

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



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

**“Comportamiento productivo de cerdos en ceba Largewhite x Duroc x
Pietrain alimentados con harina de tubérculos de papa china de
rechazo (*Colocasia esculenta* (L.) Schott)”**

AUTOR:

Erick Fernando Aragón León

DIRECTOR:

Dr. C. Willan Orlando Caicedo, PhD

PUYO – PASTAZA – ECUADOR

2018

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Erick Fernando Aragón león, con C.I: 1600629446, certifico que los criterios y opiniones que constan en el Proyecto de Investigación y Desarrollo bajo el tema: “Comportamiento productivo de cerdos en ceba Largewhite x Duroc x Pietrain alimentados con harina de tubérculos de papa china de rechazo (*Colocasia esculenta* (L.) Schott)”, son de mi autoría y exclusiva responsabilidad.

Erick Fernando Aragón león

1600629446

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 Erick Fernando Aragón león, realizó el Proyecto de Investigación y Desarrollo titulado: “Comportamiento productivo de cerdos en ceba Largewhite x Duroc x Pietrain alimentados con harina de tubérculos de papa china de rechazo (*Colocasia esculenta* (L.) Schott)”, 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: Proyecto final Aragon.docx (D40179129)
Submitted: 6/14/2018 4:55:00 PM
Submitted By: erifer_500@hotmail.com
Significance: 7 %

Sources included in the report:

JULIO JAYA Urkund_Ing_Agropecuaria.docx (D20583053)
PERFIL DE PROYECTO DE TITULACION STEFANNY MORA 1.docx (D37173798)

Instances where selected sources appear:

14

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El proyecto de investigación y desarrollo, titulado: “Comportamiento productivo de cerdos en ceba Largewhite x Duroc x Pietrain alimentados con harina de tubérculos de papa china de rechazo (*Colocasia esculenta* (L.) Schott)”, fue aprobado por los siguientes miembros del tribunal.

Dra. Alina Ramírez Sánchez, PhD

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Juan Carlos Moyano, MSc

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. Joel Rodríguez Guerra, PhD

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a mi Padre Fabián Alejandro Aragón Granda a mi madre Elsa Roció León Sánchez por darme ese apoyo incondicional en mi vida universitaria por compartir cada una de mis aventuras tareas entre otras, a mi querida Universidad Estatal Amazónica, por abrirme las puertas de la institución y formarme como ingeniero agropecuario.

Al Dr. Julio Cesar Vargas Burgos, PhD rector de la Universidad Estatal Amazónica por ese apoyo incondicional y formativo con una excelencia académica.

Al Dr. Hernán Uvidia, PhD por haber sido un pilar fundamental en mi formación educativa y destacarse como un excelente Decano de la Facultad de Ciencias de la Tierra, por su misión en beneficio de la Colectividad Universitaria.

Al Dr. Willan Orlando Caicedo, PhD por su apoyo incondicional, quien me brindo los conocimientos necesarios y me supo guiar en el desarrollo y culminación de mi tesis.

Ing. Alba Breedy. Técnica del MAGAP, por haber guiado mis practicas pre profesionales y brindarme todos sus conocimientos necesarios para poder defenderme en la vida profesional.

Lic. Rodrigo Fiallos. Presidente de la junta Parroquial de Fátima por la apertura y visita a las distintas fincas, lo cual tuve el orgullo de ayudar a los campesinos de la comunidad en mi ámbito educativo y pre profesional.

Ing. Martin Quito, Ing. Pablo Herrera, Familiares, amigos, les agradezco a todos de corazón por a verme apoyado de una o de otra manera aportándome con conocimientos o un granito de arena.

A todos muchas gracias, Dios los Bendiga.

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen por permitir ser parte de este mundo tan especial lleno de riquezas placeres y mucha sabiduría, por permitirme tener esa fortaleza y esa valentía de seguir siempre adelante y no rendirme ante los obstáculos que se presenten en la vida, por enseñarme que la humildad es la base fundamental para salir adelante y romper todas las barreras necesarias.

A mi Padre Fabián Alejandro Aragón Granda, a mi madre Elsa Roció León Sánchez, por ser esa pieza fundamental en mi vida y apoyarme en mi vida deportiva y estudiantil, por cada uno de sus consejos, regaños, que formaron y moldearon a este nuevo profesional de la republica ahora me toca a mí velar por ustedes los amo papis son mi todo, a mis hermanos Ray y Alejandro que con su apoyo moral de hermanos consiguieron que no desmaye y pueda cumplir una meta más en esta vida, a mi Princesita Julieth que con sus ocurrencias me robaba sonrisas y giraba el mundo con sus travesuras.

A mis amigos, compañeros y docentes que formaron parte de mis aventuras, locuras y ocurrencias, gracias por cada consejo, regaño, molestia y sobre todo por haber formado parte de vida estudiantil, Dios les bendiga y les colme de bendiciones.

Erick13.

RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES

En el Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA) de la Universidad Estatal Amazónica. Se determinó el comportamiento productivo de cerdos en ceba Largewhite x Duroc x Pietrain alimentados con dos dietas: T1 (control) y T2 (40% de sustitución del maíz por harina de tubérculos de papa china de rechazo). Para el efecto, se utilizaron 18 animales machos castrados producto del cruzamiento entre razas (Largewhite x Duroc x Pietrain). Se evaluaron los indicadores: consumo de materia seca (CMS), ganancia de peso (GP), conversión alimentaria (CA), peso final (PF), peso de la canal caliente (PCC), rendimiento de la canal caliente (RCC), grasa dorsal (GD), peso del hígado (PH) y del tracto gastrointestinal (TGI). Para analizar los datos se utilizó una prueba t. lo cual No hubo efecto significativo ($P < 0.05$) para estos indicadores. Los animales del tratamiento 2 presentaron menor peso del hígado ($P < 0.05$). La sustitución del maíz por harina de tubérculos de rechazo de papa china en la dieta no afectó el consumo de materia seca (2,83 kg), ganancia de peso (1,05 kg/día), conversión alimentaria (2,70 kg/kg), peso final (95.17 kg), peso de la canal (79 kg), rendimiento de la canal (83 %), grasa dorsal (2.07 cm) y peso del tracto gastrointestinal (3.66 kg) en cerdos de ceba Largewhite x Duroc x Pietrain.

Palabras Claves: alimento alternativo, cerdos en ceba, ganancia de peso, tubérculos de rechazo de papa china.

EXECUTIVE SUMMARY AND KEYWORDS

In the Amazon Research, Postgraduate and Conservation Center (CIPCA) of the Amazon State University. The productive behavior of pigs in Largewhite x Duroc x Pietrain fat fed with two diets was determined: T1 (control) and T2 (40% substitution of corn by tuber meal of chinese reject potatoes). For this purpose, 18 castrated male animals were used as a result of cross breeding (Largewhite x Duroc x Pietrain). The indicators were evaluated: dry matter consumption (CMS), weight gain (GP), feed conversion (CA), final weight (PF), hot carcass weight (PCC), hot runner performance (RCC), dorsal fat (GD), liver weight (PH) and gastrointestinal tract (TGI). To analyze the data, a t test was used. There was no significant effect ($P < 0.05$), and TGI). The animals of treatment 2 had lower ($P < 0.05$) liver weight. The substitution of corn by Chinese potato reject tuber meal in the diet did not affect dry matter consumption (2.83 kg), weight gain (1.05 kg / day), feed conversion (2.70 kg / kg), final weight (95.17 kg), carcass weight (79 kg), carcass yield (83%), back fat (2.07 cm) and gastrointestinal tract weight (3.66 kg) in fattening pigs Largewhite x Duroc x Pietrain.

Key words: alternative food, fattening pigs, weight gain, chinese potato rejection tubers.

ÍNDICE

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN.....	12-13
1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	13
1.2 OBJETIVOS.....	13
1.2.1 objetivo general.....	13
1.2.2 objetivo específico.....	13

CAPITULO II

2. FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
2.1 antecedentes.....	14
2.2 Composición química de los tubérculos de papa china (<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott).....	14
2.3 Factores antinutricionales de la papa china (<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott) (FANs).....	15
2.4 Producción de papa china en Ecuador.....	16
2.5 Tubérculos de papa china en la alimentación animal.....	16
2.6 Producción porcina en Ecuador.....	16-17
2.7 Características nutricionales de cerdos en ceba.....	17

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
3.1 Localización de la investigación.....	18
3.2 Tipo de investigación.....	18
3.3 Métodos de la investigación.....	18
3.3.1 Elaboración de la harina de tubérculo de papa china.....	18
3.3.2 Estudio del comportamiento productivo en cerdo de ceba.....	18-19
3.3.3 Análisis estadístico.....	19
3.3.4 Cálculo de la prueba t-Student para la diferencia de medias suponiendo igualdad de varianzas.....	20
3.3.5 Actividades.....	20
3.3.6 Materiales y equipos.....	20

3.3.7 Factores de estudio	21
3.3.7.1 Variable dependiente.....	21
3.3.7.2 Variable independiente.....	21

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. Indicadores de comportamiento productivo	22-23-24
---	----------

CAPÍTULO V

5. Conclusiones.....	25
5.1. Recomendaciones.....	25
5.2. BIBLIOGRAFÍA.....	26-27-28-29-30

CAPÍTULO VI

6. Anexos	31-32
-----------------	-------

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis proximal en tubérculos de papa china.....	14
Tabla 2. Factores anti-nutricionales en tubérculos de papa china.....	15
Tabla 3. Composición y aporte de las dietas experimentales (%).....	19

Tabla 4. Indicadores de Comportamiento productivo de cerdos en ceba Largewhite x Duroc x Pietrain alimentados con harina de tubérculos de papa china de rechazo (*Colocasia esculenta* (L.) Schott).....22

Tabla 5. Peso de la canal caliente y grasa dorsal de cerdos en ceba Largewhite x Duroc x Pietrain alimentados con harina de tubérculos de papa china de rechazo (*Colocasia esculenta* (L.) Schott).....23

Tabla 6. Peso del hígado, baso, riñones, estomago etc de cerdos en ceba Largewhite x Duroc x Pietrain alimentados con harina de tubérculos de papa china de rechazo (*Colocasia esculenta* (L.) Schott).....24

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN.

El alto consumo de alimentos y el acelerado crecimiento de la población, ha obligado a los nutricionistas a la búsqueda constante de fuentes alternativas de alimentos para los cerdos (Castro y Martínez, 2015). En la región Amazónica de Ecuador se encuentran disponibles subproductos de origen vegetal, que son factibles utilizarlos para la alimentación de cerdos, entre ellos se encuentran los tubérculos de rechazo de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott), estos tubérculos poseen un buen contenido energético en relación a los cereales (Caicedo *et al.*, 2015).

