0.75} \text{ día}^{-1}$ y se alimentaron dos veces al día, a las 08:00 am y 15:00 pm, el agua de bebida estuvo disponible a voluntad (Ly, Almaguel, Lezcano y Delgado, 2014b). El experimento estuvo constituido por tres periodos y divididos en dos fases, una de adaptación a las dietas con una duración de siete días y la otra fase de dos días para la colección de heces fecales, con una duración total del experimento de 27 días. Las heces se recolectaron por el método de estimulación rectal manual (Ly, Reyes, Delgado, Ayala y Castro, 2013; Caicedo, 2015).

Se utilizó un total de 3 animales machos castrados productos del cruzamiento comercial (Duroc x Pietrain) con un peso medio inicial de $U 68 \pm 2 \text{ kg}$. Los animales fueron ubicados en 3 jaulas metabólicas de $0,40\text{m} \times 1,50\text{m}$ ($0,60\text{m}^2$), distribuidos según diseño cuadrado latino 3×3 (Cuadro2) y se alimentaron con tres dietas experimentales (Cuadro 3).

Cuadro 1. Composición y aporte de las dietas experimentales (%).

| Ingredientes, % en base seca | Niveles de inclusión de harina de tubérculos de papa china, % | | |
|---------------------------------------|---|---------|---------|
| | Control T1 (0) | T2 (20) | T3 (40) |
| Maíz amarillo | 70.933 | 48.117 | 25.300 |
| Salvado de trigo | 9.000 | 9.000 | 9.000 |
| Harina de soya | 14.184 | 16.758 | 19.332 |
| Harina de tubérculos de papa china | - | 20.00 | 40.00 |
| Aceite vegetal | 1.333 | 2.467 | 2.945 |
| Carbonato de calcio | 0.442 | 0.489 | 0.535 |
| Fosfato dicálcico | 1.898 | 1.696 | 1.494 |
| DL-Metionina | 0.062 | 0.101 | 0.140 |
| L-Lisina | 0.328 | 0.208 | 0.088 |
| Antimicótico | 0.054 | 0.054 | 0.054 |
| Cloruro de colina | 0.200 | 0.200 | 0.200 |
| Antioxidante | 0.010 | 0.010 | 0.010 |
| Cloruro de sodio | 0.500 | 0.500 | 0.500 |
| Premezcla mineral cerdos ¹ | 0.400 | 0.400 | 0.400 |
| Análisis, % en base seca | | | |
| MS | 89.73 | 90.58 | 91.43 |
| PB | 14.00 | 14.00 | 14.00 |
| FB | 2.61 | 3.56 | 4.50 |
| Costo, dólares kg ⁻¹ | 0.68 | 0.65 | 0.63 |

¹Cada kg: contiene: vitamina A, 4125 U.I.; vitamina D₃, 900 U.I.; vitamina E, 24.8 UI; vitamina K₃, 1.80 mg; vitamina B₁, 0.60 mg; vitamina B₂, 1.88 mg; ácido pantoténico, 9 mg; ácido nicotínico, 18 mg; ácido fólico, 0.180 mg; vitamina B₆, 1.20 mg; vitamina B₁₂, 0.012 mg; biotina 0.060 mg; colina, 120mg; manganeso, 64 mg; cobre, 7.2 mg; hierro, 48 mg; zinc, 66 mg; selenio, 0.22 mg; yodo, 0.60 mg.

Cuadro 2. Diseño del experimento.

| Filas (Jaulas) | Columnas (Animales) | | |
|---------------------------|----------------------------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 |
| 1 | T1 | T2 | T3 |
| 2 | T3 | T1 | T2 |
| 3 | T2 | T3 | T1 |

Cuadro 3. Niveles de inclusión de harina de tubérculos de papa china.

| Tratamientos | Niveles de Inclusión de harina |
|---------------------|---------------------------------------|
| T1 | 0% |
| T2 | 20% |
| T3 | 40% |

3.5. Tratamiento de los datos.

Para analizar los datos de composición química, se utilizó estadística descriptiva y se determinó la media y desviación estándar. Para evaluar la digestibilidad aparente de la MS, MO y PB se realizó análisis de varianza de acuerdo a un diseño de cuadrado latino. Para contrastar las medias se utilizó la prueba de Duncan (1955) $P < 0,05$. Todos los análisis se hicieron por duplicado, y se analizaron con el programa estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.* 2012).

