

Evaluación de los Diferentes Niveles de Inclusión de Harina de Papa (*Solanum tuberosum*) como
Alternativa Alimentaria para Cerdos en Etapa de Ceba

Ricardo Alberto Hernández , Yeniffer Lizeth Arias Burgos

Trabajo de Grado para Optar el Título de Zootecnista

Director

Julián Mauricio Botero Londoño

PhD en Ciencia Agrarias

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia IPRED

Programa de Zootecnia

Málaga Santander

2019

Tabla Contenido

Introducción	12
1. Objetivos	15
1.1 Objetivo General.....	15
1.2 Objetivos Específicos.....	15
2. Marco Referencial.....	16
2.1 Marco Teórico.....	16
2.1.1 Antecedentes de la industria porcícola.	16
2.1.3 Harina de papa: procesamiento y valor nutricional	21
2.1.4 Antecedentes sobre los efectos de la harina de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) en monogástricos en Suramérica.....	22
2.1.5 Importancia de la α -amilasa y su efecto sobre el almidón.	23
2.2 Marco Conceptual	25
2.2.1 Papa.....	25
2.2.2 Almidón.	26
2.2.3 Amilosa.	26
2.2.4 Amilopectina.....	26
2.2.5 Glucoalcaloides.....	26
2.2.6 Antioxidantes.	27
2.2.7 Alimentos funcionales.	27

2.2.8 Antocianinas.	27
2.2.9 Nutrición.	28
2.2.10 Metabolismo.	28
2.2.11 Proteína ideal.	28
3. Metodología.....	28
3.1 Localización.....	28
3.2 Alistamiento previo de las pjaras.	29
3.3 Alojamiento y manejo de los animales	29
3.4 Medición del pesaje y el consumo de alimento	30
3.5 Alimentación y manejo de excretas	30
3.6 Producción de harina de papa	30
3.7 Composición proximal del estiércol, del concentrado y de la harina de papa	31
3.8 Métodos estadísticos	32
3.8.1 Análisis proximal de las excretas, la harina de papa y el concentrado.	32
3.8.2 Cálculo de las variables productivas evaluadas	32
3.8.4 Análisis de los métodos estadísticos.	33
4. Resultados	34
5. Discusión.....	38
6. Conclusiones.....	39
7. Recomendaciones	40

Referencias bibliográficas.....	40
Apéndices	49

Lista de Tablas

Tabla 1. Composición nutricional de cortes de carne crudas de cerdo	17
Tabla 2. Composición de aminoácidos y valor nutricional de la materia seca presentes en diversas especies de papas.	20
Tabla 3. Composición proximal (g/100g) de harina de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L) en base a peso seco.....	
Tabla 4. Requerimientos Nutricionales de Cerdos Machos Castrados de Alto Potencial Genético con Desempeño Medio-Superior.....	25
Tabla 5. Evaluación de los parámetros productivos durante la fase experimental	34
Tabla 6. Composición nutricional del estiércol de cerdo medido en la fase experimental.....	36
Tabla 7. Composición nutricional del concentrado	36
Tabla 8. Composición nutricional de la harina de papa (<i>Solanum tuberosum</i>)	37
Tabla 9. Digestibilidad de la Materia Seca (%) presente en los tratamientos experimentales.....	37

Lista de Apéndices

<i>Apéndice A:</i> Dietas con solo alimento balanceado	49
<i>Apéndice B:</i> Dieta con inclusión del 20% de harina de papa	51
<i>Apéndice C:</i> Dietas con el 30% de Harina de papa.....	53

RESUMEN

TÍTULO: EVALUACIÓN DE LOS DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE HARINA DE PAPA (*SOLANUM TUBEROSUM*) COMO ALTERNATIVA ALIMENTARIA PARA CERDOS EN ETAPA DE CEBA*

AUTOR: RICARDO ALBERTO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ
YENIFFER LIZETH ARIAS BURGOS**

PALABRAS CLAVES: HARINA DE PAPA, COMPOSICIÓN NUTRICIONAL, PARÁMETROS PRODUCTIVOS .

DESCRIPCIÓN:

El maíz se vio como una alternativa a partir del siglo XVII teniendo una participación del 50-90% en la dieta, y siendo utilizado el 85% de su producción total en la alimentación animal, por su parte la soya ha sido incluida en dietas a partir de la segunda guerra mundial. En Colombia los costos para la alimentación de cerdos comenzaron a aumentar hasta un 40% con la inclusión de estas dos materias primas, siendo importadas principalmente de E.E.U.U y la Unión Europea. La incorporación de harina de papa (*Solanum tuberosum* L.) como suplemento alimenticio disminuye los costos de producción en un 3,27-10,74%, siendo una fuente importante de carbohidratos (75,3%), proteína (9,4%), fibra (10,45%), vitaminas hidrosolubles (B1, B3, B6 y C) y minerales, cumpliendo funciones específicas tales como: antioxidante, potencializador del sistema inmunitario, mejorador de la palatabilidad, estabilizador alimenticio y logrando respuestas positivas en cuanto al desempeño productivo. El presente estudio evaluó los diferentes niveles de inclusión de harina de papa como alternativa alimentaria en cerdos en etapa de ceba. Se emplearon 12 cerdos híbridos de la raza (Pietrain x Landrace) de 105 días de edad, los animales fueron distribuidos de manera uniforme y aleatoria en cada uno de los tratamientos experimentales, usando cuatro réplicas/tratamiento, cada réplica con un cerdo por corral, se establecieron tres tratamientos T₀: alimento concentrado elaborado (testigo), T₁: concentrado+20% de harina de papa y T₂: concentrado+30% de harina de papa. En el experimento se evaluaron variables como: consumo de alimento, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, eficiencia alimenticia y la composición química del alimento concentrado, la harina de papa y las heces. Los datos fueron sometidos a un Análisis de Varianza (ANOVA) y se procedió a aplicar la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan para la separación de medias cuando hubiese diferencias estadísticamente significativas (p<0,05).

*Trabajo de grado

** Instituto de Proyección Regional y a Distancia IPRED. Programa de Zootecnia.
Director: Julián Mauricio Botero Londoño, PhD en Ciencias Agrarias.

ABSTRACT

TITLE: EVALUATION OF THE DIFFERENT LEVELS OF INCLUSION OF POTATO FLOUR (*SOLANUM TUBEROSUM*) AS FOOD ALTERNATIVA FOR PIGS IN FATTENING STAGE*

AUTHOR: RICARDO ALBERTO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ
YENIFFER LIZETH ARIAS BURGOS**

KEYWORDS: POTATO FLOUR, NUTRITIONAL COMPOSITION, PRODUCTIVE PARAMETERS.

DESCRIPTION:

Corn is an alternative that it was born from the seventeenth century, it has had a 50-90% participation in the diet and being used 85% of its total production in animal feed, meanwhile soy has been included in diets to from the second world war. In Colombia, the costs for the feeding of pigs began to increase up to 40% with the inclusion of these two raw materials, being imported mainly from the USA and the European Union. The incorporation of potato flour (*Solanum tuberosum* L.) as a food supplement reduces production costs by 3.27-10.74%, being an important source of carbohydrates (75.3%), protein (9.4%), fiber (10.45%), water-soluble vitamins (B1, B3, B6 and C) and minerals, fulfilling specific functions such as: antioxidant, immune system potentiator, palatability enhancer, food stabilizer and achieving positive responses as far as to productive performance. The present study evaluated the different levels of inclusion of the potato flour as a food alternative in pigs in the fattening stage. We used twelve hybrid pigs of the breed (Pietrain x Landrace) of one hundred and five days old, these distributed uniformly and randomly in each of the experimental treatments, we used 4 aftershocks/treatment, each aftershocks with a pig for pen, we established three treatments T₀: concentrated food (control), T₁: concentrated+20% of potato flour and T₂: concentrated +30% of potato flour. In the experiment we evaluated variables as: food consumption, daily weight gain, food conversion, food efficiency and the chemical composition of the concentrated food, the potato flour and the feces. The dates submitted to a Variance Analysis (ANOVA) and the Duncan Multiple Ranges Test applied for separation of means when there were statistically significant differences (p<0,05).

*Bachelor Thesis

** Instituto de Proyección Regional y a Distancia IPRED. Programa de Zootecnia.
Director: Julián Mauricio Botero Londoño, PhD en Ciencias Agrarias.

Introducción

A nivel mundial la carne de cerdo se postula como una de las principales fuentes proteicas de alto valor nutricional para el abasto de los mercados y el mantenimiento de la seguridad alimentaria en el país, aportando grandes dividendos a la economía, puesto que su contribución al P.I.B es del 1,4% a nivel agropecuario y del 4,8% a nivel pecuario (Dinero, 2018), lo que coincide con lo reportado por González (2019) en donde afirma que el sector mueve aproximadamente 2,6 billones de pesos anuales, por consiguiente las cifras arrojadas por la FAO (2014) afirman que el comercio de carne de cerdo pasó de 102 millones de toneladas a 160 millones de toneladas entre los años 2013 y 2014, siendo para el año 2012 los mayores importadores China, Japón y Rusia (citado por Bonales, 2015). Según las cifras de Finagro (2019) para el año 2016 se obtuvo un crecimiento del 15% gracias a la intensificación en los procesos de alimentación, manejo, acortamiento del ciclo productivo, establecimiento de planes sanitarios preventivos, trazabilidad e inocuidad de los productos y subproductos emergentes (Henao *et al.*, 2012). En Colombia la porcicultura es la tercera actividad más importante consolidando su participación con un 5,7%, con respecto a la avicultura que se encuentra en el segundo lugar con un aporte del 6,3% y finalmente la ganadería con una contribución del 8,6% (Porkcolombia, 2017).

En Colombia el consumo per capita de carne de cerdo fue de 10,4 kg/habitante en 2018, lo que sugiere un ascenso del 12,1% en comparación al año 2017, en el cual se reportó un consumo per capita de 9,2 kg de carne/persona (Porkcolombia, 2018). Lo anteriormente mencionado es debido al fortalecimiento de las granjas porcícolas y a la implementación de rigurosos manejos biosanitarios de los puntos críticos HACCP (Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control), sin embargo la introducción de la industria porcícola al mercado internacional se ha visto limitada

por los Tratados de Libre Comercio (TLC), ya que países como los Estados Unidos y la Unión Europea en el proceso de la exportación han aumentado los impuestos por medio del IVA a esto se le suma la desigualdad en la desgravación arancelaria, la devaluación del peso, las medidas impuestas por el gobierno y la escasez de materias primas como: la torta de soya y el maíz limitando aún más este acontecimiento (Supelano, 2017), puesto que Colombia es un importador potencial de cereales y oleaginosas, provenientes de países como: E.E.U.U, Brasil y Argentina, ya que allí se concentra aproximadamente el 50% de la cosecha mundial de maíz y más del 80% de la soya, lo que termina en una presión de dependencia a los TLC, sin importar la retribución de precios bajos al porcicultor (Cubillos, 2016).