Los tubérculos de papa china generalmente tienen un elevado contenido de humedad y metabolitos secundarios, estos tubérculos no se pueden acoplar a ningún tipo de procesamiento para conservar sus nutrientes, debido a su disponibilidad en gran volumen, estos no pueden ser utilizados adecuadamente en la alimentación de cerdos Caicedo *et al.*, (2017), para preservar los alimentos alternativos que poseen mucha agua es el secado al sol o por medios artificiales es una alternativa única y eficaz, en los que

se puede emplear energía no renovable o renovable para la elaboración de harinas (Lezcano, Martínez, Vázquez y Pérez, 2017).

El método de secado o deshidratación 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 (Torres *et al.*, 2017).

A nivel mundial existe alta demanda de carne de cerdo para consumo humano, por lo cual su producción se desarrolla constantemente (FAO, 2015). Al respecto, es necesario establecer estrategias que permitan minimizar los costos de alimentación, en la producción de cerdos. En la etapa de ceba los cerdos requieren de una dieta equilibrada en relación a proteína y energía para obtener un máximo desempeño productivo sin afectar la calidad de la canal.

Según López-Bote (2012), se implementaron alternativas de alimentación para reducir los costos de producción y la obtención de una carne de calidad al desarrollar nuevas dietas alimenticias y suplementos, que han dado muy buenos resultados tanto económicos como un desarrollo apropiado y saludable en el animal.

Debido a que el cuerpo humano necesita el consumo de proteína de origen animal, es recomendable buscar otro tipo de alimentos que puedan reemplazar total o parcialmente las materias primas tradicionales como maíz, sorgo y soya (Caicedo, 2013).

En los últimos años, la industria porcina mundial ha experimentado un gran desarrollo, que implica una creciente demanda en la calidad del producto final. El consumidor no solamente exige cortes magros y que estos reúnan características deseables de color, textura, sabor y aroma, sino que además en muchos mercados, se exige que se cumplan estándares de bienestar animal (Jerez-Timaure *et al.*, 2013).

1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

Los tubérculos de papa china constituyen una excelente fuente de carbohidratos y procesados en forma de harina formarían un alimento energético de apreciada calidad nutritiva para la alimentación de cerdos en ceba, pero se desconoce el efecto de la utilización de esta harina sobre los indicadores de comportamiento productivo; consumo

de alimento, ganancia de peso, conversión alimentaria, peso final y rendimiento de la canal.

1.2 OBJETIVOS.

1.3 Objetivo General.

- Evaluar el comportamiento productivo de cerdos en ceba Largewhite x Duroc x Pietrain alimentados con harina de tubérculos de papa china de rechazo (*Colocasia esculenta* (L.) Schott)

1.4 Objetivos Específicos

- Determinar los índices productivos: consumo de alimento (CDA), ganancia de peso (GP), conversión alimentaria (CA), peso final (PF), peso de la canal (PC), rendimiento de la canal (RC), grasa dorsal (GD), peso del hígado (PH) y peso del tracto gastrointestinal vacío (TGI) de cerdos en ceba Largewhite x Duroc x Pietrain alimentados con una dieta que sustituye al maíz en 40% por harina de papa china de rechazo.

CAPITULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Antecedentes

La papa china 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).

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).

2.2 Composición química de los tubérculos de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott).

Estudios realizados con tubérculos de papa china manifiestan que tienen el potencial de ser una fuente alternativa de carbohidratos para la alimentación animal (Ologhobo y

Adejumo, 2011). Este producto se considera tan importante y prestigiosa como el ñame, por ser su harina altamente digestible y se ha utilizado incluso como un ingrediente en alimentos para niños (Sanful y Darko, 2010).

Los tubérculos son una excelente fuente de energía poseen un almidón de 12 a 20 % de amilosa, mientras que el resto es amilopectina, los granos de almidón son muy pequeños y van en diámetro de $(2.7 \pm 0.9 \mu\text{m})$ 1 a $4 \mu\text{m}$, debido a esta particularidad altamente digerible tanto para el hombre así como también por los animales (Naidoo *et al.*, 2015). Los resultados relacionados con el análisis proximal MS (materia seca), (Cz) Cenizas, FC (fibra cruda), EE (extracto etéreo), ELN (extracto libre de nitrógeno), PC (proteína cruda) en tubérculos de papa china en diferentes estados, se aprecian en la tabla 1.

Tabla 1. Análisis proximal en tubérculos de papa china

Colocasia esculenta, % BS	MS	Cz	FC	EE	ELN	PC
Tubérculo sin pelar	26.2	4.0	1.7	0.4	85.2	8.7
Tubérculo pelado	16.72	5.94	9.51	1.58	81.61	3.36

Fuente: (Ly y Delgado, 2005)

2.3 Factores antinutricionales en tubérculos de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott)

Todas las partes de la planta de papa china tienen un elevado contenido de cristales de oxalato de calcio que son la causa de irritación y sensación de ardor en la boca y en la garganta cuando los tubérculos, peciolos y hojas se consumen en estado natural (Tiep *et al.*, 2006). El contenido de oxalato de calcio varía con la especie y cultivares (Agwunobi, Okafor y Ohazurike, 2000).

Los oxalatos forman complejos con las proteínas e inhiben su absorción y digestión, afectando de esta manera el normal crecimiento del individuo (Larsson *et al.*, 1996). Los taninos forman complejos con las proteínas y reducen su digestibilidad y palatabilidad (Eka, 1985). Los fitatos se unen a minerales en el tracto gastrointestinal, haciendo que los minerales de la dieta no sean disponibles para la absorción y utilización (Oberleas, 1983), disminuyen la biodisponibilidad del calcio y forman fitatos de calcio complejos que inhiben la absorción de Fe y Zn (Plaami, 1997).

