UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

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

“Composición química y digestibilidad aparente de nutrientes de tubérculos de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) fermentados en estado sólido en cerdos de crecimiento Landrace x Duroc x Pietrian”

AUTOR:

Carlos Alexander Moya Salan

DIRECTOR DE PROYECTO:

Dr. Willan Orlando Caicedo Quinche, PhD

PUYO – PASTAZA – ECUADOR

2018

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Carlos Alexander Moya Salan, con C.I: 0503555948, certifico que los criterios y opiniones que constan en el Proyecto de Investigación y Desarrollo bajo el tema: "Composición química y digestibilidad aparente de nutrientes de tubérculos de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) fermentados en estado sólido en cerdos de crecimiento Landrace x Duroc x Pietrian", son de mi autoría y exclusiva responsabilidad.

Carlos Alexander Moya Salan

0503555948

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 Carlos Alexander Moya Salan, realizó el Proyecto de Investigación y Desarrollo titulado: "Composición química y digestibilidad aparente de nutrientes de tubérculos de papa china (Colocasia esculenta (L.) Schott) fermentados en estado sólido en cerdos de crecimiento Landrace x Duroc x Pietrian", previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario bajo mi supervisión.

Dr. C. Willan Orlando Caicedo, PhD

DIRECTOR DE PROYECTO

URKUND

Urkund Analysis Result

Analysed Document:	proyecto final.docx (D40183248)
Submitted:	6/14/2018 9:15:00 PM
Submitted By:	agr20140051@uea.edu.ec
Significance:	4 %

Sources included in the report:

JULIO JAYA Urkund_Ing_Agropecuaria.docx (D20583053)
PERFIL DE PROYECTO DE TITULACION STEFANNY MORA 1.docx (D37173798)
http://www.fao.org/docrep/field/003/ab482s/AB482S08.htm

Instances where selected sources appear:

6

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El proyecto de investigación y desarrollo, titulado: ““Composición química y digestibilidad aparente de nutrientes de tubérculos de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) fermentados en estado sólido en cerdos de crecimiento Landrace x Duroc x Pietrian” , fue aprobado por los siguientes miembros del tribunal.

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

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Dr. Yoel Rodríguez Guerra, PhD

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

MSC. Juan Carlos Moyano Tapia,

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida, a mi madre Martha Germania Salán López por ser mi apoyo incondicional en mi formación como persona por inculcarme los valores, la ética y la moral.

A mis abuelitos Luis Alfredo Salán Morales y Gloria Martha López Medina quienes fueron los que sembraron en mí el amor a esta profesión, por enseñarme las cosas más esenciales de la vida el amor, el respeto y la sinceridad.

A mis hermanos, Nicolás, Samantha y Anguie por ser mi apoyo e inspiración para alcanzar mis metas y sueños anhelados.

Al Dr. Wilian Orlando Caicedo Quinche, PhD y a su familia, por compartir sus conocimientos y por darme la oportunidad de trabajar en su granja depositando en mí su entera confianza para la creación de este proyecto, su ayuda fue una guía fundamental en el desarrollo del mismo.

Al Dr. Yoel Rodríguez, PhD. Coordinador de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, por el apoyo incondicional a lo largo de mi carrera.

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

A todos muchas gracias.

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida y la sabiduría para seguir adelante y no rendirme a pesar de las vicisitudes que se presentaron en el transcurso de mi formación académica.

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

A mi padrastro Gerardo Aníbal Larrea Espinoza (Larry) quien a pesar de no ser mi padre biológico jamás me dejo solo, a pesar de las adversidades pasadas siempre estuvo conmigo, brindándome su cariño, confianza y apoyo incondicional para terminar mi carrera.

A mis queridos hermanos Nico, Sami y Anguie por darme ese cariño, amor y respeto los quiero mucho.

A mi ñaño Fernando es una de las personas a la cual respeto mucho porque me enseño que no importa el mal momento que uno pueda pasar en la vida siempre hay que levantarse y seguir adelante.

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

A mis queridos amigos Evelin, Tito, Stefanny y Fernando quienes hicieron con su alegría y amistad que mi estadía en la Universidad sea acogedora, alegre y divertida.

Carlitos.

RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES

En la Granja Agropecuaria Caicedo ubicada en la parroquia Tarqui del cantón Pastaza, se determinó las características químicas de un fermentado en estado sólido (FES) de tubérculos de rechazo de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott), para evaluar el efecto de tres niveles de inclusión de FES: T1 (0%), T2 (10%) y T3 (20%) sobre la digestibilidad aparente de la Materia Seca (MS), Materia Orgánica (MO), Fibra Bruta (FB) y Proteína Bruta (PB) en la dieta de cerdos en crecimiento. Para el efecto, se utilizó 12 animales machos castrados producto del cruzamiento entre razas (Landrace x Duroc x Pietrain), con un peso medio inicial de 25 ± 2 kg, estos se ubicaron en 12 jaulas metabólicas de 0,40m x 1,50m (0,60m^2). Para contrastar las medias se utilizó la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). La FES de tubérculos de papa china presentó altos contenido de MS (64,37%), PB (13,96%), Cenizas (5.54%), y bajos niveles de Grasa (1.50%) y FB (6.56%). La digestibilidad de la MS (91.37; 90.19 y 88.16%), Grasa (92.53%; 89.93% y 89,75%) y FB (48.82; 52.11 y 54.75%) presentaron diferencias significativas ($P<0.05$) entre tratamientos, sin embargo, en cuanto a la digestibilidad de la MO (99.73%; 99.72 y 99.73%) y PB (87.81; 87.65 y 87.49%) no se observó diferencias significativas ($P<0.05$) entre los tratamientos. El fermentado de tubérculos de papa china FES posee un buen contenido de materia seca (MS) 64.37%, materia orgánica (MO) 93.77%, proteína bruta (PB) 13.95%, fibra bruta (FB) 5.54%, grasa 1.50% y cenizas 6.23%, apto para su uso en la alimentación del ganado porcino. La inclusión de 10 y 20% de FES de tubérculos de papa china en la dieta de cerdos en crecimiento (Landrace x Duroc x Pietrain) no tuvo influencia en la digestibilidad de la MO (99.73; 99.72%) y PB (87.65; 87.49%) respectivamente. El aprovechamiento de la FB (52.11; 54.75%) mejoró con la inclusión de 10 y 20% de FES de tubérculos de papa china en la dieta de cerdos en crecimiento (Landrace x Duroc x Pietrain).

PALABRAS CLAVES: alimento alternativo, cerdos en crecimiento, FES, digestibilidad aparente.