En los sistemas productivos los mayores costos de producción son aludidos a la alimentación ascendiendo al 60-70% del rubro total, y su aprovechamiento por parte del porcino depende de factores tales como la calidad, disponibilidad, digestibilidad, textura y el aporte de nutrientes presentes en las materias primas, la etapa fisiológica del animal, las fases de alimentación empleadas durante el ciclo productivo y el balance energía vs. proteína (FAO, 2019). La papa (*Solanum tuberosum*) es un tubérculo rico en almidón y un proveedor clave de nutrientes tales como: proteínas, vitaminas, minerales, entre otros (Tian *et al.*, 2016). De acuerdo con Leonel *et al.*, (2017) revelan que las papas crudas poseen una humedad del 75%, una proteína de 1,59 a 2,17%, fibra del 0,49-2,2%, cenizas de 0,81-1,00 % y grasa del 0,1-0,99%, así mismo las papas recién cosechadas contienen hasta un 80% de agua y el 20% de materia seca, siendo baja en grasas y alto en macro y micronutrientes, vitaminas hidrosolubles como: la B1, B3, B6 y C, además del ácido pantoténico, riboflavina y ácido fólico descartándose por su poder antioxidante (Murniece *et al.*, 2011). En un estudio reportado por Hirsch *et al.*, (2013) las papas de variedad amarilla se caracterizan por tener abundantes cantidades de carotenoides, antioxidantes y vitamina A,

reforzando la salud ocular, las barreras inmunitarias, los parámetros productivos y reproductivos de los animales. Por consiguiente, la harina de papa es un subproducto de la papa, resultado del proceso de la deshidratación, molienda y tamizado que contiene carbohidratos, fibra, carotenos, tiamina, riboflavina, niacina, potasio, zinc, hierro, calcio, fosforo, hierro, vitaminas hidrosolubles y antocianinas que contribuyen a compensar el desbalance de nutrientes en la dieta, mejorando el desempeño productivo y manteniendo la integridad sanitaria (El *et al.*, 2015).

Por lo tanto, el presente trabajo buscó evaluar el efecto de los diferentes niveles de inclusión de harina de papa (*Solanum tuberosum*) en cerdos en la etapa de ceba como una alternativa alimentaria complementaria en la dieta y a bajo costo.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de los diferentes niveles de inclusión de harina de papa (*Solanum tuberosum*) como alternativa alimenticia para cerdos en etapa de ceba.

1.2 Objetivos Específicos

Evaluar el efecto de los niveles de inclusión de la harina de papa sobre los parámetros productivos (consumo de alimento, ganancia diaria de peso, conversión y eficiencia alimenticia) en cerdos en la etapa de ceba.

Estimar la composición química de la harina de papa, el concentrado y las heces mediante el análisis proximal.

Determinar el porcentaje de digestibilidad de la materia seca mediante el efecto de los diferentes niveles de harina de papa durante la fase de ceba.

2. Marco Referencial

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Antecedentes de la industria porcícola. La porcicultura es una actividad que continúa contribuyendo a la suma del Producto Interno Bruto con una participación del 1,4% a nivel agropecuario y del 4,8% pecuario (Dinero, 2018), gracias a la intensificación e industrialización de procesos en cuanto a la alimentación, manejo, planes sanitarios preventivos, ciclo productivo corto y mejoramiento de razas seleccionadas, logrando ofertar a la canasta familiar de productos y subproductos inocuos con sello de trazabilidad sostenible, cumpliendo con los más altos estándares de calidad exigidos en el mercado.

Es por ello, que actualmente la carne de cerdo se postula como una fuente proteíca de abasto para la seguridad alimentaria del país, puesto que contiene proteínas de alto valor biológico, energía, vitaminas, minerales y en menor contenido de grasas saturadas, además por cada 100 gramos de carne cruda de cerdo ésta contiene hasta 74% de agua, 21.8 g de proteína, 4 g de grasa, 519 KJ de energía y 63 mg de colesterol (Madera, 2017). Según estadísticas reportadas por Chiatchoua *et al.*, (2019) los mayores productores para el año 2016 eran China (48,2%), la Unión Europea (21,3%) y E.E.U.U (10,3%), registrándose un consumo per capita en Alemania de (53,5 kg/persona/año), Europa (40,7 kg/persona/año), China (39,3 kg/persona/año), USA (27,9 kg/persona/año) y Colombia (6,7 kg/persona/año) (Braña, 2014).

Por ende, la industria porcicola busca minimizar los costos de producción generados en la alimentación que ascienden al 65-70%, en donde las materias primas de mayor demanda para la fabricación del concentrado son la torta de soya y el maíz (Bernal *et al.*, 2017), por consiguiente

los subproductos de la papa han sido estudiados minuciosamente siendo una alternativa viable y versátil para el porcicultor por su alto valor energético, ya que dichos residuos agroindustriales se encuentran a bajo costo, actuando como espesantes, potencializadores del color y del sabor, siendo ecológicamente sustentables con el medioambiente (Moyano, 2014).

Con base a la composición nutricional y la calidad de la carne de cerdo se encuentra influenciada por los cortes, la edad y raza del cerdo, por ejemplo: la pierna es el corte de mayor volumen, posee una contextura blanda, caracterizándose por tener un sabor agradable y se emplea en la industria para la elaboración de jamones y chuzos (Arboleda, 2011)., en este sentido la chuleta es un corte de la mejor calidad, suave, jugoso y sin acumulación de tejidos conjuntivo, ni tendones, presenta un adecuado marmóreo que es agradable al paladar del consumidor (Quispe, 2001)., en cuanto a el lomo es un corte que posee un 50% de acumulación de grasas monoinsaturadas correspondientes a las del aceite de oliva (Interporc, 2018) posee un alto valor comercial, ya que es una pieza que presenta acelerada velocidad de crecimiento (Mahan, 2006). De acuerdo con Van Heerden y Smith (2013) dentro de las composiciones proximales del lomo vs. la pierna los contenidos de humedad son de (73,5%) y (74,4%), la proteína bruta (21,1%) y (19,8%), grasa (3,9%) y (4,3%), cenizas (1,14%) y (1,12%), tenido un mayor aporte proteico el lomo con respecto a la pierna y aportando más energía al alimento el lomo con 505 KJ, en comparación a la pierna que contiene suministra 494 KJ.

Tabla 1.

Composición nutricional de cortes de carne crudas de cerdo

Corte de la carne	Valor energético (kcal)	Proteína (g)	Grasa (g)	Grasa saturada (g)	Vitamina B12 (mg)	Na (mg)	P (mg)	Fe (mg)	Zn (mg)
Lomo	131	22.2	4.7	1.6	1	53	221	0.6	1.6
Chuleta	355	17.3	31.8	10.9	1	61	189	1.3	1.7
Pierna	152	21.0	7.5	2.6	1	86	167	0.7	2.7

**Nota:* Composición nutricional de la carne de cerdo. Adaptado de Pereira *et al.*, (2013). *Carne composición nutricional y papel nutritivo en la dieta humana*. Caparica, Portugal: Meat Science. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174012003385>

En la Tabla 1 se muestra la composición nutricional de los diferentes cortes de carne de cerdo comparando al lomo, la chuleta y la pierna, obteniéndose para la variable proteína un mayor contenido en el lomo (22,2 g), seguido por la pierna (21,0 g) y finalmente por la chuleta con un (17,3g)., con respecto al contenido de grasa total (g) como grasa saturada (g) la chuleta posee variaciones amplias ascendentes en dicho parámetro, siendo más perjudicial su consumo en dietas humanas en comparación con la pierna y el lomo, que contienen grasas monoinsaturadas de cadena larga con comportamientos similares a los aceites vegetales., en referencia al aporte energético la chuleta al ser consumida aporta más energía y con alusión a los minerales los tres cortes aportan sodio, fósforo, hierro y zinc, que en conjunto actúan en el crecimiento, la división celular, la reproducción, el fortalecimiento del sistema inmune y el mantenimiento del balance electrolítico.

2.1.2 La papa (*Solanum tuberosum* L.): origen, producción y composición de aminoácidos. La papa (*Solanum tuberosum* L) es un tubérculo subterráneo perteneciente a la familia de las solanáceas, esta planta herbácea perenne puede crecer hasta 60 cm de altura, siendo cultivada y cosechada cada año (Padmanabhan *et al.*, 2016). Las plantas poseen grandes hojas pinnadas que contienen glucoalcaloides como la α -solanina y la α -chaconina que actúan sinérgicamente generando protección contra posibles depredadores y como respuesta a factores ambientales externos y provocando toxicidad al ser empleada en límites superiores al 6% en cerdos en la etapa de iniciación, no reportándose datos de niveles mínimos y máximos en la fase de ceba (Fedna, s.f ; Martín, 2014). En la literatura la papa comercial presenta de 20-60 mg de glicoalcaloides por cada 100 g de material liofilizado y de 4-12 mg por cada 100 g en fresco, es decir, las papas verdosas frescas contienen cantidades mínimas de glicoalcaloides que con procesos térmicos tienden a contrarrestar los efectos de intoxicación al ser incluidos en dietas para animales (Kondamudi *et al.*, 2017).

En contexto, la papa tuvo su origen al Norte del Lago Titicaca en los Andes del Perú y Bolivia hace unos 6.000-10.000 años atrás, resultado del proceso de selección genética por parte de la especie *Solanum stenotomum*, siendo los ancestros la *S. lepthopyes* y *S. canasense* (Rodríguez, 2010). La altitud óptima para su cultivo comprende los 2.500-3.000 m.s.n.m. En Colombia los Departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Nariño son los responsables del 80 % de la producción (Cerón *et al.*, 2011). El aporte nutricional es principalmente carbohidratos (almidón), proteínas, vitaminas del complejo B (B₁, B₃ y B₆) y C, bajo contenido de grasa y antioxidantes, incluso una papa recién cosechada puede contener un 80% de agua y un 20% de materia seca (Costa *et al.*, 2011), sin embargo la calidad nutricional y química puede modificarse de acuerdo a factores como: la variedad, los sistemas de manejo, zona de procedencia, almacenamiento, el estado fisiológico y la cocción (Calliope *et al.*, 2018).