Con el fin de reducir el efecto de los factores anti-nutricionales (FANs) el procesamiento antes de su consumo es necesario. El efecto de los FANs de los tubérculos puede minimizarse mediante la cocción, secado al sol y la fermentación (Abdulrashid y Agwunobi, 2009). Un estudio realizado por (Olajide *et al.*, 2011) concluyeron que el tratamiento de los tubérculos (cocción) antes de suministrar a los animales mejoró el contenido calórico y redujo significativamente la matriz de los FANs. El contenido de factores anti-nutricionales en tubérculos de papa china cocidos y secados al sol se observa en la tabla 2.

Tabla 2. Factores anti-nutricionales en tubérculos de papa china

FANs (mg/100g MS)	Tubérculo cocido	Tubérculo secado al sol
Fitatos	0.12	0.19
Oxalatos	1.76	3.52
Taninos	0.10	0.14
Saponinas	1.20	2.30

Fuente: (Agwunobi *et al.*, 2002)

2.4 Producción de papa china en Ecuador

En las provincias de Napo y Pastaza, existen grandes cantidades de recursos alimenticios que se pueden explotar y utilizar de forma eficiente para la alimentación de cerdos, entre estos subproductos se destacan los tubérculos de rechazo de papa china (Caicedo, 2015). La mayor parte de la comercialización de la papa china producida en Ecuador está dirigida al mercado nacional e internacional con un 80% que correspondería a 167689 toneladas, mientras que el 20% representa 31442 toneladas de rechazo, los cuales no cumplen con las exigencias establecidas para el consumo, y se los utiliza para la para alimentación humana, cerdos y entre otros animales de granja (Torres *et al.*, 2014; Rodríguez, 2017).

2.5 Tubérculos de papa china en la alimentación animal.

Los tubérculos de papa china tienen el potencial de ser una fuente alternativa de carbohidratos y proteínas para la alimentación de animales domésticos esto ha llevado a algunos investigadores a comparar el crecimiento y desempeño productivo de los

animales utilizando: follajes y tubérculos; crudos, cocidos secados al sol y fermentados (Olajide *et al.*, 2011; Ologhobo y Adejumo, 2011).

En un estudio desarrollado en Ecuador con ensilado de tubérculos de taro con suero de leche y melaza en reemplazo total del maíz, no encontró diferencias significativas ($P>0.05$) para el consumo diario de alimento, ganancia de peso y conversión alimentaria en relación a la dieta control (basada en maíz y soya) en cerdos entre 25 y 100 kg (Caicedo, 2015). En investigaciones realizadas con raíces y tubérculos, Lezcano *et al.*, (2015) manifiestan que es factible incluir parcialmente estos alimentos alternativos en la dieta, para reducir los costos de alimentación, sin afectar el rendimiento productivo de los animales.

2.6 Producción porcina en Ecuador

Ecuador tiene un ritmo de crecimiento dinámico, mediante la aplicación de la genética los criadores de cerdo de traspatio y los industriales sobresaliendo ya que les permite aumentar la productividad para cubrir la demanda nacional. De acuerdo con los datos proporcionados por la Asociación de Porcicultores del Ecuador (ASPE), en el año 2010 se viene dando este desarrollo de la industria con una producción tecnificada y semi tecnificada se encontraba en 47500 Tm año y en el 2016 este mismo indicador llegó a 84000 Tm año. La porcicultura aporta el 2% del PIB (producto interno bruto) agropecuario, genera alrededor de 75 mil fuentes de trabajo. Se estima, que en la producción de alimentos balanceados para cerdos se utilizan 184000 TM de maíz amarillo nacional y 75000 TM de soya (ASPE, 2016).

2.7 Características nutricionales de cerdos en ceba.

El rendimiento productivo de cerdos en engorde depende de la genética, de una buena alimentación, de la salud y del manejo. Con el desarrollo de nuevas líneas genéticas de un alto potencial para producir carne magra (carne baja en grasa), los requerimientos nutritivos son adaptados a estas características, por medio de la alimentación en fases nutricionales a base de alimentos alternativos para el incremento de peso (ONU, 2016).

La etapa de engorde inicia a los 70 kg y termina a los 120 kg. Dentro de esta tercera fase la nutrición tiene un gran impacto económico tanto cuantitativo como cualitativo. La alimentación representa entre el 65-70% del coste final de producción, y dentro de esta

la fase de engorde supone a su vez el 65% del total, esta fase nos supondrá el 40% de los gastos totales a nivel productivo (García-Contreras *et al.*, 2012).

Si consideramos que la energía y los nutrientes esenciales como los aminoácidos, minerales y vitaminas se requieren por los cerdos de engorde para varios procesos de su vida, incluyendo mantenimiento y producción, debemos optimizar las dietas en base a tales requerimientos que básicamente están condicionados por el potencial genético de crecimiento de los mismos, ya que las necesidades de mantenimiento como sabemos son basales y proporcionales a su peso vivo. Los requerimientos nutricionales en cuanto a energía y proteína para cerdos en ceba son: 3280 kcal/kg de energía metabolizable y 14% de proteína bruta (Rostagno *et al.*, 2011).

Antes de utilizar alimentos no convencionales deberán analizarse las recomendaciones de uso de cada uno de ellos dadas por sus aportes, la presencia de sustancias antinutricionales o tóxicas y sus efectos sobre la calidad de la canal obtenida. Hay ingredientes que pueden transmitir olor desagradable a la carne del cerdo, como por ejemplo la harina de pescado (concentrado proteico) ofrecida a los cerdos en terminación (Lezcano *et al.*, 2014).