EXECUTIVE SUMMARY AND KEYWORDS

In the Caicedo Farming Farm located in the Tarqui parish of the Pastaza canton, the chemical characteristics of a solid state fermentation (FES) of Chinese potato rejection tubers (Colocasia esculenta (L.) Schott) were determined to evaluate the effect of three levels of inclusion of FES: T1 (0%), T2 (10%) and T3 (20%) on the apparent digestibility of Dry Matter (MS), Organic Matter (OM), Gross Fiber (FB) and Gross Protein (PB) in the diet of growing pigs. For this purpose, 12 castrated male animals were used as a crossbreeding product (Landrace x Duroc x Pietrain), with an initial mean weight of 25 ± 2 kg, these were located in 12 metabolic cages of 0.40m x 1.50m (0.60m^2). To test the means, the Tukey test ($P \leq 0.05$) was used. The FES of tubers of Chinese potato presented high content of MS (64.37%), PB (13.96%), Ash (5.54%), and low levels of Fat (1.50%) and FB (6.56%). The digestibility of the MS (91.37, 90.19 and 88.16%), Fat (92.53%, 89.93% and 89.75%) and FB (48.82, 52.11 and 54.75%) presented significant differences ($P < 0.05$) between treatments, however, in terms of digestibility of MO (99.73%, 99.72 and 99.73%) and PB (87.81, 87.65 and 87.49%), no significant differences were observed ($P < 0.05$) between treatments. The fermentation of Chinese potato tubers FES has a good content of dry matter (MS) 64.37%, organic matter (MO) 93.77%, crude protein (PB) 13.95%, crude fiber (FB) 5.54%, fat 1.50% and ashes 6.23%, suitable for use in feeding pigs. The inclusion of 10 and 20% of FES of Chinese potato tubers in the diet of growing pigs (Landrace x Duroc x Pietrain) had no influence on the digestibility of OM (99.73, 99.72%) and PB (87.65; 87.49%) respectively. The utilization of the FB (52.11, 54.75%) improved with the inclusion of 10 and 20% of FES of Chinese potato tubers in the diet of growing pigs (Landrace x Duroc x Pietrain).

KEY WORDS: Alternative food, growing pigs, FES, apparent digestibility.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I 1

3.1. INTRODUCCIÓN 1

3.2. JUSTIFICACIÓN 3

3.3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 5

3.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA. 5

3.5. OBJETIVOS 6

3.5.1. OBJETIVO GENERAL 6

3.5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS 6

CAPITULO II 7

3.6. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 7

3.7. Aporte de nutrientes de los tubérculos de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) 7

3.8. Factores anti nutricionales de los tubérculos de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) 8

3.9. FERMENTACIÓN EN ESTADO SÓLIDO (FES) 8

3.10. EFECTO DE LA FERMENTACIÓN EN ESTADO SOLIDO (FES) EN LOS INDICADOES DE DIGESTIBILIDAD EN CERDOS. 9

3.11. PRODUCCIÓN PORCINA MUNDIAL Y EN ECUADOR. 9

3.12. ALIMENTACIÓN DEL CERDO EN LA ETAPA DE CRECIMIENTO Y REQUERIMIENTOS DE NUTRIENTES EN LA ETAPA DE CRECIMIENTO. 10

3.13. Digestibilidad aparente por el método de colecta total. 10

3.14. Digestibilidad de la MS, MO, PB y FB en cerdos de crecimiento 11

CAPÍTULO III 12

3.15. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 12

3.16. LOCALIZACIÓN. 12

3.17. TIPO DE INVESTIGACIÓN. 12

3.18. MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN. 12

3.19. ELABORACIÓN DEL FERMENTADO EN ESTADO SOLIDO (FES) DE TUBÉRCULOS DE PAPA CHINA. 12
3.20. Análisis químico de muestras del fermentado en estado sólido (FES) de tubérculos de papa china. 13
3.21. Estudios de digestibilidad aparente en cerdos de crecimiento. 13
3.22. Análisis Estadístico 14
3.23. Modelo matemático 14
3.24. FACTORES DE ESTUDIO. 15
3.24.1. VARIABLES DEPENDIENTES. 15
3.24.2. VARIABLE INDEPENDIENTE. 15
CAPÍTULO VI 16
3.25. RESULTADOS Y DISCUCIÓN 16
3.25.1. Composición química del Fermentado en Estado Solido (FES) de papa china. 16
3.25.2. Digestibilidad de nutrientes con dos niveles de inclusión del FES. 17
CAPÍTULO V 19
3.26. Conclusiones y recomendaciones. 19
3.26.1. Conclusiones 19
3.26.2. Recomendaciones 19
CAPITULO VI 20
3.27. BIBLIOGRAFÍA 20
CAPITULO VII 28
3.28. Anexos 28

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Composición química del tubérculo de papa china en estado natural. 7
Tabla 2 Formulación de fermentado solido de papa china 13
Tabla 3 Composición y aporte de las dietas experimentales (%). 14
Tabla 4 Composición química de la FES en base seca (%) 16
Tabla 5 Coeficientes de digestibilidad de la MS, MO, PB, FB, GR 17

CAPÍTULO I

3.1. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador debido a su gran biodiversidad se dispone de una gran cantidad de alimentos alternativos de origen vegetal, que a través de métodos se los puede procesar y convertirse una alternativa para la alimentación animal, 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 abrumador crecimiento poblacional, aumenta el costo de las materias primas que se utilizan para la elaboración de piensos para la alimentación animal (Abdulrashid y Agwunobi, 2009). Por esta situación, profesionales dedicados a la nutrición animal se han visto obligados a buscar fuentes alternativas de alimentos para cerdos (Caicedo, 2013a).

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).

Los tubérculos de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott). En estado natural presentan un contenido apreciable de metabolitos secundarios que pueden afectar el desarrollo óptimo de los cerdos (Caicedo, 2013b) por lo que es necesario a través de métodos como la FES realizar el procesamiento de estos tubérculos, para mejorar su valor nutritivo y obtener un mejor aprovechamiento de los nutrientes para la alimentación de cerdos en crecimiento (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).

El proceso de (FES) no depende solo del tipo y la calidad de material a conservar, sino también de la técnica empleada para la cosecha y para realizar el ensilaje. En este sentido, las bacterias acido lácticas (BAL) juegan un rol muy importante, a más de ayudar en la conservación de los alimentos, mejoran las características organolépticas como; el sabor, olor, textura e incrementar su calidad nutritiva, por lo que su utilización en la preparación de productos fermentados, en el sector pecuario tienen múltiples aplicaciones para mejorar la producción de alimentos para consumo animal (Ramírez *et al*., 2016).

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 un alimento o nutriente puede ser evaluado a través de su coeficiente de digestibilidad, que es la proporción del alimento que no se excreta y que se asume, por tanto, ha sido absorbida por el tracto gastrointestinal del cerdo. El coeficiente de digestibilidad está íntimamente relacionado con el valor nutritivo de los alimentos. (Secombe y Lester, 2012).

La digestibilidad 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 *et al.*, 2012).