A nivel mundial la papa es el cuarto cultivo de mayor importancia después del trigo, el arroz y el maíz, siendo los continentes de Asia, Norte América y Europa los mayores productores anuales y consumidores del tubérculo, situación que mejora la seguridad alimentaria por el ascenso de la población y como repuesta a la revolución industrial (Hellmann *et al.*, 2016). En Colombia la papa es el tercer alimento más relevante después del arroz y del trigo, teniendo una producción de 2'751.837 Ton en 2017 y reportando un crecimiento del 14% con respecto al año anterior, además este sector productivo genera 300.000 empleos directos (Fedepapa, 2017).

De acuerdo con los requerimientos nutricionales propuestos por Rostagno *et al.*, (2017), presentes en la Tabla 4 un cerdo en fase de ceba requiere un aporte de Energía Metabolizable de 3350 kcal/kg, una proteína bruta comprendida entre el 9,8 al 11,31% y aminoácidos digestibles como la Lisina o Lys (0,805-0,697) que equivaldría al 100% para el cálculo de los demás aminoácidos sintéticos esenciales incorporados en la dieta con base al término de proteína ideal

que contribuye a una menor excreción de nitrógeno al medioambiente, una maximización en la retención de proteína, el cumplimiento total de los requerimientos nutricionales de la especie y a lograr un máximo rendimiento de los parámetros productivo (Campos *et al.*, 2008). Por las razones anteriormente nombradas es que en la Tabla 2 se reportó la composición nutricional de aminoácidos tanto esenciales como no esenciales en cuatro variedades de papa cultivadas en Suramérica (*Solanum andigenum.*, *S. phureja.*, *S. stenotomun.*, y *S. tuberosum cv. Desirée*), lo que contribuye al cálculo de una dieta equilibrada (Bártová *et al.*, 2015).

Tabla 2.

Composición de aminoácidos y valor nutricional de la materia seca presentes en diversas especies de papas.

Aminoácidos	<i>S. andigenum</i>	<i>S. phureja</i>	<i>S. stenotomun</i>	<i>S. tuberosum cv. Desirée</i>
Aminoácidos no esenciales				
Ácido aspártico *	29.86	18.05	17.04	32.96
Ácido glutámico	12.19	13.63	12.93	13.75
Serina	3.57	4.92	4.00	2.78
Glicina	4.67	5.22	5.18	3.60
Arginina	12.02	13.56	17.88	12.70
Alanina	3.57	4.88	5.24	2.88
Aminoácidos esenciales y semiesenciales				
Histidina	5.38	5.83	5.17	4.03
Valina	3.44	3.99	3.81	4.27
Metionina	0.97	1.26	1.11	1.06
Cisteína	1.57	1.25	1.50	0.92
Isoleucina	2.42	3.09	2.86	2.67
Leucina	4.20	4.95	4.79	3.25
Fenilalanina	3.67	3.08	4.52	3.94
Tirosina	1.87	2.47	2.09	1.88
Lisina	7.97	10.49	8.55	7.18
Treonina	2.63	3.32	3.29	2.16

*Valor medio (g de aminoácido por 16 g de N) de las mediciones por triplicado

Nota: *Composición de aminoácidos presentes en cuatro variedades de papa. Adaptado de: Composición de aminoácidos y valor nutricional de cuatro especies de papas sudamericanas cultivadas. Revista de composición y análisis de alimentos, V. 40. República Checa; 2015. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157515000204?via%3Dihub>

2.1.3 Harina de papa: procesamiento y valor nutricional. En la industria alimentaria la papa es deshidrata para aumentar su vida útil durante el almacenamiento, provocando un efecto en la retención del valor nutricional y la gelatinización del almidón (Pu *et al.*, 2017). La harina de papa es el subproducto comercial más antiguo, cuyas mayores cantidades son producidas en los E.E.U.U, siendo los principales países exportadores Alemania, Países Bajos y Bélgica con 0,27 toneladas en 2007 (Ezekiel *et al.*, 2011). En 2016 los mayores importadores de semilla de papa fueron Egipto, Bélgica, Alemania, Argelia, Camerún y Francia con un tope máximo de 255.000 toneladas y mínimo de 48.000 toneladas (MinAgroindustria, 2017).

La harina de papa es el resultado del proceso de molienda y tamizado de rebanadas de papa previamente deshidratadas con o sin cáscara (Pereira, 2009) siendo procesada de la siguiente manera: a). Obtención del tubérculo, b). Lavado y pelado de la papa c). Inmersión en una concentración de 100 p.p.m de bisulfito de sodio (evitando así el pardeamiento enzimático d). Corte en rodajas a un grosor de 2 mm e). Secado a una temperatura de 60° C durante 15 horas, f). Molido y tamizado (Cerón *et al.*, 2011). Su valor nutricional varía de acuerdo a factores tales como: la variedad, las condiciones medioambientales durante el cultivo, el sitio de crecimiento y los métodos de cocción.

En el mercado industrial existen dos tipos de harina pura que es el polvo que proviene de fuentes de cereales como el trigo, y la harina compuesta que viene de raíces, tubérculos y frutos (Adeleke y Odedeji, 2010). En cuanto al valor nutricional la harina de papa dulce (Sweet Potato Flour o SPF) diferente de la papa parda pastusa por tener una coloración colorada o rosada y un sabor asimilado al dulce y contener un contenido de humedad del 5.76%, proteína de 5,62- 8,6%, almidón 38,6-62,3%, grasa 0,90% y cenizas 2,91% (Mu *et al.*, 2019).

Tabla 3.*Composición proximal (g/100g) de harina de papa (Solanum tuberosum L) en base a peso seco*

Parámetro	Nativa	Secado por aire caliente	Tambor de secado
Proteína (Nx6.25)	9.1±0.1	9.3±0.1	9.5±0.2
Carbohidratos	75.3±1.0	75.5±0.6	75.1±0.8
Grasa	0.3±0.02	0.3±0.04	0.3±0.01
Fibra Dietaria Total	10.6±0.5	10.2±0.3	10.7±0.3
Cenizas	3.0±0.1	3.3±0.2	3.5±0.3
Fósforo	0.5±0.01	0.43±0.02	0.5±0.01
Características			
Consistencia de gel (mm)	25±0.5	82±0.8	145±0.9
Volumen de sedimento (ml)	7.0±0.3	12.6±0.4	28.3±0.5
Amilosa total (g/100g)	22.7±0.5	29.1±0.7	30.2±0.9
Amilosa soluble (g/100g)	9.5±0.2	9.4±0.2	21.0±0.6
Amilosa insoluble (g/100g)	13.2±0.3	19.7±0.5	9.2±0.3
Digestibilidad del almidón (g/100g)	31.0±0.6	51.7±1.0	79.3±1.2
Índice de cristalinidad del almidón	0.52	0.28	0.17

*Nota: Análisis de la composición proximal de la harina de papa. Adaptado de: Guha *et al.*, (2006). Influence of drying conditions on functional properties of potato flour. European Food Research and Technology, 223(4), 553–560. doi:[10.1007/s00217-005-0237-1](https://doi.org/10.1007/s00217-005-0237-1)

En la Tabla 3 se muestra un análisis de la composición proximal de la harina de papa (*Solanum tuberosum* L) mediante dos técnicas de secado, la primera por aire caliente y la segunda en tambor seco con respecto a la nativa o en la que se sintetizó por medio mecánico, es decir, moliendo las rodajas de papa, los resultados arrojaron que los procesos de secado mejoran un mínimo el valor nutricional, y un máximo las características teniendo una digestibilidad del almidón del doble o el triple que la nativa.

2.1.4 Antecedentes sobre los efectos de la harina de papa (*Solanum tuberosum*) en monogástricos en Suramérica. En la tesis titulada “Utilización de diferentes niveles de harina de papa en la alimentación de cerdos en las etapas de crecimiento y engorde” Chalán (2008) empleando 16 cerdas híbridas de la raza Landrace-Yorkshire de 60 días con un peso inicial

promedio de 20,71 kg, incluyendo la Harina de Papa (HP) así (T_0 : 15%, T_1 : 20%, T_2 : 25% y T_3 : 30%) encontró pesos finales estadísticamente iguales en los tratamientos T_3 y T_2 de (56,23 y 56,05 Kg) respectivamente, difiriendo de los T_0 y T_1 que obtuvieron los menores valores (55,03 y 55,08 Kg) respectivamente para la variable comportándose de manera estadísticamente similares, en cuanto al consumo total de alimento no se encontraron diferencias significativas, ya que todos los tratamientos se comportaron estadísticamente similares presentando un valor promedio de (117,30 Kg/cerda), en cuanto la conversión alimenticia el T_3 y T_2 obtuvieron los mejores índices (3,29 y 3,32) respectivamente en comparación con T_0 y T_1 (3,41 y 3,44).

Custodio (2016) en la tesis titulada “Efecto de la inclusión de harina de papa (*Solanum tuberosum*) en dietas de pollos de engorde sobre los parámetros productivos y económicos” utilizando 200 pollos de la raza Cobb 500 en donde incluyo harina de papa (H.P.) (T_0 : 0%, T_1 : 10%, T_2 : 20% y T_3 : 30%) encontró que para la variable peso final el valor más alto fue en los tratamientos T_0 y T_1 (3001, 22 y 2981 g) respectivamente que se comportaron estadísticamente igual; en comparación con los T_2 y T_3 que obtuvieron los valores más bajos (2728,33 y 2660,56) respectivamente y se comportaron estadísticamente iguales, esto pudo haber sido porque los pollos no fueron distribuidos uniformemente, ya que el peso inicial fue estadísticamente igual en los tratamientos (T_0 , T_1 , y T_2) y más bajo en el T_3 , en cuanto al consumo de alimento el T_3 tuvo el mejor índice (4550,53 g), los T_0 (4893,89 g) y T_1 (4936,36), se comportaron estadísticamente similar con los valores más altos para esta variable y el T_2 fue un valor estadísticamente intermedio entre los tratamientos.