CAPITULO III

3. 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), 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.

El tipo de investigación fue experimental debido a que se realizó una prueba de digestibilidad en jaulas a cerdos con variables dependientes.

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, del Centro de Acopio Teniente Hugo Ortiz. Se seleccionarán los tubérculos para un leve lavado y la eliminación de raíces y tierra, se rasparán los troncos para una eliminación completa de cortezas, se enjuagarán y escurrirán. Se realizó el troceado en forma de rodajas, pre-secado al sol por 8 horas y secado en secador rotativo industrial (marca Burmester) a 70 °C, por dos horas. Se molieron en un molino semi-industrial (marca TRAPS, modelo TRF 300G) con una malla de 0.25 mm, se empacó en fundas herméticas y almacenó hasta su utilización.

3.3.2 Estudio del comportamiento productivo en cerdos de ceba

Se utilizó un total de 18 cerdos machos castrados del híbrido comercial (Langewhite x Duroc x Pietrain) de 120 días de edad con un peso vivo promedio inicial de 68 kg, se alojaron al azar, en corrales metálicos individuales de 0.50 m x 1.60 m (0.8 m²) durante 33 días (cinco de adaptación a las dietas y 28 en experimentación), se emplearon 9 cerdos por tratamiento, cada cerdo constituyó una unidad experimental. Los corrales estaban provistos de un comedero tipo tolva situados en un establo con paredes de 1.4 m de altura y piso de concreto, el agua estuvo disponible a voluntad en bebederos del tipo chupón.

Los tratamientos consistieron en: una dieta control T1 (maíz y soya) y T2 (40 % de sustitución del maíz por harina de papa china). Las dietas se formularon de acuerdo a los requerimientos establecidos por la NRC (2012) para cerdos durante la ceba (70-100 kg PV), tabla 3. Se empleó una escala de alimentación de acuerdo a los requerimientos de los cerdos. Los animales recibieron el alimento en dos fracciones al día (08:00 a.m. y 15:00 pm) (Lezcano *et al.*, 2014).

Tabla 3. Composición y aporte de las dietas experimentales (%).

Ingredientes, % en base seca	Niveles de sustitución del maíz, %	
	T1 (0) Control	T2 (40)
Maíz amarillo	59	19
Harina de trigo	10	10
Harina de papa china	-	40
Concentrado proteico cerdos	30	30
Premezcla Vitamínica Mineral	0.5	0.5

Cerdos ¹		
Cloruro de sodio	0.5	0.5
Aporte de nutrientes		
EM, kcal/kg MS	3300	2960
PB, %	17.00	17.00
FB, %	2.61	4.50

Los animales se pesaron individualmente cada 14 días en una báscula marca Cardinal de 200 kg de capacidad. Se determinó las variables consumo diario de alimento (CDA), ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimentaria (CA) y peso final (PF), peso de la canal (PC) y rendimiento a la canal caliente (RCC) (Lezcano *et al.*, 2014).

3.3.3 Análisis Estadístico

Para encontrar diferencias entre tratamientos en relación a los indicadores productivos de cerdos en ceba se utilizó la prueba t de Student para muestras independientes con un nivel de significancia de 0,05 ($p < 0,05$). Todos los análisis se ejecutaron con el programa estadístico SPSS versión 22 (2015).

3.3.4 Cálculo de la prueba t-Student para la diferencia de medias suponiendo igualdad de varianzas

Para llevar a cabo el contraste:

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

3.3.5 Actividades.

- Recolección de tubérculos de papa china.
- Lavado y raspado de tubérculos de papa china.
- Elaboración de harina de tubérculos de papa china.
- Análisis de nutrientes de la harina de tubérculos de papa china en el laboratorio.
- Adecuación y desinfección de instalaciones.
- Selección de animales y ubicación en los corrales.
- Desparasitación de los animales.
- Adaptación de los animales a las nuevas instalaciones.
- Inicio del trabajo experimental con los animales.
- Alimentación diaria de los animales 09h00 am y 16h00 pm.
- Peso del animal y sacrificio.

3.3.6 Materiales y Equipos.

Materiales.

- Cinta zoométrica.
- Pie de rey.
- Bandejas de acero inoxidable.
- Escobas.
- Mangueras.
- Caretilla.
- Baldes
- Libreta de apuntes.
- Esferográficos.

Equipos.

- Cámara fotográfica Sony.
- Balanza digital Camry capacidad 300 kg.
- Secador rotativo Burmester capacidad 100 kg.

- Balanza digital Sartorius capacidad 1 kg.
- Computadora.

3.3.7 Factores de Estudio.

3.3.7.1 Variables dependientes.

- ✓ Consumo diario (CD)
- ✓ Ganancia de peso (GP)
- ✓ Conversión alimentaria (CA)
- ✓ Peso final (PF)
- ✓ Peso de la canal (PC)
- ✓ Rendimiento de la canal (RC)
- ✓ Grasa dorsal (GD)
- ✓ Peso del hígado (PH)
- ✓ Peso del tracto gastrointestinal (TGI)

3.3.7.2 Variable independiente.

- Nivel de sustitución del maíz por harina de papa china al 40 %.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Indicadores de comportamiento productivo

Los resultados de los indicadores de comportamiento productivo de cerdos en ceba Largewhite x Duroc x Pietrain alimentados con harina de tubérculos de papa china de rechazo (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) se observan en la Tabla 4. No se observó diferencia significativa ($P>0,05$) entre los tratamientos para el peso inicial, consumo de materia seca día (CMSD), ganancia de peso día (GPD), conversión alimentaria y peso final.