Modelo Lineal

$$Y_{ijk} = \mu + F_i + C_j + T_{k(ij)} + e_{ijk}$$

donde

Y_{ijk} : respuesta al k - esimo tratamiento

ubicado en la i - esima fila y j - esima columna

μ : efecto de la media general

F_i : efecto de la i - esima fila

C_j : efecto de la j - esima columna

$T_{k(ij)}$: efecto del k - esimo tratamiento

e_{ijk} : término del error aleatorio

3.6. Recursos humanos, materiales y Equipos.

3.6.1. Humanos

- 1 Técnico docente
- 1 Egresado
- 1 Director del proyecto.

3.6.2. Materiales.

- Cinta métrica.
- Libreta de apuntes.
- Escobas.
- Caretilla.
- Machetes.
- Cilindro de Gas.
- Soplete.
- Crisoles.
- Pipetas.
- Internet.

3.6.3. Equipos.

- Cámara.
- Secador rotativo Burmester capacidad 100 kg.
- Balanza digital Sartorius capacidad 1 kg.
- Balanza digital Camry de capacidad 300 kg.
- Computadora.
- Balanza digital.
- Extractor de gases.
- Determinador de proteínas.
- Balanza de precisión.
- Mufla.
- Determinador de Fibra.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Composición Química de la harina de tubérculos de papa china.

La harina de tubérculos de papa china de rechazo (Cuadro 4), presentó altos contenidos de MS (93.10%), PB (4.83%), Cenizas (5.67%), ELN (85.02%), EB (4426.00) kcal kg MS-1, bajos niveles de EE (1.80%) y FB (6.50%).

Cuadro 4. Composición química de la harina de tubérculo de papa china de rechazo en (BS, %)

| Componentes químicos | Media | DS± |
|--------------------------------|-------|------|
| Materia Seca, % | 93.10 | 0.01 |
| Cenizas, % | 5.67 | 0.59 |
| Extracto Etéreo, % | 1.80 | 0.01 |
| Proteína Bruta, % | 4.83 | 1.14 |
| Fibra Bruta, % | 6.50 | 1.25 |
| Extracto Libre de Nitrógeno, % | 85.02 | 0.26 |

La harina de tubérculos de papa china presentó elevado tenor de MS (93.1%), esto es satisfactorio, ya que un alto nivel de humedad, superior a 12% juega un papel negativo en la conservación y almacenaje de las harinas y provocan el crecimiento microbiano que afectan la calidad del producto (Kaur, Kaushal, y Sandhu, 2011).

El contenido de ceniza fue alto (5,67%), el nivel elevado de ceniza en la papa china se atribuye a la presencia de oxalatos en este cultivar (Aboubakar, Scher y Mbofung, 2008), al respecto, los tubérculos de papa china de la parroquia Teniente Hugo Ortiz tienen un alto contenido de oxalato de calcio y potasio como principal fuente de minerales en la harina de estos tubérculos (Caicedo *et al.*, 2017a).

En relación a la PB se evidencio un contenido moderado (4.83%). El tenor de extracto etéreo (1.80%) y fibra bruta (6.50%) fueron bajos. Estos resultados son superiores en relación a los reportados por Aboubakar *et al.* (2008) y Abdulrashid y Agwunobi (2009) en variedades de harina de papa china Africanas. Estos investigadores reportaron para grasa, proteína y fibra un rango de 0.30-1.17%, 2.9-4.6% y 2.70-2.97% respectivamente.

Así mismo, se evidencio que la harina de tubérculos de papa china presento altos contenido de carbohidratos expresados como ELN (85,02%) y energía bruta (4426 kcal kg MS⁻¹). La papa china es un alimento básico importante en varias regiones de países en desarrollo debido a que contiene altas cantidades de carbohidratos y es un excelente proveedor de energía (Huang *et al.*, 2007; Ndabikunze *et al.*, 2011; Ogunlakin, Oke, Babarinde y Olatunbosun *et al.*, 2012).