2.1.5 Importancia de la α -amilasa y su efecto sobre el almidón. La α -amilasa es conocida como la enzima que digiere el almidón en el cerdo que es un animal omnívoro, se ha determinado

una gran actividad de esta enzima en comparación con el caballo herbívoro puro, actuando como biomarcador de estrés no invasivo, también se alude que la alfa amilasa es capaz de segmentar el almidón e intervenir en la selectividad de la glucosa., sin embargo la actividad enzimática varía para las diferentes especies de monogástricos dependiendo de los patrones dietéticos, la genética y el peso molecular de la enzima (Boehlke *et al.*, 2015).

Por ende, el almidón es un carbohidrato polimérico estructural compuesto de 1,4 unidades de D-glucosa enlazadas, sus principales polímeros son la amilosa y la amilopectina, cuya fusión comprenden del 98-99% de la masa seca del almidón (Bowyer *et al.*, 2019). En la papa el almidón es la principal fuente energética y presenta una alta digestibilidad, su biosíntesis va orientada a manipular el almidón resistente puesto que es la única porción capaz de aguantar la digestión de la amilasa pancreática en el intestino delgado y el colón, lo cual incrementa el volumen fecal y disminuye el pH a nivel del colón, logrando un mejoramiento en la salud intestinal (Rodríguez, 2013)., sin embargo los alimentos como las harinas generan rápidas tasas de digestión del almidón en comparación con los granos enteros en forma de pellets ocasionando problemas sanitarios a nivel metabólico, efecto contrarrestado con dietas que contienen almidón resistente (Moore *et al.*, 2015). El almidón resistente actúa sobre la fibra dietaria contribuyendo al aumento de volumen fecal y disminuyendo el tiempo de tránsito intestinal en el bolo alimenticio (Pérez y Bertoft, 2010).

2.1.6 Requerimientos nutricionales según la fase de producción. En la Tabla 4 se muestran los Requerimientos Nutricionales de Cerdos Machos Castrados, comprendida en tres fases de producción que comprenden: Iniciación (49-63 días), Crecimiento I (70-84 días), Crecimiento II (91-105 días), Terminación I (112-133 días) y Terminación II (141-161 días) alcanzando un peso al final de la producción de 100-125 Kg.

Tabla 4.

Requerimientos Nutricionales de Cerdos Machos Castrados de Alto Potencial Genético con Desempeño Medio-Superior

Edad en días					
Fase	Inicial	Crecimiento		Terminación	
Intervalo de peso (Kg)	15-30	30-50	50-70	70-100	100-125
Edad (Días)	49-63	70-84	91-105	112-133	140-161
Peso medio (Kg)	22,5	40	60	85	112,5
Ganancia (Kg/día)	0,685	0,926	1,047	1,076	0,978
Consumo (Kg/día)	1,024	1,711	2,342	2,899	3,144
Requerimiento de Nutrientes					
Energía Metabolizable (Kcal/kg)	3350	3350	3350	3350	3350
Proteína Cruda (%)	17,88	15,15	13,13	11,31	9,8
Calcio (%)	0,879	0,722	0,575	0,497	0,444
Fósforo Disponible (%)	0,435	0,357	0,281	0,242	0,216
Aminoácidos digestibles					
Lisina (%)	1,251	1,061	0,927	0,805	0,697
Metionina (%)	0,363	0,321	0,278	0,242	0,209
Metionina + Cisteína (%)	0,713	0,631	0,547	0,483	0,418
Treonina (%)	0,813	0,695	0,603	0,523	0,453
Triptófano (%)	0,238	0,214	0,185	0,161	0,139
Arginina (%)	0,563	0,449	0,389	0,322	0,279
Isoleucina (%)	0,688	0,588	0,51	0,443	0,383
Leucina (%)	1,251	1,069	0,927	0,805	0,697
Histidina (%)	0,413	0,353	0,306	0,266	0,230
Fenilalanina (%)	0,626	0,535	0,464	0,403	0,349
Fenilalanina + tirosina (%)	1,251	1,069	0,927	0,805	0,697

Nota: *Rostagno *et al.*, (2017). Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos Composición de Alimentos y Requerimientos Nutricionales. Viçosa, Brasil: Ajinomoto. Recuperado de <https://eliasnutri.files.wordpress.com/2018/09/tablas-brasilec3b1as-aves-y-cerdos-cuarta-edicion-2017-11.pdf>

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Papa. Es un tubérculo con proteínas de un gran valor biológico, aporta vitaminas como la riboflavina, niacina, tiamina y ácido ascórbico, además de minerales y las $\frac{3}{4}$ partes de sus sólidos

son carbohidratos (almidón) (Cerón *et al.*, 2011), dependiendo de la variedad y del color contiene carotenoides, polifenoles, glucósidos acilados y antioxidantes (Hyeon *et al.*, 2018).

2.2.2 Almidón. es un carbohidrato polimérico estructural compuesto de 1,4 unidades de D-glucosa enlazadas, sus principales polímeros son la amilosa y la amilopectina, cuya fusión comprenden el 98-99% de la masa seca del almidón (Bowyer *et al.*, 2019). Se puede encontrar en los tejidos de la planta en forma de gránulos, en donde las raíces del tubérculo de la papa dulce contienen del 80-90% de carbohidratos estructurales (Bovell, 2007).

2.2.3 Amilosa. Es un polímero lineal compuesto estructuralmente de α (1,4) unidades de glucosilo enlazadas (Vasilyev, 2019), la molécula no es soluble en agua; pero puede formar micelas hidratadas para la síntesis de una estructura helicoidal (Hernández *et al.*, 2008).

2.2.4 Amilopectina. Es un biopolímero que contiene ramificaciones de α -D-(1,6) situadas en las unidades lineales 15 y 25 de glucosa, su peso molecular es elevado y comprende del 70 al 80% del almidón (Pardo *et al.*, 2013).

2.2.5 Glucoalcaloides. son clases de esteroides que poseen en su estructura glicosídica nitrógeno y son los responsables del sabor amargo de la papa, se encuentran en niveles bajos, y surgen por la resistencia a enfermedades o a la resistencia de factores ambientales, tales como el frío o calor, también en respuesta a plagas de insectos (Gregory, 1984). Estos metabolitos secundarios se pueden encontrar en las hojas, tallos y brotes, en la alimentación humana han

servido como sustancias anticancerígenas, antialérgicas, antipiréticas y antiinflamatorias (Villacrés *et al.*, 2010).

2.2.6 Antioxidantes. Son sustancias que se encuentran en concentraciones bajas con respecto a las partículas oxidables, la función es retrasar el envejecimiento impidiendo que otros compuestos orgánicos presentes en las células vivas se unan al oxígeno, neutralizando así los radicales libres (Venereo, 2002). Así mismo existen los antioxidantes dietéticos que actúan previniendo los efectos antagonistas en las funciones vitales y la rancidez oxidativa del alimento (Coronado *et al.*, 2015).

2.2.7 Alimentos funcionales. Son alimentos procesados que al ser consumidos mejoran la respuesta fisiológica o inducen respuestas benéficas en el organismo, siendo un coadyuvante de la salud, porque contiene nutrientes esenciales como proteínas, vitaminas, flavonoides, carotenoides, antioxidantes, o cualquier otra sustancia sinérgica para el cuerpo (Zeraik *et al.*, 2010).

2.2.8 Antocianinas. Son glicósidos de antocianidina, es decir, que la aglicona se une a un azúcar y a su vez a un β -glicosídico, su coloración depende de los factores intrínsecos como lo son los sustituyentes químicos, pero generalmente son rojos e hidrosolubles, su principal función es darle color y sabor al alimento, mejorando su apariencia, actualmente se han aislado 150 antocianinas que actúan en la captura de radicales libres o como quimioprotectores (Aguilera *et al.*, 2011).

2.2.9 Nutrición. Ciencia que estudia los procesos fisicoquímicos que ocurren al interior del organismo, desde el momento que el alimento ingresa al tracto gastrointestinal y su posterior absorción de nutrientes en el torrente sanguíneo, incluyendo el catabolismo y anabolismo de las sustancias o compuestos (Serra, 2010).

2.2.10 Metabolismo. Son las reacciones químicas que ocurren en el cuerpo, involucran las reacciones redox (reducción y oxidación), involucrando un gasto o almacenamiento energético para el mantenimiento de las funciones vitales por medio de la homeostasis (Evans y Heather, 2019).

2.2.11 Proteína ideal. se considera a la mixtura de proteínas propias de la alimentación, en base al total de aminoácidos digestibles esenciales que son limitantes en la dieta, por ende se toma la Lisina (Lys) como el 100% y se calculan los demás aminoácidos en porcentajes menores, con ello se busca maximizar la retención proteica para obtener ganancias de peso deseable, porque se cumple con los requerimientos nutricionales de la especie y se evita la excreción de nitrógeno al medio ambiente (Campos *et al.*, 2008).

3. Metodología

3.1 Localización

El proyecto investigativo fue realizado en la Finca Hogar de Paz, ubicada en Málaga (Santander) a una altitud de 2197 m.s.n.m con una temperatura promedio de 18°C y humedad relativa del 60-70%, cuyas coordenadas geográficas son de 6°42'57,39" latitud N y 72°43'42,97" longitud W.

3.2 Alistamiento previo de las piaras.

Antes del inicio del proyecto investigativo se realizó un lavado de las piaras con abundante agua y jabón, así mismo se realizó la desinfección con yodo al 10% y creolina al 3% utilizando una fumigadora y esparciendo el producto en techos, pisos, paredes y cortinas. A la entrada del área de ceba se colocó un pediluvio con formalina al 10% para evitar la contaminación cruzada. Los comederos fueron desinfectados con hipoclorito de sodio al 15%. Para el control de las corrientes de aire a los lados se dispuso de cortinas, en días calurosos se subían y en días lluviosos permanecían bajadas para el mantenimiento de la temperatura interna de las piaras.

Los cerdos tuvieron un acostumbramiento de 10 días suministrando T₀: (2 kg de concentrado/animal)., al T₁ y T₂: 1,8 kg de concentrado+200 g harina de papa por animal.