Tabla 4. Indicadores de Comportamiento productivo de cerdos en ceba Largewhite x Duroc x Pietrain alimentados con harina de tubérculos de papa china de rechazo (*Colocasia esculenta* (L.) Schott).

Indicadores	Tratamientos		Valor de P
	T1	T2	
Peso inicial, kg	66,67±2,09	65,67±2,93	0,8449
Consumo MS/día, kg	2,83±1,73	2,83±2,0	0,6867
Ganancia de peso día, kg	1,07±0,18	1,05±0,28	0,1919
Conversión alimentaria, kg.kg	2,67±0,39	2,70±0,18	0,1660
Peso final, kg	96,50±2,66	95,17±2,77	0,3984

No se encontró diferencia significativa entre los tratamientos ($P< 0,05$)

No se observó diferencia significativa para los indicadores de comportamiento productivo en cerdos de la categoría ceba alimentada con 40% de inclusión de harina de tubérculos de papa china en la dieta. Esto puede estar dado por el suministro de papa china con menor contenido de humedad, cuando sufren el proceso de secado se obtiene un mejor aprovechamiento de nutrientes ya que esto es suministrado con una mínima cantidad de humedad corroborando lo planteado por (López, Sánchez y Rosas, 2006), la reducción de la fibra y eliminación de los metabolitos secundarios, favoreciendo el aprovechamiento de los nutrientes de estos alimentos (Caicedo *et al.*, 2017) para obtener un óptimo desempeño productivo en los animales (Caicedo, 2015).

No hubo diferencia significativa para el peso de la canal caliente, rendimiento de la canal caliente y grasa dorsal de cerdos en ceba Largewhite x Duroc x Pietrain alimentados con harina de tubérculos de papa china de rechazo (Tabla 5).

Tabla 5. Peso de la canal caliente, rendimiento de la canal caliente y grasa dorsal de cerdos en ceba Largewhite x Duroc x Pietrain alimentados con harina de tubérculos de papa china de rechazo.

Indicadores	Tratamientos		Valor de P
	T1	T2	
Peso canal caliente, kg	80±1,16	79±1,63	0,7754
Rendimiento de la canal caliente, %	82,9±1,26	83±1,83	0,6754
Grasa dorsal, cm	1,93±0,12	2,07±0,29	0,2635

No se evidenció diferencias significativas entre los tratamientos.

En cuanto a los parámetros para el peso de la canal caliente rendimiento de la canal y grasa dorsal en cerdos de ceba alimentados con 40%, de sustitución no hubo diferencia significativa en la dieta, lo cual el tratamiento 1 (T1) presenta una superioridad en todos los indicadores. Existen precedentes que los cerdos alimentados con alimentos alternativos como plátano verde o maduro, ensilaje de naranjas, zanahoria y camote presentan menor peso de la canal, rendimiento de la canal y mayor desarrollo de la grasa dorsal hasta 2,8 cm (Gutiérrez, Guachamin y Portilla, 2017). Sin embargo, en este estudio con la harina de los tubérculos de papa china se obtuvieron resultados similares en relación a la dieta control T1, ver Tabla 3.

Sánchez (2011), afirma que una vez obtenida la canal, ésta se puede diseccionar en los diferentes tejidos, los más interesantes desde el punto de vista comercial son músculo, grasa y hueso. Los datos medios de composición para canales de 80 a 85 kg son: músculo 52,5%, grasa 25,5% y hueso 13,5%. Los rendimientos determinados en la canal en cerdos comerciales españoles oscilan entre 75 y 89%, con una variabilidad muy marcada debido a la forma de faenado, edad, peso, sexo y sistema de explotación.

Para el indicador del peso del hígado se observó diferencia significativa ($P < 0,05$). Sin embargo, no se verificó diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos para el peso del tracto gastro intestinal (TGI) en cerdos en ceba (Largewhite x Duroc x Pietrain) alimentados con harina de tubérculos de papa china de rechazo, Tabla 6.

Esto se puede manifestar con mejor resultado dado la alternativa del suplemento de harina de papa china, aplicada en la alimentación de estas razas de cerdos, con un incremento de peso a temprana edad por las características nutricionales que presenta este suplemento.

Ly *et al.* (2011) aseveran que los cerdos en crecimiento ceba alimentados con alimentos alternativos pueden mostrar un incremento notable en el peso del hígado, riñones y tracto gastro intestinal (TGI). Sin embargo, en este estudio se evidenció un TGI e hígado más liviano al incluir harina de papa china en la dieta de los cerdos, esto puede ser producto de una alta colonización de microorganismos benéficos a nivel de TGI, estos microorganismos influyen en los procesos digestivos y abortivos que se llevan a cabo en el intestino, y, por ende, en la disminución del peso de estos órganos (Ayala *et al.*, (2010; Yang *et al.*, 2015).

Tabla 6. Peso del hígado y TGI (tracto gastro intestinal) de cerdos en ceba Largewhite x Duroc x Pietrain alimentados con harina de tubérculos de papa china de rechazo.

Indicadores	Tratamientos		Valor de p
	T1	T2	
Hígado (kg)	1,93±0,12 ^b	1,07±0,29 ^a	0,0085
TGI vacío, kg	4,06±0,25	3,66±0,21	0,1868

Letras distintas por fila indican diferencias significativas (P<0.05)

Por otra parte, Ly *et al.* (2014) manifiestan que un mayor aumento del peso del TGI, se relaciona con una menor digestibilidad de la materia seca (MS) y materia orgánica (MO) consecuentemente, ya que se requiere mayor utilización energética para el mantenimiento del mismo Lallés *et al.* (2007), por lo que debe existir una adecuada correspondencia entre la estructura y la función del TGI de los animales (Lykke *et al.*, 2012).