La composición nutricional de las raíces y tubérculos, varían de un lugar a otro dependiendo de las condiciones climáticas y variedades cultivadas (Ly y Delgado, 2005), así también, por las condiciones de suelo y por el tiempo en que se efectúa la cosecha del cultivo de papa china (Caicedo *et al.*, 2015). Los tubérculos utilizados para material de estudio en la provincia de Pastaza se recolectan a los siete meses después de establecido el cultivo, con lo cual se obtienen los mejores rendimientos de MS en relación a tubérculos cosechados antes de este tiempo (Caicedo, 2015).

4.2. Digestibilidad Aparente de la MS, MO y PB

Los coeficientes de digestibilidad aparente de la materia seca (MS), materia orgánica (MO) y proteína bruta (PB) en cerdos (Duroc x Pietrain) alimentados con harina de tubérculos de papa china de rechazo en la etapa de ceba fueron altos. No hubo diferencias significativas ($P>0,05$) para el aprovechamiento de la (MS), (MO) y (PB) de las dietas. Sin embargo, se observó diferencias numéricas resaltando a la dieta T3 que incluyó 40% de harina de tubérculos de papa china: MS (88,77%); MO (89,90%) y PB (91,89%), en comparación con la dieta control T1 a base de maíz y soya MS (86,70%); MO (90,79%) y PB (92,46%) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Coeficientes de digestibilidad aparente de la MS, MO y PB en dietas de cerdos en ceba alimentados con harina de tubérculos de papa china de rechazo.

| Variables | Niveles de inclusión de harina de tubérculos de papa china, | | | EE ± | Valor de P |
|-----------|---|---------|---------|------|------------|
| | % | | | | |
| | Control T1 (0) | T1 (20) | T3 (40) | | |
| MS, % | 86.70 | 88.67 | 88.77 | 0.79 | P=0.1711 |
| MO, % | 90.79 | 91.80 | 89.90 | 1.30 | P=0.6540 |
| PB, % | 92.46 | 91.96 | 91.89 | 1.96 | P=0.9757 |

No hay diferencias significativas según Duncan (1995) $P>0.05$

Los coeficientes de digestibilidad aparente de la MS, MO y PB en dietas de cerdos en ceba que incluían altos niveles de harina de tubérculos de papa china de rechazo fueron altos. En investigaciones conducidas por Ly y Delgado (2005) relacionadas con la digestibilidad de la MS y MO en tubérculos de papa china frescos y secos para cerdos, informaron que la digestibilidad de la MS (66.90%) y MO (76%) aumenta cuando los tubérculos están secos, en relación a tubérculos sin previo tratamiento, solamente se consiguen aprovechamientos de MS (31.50%) y MO (38.30%), por ende son más bajos, que las coeficientes encontrados en esta investigación.

Asimismo, se han realizado varios trabajos de digestibilidad en cerdos para determinar el aprovechamiento de la MS y MO con otro tipo de raíces y tubérculos en estado natural. Con la raíz de yuca (Ly, *et al.*, 2010), consiguieron valores de aprovechamiento de 66% en MS y 68.7% para MO. Con tubérculos de camote o boniato (Ly, Carón y Delgado, 1999), han obtenido menores coeficientes de aprovechamiento, 54.5% para MS y 62.5% en relación a MO, resultados inferiores a los encontrados en esta investigación.

Los resultados anteriores son inferiores a los obtenidos con la harina de tubérculos de papa china, procesada al sol y secada en secador rotativo. Cuando los alimentos de origen vegetal sufren procesamientos como el secado (Caicedo, 2015), se obtiene mejor utilización de nutrientes (López, Sánchez y Rosas, 2006), en vista que se inactivan los metabolitos secundarios y favorecen el aprovechamiento de los nutrientes en cerdos de engorde cuando se alimentan con estos productos (Caicedo *et al.*, 2017b).

De hecho, Ly *et al.* (2014b) confirman que desde el punto de vista de la digestibilidad rectal de nutrientes en tubérculos, se obtienen coeficientes de aprovechamiento superiores a 85% cuando estos sufren algún procesamiento térmico, en relación a tubérculos en estado natural, esto se hizo evidente en esta investigación. Este estado es semejante a lo que se obtiene con los rasgos de comportamiento productivo durante las etapas de crecimiento y engorde de los cerdos (Caicedo, 2015).