3.3 Alojamiento y manejo de los animales

El experimento tuvo una duración de 49 días, para ello se utilizaron 12 cerdos machos castrados, híbridos de la raza (Pietrain x Landrace) pertenecientes a una misma parvada, mantenidos bajo condiciones similares de manejo y ambientales. Por medio de una cinta métrica alrededor del perímetro torácico a la altura del corazón y posterior a los miembros anteriores, se estimó el peso de los cerdos, distribuyendo las unidades experimentales aleatoriamente por tratamiento y de manera uniforme. El sitio contaba con 8 corrales y se adecuaron 4 corrales más, cuyas dimensiones promedio eran de 3 m²/unidad (1,5 m de ancho x 2 m de largo), dejando 1 cerdo/corral correspondiente a una réplica, para un total de 4 animales/tratamiento. Se manejó un comedero

lineal de concreto y dos bebederos automáticos por cada corral. Las heces se recogían diariamente con palas siendo pesadas a las 4:00 p.m.

3.4 Medición del pesaje y el consumo de alimento

Los pesajes se realizaron a los días (105 y 154) con una balanza, simultáneamente se registró el consumo de cada comedero y se calculó por diferencia entre el suministro diario y el desperdicio.

3.5 Alimentación y manejo de excretas

Diariamente a los cerdos se les daban 3 kg de alimento de acuerdo con lo estipulado en las Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos (2017), suministrándolo en 2 raciones diarias una a las 7 a.m. y la otra a las 4:00 p.m. El alimento concentrado que se dio a cada uno de los tratamientos experimentales durante la fase de engorde fue balanceado por el Método Cuadrado de Pearson. Los tratamientos experimentales fueron: T₀: concentrado., T₁: concentrado+20% de harina de papa., T₂: concentrado+30% de harina de papa.

3.6 Producción de harina de papa

- a). Se hizo el deshidratador en forma de túnel, con tubos de P.V.C, varilla, guayas y lazo.
- b). Se colocó dentro del deshidratador un plástico para evitar el contacto con el piso.
- c). La papa con cáscara fue picada con el filo de unas palas.
- d). Se llevo la papa picada al deshidratador, realizando diariamente dos volteos a la papa, para evitar que la que se acumulará la humedad en la parte baja, evitando el daño.

- e). Se recogió el producto totalmente seco y de consistencia dura.
- f). Se procedió a moler y se empaco para posteriormente ser suministrado de acuerdo con los tratamientos experimentales.

3.7 Composición proximal del estiércol, del concentrado y de la harina de papa

En un frasco de plástico especializado se tomó una muestra de estiércol/réplica con pesos entre 10, 122 g hasta 16, 256 g a los días los 129 días y a los 154 días, una muestra de concentrado/réplica y una muestra de harina de papa/réplica, posteriormente las muestras fueron pesadas y marcadas de acuerdo a cada tratamiento con su respectivas réplicas, para ser llevadas al Laboratorio de Química, para el estiércol la muestra fue pesada, calibrando la balanza digital y se descontaba lo del peso del vaso coprológico, las muestras en fresco se dividieron en 5 submuestras a). las primeras submuestras fueron trasladadas y llevadas al horno a 60° C durante 48 horas para hallar la M.S., b). después se pusieron a secar más muestras y de allí se sacaron más submuestras de 5 g/réplica para hallar M.S a 105°C durante 24 horas, otros 5 g/réplica para cenizas que se metieron a la mufla a 550°C durante 3 horas, y para hallar extracto etéreo se utilizó el extractor de grasas (VELP Scientifica) , empleando unos cartuchos y portacartuchos donde se depositaba una muestra no mayor ni inferior a 3 g, se utilizaban unos vasos de extracción depositando 60 ml de éter, posteriormente se ubicaron los elementos en la posición adecuada, poniendo a funcionar la máquina, la cual cumplía 3 funciones una inmersión 60 minutos , lavado de 45 minutos y recuperación de 30 minutos, el vaso de extracción queda con líquido, siendo posteriormente llevado a 105°C hasta que se evapore a 15 minutos para que en el precipitado quedara la grasa. Para hallar energía metabolizable se empleó el calorímetro.

Con el fin de hallar el porcentaje de proteína bruta, la muestra se colocó en un porta muestras hecho de estaño, manipulándolo con guantes para no alterar la muestra, el peso de la muestra no fuera mayor a 3,5 mg, la muestra se depositaba en el equipo de estaño doblando con precaución y evitando perder la muestra, posteriormente se ubicaba en las gradillas para tener un orden para que el analizador elemental corriera la muestra para obtener el nitrógeno total.

Peso de la pastilla: 0,2295 gms/muestra (**Energía Metabolizable**)

Para la harina de papa y el concentrado, las muestras fueron pesadas, depositando en crisoles 5 gramos de las muestras/réplicas de allí se halló la M.S a 60°C durante 24 horas, para el % de grasa se repitió el mismo proceso que para el estiércol usando solo muestras de 3 mg, para determinar las cenizas también se utilizaron 5 g de muestra/réplica y se llevaron a la mufla a 550°C durante 3 horas, la E.M (kcal/kg) fue hallada en el calorímetro y el nitrógeno total en analizador elemental.

3.8 Métodos estadísticos

3.8.1 Análisis proximal de las excretas, la harina de papa y el concentrado. A partir de los datos recolectados se obtuvieron las siguientes variables: **Materia seca (%)**: $((P_i - P_f) / P_i) * 100$, donde (P_i : Peso inicial de la muestra y P_f : Peso final de la muestra), **% de grasa**: $(T_2 - T_1 / SW) * 100$, donde (T_1 : Peso del vaso antes de la extracción, T_2 : Peso del vaso después de la extracción y SW: Peso de la muestra), **%Cenizas**: $((P - p) * 100) / M$, donde **P**: masa del crisol con las cenizas en gramos, **p**: masa del crisol vacío en gramos y M: masa de la muestra en gramos., **P.B (%)**: $N \times 6,25$.

3.8.2 Cálculo de las variables productivas evaluadas. A lo largo de la etapa experimental fueron hallados los siguientes parámetros productivos: **Ganancia Diaria de Peso o GDP**

(kg/día): $(P_f - P_i) / t$ donde, P_f : es el peso final; P_i : peso inicial y t : tiempo que dura el ciclo productivo., **Conversión Alimenticia:** consumo de alimento (kg)/ ganancia de peso vivo (kg)., **Eficiencia Alimenticia:** ganancia de peso vivo (kg)/consumo de alimento (kg) y **Consumo de alimento (kg/día):** peso alimento suministrado (kg) – deperdicio (kg).

3.8.3 Cálculo de las variables productivas evaluadas. Con base a los datos hallados durante el experimento se halló la Digestibilidad de la Materia Seca (%): $100 - (M.S \text{ excretado} / M.S \text{ ingerido} * 100)$

3.8.4 Análisis de los métodos estadísticos. Para hallar el efecto de los tratamientos sobre la composición proximal y sobre los parámetros productivos se empleó el método estadístico descrito por Steel y Torrie, (1992), en donde:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde,

Y_{ij} = Valor observado de la variable

μ = media poblacional

i = 3 tratamientos experimentales

j = 4 réplicas

α_i = efecto del i -enésimo tratamiento

ϵ_{ij} = error experimental.

Los datos fueron analizados por ANOVA usando el complemento (GLM) de SAS versión 9.4 (2015). Cuando se presentaron diferencias significativas se recurrió a aplicar la prueba de Rangos

múltiples de Duncan para separar los tratamientos experimentales ($p < 0,05$) de la media poblacional.

4. Resultados

Tabla 5.

Evaluación de los parámetros productivos durante la fase experimental

Variable	Control	Inclusión 20% Harina de papa	Inclusión 30% Harina de papa	C.M.E	C.V
Peso inicial (kg)	48,25±0,25 ^a	49±0,50 ^a	48,25±0,25 ^a	4,31	4,28
Peso final (kg)	96,75±3,58 ^b	99,00±1,33 ^b	105,25±4,92 ^a	4,81	2,18
Ganancia diaria de peso (kg/día)	0,99±0,07 ^c	1,02±0,04 ^b	1,16±0,11 ^a	0,00023	1,44
Ganancia de peso total (kg)	48,50±3,33 ^a	50,00±1,83 ^b	57,00±5,17 ^c	0,56	1,44
Consumo de alimento (kg/día)	2,48±0,01 ^a	2,42±0,05 ^a	2,51±0,04 ^a	4,03	2,86
Conversión alimenticia (kg/kg)	2,51±0,16 ^a	2,37±0,02 ^a	2,16±0,19 ^b	0,01	3,56
Eficiencia alimenticia (kg/kg)	0,40±0,03 ^b	0,42±0,01 ^b	0,46±0,04 ^a	0,00018	3,09
C.M.E: Cuadrado Medio del Error					
C.V: Coeficiente de Variación					
Prueba de Rangos Múltiples de Duncan					
Medias con letra en común no son estadísticamente significativas ($p < 0,05$)					
(±): Desviación estándar (σ) con respecto a la media poblacional (μ)					

En la Tabla 5 se muestran los resultados para cada uno de los parámetros productivos, en donde para la variable peso inicial no se presentó diferencias estadísticamente significativas para ninguno de los tratamientos experimentales.

Con referencia al peso final el tratamiento T₂ obtuvo el mayor valor (105,25±4,92), los tratamientos T₀ (96,75±3,58) y T₁ (99,00±1,33) se comportaron estadísticamente igual.

En base a la ganancia diaria de peso todos los tratamientos experimentales obtuvieron diferencias estadísticamente significativas obteniendo el mayor valor para el T₂ (1,16±0,11), seguido del T₁ (1,02±0,04) y finalmente por el T₀ (0,99±0,07).

Para la variable ganancia de peso total todos los tratamientos se comportaron estadísticamente diferentes el mayor valor se obtuvo en el T₂ (57,00±5,17), seguido del T₁ (50,00±1,83) y el menor valor lo logro el tratamiento testigo (48,50±3,33)

En la Tabla 6 con referencia a la proteína bruta el mejor valor lo obtuvo el T₁ (23,23±1,88), el T₂ obtuvo un valor intermedio de (21,24±0,11) y el tratamiento testigo tuvo el menor valor para esta variable (19,58±1,77).

El porcentaje de humedad y de materia seca medida a 60°C durante 48 horas no tuvo diferencias estadísticas para ninguno de los tratamientos de los experimentales.

La materia seca medida a los 105°C durante 24 horas el mejor valor se obtuvo en el tratamiento T₂ (88,32±0,91), seguido por el T₁ (87,55±0,14) y T₀ obtuvo el menor valor con (86,36±1,05).

Con base al contenido de cenizas todos los tratamientos presentaron diferencias significativas, encontrándose el menor valor en el T₂ (0,72±0,23), seguido por el T₁ (1,09±0,14) y finalmente por el T₀ (1,03±0,08).