3.2. JUSTIFICACIÓN

La fermentación en estado sólido (FES) es una técnica aplicada para la transformación y bioconversión de residuos agroindustriales. Ofrece notables ventajas biotecnológicas, como la alta concentración de metabolitos obtenidos, estabilidad de los productos y adaptabilidad de los microorganismos. A nivel mundial se han incorporado diferentes residuos de cosecha como: caña de azúcar, bagacillo de arroz, garbanzo, frutales, cacao, yuca, y papa china, estos alimentos contienen importantes cantidades de carbohidratos, y se convierten en sustratos óptimos para los procesos de fermentación en estado sólido FES (Brea-Maure *et al.,* 2015; Vázquez *et al.,* 2016).

La adaptación de las técnicas de conservación de productos y subproductos agroindustriales en la alimentación animal es una alternativa viable en zonas tropicales y sub tropical. Que permite a los productores equipar recursos alimenticios de acuerdo a la demanda alimenticia de sus animales (Hernández, Sosa, Boucourt, Scull, 2015). Una técnica para aprovechar este tipo de alimentos es la FES, el cual es producto de una fermentación sólida la cual conserva los nutrientes de una manera orgánica, fresca y con un gran porcentaje de digestibilidad (Macías, Herrera, Martínez, 2015).

La FES tiene relevancia en la producción y alimentación animal, utilizando residuos Agropecuarios y Agroindustriales. Debido a la falta de materias primas tradicionales (maíz, soya, trigo) utilizadas en la alimentación animal, la FES se convierte en una alternativa de trasformación de subproductos de bajo valor nutritivo en alimentos de gran valor nutricional (Martínez, 2017).

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 (*Colocasia esculenta* (L.) Schott). 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 167.689 toneladas, mientras que el 20 % representa 31.442 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).

El uso de fuentes alternativas en la alimentación porcina constituye una estrategia adecuada para obtener sistemas de producción socialmente sostenibles y que tengan una economía viable, que coadyuven a la preservación de la biodiversidad, y que no compitan directamente con el hombre (Ly *et al*., 2014).

El cerdo es un animal que necesita alimentos con alto valor nutritivo para expresar su máximo desempeño productivo y su alimentación representan el 70 % del costo total de producción (Moyano, Borras, Iglesias, 2014). Sin embargo, debido al alto costo de las materias primas básicas para la alimentación de cerdos, están cada vez menos accesibles para los pequeños y medianos porcicultores (Lezcano *et al.*, 2017). En este entorno, los especialistas en nutrición animal buscan alimentos alternativos de buena calidad nutritiva, para incorporarlos en la dieta de los cerdos.

Para estudiar el valor nutritivo de los alimentos es necesario realizar estudios de digestibilidad, ya que el aprovechamiento de los nutrientes de los alimentos depende del estado de desarrollo de los animales. Existen varias técnicas para determinar el aprovechamiento de los nutrientes una de ellas es el método de colecta total. Esta técnica consiste en una medición precisa de la cantidad de alimento ingerido y la cantidad de heces excretadas, y por diferencia obtener el porcentaje de nutrientes asimilado por el organismo. Esta metodología requiere disponer de jaulas de digestibilidad para recolectar la totalidad del material fecal excretado (Llop, 2016).

3.3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Los tubérculos de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott), en estado natural constituyen una excelente fuente de nutrientes y tienen alto contenido de carbohidratos, sin embargo, poseen un alto tenor de factores anti nutricionales y a través de varias tecnologías se pueden reducir esos niveles destacando la fermentación en estado sólido, con la cual se podría obtener un alimento de apreciada calidad nutritiva, y una fuente alternativa para la alimentación de los cerdos, pero se desconocen los componentes nutricionales de este producto y su efecto sobre el aprovechamiento de nutrientes en la alimentación de cerdos en la etapa de crecimiento.

3.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

Existen técnicas como la fermentación en estado sólido (FES) que reduce el contenido de factores antinutricionales y el nivel de fibra permitiendo obtener un alimento energético de buena calidad, pero se desconocen las propiedades nutritivas de la FES de tubérculos de papa china y su efecto sobre el aprovechamiento de nutrientes en cerdos de crecimiento. Ya que en estado natural poseen factores anti nutricionales que impiden que se aprovechen de forma adecuada en la alimentación de cerdos.

3.5. OBJETIVOS

3.5.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la composición química y digestibilidad aparente de nutrientes de tubérculos de papa china (*Colocasia esculenta (L.) Schott*) fermentados en estado sólido en cerdos de crecimiento Landrace x Duroc x Pietrian.

3.5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la composición química: materia seca (MS), materia orgánica (MO), fibra bruta (FB), proteína bruta (PB), grasa (Gr) y ceniza de tubérculos de rechazo de papa china fermentados en estado sólido.
- Comprobar la digestibilidad aparente de la: MS, MO, PB, Grasa y FB de tubérculos de rechazo de papa china fermentados en estado sólido en la dieta de cerdos Landrace x Duroc x Pietrian durante el crecimiento.

CAPITULO II

3.6. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.7. Aporte de nutrientes de los tubérculos de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott)

Los tubérculos de papa china, posee altos niveles de almidón y proteínas, cantidades razonables de vitaminas del complejo B y azúcares, además de alta digestibilidad. Produce rizomas, que están revestidos por una túnica, fibrosa, presentando numerosas radículas, que deben ser retiradas para la comercialización (Madereira *et al*., 2013).

Los tubérculos de papa china, se utilizan como materia prima para la producción de diferentes alimentos que sirvan para la alimentación animal y humana (Aguilar y Villalobos, 2013). Debido a su alto contenido de almidón, superior al 80 %, la papa china puede ser utilizada para remplazar materias primas usualmente utilizadas como maíz, ñame, yuca y papa en la industria alimentaria (Torres *et al*., 2013). En la (Tabla 1) se presenta la composición química de tubérculos de papa china en estado natural.

Tabla 1 Composición química del tubérculo de papa china en estado natural.

Componentes químicos	Media	DS±
MS, %	27.52	0.26
Ceniza, %	4.25	0.01
EE, %	4.97	0.01
PB, %	8.48	0.08
FB, %	3.36	0.01
ELN, %	79.02	0.26
FDN, %	22.86	0.01
FDA, %	5.35	0.01
LAD, %	1.26	0.01
EB, kJ g MS^{-1}	18.51	0.04
ED cerdos, kcal kg MS^{-1}	3322	7.40
Calcio %	0.11	0.01
Fósforo, %	0.29	0.01

Fuente: Caicedo, 2015

3.8. Factores antinutricionales de los tubérculos de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott)

Los cormos de la papa china tienen un alto 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 u hojas de este cultivo se consumen en estado natural (Caicedo *et., al* 2017a). Por esta razón no se deben consumir de manera fresca. Tradicionalmente, los tubérculos se cocinan antes de servirse como alimento para los cerdos. Los tubérculos crudos contienen sustancias que irritan el tracto digestivo y pueden causar envenenamiento si este es suministrado en grandes cantidades (Caicedo *et al*., 2015).