Torres *et al.* (2013) señalan que los tubérculos de papa china tienen un almidón muy pequeño de alrededor de 5 μm , y presentan ramificaciones laterales (amilopectina), esto favorece la entrada de agua a los espacios intermoleculares y mejoran la solubilidad de los polímeros, cuando los gránulos de almidón se hidratan, provocan un incremento en su tamaño y el cambio de su estructura semicristalina a una amorfa, proceso conocido como

gelatinización. Este cambio de estructura provee la posterior digestibilidad del almidón por la acción de las amilasas generadas en las glándulas salivales y pancreáticas de los cerdos (Caicedo *et al.*, 2017)

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La harina de tubérculos de rechazo de papa china posee un buen contenido de MS, ELN, EB, PB y baja concentración de FB, apta para su uso en la alimentación del ganado porcino.
- La inclusión de 20 y 40% de harina de tubérculos de papa china en la dieta de cerdos en ceba (Duroc x Pietrain) no afectó la digestibilidad de la MS, MO y PB.
- De los resultados obtenidos, la harina de rechazo de tubérculo de papa china, elaborado en la parroquia Teniente Hugo Ortiz, tienen niveles aceptables para el aprovechamiento de Nutrientes con un 86,70% de MS, 89,90% de MO y 91, 89% de PB.

5.2. RECOMENDACIONES

- Incluir hasta 40% de harina de tubérculos de papa china de rechazo en la dieta de cerdos en ceba.
- Transferir los resultados obtenidos en esta investigación a nivel de medianos y pequeños productores, con el fin de aprovechar el rechazo de tubérculos de papa china (*Colocasia Sculenta* L. Shortt), en la alimentación porcina para reducir los costos de producción.

CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA

1. Abdulrashid, M. y Agwunobi, L.N. (2009). Taro cocoyam (*Colocasia esculenta*) meal as feed ingredient in poultry. *Pakistan Journal of Nutrition* 8(5): 668-673
2. Aboubakar NYN, Scher J y Mbofung CMF (2008) Physicochemical, thermal properties and micro structure of six varieties of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) flours and starches. *J Food Eng* 86:294–305
3. Adejumo, I.O. y Oladeji, B. (2012). Cost implication of differently processed wild cocoyam [*Colocasia esculenta* (L.) Schott] as feed ingredient in broiler finishers. *The International Journal's Research Journal of Science* 01(10): 20-22
4. Adejumo, I.O., Babalola, T.O. y Alabi, O.O. (2013). *Colocasia esculenta* (L.) Schott as an Alternative Energy Source in Animal Nutrition. *British Journal of Applied Science y Technology* 3(4):1276-1285
5. Agwunobi, L.N., Awukam, P.O., Cora, O.O. y Isika, M.A. (2002). Studies on the use of *Colocacia esculenta* (taro cocoyam) in the Diets of weaned pigs. *Tropical Animal Health and Production* 34: 241-247
6. AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 18th Edition, 2005. Association of Official Chemists, Washington, DC. USA.
7. ASPE. (2013). Asociación de Porcicultores del Ecuador. Información sobre el sector porcícola. Estadísticas porcícolas. Disponible en: www.aspe.org.ec/index.php/informacion/estadisticas/estadisticas-porcicolas-2013.
8. Baruah, K.K. (2002). Nutritional Status of Livestock in Assam. *Agriculture in Assam*. Directorate of Extension, Assam Agric. Univer. 203 p.
9. Caicedo, W., Valle, S. y Velázquez, F. (2012). Diagnóstico participativo para la producción porcina en el medio periurbano y rural del cantón Pastaza Ecuador. *Revista Electrónica de Veterinaria* 13(8):1-9
10. Caicedo, W. (2013). Tubérculos de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) como una fuente energética tropical para alimentar cerdos. Una reseña corta sobre las características de la composición química y de los factores antinutricionales. *Revista Computarizada de Producción Porcina* 20:278-282