La energía metabolizable fue mayor para el tratamiento testigo, seguido por el T₂ y finalmente por el T₁.

Tabla 6.*Composición nutricional del estiércol de cerdo medido en la fase experimental*

Parámetros	Control	Inclusión 20% H.P	Inclusión 30% H.P	C.M.E	C.V
Proteína Bruta (%)	19,58±1,77 ^b	23,23±1,88 ^a	21,24±0,11 ^{ab}	1,72	6,14
Humedad (%)*	74,51±0,41 ^a	74,16±0,06 ^a	73,64±0,46 ^a	3,69	2,59
M.S (%)*	25,49±0,41 ^a	25,85±0,06 ^a	26,36±0,46 ^a	3,69	7,42
M.S (%)**	86,36±1,05 ^c	87,55±0,14 ^b	88,32±0,91 ^a	0,01	0,12
Humedad (%)**	13,64±0,14 ^a	12,45±0,14 ^b	11,68±0,91 ^c	0,01	0,81
Cenizas (%)	1,03±0,08 ^a	1,09±0,14 ^b	0,72±0,23 ^c	9,97	17,97
E.E (%)	3,79	4,64	5,04		
Energía Metabolizable (Kcal/kg)	3,887	3,748	3,804		

C.M.E: Cuadrado Medio del Error

C.V: Coeficiente de Variación

M.S (%)*: Materia Seca medida a 60°C durante 48 horas.

M.S (%)**: Materia Seca medida a 105° C durante 24 horas

Prueba de Rangos Múltiples de Duncan

Medias con letra en común no son estadísticamente significativas (p<0,05)

(±): Desviación estándar (σ) con respecto a la media poblacional (μ)

Tabla 7.*Composición nutricional del concentrado*

Nutrientes	Control	Inclusión 20% Harina de papa	Inclusión 30% Harina de papa	C.M.E	C.V
Proteína Bruta (%)	14,28±0,07 ^{ab}	12,67±1,53 ^b	15,67±1,46 ^a	1,13	7,48
Humedad (%)	12,94±0,03 ^a	12,78±0,13 ^a	13,01±0,10 ^a	0,15	3,02
Materia Seca (%)	87,06±0,03 ^a	87,22±0,13 ^a	86,99±0,10 ^a	0,15	0,45
E.E (%)	3,053	2,237	1,523		

C.M.E: Cuadrado Medio del Error

C.V: Coeficiente de Variación

Prueba de Rangos Múltiples de Duncan

Medias con letra en común no son estadísticamente significativas (p<0,05)

(±): Desviación estándar (σ) con respecto a la media poblacional (μ)

En la Tabla 7, en cuanto a la composición nutricional para la variable proteína bruta el mejor valor fue el hallado en el T₂ (15,67±1,46),. el tratamiento T₁ (12,67±1,53) tuvo el menor porcentaje de

proteína bruta y el tratamiento testigo se comportó de manera estadísticamente intermedio ($14,28 \pm 0,07$).

Las variables humedad y porcentaje de M.S se comportaron de manera estadísticamente igual para todos los tratamientos experimentales.

En cuanto al extracto etéreo el menor valor se observó en el tratamiento con inclusión del 30% de harina de papa, seguido por el T₁ y finalmente por el tratamiento control.

Tabla 8.

Composición nutricional de la harina de papa (Solanum tuberosum)

Parámetros	Control
Energía Metabolizable (kcal/kg)	3,406
P.B (%)	8,3
Humedad (%)	11,42
Materia Seca (%)	88,58
Cenizas (%)	9,4
E.E (%)	0,53

En la Tabla 8 en cuanto a la composición nutricional de la harina de papa los valores registrados en este estudio surgieron del promedio de tres muestras analizadas en el laboratorio de la Universidad Industrial de Santander.

Tabla 9.

Digestibilidad de la Materia Seca (%) presente en los tratamientos experimentales

Parámetros	Control	Inclusión 20% Harina de papa	Inclusión 30% Harina de papa
Digestibilidad de la M.S (%)	85,59	88,14	88,08

En la Tabla 9 se estimó el porcentaje de digestibilidad de la materia seca encontrado un mejor valor al incluir el 20% de harina de papa (88,14), seguido por la inclusión del 30% de harina de papa (88,08) y finalmente por el tratamiento control.

5. Discusión

En base a los parámetros productivos el mejor peso final, la mejor ganancia diaria de peso tanto diaria como total a los 154 días, lo obtuvo el tratamiento con la inclusión del 30% de harina de papa, seguido por el tratamiento con el 20% de inclusión de H.P en comparación al testigo, datos que concuerdan con los reportados por Prada (2012) en donde deduce que los requerimientos nutricionales del cerdo cambian según la fase productiva, refiriéndose a que en la etapa de ceba el cerdo necesita consumir más energía y menos proteína, la papa deshidratada aporta 3,479 Kcal/kg lo que pudo haber influido positivamente en el crecimiento del cerdo, otra variable que pudo haber influido en los parámetros productivos es la cantidad de proteína bruta contenida tanto en el concentrado como en la harina de papa, al realizar la mezcla para el balanceo de las dietas el concentrado con el 30% de inclusión de harina de papa aportaba los valores más altos de proteína, datos que concuerdan con los reportados por Casas *et al.*, (2010) en donde asegura que la tasa máxima de retención de la proteína está influenciada por factores como: la concentración de nutrientes en la dieta un equilibrio entre la proteína y energía repercute en una tasa máxima de crecimiento, la edad puesto que animales jóvenes retienen más proteína que los viejos y la genética.

En cuanto al consumo de alimento ninguno de los tratamientos experimentales presentó diferencias estadísticas, lo cual pudo ser influido por factores medioambientales como la temperatura, pudiendo inferir que se realizó un manejo adecuado de las cortinas que era subidas en épocas calurosas y se dejaban intactas cuando hacía frío o estaba lloviendo, datos que concuerdan con los arrojados por Quiles y Hevia (2008) en donde advierten que las temperaturas bajas aumentan el consumo de alimento y por ende el cerdo tendría que mover sus reservas energéticas para mantener la termogénesis.

En cuanto a la composición nutricional de la harina de papa en comparación con la papa, no hubo modificación de drástica de nutrientes puesto que, de acuerdo con Bernal *et al.*, (2017) la PC % tuvo un rango de (7,67-9,71%), un porcentaje de humedad (14,05-15,19%) y E.E (0,11-0,57%), datos que son alusivos al estudio. Con base en la composición nutricional de las excretas porcinas Castrillón *et al.*, (2004) reportó valores para la PB (15,8-26,92%), Humedad (72,52-80,73%), E.E (3,85-9,83) y Cenizas (14,28-20,34%) datos que concuerdan con los del presente estudio, con variación para el porcentaje de cenizas, pudiendo llegar a implementarse como alternativa alimentaria para próximos investigativos.

En cuanto a la digestibilidad de materia seca el mejor valor se obtuvo al incluir el 20% de harina de papa, seguido por el de la inclusión del 30% de harina de papa, el control registro el menor valor en referencia a dicha variable, lo cual es un indicativo del grado en que los nutrientes son digeridos y absorbidos en el tracto gastrointestinal (Siccardi *et al.*, 2006).

6. Conclusiones

Se determinó que la inclusión del 30% de harina de papa tuvo efectos positivos sobre las variables productivas (ganancia diaria de peso, ganancia de peso total y conversión alimenticia), en cambio la inclusión del 20% y el tratamiento control sólo mejoraron el valor de la eficiencia alimenticia.

Con respecto al valor porcentual de la digestibilidad de la materia seca los mejores tratamientos fueron al incluir el 20% y 30% de la harina de papa con respecto al control.

Con respecto a la calidad de la composición proximal tanto para el concentrado que se elaboró, como para la harina de papa y el estiércol, las dos materias primas mostraron tener efectos positivos sobre los parámetros productivo.

7. Recomendaciones

Sería interesante en próximos estudios evaluar el efecto de los diferentes niveles de inclusión de harina de papa secados por varios métodos como por aire caliente y tambor de secado para determinar la variación o no variación de la composición proximal con respecto a la papa.

Sería importante que en otros trabajos investigativos se evaluará en la harina de papa la digestibilidad del almidón y mirar que otros factores intrínsecos de su composición nutricional afectan de manera positiva o negativa el desempeño productivo de los animales.

Se sugiere hacer un proyecto en donde se evalué el efecto de las excretas porcinas sobre la alimentación animal.

Sería primordial hacer un estudio con diferentes variedades de papa, para determinar si la presencia de carotenoides influye sobre la coloración de la canal en otros animales monogástricos como los pollos de engorde.

Se sugiere realizar estudios donde se demuestre los efectos de los antioxidantes y las antocianinas presentes en la papa y su uso como alimento funcional.

Se recomienda medir a lo largo del experimento la temperatura y la humedad relativa para ver como estos factores medioambientales influyen en el consumo diario de alimento y la velocidad de crecimiento.