3.9. Fermentación en estado sólido (FES)

La fermentación es el proceso o método de preservación anaeróbica y por acidificación de forraje o residuos agropecuarios cuya finalidad principal es la conservación del material con mínima pérdida de nutrientes (Ramírez *et al*., 2016).

La (FES) consiste en hacer crecer un microorganismo sobre un sustrato, empleando una fuente de nitrógeno y sales mineralizadas (ricas en macro y micronutrientes), bajo ciertas condiciones de humedad, pH, aireación y temperatura (Borras y Torras ,2016). En la actualidad es una opción que convence, no solo para la producción de alimento animal a bajo costo sino para otros usos como, farmacéuticos, para bioremediación y biodegradación de compuestos peligrosos (Arguero, 2014).

La FES se ha utilizado ampliamente para el reciclaje de materiales voluminosos mediante la aplicación de tecnologías sencillas, con las que se logra incrementar los niveles proteicos, mejorar el balance de aminoácidos y la digestibilidad de las materias primas (Durand, Grajek, Gervais 1987).

Las BAL fermentan los carbohidratos hidrosolubles para producir ácido láctico y en menor cantidad, ácido acético. Al generarse estos ácidos, el pH del material ensilado baja a un nivel que inhibe la presencia de microorganismos que inducen la putrefacción (Uribe, 2016).

Se ha encontrado que al inocular preparados microbianos en los procesos de FES se evidencia una mejora en la digestibilidad y en la calidad nutricional de los alimentos producidos bajo esta tecnología. (Hsu *et al*., 2013) utilizaron la FES, para tratar forrajes

(elefante y pangola), inoculando bacterias celulolíticas se encontró que estas enriquecían el contenido proteico de las gramíneas y mejoraron la digestibilidad en los pollos.

Investigaciones actuales han manejado residuales de papa con harina de alfalfa para logar un alimento por FES, el cual redujo la cantidad de fibra del alimento y mejoro la digestibilidad, logrando un alimento con 21 % de proteína de la cual el 70 % es proteína verdadera (Borrás *et al*., 2014).

3.10. Efecto de la fermentación en estado sólido (FES) en los indicadores de digestibilidad en cerdos.

La fermentación es el proceso o método de preservación anaeróbica y por acidificación de forraje o residuos agropecuarios cuya finalidad principal es la conservación del material con mínima pérdida de nutrientes (Ramírez *et al.*, 2016). La alta digestibilidad aparente de los componentes en las dietas con hojas y tubérculos ensilados de taro indica que esta planta se puede utilizar como un ingrediente principal en las dietas para los cerdos en crecimiento (Hang *et al.*, 2015). Los coeficientes de digestibilidad aparente para PB se incrementan a medida que el ensilaje de taro complementados en la dieta (Bounlerth y Lamphuey, 2016).

Varios estudios demuestran que la FES mejora el uso de residuos vegetales y los convierte en un suplemento dietético para los cerdos. Los ensilados pueden ser utilizados en la alimentación de cerdos, ya que este mantiene las características nutricionales, microbiológicas y enzimáticas favorables del alimento, inhibiendo el desarrollo de microorganismos putrefactivos y patógenos (coliformes, hongos, levaduras), y elevando la disponibilidad de nutrientes al incorporar ácidos orgánicos y microorganismos benéficos en el TGI de los animales (Caicedo *et al.*, 2013b).

3.11. Producción porcina mundial y en Ecuador.

La producción mundial de carne de cerdo mantuvo tendencia de crecimiento durante la última década. Sin embargo, para 2016 se previó un nivel de producción mundial de 109.3 millones de toneladas, lo que representa una disminución de 0.9 por ciento a tasa anual. En particular, se prevé que la producción de carne de cerdo en China, principal país productor, se reduzca en 2.5 por ciento en 2016 (FIRA, 2016). El incremento en la oferta mundial sería resultado del aumento anual en la producción de tres de los principales países productores:

3.7 por ciento en China, 3.8 por ciento en Estados Unidos, y 3.1 por ciento en Brasil. En 2016, estos países aportaron 47.9, 10.4 y 3.4 por ciento de la producción mundial de carne de cerdo. La Unión Europea, que participó con el 21.6 por ciento de la oferta mundial en 2016 (FIRA, 2017).

La producción de carne de cerdo nacional para el año 2013 obteniendo 117 708 toneladas, distribuidas en 36 % para la producción traspatio o familiar y un 64 % en producción tecnificada, lo que demuestra que la producción de traspatio ocupa un significativo porcentaje en cuanto a la oferta de esta carne, producto que no siempre ocupa con los estándares de calidad (ASPE, 2013). ASPE 2016

3.12. Alimentación del cerdo en la etapa de crecimiento y requerimientos de nutrientes en la etapa de crecimiento.

Los requerimientos nutricionales de los cerdos dependen de varios factores, como la raza, línea genética, sexo, heterosis, etapa de desarrollo del animal, consumo de ración, disponibilidad de nutrientes, temperatura ambiente, humedad del aire y estado sanitario del animal entre otros. Los cerdos en crecimiento, deben recibir un porcentaje de proteína en la ración de 16 % en la primera etapa del crecimiento. El consumo de materia seca puede ser entre 1,5 y 2 kg por día (Tizalema, 2014).

3.13. Digestibilidad aparente por el método de colecta total.

La digestibilidad facilita la comprensión de lo que ocurre con el alimento consumido vs el alimento que se ha excretado (Aparicio, 2016). Método directo. La digestibilidad fecal puede ser evaluada mediante la utilización de varios métodos, donde el más representativo es el de colección total de heces (método directo) con la utilización de jaulas metabólicas con dispositivos para separación de orina y heces, sin contaminación y con reducida volatilización de nitrógeno. Este método implica el registro exacto del consumo de alimento y la colección minuciosa del total de heces producidas durante la prueba de digestibilidad (Rachuonyo *et al.,* 2015).

3.14. Digestibilidad de la MS, MO, PB y FB en cerdos de crecimiento

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

La digestibilidad de la MS aumenta cuando los tubérculos están secados 66.90 %, en comparación a tubérculos frescos 31.50 %. De igual manera la digestibilidad en cuanto a la MO es superior en tubérculos secados 76 %, mientras que en tubérculos frescos 38.30 % respectivamente. Los aminoácidos contenidos en la proteína sólo pueden ser absorbidos en el intestino delgado o utilizados a lo largo del tracto gastrointestinal después de la digestión de la cadena proteica, lo que permite valorar correctamente las materias primas en cuanto al aprovechamiento de los aminoácidos (Silva y Silva 2015).

CAPÍTULO III

3.15. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.16. LOCALIZACIÓN.