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

1. La sustitución del maíz por harina de tubérculos de rechazo de papa china en la dieta no afectó el consumo de materia seca (2,83 kg), ganancia de peso (1,05 kg/día), conversión alimentaria (2,70 kg/kg), peso final (95.17 kg), peso de la canal (79 kg), rendimiento de la canal (83 %), grasa dorsal (2.07 cm) y peso del tracto gastrointestinal (3.66 kg) en cerdos de ceba Largewhite x Duroc x Pietrain.
2. Los cerdos en ceba Largewhite x Duroc x Pietrain alimentados con 40% de harina de papa china presentaron un menor peso del hígado (1.07 kg).

6. RECOMENDACIONES

1. Transferir los resultados obtenidos en esta investigación a nivel de medianos y pequeños productores, para utilizar recursos alternativos con la finalidad de reducir el uso de materias primas de importación.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Abdulrashid, M.y Agwunobi, L. (2009). Taro Cocoyam (*Colocacia esculenta*) Meal as Feed Ingredient in Poultry. *Pakistan Journal of Nutrition* 8(5): 668-673.
2. Agwunobi, L. N., Okafor, E. P. and Ohazurike, N. (2000). *Tannia cocoyam* tuber (*Xanthosoma sagittifolium*) as a replacement for maize grain in the diets of rabbits. *Global Journal of Pure and Applied Science* 6:419-423.
3. Agwunobi, L.N., Awukam, P.O., Cora, O.O., and 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.
4. ASPE, A. (2016). Asociación de porcicultores del Ecuador. Disponible en :<http://www.aspe.org.ec/index.php/informacion/estadisticas/estadisticas-porcicolas-2016>
5. Ayala, L., Bocourt, R., Castro, M., Martínez, M., Dihigo, L.E., Hernández, L.E. y García, E. 2010. El Rol de los Probióticos en Indicadores Morfométricos de Órganos Internos en Cerdos en Crecimiento. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 17(1):32-34
6. Caicedo, W. (2013). Tubérculos de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) como una fuente energética tropical para alimentar cerdos. *Revista Computarizada de Producción Porcina*, 20, 278-282.
7. Caicedo, W., Rodríguez, R., Lezcano, P., Ly, J., Valle, S., Flores, L. & 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
8. 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.
9. Caicedo, W., Rodríguez, R., Lezcano, P., Ly, J., Vargas, J.C. Uvidia, H., Valle, S. y Flores, L. (2017). 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
10. 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.
 11. Castro, M. y Martínez, M. (2015). “La alimentación porcina con productos no tradicionales: cincuenta años de investigaciones en el Instituto de Ciencia Animal”. Cuban Journal of Agricultural Science, 49(2):189–196
 12. Eka, O. U. (1985). The chemical composition of yam tubers. In Osuji, C. (ed.). Advances in Yam Research. The Biochemistry and Technology of Yam Tubers. Vol. 1. Biochemical Society of Nigeria in Collaboration with Anambra State University of Technology (ASUTECH), Enugu, Nigeria, pp. 51-57.
 13. 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.
 14. García-Contreras, A., De Loera Ortega, Y., Yagüe, A. Guevara-González, J. y García Artiga, C. (2012). Alimentación práctica del cerdo. Revista Complutense de Ciencias Veterinarias, 6(1):21-50
 15. Gutiérrez, F., Guachamin, D. y Portilla, A. (2017). Valoración nutricional de tres alternativas alimenticias en el crecimiento y engorde de cerdos (*Sus scrofa domestica*) NANEGAL-PICHINCHA. Revista de Ciencias de la Vida, 26(2):155-162.
 16. Jerez-Timaure, N., Súlbaran, M., De Moreno, L., Rodas-González, A., Trompíz, J. y Ortega, J. (2013). Determinación de defectos de calidad en la canal y carne de cerdo mediante el uso de auditorías. Rev Mex Cienc Pecu, 4(1):13-30
 17. Lallés, J.P., Bosi, P., Smidt, H. y Stokes, C.R. 2007. Weaning - A challenge to gut physiologists. Livestock Sci., 108:82
 18. Larsson, M., Rossander-Hulthen, L., Sandstrom, B. and Sandberg, A. (1996). Improved zinc and iron absorption from breakfast meals containing malted oats with reduced phytate content. British Journal of Nutrition 76:677-688.
 19. Lezcano, P., Berto, D., Bicudo, S., Curcelli, F., Figueiredo, P. & Valdivie, M. (2014). Yuca ensilada como fuente de energía para cerdos en crecimiento. Avances en Investigación Agropecuaria, 18(3):41-47