Referencias Bibliográficas

- Adeleke, R., y Odedeji, J. (2010). Functional Properties of Wheat and Sweet Potato Flour Blends. *Pakistan Journal of Nutrition*, 9(6), 535–538. doi:[10.3923/pjn.2010.535.538](https://doi.org/10.3923/pjn.2010.535.538)
- Aguilera, M., Reza, M, Chew, R., y Meza, J. (2011). Propiedades funcionales de las antocianinas. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 13 (2), 16-22. Recuperado de <http://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/81/75>
- Arboleda, E. (2011). Desarrollo del manual de desposte de cerdo para la empresa Carne Vally S.A. Caldas, Colombia: LASALLISTA. Recuperado de http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/387/1/Manual_desposte_carnevally_SA.pdf
- Asociación Colombiana de Porcicultores. (2017). Balance de la porcicultura más que información es el mundo porcícola. Bogotá, Colombia. PORKCOLOMBIA. Recuperado de <https://www.miporkcolombia.co/wp-content/uploads/2018/06/228.pdf>
- Asociación Colombiana de Porcicultores. (2018). Boletín análisis del sector porcicultor del año 2018 y perspectivas 2019. Bogotá, Colombia: PORKCOLOMBIA. Recuperado de https://www.miporkcolombia.co/wp-content/uploads/2019/03/Bol_Inf_2018.pdf
- Bárta, J., Bártová, V., Brabcová, A., Horácková, V., y Zdráhal, Z. (2015). Amino acid composition and nutritional value of four cultivated South American potato species. *Journal of Food and Analysis*, V. 40, 78-85. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157515000204?via%3Dihub>
- Bernal, W., Maicelo, J., y Yoplac, I. (2017). Caracterización bromatológica de insumos no tradicionales para la alimentación animal en la región Amazonas. *Revista Ricba*, 1 (1), 27-32. Recuperado de <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/ricba/article/view/164>
- Boehlke, C., Zierau, O., y Hannig, C. (2015). Salivare amylase the enzyme of unspecialized euryphagous animals. *Archives of Oral Biology*, 60 (8), 1162-1176. doi: [10.1016/j.archoralbio.2015.05.008](https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2015.05.008)
- Bonales, J., Pedraza, O., y Paz, I. (2015). Competitividad Internacional de las empresas Mexicanas Exportadoras Porcícolas. *Revista de Investigación Administrativa*, 44 (116), 1-21. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/ia/v44n116/2448-7678-ia-44-116-00002.pdf>
- Bovell, A. (2007). Sweet potato a review of its past present and future role in human nutrition. *Advances in Food and Nutrition Research*, V. 52, 1-59. doi: [10.1016/S1043-4526\(06\)52001-7](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(06)52001-7)

- Bowyer, M., Pristijono, P., Scarlett, C., Singh, S., y Thakur, R. (2019). Starch based films major factors affecting their properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 132 (1), 1079-1089. doi: [10.1016/j.ijbiomac.2019.03.190](https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.03.190)
- Braña, D (2014). Producción de carne en América Latina. Cartagena, Colombia: MIPORCKOLOMBIA. Recuperado de <https://www.miporkcolombia.co/wp-content/uploads/2018/07/2014diego-branha-varela.pdf>
- Buenaño, C. (2015). Formulación de dietas alimenticias utilizando harina de papa china *Colocasia esculenta* L en la alimentación de cerdos *Sus scrofa* en la etapa de post destete. (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. Recuperado de <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/10544/1/Tesis-102%20%20%20Ingenier%20%20Ada%20Agron%20%20b3mica%20-CD%20326.pdf>
- Calliope, S., Lobo, M., y Sammán, N. (2018). Biodiversity of Andean potatoes: Morphological, nutritional and functional characterization. *Food Chemistry*, V. 238, 42–50. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814616320878>
- Campos, A., Salguero, S., Albino, L., y Rostagno, H. (2008). Aminoácidos en la nutrición de pollos de engorde proteína ideal. Viçosa, Brasil: AJILYS. Recuperado de <http://www.ajilys.com.br/upload/Aminoacidos%20en%20la%20Nutricion%20de%20Pollos%20de%20Engorde%20Proteina%20Ideal.pdf>
- Cerón, A., Buchely, M., Hurtado, A., y Osorio, O. (2011). Estudio de la formulación de la harina de papa de la variedad parda pastusa *Solanum tuberosum* como sustituto parcial de la harina de trigo en panadería. *Revista de Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 9 (1), 105-111. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v9n1/v9n1a13.pdf>
- Chalán, L. (2008). Utilización de diferentes niveles de harina de papa en la alimentación de cerdos en las etapas de crecimiento y engorde. (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/1605/1/17T0849.pdf>
- Chiatchoua, C., Gómez, T., y Rebollar, S. (2019). Application effects of tax in Mexico case pork meat. 34 (86), 245-261. Recuperado de <http://revistastmp.azc.uam.mx/analisis-economico/index.php/rae/article/view/425/336>
- Coronado, M., Vega, S., Rey, L., Vázquez, M., y Radilla, C. (2015). Antioxidants present perspective for the human health. *Chilean Nutrition Journal*, 42 (2), 206-212. Recuperado de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-75182015000200014&script=sci_arttext
- Costa, H., Galoburda, R., Karklina, D., Murniece, I., Santare, D., y Skrabule, I. (2011). Nutritional composition of freshly harvested and stored Latvian potato *Solanum tuberosum* L. varieties depending on traditional cooking methods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24

- (4-5), 699–710. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157510002619?via%3Dihub>
- Cubillos, R. (2016). No todo es maíz y soja alternativas en la alimentación porcícola. San Diego, Venezuela: PROSEAGRO. Recuperado de <http://www.proseagro.com/no-todo-es-maiz-y-soja-alternativas-en-alimentacion-porcicola/>
- Custodio, R. (2016). Efecto de la inclusión de harina de papa *Solanum tuberosum* en dietas de pollos de engorde sobre los parámetros productivos y económicos. (tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú. Recuperado de http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/2931/1/RE_MED.VETE_ROSA.CUSTODIO_INCLUSION.DE.HARINA.DE.PAPA_DATOS.PDF
- Dinero (2018). Sector porcicultor uno de los más productivos del momento. Bogotá, Colombia: AGROINDUSTRIA. Recuperado de <https://www.dinero.com/edicion-impresa/negocios/articulo/balance-del-sector-porcicultor-en-colombia/255321>
- El, A., y Ray, R. (2015). Potential impacts of bioprocessing of sweet potato review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 57 (3), 455-471. Recuperado de [10.1080/10408398.2014.960909](https://doi.org/10.1080/10408398.2014.960909)
- Evans, R., y Heather, L. (2019). Human metabolism pathways and clinical aspects. Sugery Oxford. doi: [10.1016/j.mpsur.2019.03.006](https://doi.org/10.1016/j.mpsur.2019.03.006)
- Ezekiel, R., y Singh, N. (2011). Use of Potato Flour in Bread and Flat Bread. Flour and Breads and Their Fortification in Health and Disease Prevention, 247-259. doi: [10.1016/B978-0-12-380886-8.10023-6](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-380886-8.10023-6)
- Federación Colombiana de Productores de Papa (2017). Generalidades del sector de la papa. Bogotá, Colombia: FEDEPAPA. Recuperado de <https://fedepapa.com/wp-content/uploads/2017/01/REVISTA-43-OK.pdf>
- Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario. (2019). Sector porcicultor cierra 2016 con un crecimiento del 15%. Bogotá, Colombia: FINAGRO. Recuperado de <https://www.finagro.com.co/>
- Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. (s.f). Proteína de patata aislado. España: FEDNA. Recuperado de http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/prote%C3%ADna-de-patata-aislado
- García, L., y Serna, S. (2019). Corn History and Culture, 1-18. doi: [10.1016/B978-0-12-811971-6.00001-2](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811971-6.00001-2)
- Garzón, V. (1999). La soja principal fuente de proteína en la alimentación de especies menores. La libertad, Villavicencio: AGROSAVIA. Recuperado

- https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/19582/64657_24633.pdf?sequence=1
- González, X. (2019). El sector porcícola colombiano mueve al año 2,6 billones de pesos en términos de producción. Bogotá, Colombia: AGRONEGOCIOS. Recuperado de <https://www.agronegocios.co/ganaderia/el-sector-porcicola-colombiano-mueve-al-ano-26-billones-en-terminos-de-produccion-2832964>
- Gregory, P. (1984). Glycoalkaloid composition of potatoes diversity and biological implications. *American Potato Journal*, 61 (3), 115-112. doi: [10.1007/BF02854033](https://doi.org/10.1007/BF02854033)
- Guha, M., Ramteke, R., Tharanathan, R., y Yadav, A. (2006). Influence of drying conditions on functional properties of potato flour. *European Food Research and Technology*, 223(4), 553–560. doi:[10.1007/s00217-005-0237-1](https://doi.org/10.1007/s00217-005-0237-1)
- Hellman, H., Navarra, D., y Shakya, R. (2016). Vitamins phytonutrients and minerals in potato: Advances in Potato Chemistry and Technology. doi:[10.1016/B978-0-12-800002-1.00006-6](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800002-1.00006-6)
- Hernández, M., Torruco, J., Chel, L., y Betancur, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán México. *Revista de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 28 (3), 718-726. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/cta/v28n3/a31v28n3.pdf>
- Hirsch, C., Hirsch, C., Felcher, K., Coombs, J., Zarka, D., Van Deynze, A., De Jong, W., Veilleux, R., Jansky, S., Bethke, P., Douches, D., y Buell, C. (2013). Retrospective View of North American Potato *Solanum tuberosum* L. Breeding in the 20th 21st Centuries Genes Genomes Genetics, 3(6), 1003–1013. doi:[10.1534/g3.113.005595](https://doi.org/10.1534/g3.113.005595)
- Hyeon., y Won, Y. (2018) Effect of drying and grinding characteristics of colored potato *Solanum tuberosum* L on tribology of mashed colored potato paste. *Journal of Food*, 16 (1), 135-145. doi: [10.1080/19476337.2017.1348394](https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1348394)
- Interporc. (2018). Casi el 50% de la grasa del lomo de cerdo de capa blanca es monoinsaturada igual que la grasa del aceite de oliva. Madrid, España: INTERPORC. Recuperado de <https://interporc.com/2018/11/26/grasa-lomo-de-cerdo-monoinsaturada?cat=actualidad/prensa#>
- Kondamudi, N., Smith, J., y McDougal, O. (2017). Determination of Glycoalkaloids in Potatoes and Potato Products by Microwave Assisted Extraction. *American Journal of Potato Research*, 94 (2), 153-159. doi: [10.1007/s12230-016-9558-9](https://doi.org/10.1007/s12230-016-9558-9)
- Leonel, M, Do Carmo, E., Fernandes, A., Soratto, R., Ebúrneo, J., García, E., y Dos Santos, T. (2017). Chemical composition of potato tubers the effect of cultivars and growth conditions. *Journal Food Science and Technology*, 54 (8), 2372-2378. doi: [10.1007/s13197-017-2677-6](https://doi.org/10.1007/s13197-017-2677-6)