El trabajo se realizó en las instalaciones de la Granja Agropecuaria "Caicedo", ubicada en la parroquia Tarqui, km 3,5 vía Madre Tierra, Pastaza, Ecuador. Esta zona tiene un clima sami cálido o subtropical húmedo, con precipitaciones que oscilan entre 4000 y 4500 mm anuales. Se encuentra a una altitud de 900 msnm, con humedad relativa media de 87 % y temperatura mínima y máxima promedio de 20 a 28 ºC (IGM, 2016).

3.17. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

La investigación es experimental, en la cual se aplicó un diseño completamente aleatorizado, con la finalidad de determinar la incidencia de los niveles de inclusión del 0, 10 y 20 % de tubérculos de papa china fermentados en estado sólido sobre el aprovechamiento de los nutrientes en cerdos durante el crecimiento.

3.18. MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN.

El método de investigación utilizado para el desarrollo de la investigación fue experimental.

3.19. Elaboración del fermentado en estado sólido (FES) de tubérculos de papa china.

La preparación del fermentado en estado sólido (FES) se realizó con tubérculos o mamas de desecho que por su apariencia física no cumplan las exigencias para consumo humano. Los tubérculos de papa china se obtuvieron en la parroquia rural Teniente Hugo Ortiz, comunidad Allishungo, Los tubérculos se enjuagaron y escurrieron y se molieron en forma fresca en un molino mixto provisto de cuchillas y criba de 1 cm con la finalidad de obtener un tamaño de partícula con las mismas dimensiones, (Anexo1) y se ubicaron sobre un plástico en un piso de concreto bajo cobertizo por 48 horas para realizar el secado. El material seco se inoculo con yogur natural y se colocó en bolsas de polietileno cerradas por

72 horas bajo sombra a temperatura ambiente de 22 ºC (Borrás, Valiño, Elías, 2017). La formulación de la FES de tubérculos de papa china se observa en la (Tabla 2).

Tabla 2 Formulación de fermentado solido de papa china

Inclusión de materias primas	**%**
Tubérculos de papa china picados	98
Yogurt natural	2
Total	100

3.20. Análisis químico de muestras del fermentado en estado sólido (FES) de tubérculos de papa china.

Las muestras se analizaron en el laboratorio de química de la Universidad Estatal Amazónica. Se tomarán 5 muestras al azar de fermentado de 200 g para determinar la composición química; materia seca (MS), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB) y cenizas según los procedimientos de la AOAC (2005). Se consideró que el contenido de materia orgánica (MO) fue el resultado de sustraer (100 - % de cenizas) (Anexo 4).

3.21. Estudios de digestibilidad aparente en cerdos de crecimiento.

Para el efecto se utilizaron 12 animales machos castrados producto del cruzamiento alterno de razas (Landrace x Duroc x Pietrain), con un peso medio inicial de 25 ± 2 kg (Anexo 2). Los animales se ubicaron en jaulas metabólicas individuales, y se alimentaron con una dieta control T1 (maíz y soya); T2 y T3 (inclusión de 10 y 20 % de fermentado en estado sólido de tubérculos de papa china en la dieta) de acuerdo a (Rostagno *et al*., 2011) y (Caicedo *et al.*, 2017) las tres dietas ajustadas con 17 % de proteína cruda, y formuladas de acuerdo a las recomendaciones de la NRC (2012), (Tabla 3). Se ajustó el consumo de alimento a razón de 0.10 kg.MS.kg $PV^{0.75}$ $día^{-1}$ y se alimentó dos veces al día; 08:00 am y 15:00 pm dividido en dos partes, el agua de bebida estuvo disponible a voluntad. El experimento estuvo constituido por dos fases, una de adaptación a las dietas de cinco días y la otra fase de cinco días para la colección de heces fecales. Las heces se recolectaron por el método de colecta total (Bauza *et al*., 2016), (Anexo 3)

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

Ingredientes, % en base seca	Niveles de inclusión de fermentado sólido de tubérculos de papa china, %		
	Control T1 (0)	**T2 (10)**	**T3 (20)**
Maíz amarillo	55	48	37
Harina de trigo	10	10	10
Fermentado de papa china	-	10	20
Concentrado proteico cerdos	35	32	33
Análisis, % en base seca			
EM, kcal/kg MS	3300	2980	2970
PB, %	18.00	18.00	18.00
FB, %	2.61	3.56	4.50

3.22. Análisis Estadístico

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, PB y FB se realizó análisis de varianza de acuerdo a un diseño completamente aleatorizado. Para contrastar las medias se utilizó la prueba de Tukey $P<0,05$. Todos los análisis se ejecutaron con el programa estadístico Infostat.

3.23. Modelo matemático del diseño

$yij = \mu + \tau i + Eij$

μ media general.

τi efecto del i-ésimo tratamiento.

Eij error experimental en la unidad j del tratamiento i.

3.24. FACTORES DE ESTUDIO.

3.24.1. VARIABLES DEPENDIENTES.

Digestibilidad de la: MS, MO, PB, FB y Grasa.

3.24.2. VARIABLE INDEPENDIENTE.

Niveles de inclusión de fermentado de tubérculos de papa china 10 y 20 %.

CAPÍTULO VI

3.25. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.25.1. Composición química del Fermentado en Estado Solido (FES) de papa china.

La FES de tubérculos de papa china mejoró notablemente la composición química de la materia seca (MS) 64.37%, materia orgánica (MO) 93,77%, proteína bruta (PB) 13.95%, cenizas (6.23%), grasa 1.50%, fibra bruta (FB) 5.54%, (Tabla 4), en comparación con el tubérculo en estado natural (Tabla 1).

Se evidenció un contenido alto de PB (13,95%), y baja concentración de grasa (1.50%) y fibra bruta (5,54%). Estos resultados son superiores en relación a los reportados por Aboubakar *et al*. (2008) y Abdulrashid y Agwunobi (2009) en variedades de papa china africanas. El incremento de proteína se basa en la producción de proteína microbiana expresada tanto como metabolitos extracelulares de las BAL y otros microorganismos presentes en el proceso en menor cuantía, como en la síntesis de células bacterianas (Díaz *et al*., 2014). Por otra parte, se aprecia un bajo valor de fibra bruta lo cual es beneficioso y facilita la absorción al estar relacionada con polisacáridos constituyentes de la pared celular como celulosa y hemicelulosa (Aragadvay-Yungán *et al*., 2015).

Por otra parte, el contenido de ceniza fue alto (6,23%), esto puede atribuirse a la presencia de oxalato de calcio y potasio que posee este tubérculo (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 (Caicedo *et al.*, 2017b).

Tabla 4. Composición química de la FES en base seca (%)

Nutrientes	Media ± DE
MS	64,37 ± 0.01
MO	93,77 ± 0,25
PROTEINA	13,95 ± 0,01
FIBRA	5,54 ± 0,01
GRASA	1,50 ± 0,01
CENIZA	6.23 ± 0.25

3.25.2. Digestibilidad de nutrientes con dos niveles de inclusión del FES.

En el transcurso de los días las raciones fueron consumidas, con normalidad y no se presentaron problemas de rechazo. A los 5 días de adaptación el consumo se estableció en 1.50 kg de MS dia^{-1}. La digestibilidad de la MS, Grasa y FB presentaron diferencias significativas (P<0.05) entre tratamientos, sin embargo, en cuanto a la digestibilidad de la MO y PB no se observó diferencias significativas (P<0.05) entre los tratamientos, (Tabla 5).