11. Caicedo, W., Rodríguez, R., Lezcano, P., Vargas, J., Ly, J. y Valle, S. (2013). Efecto de inocuidad del ensilado biológico de tubérculos de papa China (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) para la alimentación de cerdos. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 2(3): 162-171: Artículo disponible en: <http://revistas.proeditio.com/REVISTAMAZONICA/article/view/186>
12. Caicedo, W.O. (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.
13. Caicedo, W., Rodríguez, R., Lezcano, P., Ly, J., Valle, S., Flores, L. y Ferreira, F.N.A. (2015). Chemical composition and in vitro digestibility of silages of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) tubers for feeding pigs. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 49:59-64
14. Caicedo, W. y Valle, S. (2016). Ensilaje líquido de subproductos agrícolas para la alimentación animal. Editorial Académica Española, Saarbrücken, Deutschland, Alemania, 14-28 p.
15. Caicedo, W., Rodríguez, R., Lezcano, P., Ly, J., Vargas, J., Uvidia, H., Valle, S y Flores, L. (2017a). Characterization of antinutrients in four silages of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) for pigs. Technical note. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 51(1):79-83.
16. Caicedo, W., Rodríguez, R., Lezcano, P., Ly, J., Vargas, J., Uvidia, H., Valle, S y Flores, L. (2017b). Rectal of nutrients in growing pigs, fed with taro silage (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) for pigs. Technical note. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 51(3):337-341.
17. Catherwood, D.J., Savage, G.P., Mason, S.M., Scheffer, J.J. y Douglas, J.A. (2007). Oxalate content of cormels of Japanese taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) and the effect of cooking. *Journal of Food Composition and Analysis* 20:147-151
18. Dedeh, S. y Sackey, E.K. (2004). Chemical composition and the effect of processing on oxalate content of cocoyam *Xanthosoma sagittifolium* and *Colocasia esculenta* cormels. *Food Chemistry* 85:479-487

19. Denham, T.P., Haberle, S.G., Lentfer, C., Fullagar, R., Field, J., Therin, M., Porch, N. y Winsborough, B. (2003). Origins of Agriculture at Kuk Swamp in the Highlands of New Guinea *Science* 301:189-193
20. Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L. & Robledo, C. W. (2012). InfoStat. version (2012), [Windows], Universidad Nacional de Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat, Available: <<http://www.infostat.com.ar/>>.
21. Domínguez, P.L. Chao R, Vítores Nidia y Herrera, R. (2012). Utilización digestiva y balance de N de ensilado de cuerpos de cerdos para el ganado porcino. *Revista Computadorizada de Producción Porcina* 19(2):128-131
22. Duncan, D. B. (1955). "Multiple Range and Multiple F Tests". *Biometrics*, 11(1): 1-42, ISSN: 0006-341X, DOI: 10.2307/3001478.
23. Fan, M.Z and Sauer, W.C. (1995). Determination of apparent ileal amino acid digestibility in barley and canola meal for pigs with the direct, difference, and regression methods. *J. Animal. Science* 73:2634
24. FAO. (2015). Departamento de Agricultura y Protección del Consumidor. En Línea: www.fao.org/ag/againfo/themes/es/pigs/home.html. Consultado: 12/04/2017.
25. Fránquez, P., García, Y., Rodríguez, J.G., Lemus, C. y Ly, J. (2012). Estudios de interdependencia entre rasgos de comportamiento y del patrón de consumo en cerdos alimentados con dietas conteniendo aguacate. *Revista Computadorizada de Producción Porcina* 19:119-122
26. Galassia, G., Malaguttia, L., Rapettia, L., Crovettoa, G.M., Zanfib, C., Caprarob, D. y Spanghero, M. (2017). Digestibility, metabolic utilisation and effects on growth and slaughter traits of diets containing whole plant maize silage in heavy pigs. *Italian Journal of Animal Science* 16:122-131
27. Gutiérrez, V.C, Galeano, J.C. y Parra, S.J. (2012). Efecto del método de colección sobre la digestibilidad total de soya extruida en cerdos. *Journal of Agriculture and Animal Sciences* 1:16-25
28. Huang, C.C., Chen, W.C. y Wang, C.R. (2007). Comparison of Taiwan paddy and upland cultivated taro (*Colocasia esculenta L.*) cultivars for nutritive values. *Food Chemistry* 102:250-256