20. Lezcano, P., Martínez, M., Vázquez, A. y Pérez, O. (2017). Main methods of processing and preserving alternative feeds in tropical áreas. Cuban experience. Cuban Journal of Agricultural Science, 51(1):1-10.
21. Lezcano, P., Vázquez, A., Bolaños, A., Piloto, J.L., Martínez, M. & Rodríguez, Y. (2015). Ensilado de alimentos alternativos, de origen cubano, una alternativa técnica, económica y ambiental para la producción de carne de cerdo. Cuban Journal of Agricultural Science, 49(1):65-68
22. 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
23. Ly, J. y Delgado, E. (2005). A note in vitro (pepsin/pancreatin) digestibility of taro (*Xanthosoma sagitifolia* spp) and cocoyam (*Colocasia esculenta* spp) for pigs. Revista Computadorizada de Producción Porcina. 12 (2): 90-92
24. Ly, J., Díaz, C., Macías, M., Santana, I., Martínez, O. y Domínguez, H. (2011). Evidencias de interdependencia entre índices morfométricos de órganos digestivos y digesta en cerdos. Revista Computadorizada de Producción Porcina, 18:63-67
25. Ly, J., Almaguel, R., Ayala, L., Lezcano, P., Romero, A. y Delgado, E. (2014). Digestibilidad rectal y ambiente gastrointestinal de cerdos jóvenes alimentados con dietas de levadura torula. Influencia de la fuente de carbohidratos. Revista Computadorizada de Producción Porcina, 21(3):134-139
26. Lykke, M., Hother, A., Sangild, P.T., Michaelsen, K.F., Friis, H., Molgaard, D.F. y Thymann, T. (2012). Severe acute malnutrition (SAM) in early life reduces gut function and structure. XII International Symposium on Digestive Physiology of Pigs. Keystone. 88 pp.
27. Naidoo, K., Amonsou, E.O. & Oyeyinka, S.A. (2015). In vitro digestibility and some physicochemical properties of starch from wild and cultivated amadumbe corms. Carbohydr Polym., 10(125):9-15
28. NRC (National Research Council) (2012). Nutrient Requirements of Swine. 11 th ed., Washiton D.C., USA: National Acedemies press, 400 p., ISBN: 978-0-309-22423-9.
29. Oberleas, D. (1983). The determination of phytate and inositol phosphates. In Glick, D. (ed.). Methods of Biochemical Analysis. Wiley, New York.

30. Olajide, R., A.O. Akinsoyinu, O.J. Babayemi, A.B. Omojola, A.O. Abu and K.D. Afolabi. (2011). Effects of processing on energy values, nutrient and anti-nutrient components of wild cocoyam [*Colocasia esculenta* (L.) Schott] corm. *Pakistan Journal of Nutrition* 10(1):29-34.
31. Ologhobo, A.D. & Adejumo, I.O. (2011). Effect of differently processed taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) on growth performance and carcass characteristic of broiler finishers. *International Journal of Agricultural Science* 1(4):244-248
32. ONU, O. (26 de 04 de 2016). *Producción Porcina en el Mundo*. Recuperado el 10 de 05 de 2016, de Producción y Sanidad Animal: <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/pigs/home.html>
33. Plaami, S. (1997). Myoinositol phosphates: Analysis, content in foods and effects in nutrition. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie* 30(7):633–647.
34. Rodríguez, R. (2017). Diseño de un plan estratégico para mejorar la comercialización de papa china en el sector norte de la ciudad de Guayaquil. (tesis de grado). Universidad de Guayaquil. Guayaquil – Ecuador.
35. Rostagno, H.S., Teixeira, L.F., Donzele, L.J., Gomes, P.C., Oliverira, Rita., Lopes, D.C., Ferreira, A.S., Toledo, S.L. & 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 p.
36. Sánchez Rodríguez, M. (14 de 02 de 2011). *Producción Animal e Higiene Veterinaria*. Obtenido de La canal porcina.- Sacrificio y faenado.-Operaciones de sacrificio.-Evolución de la composición corporal y características de las canales - Clasificación de canales con normativa Unión Europea: http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/23_15_58_Tema_53.pdf
37. Sánchez Rodríguez, M. (14 de 02 de 2011). *Producción Animal e Higiene Veterinaria*. Obtenido de La canal porcina.- Sacrificio y faenado.-Operaciones de sacrificio.-Evolución de la composición corporal y características de las canales .- Clasificación de canales con normativa Unión Europea: http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/23_15_58_Tema_53.pdf

38. Sanful, R. y Darko, S. 2010. Production of cocoyam, cassava and wheat flour composite rock cake. *Pakistan Journal of Nutrition*, 9(8):810-814.
39. SPSS versión 22(2015). Disponible en: <https://ibm-spss-statistics-base.uptodown.com/windows>
40. Tiep, P. S., Nguyen Van Luc, Trinh Quang Tuyen, Nguyen Manh Hung and Tran Van Tu. (2006). Study on the use of *Alocasia macrorrhiza* (roots and leaves) in diets for crossbred growing pigs under mountainous village conditions in northern Vietnam. Workshop - seminar "Forages for Pigs and Rabbits" MEKARN-CelAgrid, Phnom Penh, Cambodia.
41. Torres, L., Montero, M. y Julio, C. (2014). Utilización de almidón de malanga (*colocasia esculenta* l.) en la elaboración de salchichas tipo Frankfurt. *Revista Electrónica Scielo*. Popayán, Cauca, Colombia.
42. Yang, F., Hou, C., Zeng, X. y Qiao, S. 2015. The use of lactic acid bacteria as a probiotic in swine diets. *Pathogens*, 4:34-45
43. 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.
44. Baruah, K.K. (2002). Nutritional Status of Livestock in Assam. *Agriculture in Assam*. Directorate of Extension, Assam Agric. Univer. 203 p.

CAPÍTULO VI

6. Anexos

Elaboración de harina de tubérculos de papa china.



Selección de animales para el experimento y dividirles en los tratamientos.



Alimentación de los cerdos según su respectivo tratamiento T1 y T2.



Mediciones y toma de pesos de los respectivos cerdos.