Tabla 5 Coeficientes de digestibilidad de la MS, MO, PB, FB, GR

Variables	Niveles de inclusión de FES				
	T1 (0)	T2 (10)	T3 (20)	EE	P-valor
CDMS, %	91.37^{a}	90.19^{b}	88.16^{c}	0.19	***
CDMO%	99.73	99.72	99.73	0.01	NS
CDGR%	92.53^{a}	89.93^{b}	89.75^{b}	0.81	**
CDPB%	87.81	87.65	87.49	0.55	NS
CDFB%	48.82^{c}	52.11^{b}	54.75^{a}	0.72	***

EE = Error estándar, P< 0,01***, P<0,05** ,NS: No existe diferencias significativas

En investigaciones relacionadas a la digestibilidad 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 que se aprecian en la (Tabla 5). Cuando estos alimentos se suministran en estado natural, poseen una gran cantidad de metabolitos secundarios, que pueden causar problemas de irritación en las membranas de la mucosa del tracto gastrointestinal, reduciendo la digestión y absorción de los nutrientes, afectando el crecimiento normal de los animales (Martens *et al*., 2014).

El alto índice de aprovechamiento de nutrientes se pudo deber al proceso de picado, secado junto con la inoculación de las (BAL) que recibieron los tubérculos. Para un mejor aprovechamiento de productos y subproductos de origen vegetal, se deben realizar diferentes procesos, como la fermentación, cocción y el secado, para optimizar el aprovechamiento de estos alimentos (López *et al*., 2006). La aplicación de estas técnicas permite reducir o eliminar el contenido de metabolitos secundarios de los tubérculos y, consecuentemente, se

obtienen mejoras en el aprovechamiento de los nutrientes para los cerdos (Caicedo *et al*., 2017c).

Por otro lado, las BAL aportadas en el yogurt pueden mejorar el funcionamiento de tracto gastrointestinal de los cerdos en crecimiento. Así lo comprobaron Cai *et al*. (2015) al utilizar combinaciones de cepas con *Bacillus subtilis* y *Bacillus amyloliquefaciens,* a razón de 1.5 x 105 UFC/g en una dieta convencional, lograron mejoras en los índices de aprovechamiento de la MS, MO, PB y FB por la capacidad de producción de enzimas de estos microorganismos.

Estudios realizados por (Chamdran *et al.,* 2015) con FES de cáscara de manzana expresa que existe aumento del aprovechamiento de PB que puede llegar hasta 93.46% esto se debe a la acción de las BAL que aumentan el contenido de ácido láctico en el estómago de cerdos en crecimiento y mejora el aprovechamiento de la PB (Van Winsen *et al*., 2001).

En la (Tabla 5) se estima un mayor aprovechamiento de la fibra en el tratamiento con 20% de inclusión de FES en la dieta. La fibra tiene una porción soluble de celulosa, hemicelulosa y una insoluble de lignina (Hernández *et al..*, 1999), las porciones solubles pueden ser digeridas por la acción de algunos microorganismos entre los que se pueden citar (hongos y bacterias), lo cual incrementa la degradabilidad de la pared celular y se mejora la digestibilidad (Thomas *et al*., 2013). Este efecto puede estar asociado con la capacidad de producción de enzimas de estos microorganismos (Giang *et al.*, 2011), entre las que se refieren como más importantes α-amilasa, arabinosa, celulasa, dextranasa, levansucrasa, maltasa, proteasa alcalina, proteasa neutra y β-glucanasa.

CAPÍTULO V

3.26. Conclusiones y recomendaciones.

3.26.1. Conclusiones

El fermentado de tubérculos de papa china FES posee un buen contenido de materia seca (MS) 64.37%, materia orgánica (MO) 93.77%, proteína bruta (PB) 13.95%, fibra bruta (FB) 5.54%, grasa 1.50% y ceniza 6.23%, apto para su uso en la alimentación del ganado porcino.

La inclusión de 10 y 20% de FES de tubérculos de papa china en la dieta de cerdos en crecimiento (Landrace x Duroc x Pietrain) no tuvo influencia en la digestibilidad de la MO (99.73; 99.72%) y PB (87.65; 87.49%) respectivamente.

El aprovechamiento de la FB (52.11; 54.75%) mejoró con la inclusión de 10 y 20% de FES de tubérculos de papa china en la dieta de cerdos en crecimiento (Landrace x Duroc x Pietrain).

3.26.2. Recomendaciones

Evaluar el uso de la FES de tubérculos de papa china en las demás etapas de la producción porcina.

Analizar si el tiempo de fermentado causa alteraciones en la composición química, nutritiva, digestiva, del FES de papa china.

CAPITULO VI

3.27. 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. Aguilar, P. y Villalobos, D. (2013). Harinas y almidones de yuca, ñame, camote y ñampí: propiedades funcionales y posibles aplicaciones en la industria alimentaria. Tecnología en Marcha, 26(1), 37-45.
4. AOAC. (2005). Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th Edition, 2005. Association of Official Chemists, Washington, DC. USA.
5. Aparicio, G. (2016). Calidad nutricional y digestibilidad *in vitro* del nopal (*opuntia rastrera*) y maguey (*agave salmiana).* (Tesis). Buena Vista – Saltillo, México. P, 34.
6. Arguero, A. (2014). Estudios de producción de enzima amilasa mediante aspergillus niger por fermentación solida con el uso de residuos agroindustriales. (Tesis de Grado). Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador. P ,7 – 20. PP, 157.
7. ASPE ASOCIACIÓN DE PORCICULTORES DEL ECUADOR. 2013. Primer censo porcino 2010. Consultado el 02 de Abril del 2018. Disponible en: http://www.aspe.org.ec/index.php/informacion/estadisticas/censo.
8. Aragadvay R, Rayas-Amor A, Heredia D, Estrada J, Martínez F, Arriaga CM. (2015). In vitro evaluation of sunflower (Helianthus annuus L.) silage alone or combined with maize silage. Rev Mex Cienc Pecu 2015; 6(3):315-327.
9. Bauza, R. Barreto, R. Bratschi, C. Silva, D. y Tejero, D. (2016). Digestibilidad fecal aparente de partidas de sorgo con diferentes contenidos de taninos, sometidos a distintas tecnologías de procesamiento en cerdos. Agrociencia Uruguay vol.20 no.1 Montevideo jun. 2016. Uruguay.
10. Borras L, Elias A, Moyano M. (2014). Efecto de la Temperatura y el Tiempo sobre los Indicadores de la Papa (*Solanum tuberosum*) Fermentada en Estado Sólido. Ciencia y Agricultura;11(2):31-38.