29. Kaur, M., Kaushal, P., y Sandhu, K.S. (2011). Studies on physicochemical and pasting properties of Taro(*Colocasia esculenta* L.) flour in comparison with a cereal, tuber and legume flour. *J Food Sci Technol.*, 50(1):94–100.
30. Laplace, J.P., Aumaitre, A. y Rerat, A. (2001). Forty years of achievement in French research on digestive physiology in the pig. *Reproduction Nutrition Development* 41(2):129-151
31. Lezcano, P., Berto, D., Bicudo, S., Curcelli, F., Figueiredo Priscila y Valdivie, M. (2014). Yuca ensilada como fuente de energía para cerdos en crecimiento. *Avances en Investigación Agropecuaria* 18(3):41-47
32. López, J., Sánchez, D. y Rosas, J. (2006). Analysis of free amino acid in fermented shrimp waste by high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, 1105(1): 106-110
33. Ly, J. y Delgado, E. (2005). A note "in vitro"(pepsin/pancreatin) digestibility of taro (*Xanthosoma sagittifolia spp*) and cocoyam (*Colocasia esculenta spp*) for pigs. *Revista Computadorizada de Producción Porcina* 12(2):90-92
34. Ly, J., Almaguel, R., Ayala, L., Lezcano, P., Romero, A. y Delgado, E. (2014)a. Digestibilidad rectal y ambiente gastrointestinal de cerdos jóvenes alimentados con dietas de levadura torula. Influencia de la fuente de carbohidratos. *Revista Computadorizada de Producción Porcina* 21(3):134-139
35. Ly, J., Almaguel, R., Delgado, E., Martha, Carón y Elizabeth, Cruz. (2010). Estudios de digestibilidad in vitro (pepsina/pancreatina) de raíces de yuca para alimentar cerdos. *Revista Computadorizada de Producción Porcina* 17(4):300-304
36. Ly, J., Almaguel, R., Lezcano, P. y Delgado, E. (2014)b. Miel rica o maíz como fuente de energía para cerdos en crecimiento. Interdependencia entre rasgos de comportamiento, digestibilidad rectal y órganos digestivos. *Revista Computadorizada de Producción Porcina* 21(2):66-69
37. Ly, J., Carón, M. y Delgado, E. (1999). Nota sobre la digestibilidad in vitro de tubérculos de boniato (*Ipomoea batata (Lam) L.*) para cerdos. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 33:187-189

38. Ly, J., Reyes, L., Delgado, E., Ayala, L. y Castro M. (2013). Harina de palmiche para cerdos en ceba. Influencia del peso corporal en la digestibilidad rectal y salida fecal de materiales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 3:283-287
39. Matthews, P.J. (2006). Written Records of Taro in the Eastern Mediterranean. In *Ethnobotany: At the Junction of the Continents and the Disciplines* (Z.F. Ertug Ed.) Ege Yayinlari: Istanbul. 419-426 p.
40. Miyasaka, S., Ogoshi, R.M., Tsuji, G.Y. y Kodani, L. S. (2003). Site and planting date effects on taro growth: comparison with aroid model predictions. *Agron. J.* 95:545-557
41. Ndabikunze, B.K., Talwana, H.A.L., Mongi, R.J., Isa-Zacharia, A., Serem, A.K., Palapala, V. y Nandi, J.O.M. (2011). Proximate and mineral composition of cocoyam (*Colocasia esculenta L.* and *Xanthosoma sagittifolium L.*) grown along the Lake Victoria Basin in Tanzania and Uganda. *African Journal of Food Science* 5(4):248-254
42. Noblet, J. y Pérez, J.M. (1993). Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pig diets from chemical analysis. *J. Anim. Sci.* 71:3389–3398.
43. Noblet, J. (2010). Valoración de Alimentos para Ganado Porcino. *Desarrollos Recientes y Nuevas Perspectivas en la Valoración de Alimentos para Ganado Porcino. XXVI Curso de Especialización FEDNA, Madrid, 4 y 5 de Noviembre.* 131 p.
44. NRC. (2012). *Nutrient requirements of swine. 11th ed., Washington, D.C, USA: Natl. Acad. Press., ISBN:978-0-309-22423-9*
45. Ogunlakin, G.O., Oke, M.O., Babarinde, G.O. y Olatunbosun, D.G. (2012). Effect of drying methods on proximate composition and physico-chemical properties of cocoyam flour. *American Journal of Food Technology* 7(4):245-250
46. Ologhobo, A.D. y Adejumo, I.O. (2011). Effect of differently processed taro (*Colocasia esculenta (L.) Schott*) on growth performance and carcass characteristics of broiler finishers. *International Journal of Agricultural Science* 1(4):244-248
47. OECD/FAO. (2014). *Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Agricultural Outlook*