11. Borrás, L. y Torres, G. (2016). Producción de alimentos para animales a través de fermentación en estado sólido – FES. P, 1-8. Recuperado en: http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v20n2/v20n2a07.pdf.
12. Borrás, L., Valiño, E., Elias, A. 2017. Evaluación del efecto de la inclusión de materiales fibrosos en la fermentación en estado sólido de residuos poscosecha de papa (Solanum tuberosum) inoculado con preparado microbial. REDVET -Revista electrónica de Veterinaria- ISSN 1695-7504.
13. Bounlerth, T. y Lamphuey K. (2016). Feed intake, nutrient digestibility and nitrogen retention by Moo Lath pigs fed ensiled banana pseudo-stem (Musa spp) and ensiled taro foliage (*Colocasia esculenta*). Livestock Research for Rural Development 28 (1) (2016).
14. Brea-Maure, O. Iglesias, A. Milán, A. Motta, W. & Hechavarría, S. 2015. Efecto de la urea y del tiempo en la fermentación en estado sólido de la harina de frutos del árbol del pan (Artocarpus altilis). Guantánamo, Cuba. Recuperado en: https://www.researchgate.net/publication/299497065_Efecto_de_la_urea_y_del_tiempo_en_la_fermentacion_en_estado_solido_de_la_harina_de_frutos_del_arbol_del_pan_Artocarpus_altilis.
15. Cai, L., Indrakumar, S., Kiarie, E. Y Kim, I. H. 2015. "Effects of a multi-strain species– based direct-fed microbial on growth performance, nutrient digestibility, blood profile, and gut health in nursery pigs fed corn–soybean meal–based diets". Journal of Animal Science, 93(9): 4336–4342, ISSN: 1525-3163, DOI: 10.2527/jas.2015-9056.
16. Caicedo, W. Rodríguez, B. y Valle, S. (2013a). Una reseña sobre el uso de tubérculos de papa china (*Colocasia esculenta*) conservados en forma de ensilaje para alimentar cerdos. - Revista electrónica de Veterinaria – 2013 Volumen 15(01) .p, 1-10.
17. Caicedo, W. Rodríguez, R. Lezcano, P. Ly, P. Vargas, JC. Uvidia1, H. Valle, S. y Flores, L. (2017a). Caracterización de anti nutrientes en cuatro ensilados de taro (Colocasia esculenta (L.) Schott) para cerdos. Cuban Journal of Agricultural Science, Volumen 51. Ecuador.
18. Caicedo, W. (2013b). 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.

19. Caicedo, W. Rodríguez, P. Lezcano, J. Ly, J.C. Vargas, H. Uvidia1, E. Samaniego, S. Valle Y L. Flores. (2017b) Digestibilidad rectal de nutrientes en cerdos de crecimiento ceba, alimentados con ensilaje de taro (Colocasia esculenta (L.) Schott). (Nota técnica). Cuban Journal of Agricultural Science, Volume 51, Number 3, 2017.

20. Caicedo, W., Rodríguez, R., Lezcano, P., Ly, J., Valle, S., Flores, L. y Ferreira, F.N.A. (2015a). 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.

21. Caicedo, W., Rodríguez, R., Lezcano, P., Ly, J., Vargas, J., Uvidia, H., Valle, S y Flores, L. (2017c). 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.

22. Caicedo, W.O. (2015b). 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.

23. Chandran M. Ajila 1, Saurabh J. Sarma 1, Satinder K. Brar 1. Stephane G. Michel, C. Frederic, G. Mausam, V. and, Valéro, J. (2015). Fermented Apple Pomace as a Feed Additive to Enhance Growth Performance of Growing Pigs and Its Effects on Emissions. Agriculture 2015, 5. P, 1-17.

24. Díaz, B., Elías, A., Valiño, E., (2014). Consorcios microbianos con actividad ácido -láctica promisoria aislados desde inoculantes bacterianos nativos para ensilajes. Rev. Ciencia y Agricutura Vol. 11(1). 2014, p. 17-25.

25. Durand, A., Grajek, W. y Gervais, P.1987. The Inra-Dijon process for the single-cell protein production on sugar beet pulp with Trichoderma virideTS. Food, Feed and Fuel from Biomass. Chp. 10. Ed. D. S. Chahal in Oxford y IBH Publi. LTD. New Delhi: 123.

26. FAO. (2015). Departamento de Agricultura y Protección del Consumidor. En Linea: www.fao.org/ag/againfo/themes/es/pigs/home.html. Consultado: 2/07/2018.

27. FIRA, (2016). Panorama Agroalimentario carne de cerdo 2016. Consultado el 20 de abril del 2018. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200634/Panorama_Agroalimentario_Carne_de_Cerdo_2016.pdf.
28. FIRA, (2017). Panorama agroalimentario carne de cerdo 2017. Consultado el 20 de abril del 2018. Disponible en: http://www.ugrpg.org.mx/pdfs/Panorama%20Agroalimentario%20Carne%20de%20cerdo%202017.pdf.
29. 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.
30. Giang, H. H., Viet, T. Q., Ogle, B y Lindberg, J. E. (2011). "Effects of Supplementation of Probiotics on the Performance, Nutrient Digestibility and Faecal Microflora in Growing-finishing Pigs". Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 24(5): 655–661, ISSN: 1011-2367, DOI: 10.5713/ajas.2011.10238.
31. Hang, D. An1, T. Thuong, L. Loc, N. Hai, V. Tra, T. Hai P. y Ngoa N, L. (2015). Taro (Colocasia esculenta (L) Schott): biomass yield and nutritive value for pigs. Livestock Research for Rural Development 27 (6) 2015.
32. Hernández,S. Hernadez, G. Rodriguez, A. 1999. Celulosomas: sistemas multienzimáticos. Revista de la sociedad química de México vol. 43:3-4 137-142.
33. Hernández, Y., Sosa, D., Boucourt, R y Scull, Idania. (2015). Caracterización química de un alimento ensilado para cerdos. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 49, Número 1, p, 1-3.
34. Hsu PK, Liu CP, LiuL Y, Chang CH, Yang SS. 2013. Protein enrichment and digestion improvement of napiergrass and pangolagrass with solid-state fermentation, J Microbiol Immunol Infect. 46 (3):171-179.
35. IGM. 2016. Instituto Geográfico Militar, Geo visualizador [sede Web]Available: http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/visualizador/,[Accessed: Abril 2, 2018].
36. 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.

37. 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.
38. Llop, C. 2016. Utilización de productos agros industriales en la alimentación liquida para cerdo de engorde. (Tesis doctoral). Universidad Autónoma de Barcelona. Bellaterra-España. P. 208,. 17-35.
39. 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.
40. Lowell, J. (2017). Comparative digestibility of energy and nutrients in diets fed to sows and growing pigs. (Thesis). University of Illinois. USA. P (83), 3-57.
41. 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
42. 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.
43. 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.
44. Ly, J., Samkol, P., Phiny, C., Caro, Y., Bustamante, D., Almaguel, R. E., Díaz, C. Y Delgado, S. E. 2014. "Balance of N in young pigs fed on Moringa (Moringa oleífera) fresh foliage". Revista Computadorizad a de Producción Porcina, 21(4): 164–167, ISSN: 1026-9053.
45. Macías, M. Herrera, R y. Martínez, O. 2015. Cinética de conservación de raíces de yuca en agua. Revista Computadorizada de Producción Porcina. Punta Brava. La Habana, Cuba. P. 6, 2-4.
46. Madeira, N. Silva, P. Botrel, N. Mendonça, J. Silveira, G. Pedrosa, M. (2013). Manual de produção de hortaliças tradicionais. Embrapa. Brasília, DF. P 26.Recuperado de http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camarassetoriaistematicas/documentos/camarassetoriais/hortalicas/2017/50aro/app_programa_hortalicas_50ro_hortalicas.pdf.

47. Martínez, A. (2017). Aprovechamiento de los residuos de la cáscara de haba (Vicia faba) mediante el cultivo del hongo Pleurotusostreatus. (Tesis de Grado). Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. (ESPOCH) Riobamba- Ecuador. P, (65)., 4-20.
48. Martens, S. D., Hoedtke, S., Avila, P., Heinritz, S. N. Y. Zeyner, A. 2014. Effect of ensiling treatment on secondary compounds and amino acid profile of tropical forage legumes, and implications for their pig feeding potential. Journal of the Science of Food and Agriculture, 94(6): 1107-1115.
49. Moyano, M. Borras, L. y Iglesias, A. 2014. Efecto de la temperatura y el tiempo sobre los indicadores de la papa (Solanum tuberosum) fermentada en estado sólido. Tunja – Boyacá, Colombia. Recuoerado de https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/2545/1/2014-06.pdf.
50. 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.
51. 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.
52. Ologhobo, A.D. y 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 .
53. 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.
54. Rachuonyoab, H. Ellisb, M. Varelabc, D. Curtisb, S. Ibargüengoytiabc, J. (2015). Balance de nitrógeno, emisión de amonio y olores de cerdos alimentados con dietas bajas en proteína. Rev. Mex. de Cienc. pecuarias 6(2) Mérida.
55. Ramírez, V. Peñuela, L. Pérez, M. (2016). Los residuos orgánicos como alternativa para la alimentación en porcinos. Rev. Cienc. Agr. vol.34 no.2 San Juan de Pasto July/Dec. 2017.

56. 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. P. 111. 11-56.
57. 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.
58. 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.
59. Silva, H. Y. Silva, L. (2015). Novos conceitos e tecnologias aplicadas à produção e nutrição de suínos aliados a sustentabilidade. Ciência Animal, 25(1); 109-120, 2015 – Edição Especial.
60. Souza, J. Rezende, P. (2014). Manual de horticultura orgánica. 2006. Aprenda Fácil Editora. (2). Viçosa, MG (Brazil).
61. 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.
62. Tizalema, I. (2014). Utilización de saccharomyces cerevisiae y enzimas digestivas (0,04; 0,06 y 0,08 %) en cerdos en la etapa de crecimiento y engorde y su influencia en la ganancia de peso en la provincia de bolívar". (Tesis de Grado). Universidad Estatal de Bolivar. Guaranda – Ecuador. P.183, 35-80.
63. Thomas, R., Nkosi, BD, Umesiobi, DO, Meeske, R., Kanengoni, AT, y Langa, T. (2013). Evaluation of potato hash two silage inoculants bacteria and their effects on the growth of fattening pigs. Sudafricana Journal of Animal Science, 40 (5), 488-490.
64. 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.

65. Torres, A., Montero, P. y Duran, M. (2013). Propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*) Lasallista de Investigación, 10(2), 53.
66. 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. P, 9. 2-6.
67. Uribe, M. 2016. Selección de bacterias ácido lácticas y levaduras a partir de fuentes naturales y alimenticias para el desarrollo de un inóculo aplicable a la obtención de ensilaje. (tesis de maestria). universidad católica de Manizales. P, 66. 9-35.
68. Vázquez, A. Lezcano, P. Cobo, R. Pérez, O. Pérez, D, García, Y. 2016. Alimento ensilado cubano (AEC). Una alternativa industrial para la producción animal. V Congreso Internacional de Producción Animal Tropical 2015. Cuba. P, 8. 2-6.
69. Van Winsen, R. L., B. A. P. Urlings, L. J. A. Lipman, J. M. A.Snijders, D. Keuzenkamp, J. H. M. Verheijden and F. vanKnapen. 2001. Effect of fermented feed on the microbialpopulation of the gastrointestinal tracts of pigs. Appl. Environ.Microbiol. 67:3071-3076.

CAPITULO VII

3.28. Anexos

Anexo 1

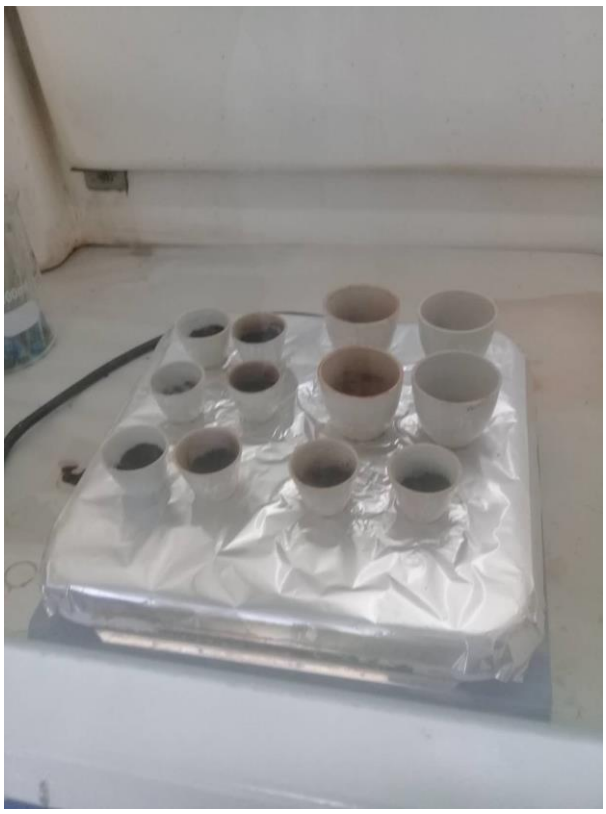
ELABORACIÓN DEL FERMENTADO DE PAPA CHINA.

Anexo 2

SELECCIÓN Y PESAJE DE ANIMALES PARA EL EXPERIMENTO

Anexo 3

RECOLECCION DE MUESTRAS Y SECADO

Anexo 4

ANALISIS DE LABORATORIO