- 2014, OECD Publishing. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2014-en
48. Oscarsson, K.V. y Savage, G.P. (2007). Composition and availability of soluble and insoluble oxalates in raw and cooked taro (*Colocasia esculenta* var. *Schott*) leaves. *Food Chemistry* 101(2):559-562
49. Osorio-Carmona, E., Giraldo, J. y Narváez, W. (2012). Metodologías para determinar la digestibilidad de los alimentos utilizados en la alimentación canina. *Vet. Zootec.* 6(1):87-97
50. Owens, F.N. y Hanson, C.F. (1992). External and internal markers for appraising site and extent of digestion in ruminant. *J. Dairy Science* 75:2605-2617
51. Parra, J. y Gómez, A. (2009). Importancia de la utilización de diferentes técnicas de digestibilidad en la nutrición y formulación porcina. *Revista MVZ Córdoba* 14(1):1633-1641
52. Poot-Matu, J., Centurión, H.D., Moreno, E.J., Cázares, J. y Mijangos, M. (2002). Rescate e identificación de raíces y tubérculos tropicales subexplotados del estado de tabasco, México. División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. *Etnobiología* 2:59-73
53. Reis de Souza, T. y Mariscal, L.G. (1997). El destete, la función digestiva y la digestibilidad de los alimentos en cerdos jóvenes. *Técnica Pecuaria en México* 35(3):145-150
54. Rodríguez, N., Oliveira, E. y Guimarães, R. (2007). Uso de indicadores para estimar consumo y digestibilidad de pato. LIPE, lignina purificada y enriquecida. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 20(4):518-524
55. Rostagno, H.S., Teixeira, L.F., Donzele, L.J., Gomes, P.C., Oliverira, Rita., Lopes, D.C., Ferreira, A.S., Toledo, S.L. y Euclides, R.F. (2011). *Tablas Brasileñas para aves y cerdos. Composición de Alimentos y Requerimientos Nutricionales*. 3era Edición. Universidad Federal de Viçosa - Departamento de Zootecnia, Brasil, 167 pp.
56. 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

57. Tamayo, H., Gutiérrez, C., Ciro, J. y Parra, J. (2012). Efecto del método de colección sobre la digestibilidad total de soya extruida en cerdos. *Journal of Agriculture and Animal Sciences* 1(1):16-25
58. Tiep, P.S., Luc, N.V. Tuyen, T.Q., Hung, N.M y Tu, T.V. (2006). Study on the use of *Alocasia macrorrhiza* (roots and leaves) in diets for crossbred growing pigs under mountainous village conditions in northern Vietnam. In: *Forages for Pigs and Rabbits*. MEKARN/CelAgrid, Phnom Penh. 22-24 pp.
59. Torres, A., Duran, M. y Montero, P. (2013). Evaluación de las propiedades funcionales del almidón obtenido a partir de malanga (*Colocasia esculenta*). *Revista Ciencias e Ingeniería* 8(2):29-38
60. Torres-Gallo, R., Miranda-Lugo, P.J. y Martínez-Padilla, K.A. (2017). “Diseño y construcción de un sistema híbrido de calentamiento de aire por combustión de biomasa y radiación solar, utilizando PCM como fuente de almacenamiento térmico, para secado de yuca”. *TecnoLógicas* 20(39)
61. USDA. (2013). United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service. Production, Supply and Distribution Online. Disponible en: <http://apps.fas.usda.gov/psdonline/>

CAPÍTULO VII. ANEXOS

ANEXO 1. Elaboración de harina de tubérculos de papa china.



ANEXO 2. Selección de animales para el experimento.



ANEXO 3. Animales en jaulas Metabólicas experimentales.



ANEXO 4. Colecta de heces y pesaje de cerdos.



ANEXO 5. Análisis de muestras en laboratorio.