- Madera, J. (Eds.). (2017). Meat Composition and Nutritional Value: Lawrie's Meat Science. doi: [10.1016/B978-0-08-100694-8.00020-0](https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100694-8.00020-0)
- Mahan, D. (2006). Necesidades de minerales en cerdos seleccionados por un alto contenido en magro y cerdas de alta productividad. Barcelona, España: FEDNA. Recuperado de http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/00-produccion_porcina_general/56-necesidades_minerales.pdf
- Martín, I. (2011). Determinación de los glicoalcaloides α -solanina y la α -chaconina en patata mediante cromatografía de los líquidos de ultra presión acoplada a espectrometría de masa de triple cuadrupolo (maestría). Universidad de Almería, Almería, España. Recuperado de <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/491/DETERM~1.PDF?sequence=1&isAllowed=y>
- Ministerio de Agroindustria. (2017). Mercado externo de la papa. Buenos Aires, Argentina: AGROINDUSTRIA. Recuperado de https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/areas/hortalizas/archivos/000030_Informes/000995_Mercado%20Externo%20de%20la%20Papa%20-%202017.pdf
- Moore, S., Ai, Y., Chang, F., y Jane, J. (2015). Effects of alpha amylase reaction mechanics on analysis of resistant starch contents. Carbohydrate Polymers, 115, 465-471. doi: [10.1016/j.carbpol.2014.09.014](https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.09.014)
- Moyano, M. (2014). Fermentación en sólido FES de la papa *Solanum tuberosum* como alternativa tecnológica para la alimentación animal (Especialización en Nutrición Animal Sostenible). Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Recuperado de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/2545/1/2014-06.pdf>
- Mu, T., Zhang, M., Sun, H., y Pérez, I. (2019). Sweet potato staple foods. Sweet Potato, 273-302. doi: [10.1016/B978-0-12-813637-9.00010-7](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813637-9.00010-7)
- Murniece, I., Karklina, D., Galoburda, R., Santare, D., Skrabule, I., y Costa, H. (2011). Nutritional composition of freshly harvested and stored Latvian potato *Solanum tuberosum* L varieties depending on traditional cooking methods. Journal of Food Composition and Analysis, 24 (4-5), 699-710. doi: [10.1016/j.jfca.2010.09.005](https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.09.005)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). Cerdos nutrición y los alimentos, Bogotá, Colombia: FAO. Recuperado de http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/pigs/AP_nutrition.html
- Padmanabhan, P., Paliyath, G., y Sullivan, J. (2016). Potatoes and related crops. Encyclopedia of Food and Health [versión electrónica]. Guelph Ontario, Canadá: Elsevier Ltd., <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123849472005560>

- Pardo, O., Castañeda, J., y Ortiz, C. (2013). Caracterización estructural y térmica de almidones provenientes de diferentes variedades de diferentes variedades de papa. *Revista Acta Agronómica*, 62 (4), 289-295. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-28122013000400001&script=sci_arttext&tlng=en
- Pereira, A. (2009). *Farinha de batata Solanum tuberosum L. obtenção, caracterização físico-química, funcional, elaboração e caracterização de sopas desidratadas*. (Tesis de postgrado). Universidade Estadual Do Sudoeste Da Bahia, [Vitória da Conquista](#), Brasil. Recuperado de <http://www2.uesb.br/ppg/ppgecal/wp-content/uploads/2017/04/ALEXANDRA-SANTOS.pdf>
- Pereira, P., y Vicente, A. (2013). Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Science*, 93 (3), 586-592. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174012003385>
- Pérez, S., y Bertoft, E. (2010). The molecular structures of starch components and their contribution to the architecture of starch granules a comprehensive review. *Starch Stärke*, 62 (8), 389–420. doi:[10.1002/star.201000013](https://doi.org/10.1002/star.201000013)
- Pu, H., Wei, J., Wang, L., Huang, J., Chen, X., Luo, C, Liu, S y Zhang, H. (2017). Effects of potato wheat flours ratio on mixing properties of dough and quality of noodles. *Journal of Cereal Science*, V. 76, 236-242. doi: [10.1016/j.jcs.2017.06.020](https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.06.020)
- Quispe, U. (2001). Obtención del extracto de Romero *Rosmarinus officinalis* L y su aplicación como antioxidante en chuleta de cerdo. (tesis de pregrado). Universidad Agraria de la Selva, Tingo María, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/191/FIA-114.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez, L. (2010). Origen y evolución de la papa cultivada una revisión. *Revista de Agronomía Colombiana*, 28 (1), 9-17. Recuperado de <https://www.redalyc.org/html/1803/180315651001/>
- Rodríguez, D. (2013). Efecto de la concentración de almidones resistentes de la papa común *Solanum tuberosum* y criolla *Solanum phureja* sobre la digestibilidad de nutrientes energía metabolizable e integridad del tracto gastrointestinal de pollos de engorde. (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/39435/1/780209.2013.pdf>
- Rostagno, S., Teixeira, L., Hannas, M., Donzele, J., Sakomura, N., Guilherme, F, Saraiva, A., Teixeira, M., Rodrigues, P., Oliveira, R., Toledo, S., y Oliveira, C. (2017). *Tablas brasileiras para aves y cerdos*, 3^{ra} edición. Brasil: Universidad Federal de Viçosa, Recuperado de <https://eliasnutri.files.wordpress.com/2018/09/tablas-brasilec3b1as-aves-y-cerdos-cuarta-edicion-2017-11.pdf>

- Serra, L. (2010). Nutrición comunitaria y sostenibilidad concepto y evidencias. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, 16 (1), 35-40. doi: [10.1016/j.meatsci.2012.09.018](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.09.018)
- Siccardi, A., Lawrence, D., Gatlin, D., Fox, J., Castille, F., Perez, M., González, F. (Noviembre de 2006). Digestibilidad aparente de energía, proteína y materia seca utilizados en alimentos balanceados para el camarón blanco del Pacífico. En E. Cruz., D. Ricque., M. Tapia., M. Nieto., D. Villareal., A. Puello., y A. García (Presidencia), *Avances en Nutrición Acuícola VII. Simposio llevado a cabo en el Congreso Internacional de Nutrición Acuícola*, Monterrey, México.
- Sofos (2013). Reduciendo el costo de alimentación en la industria porcina. Bogotá, Colombia: SOFOCORP. Recuperado de <http://www.sofocorp.com/reduciendo-el-coste-de-alimentacion-en-la-industria-porcina/>
- Supelano, J. (2017). El drama de la pequeña y mediana porcicultura Colombiana en el contexto sanitario de TLC Colombia Estados Unidos. (tesis de pregrado). Universidad Externado de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de [https://bdigital.uexternado.edu.co/bitstream/001/339/1/DBA-spa-2017-El drama de la peque%C3%B1a y mediana porcicultura.pdf](https://bdigital.uexternado.edu.co/bitstream/001/339/1/DBA-spa-2017-El%20drama%20de%20la%20peque%C3%B1a%20y%20mediana%20porcicultura.pdf)
- Tian, J., Chen, J., Ye, X., y Chen, S. (2016). Health benefits of the potato affected by domestic cooking a review. *Food Chemistry*, 202, 165-175. doi: [10.1016/j.foodchem.2016.01.120](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.120)
- Van Heerden., y Smith, M. (2013). The nutrient composition of three cuts obtained from P-class South African pork carcasses. *Food Chemistry*, 140 (3), 458-465. doi: [10.1016/j.foodchem.2012.10.066](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.10.066)
- Vasilyev, G., Vilensky, R., y Zussman, E. (2019). The ternary system amylose amylopectin formic acid as precursor for electrospun fibers with tunable mechanical properties: *Carbohydrate Polymers*. doi: [10.1016/j.carbpol.2019.03.047](https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.03.047)
- Venereo, J. (2002). Daño oxidativo radicales libres y antioxidantes. *Revista Cubana de Medicina Militar*. 31(2), 126-133. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0138-65572002000200009&script=sci_arttext&tlng=pt#cargo
- Villacrés, E., Peña, P., Cuesta, H., y Espín, N. (2010). Efecto del procesamiento en el contenido de glicoalcaloides de papas nativas *Solanum sp.* Quito, Ecuador: INIAP, CIP. Recuperado de <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3125/1/iniapsc328ef.pdf>
- Zeraik, M., Pereira, C., Zuin, V., y Yariwake, J. Maracujá um alimento funcional. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 20 (3), 459-471. Recuperado de [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/8652544/a26v20n3.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DMaracuja um alimento funcional.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20190710%2Fus-east-](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/8652544/a26v20n3.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DMaracuja+um+alimento+funcional.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20190710%2Fus-east-)

[1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20190710T014722Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=a438fb617e11f9366f9c97a0f4f561c9b613d859bbcf59a194e63386925a9ec7](#)

Apéndices

Apéndice A: Dietas con solo alimento balanceado

Etapa	P.B (%)	E.M (Kcal/kg)
Cerdos ceba	14,00	3.230,00

% en dieta	P.B (%)	E.M (kcal/kg)	aporte prot	aporte ener	ms
		2.450,00	-	-	78,00
		2.248,00	-	-	93,00
-			-	-	

rquerim prot	requerim energ
14,00	3.230,00
-	-
14,00	3.230,00

Minerales	% sal
	0,50
vit	% vitamina

falta	
% proteína	energía
14,36	3.312,82

% materias primas	
-	-
-	-
Minerales	0,50
vit	2,00
	2,50
diferencia	
	97,50

Materias primas	Proteína	Energía	M.S (%)	Precio
Torta de soya	46,50	3.350	89,00	1.904,00
Salvado de trigo	15,00	2.650	89,00	893,00
Maiz	8,00	3.420	90,00	1.130,00
Salvado de trigo	15,00	2.650	89,00	893,00

Mezcla 1

Torta de soya	3.350,00		662,82
		3.312,82	
Salvado de trigo	2.650,00		37,18
			700,00

Mezcla 1		prot	prot
Torta de soya	94,69	46,50	44,03
Salvado de trigo	5,31	15,00	0,80
	100,00		44,83

Mezcla 2

Maiz	3.420,00		- 662,82
		3.312,82	
Salvado de trigo	2.650,00		- 107,18
			- 770,00

Mezcla 2			
Maiz	86,08	8,00	6,89
Salvado de trigo	13,92	15,00	2,09
	100,00		8,97

Mezcla 3

Mezcla 1	44,83		- 5,38
		14,36	
Mezcla 2	8,97		- 30,47
			- 35,85

Mezcla 1	15,02
Mezcla 2	84,98
	100,00

Apéndice B: Dieta con inclusión del 20% de harina de papa

Etapa	Proteína%	Energía Kcal/kg
Cerdos ceba	14,00	3.230,00

	% en dieta	% Proteína Bruta	E.M. (kcal/kg)	Aporte proteína	Aporte energía	M.S (%)
papa	20,00	8,90	2.980,00	1,78	596,00	78,00
			2.248,00	-	-	93,00
	20,00			1,78	596,00	
		falta		Req. Proteico	Req. Energético	
		% proteína	energía	14,00	3.230,00	
		15,47	3.334,18	1,78	596,00	
				12,22	2.634,00	

Minerales	% Sal
	0,50
premezcla	% vitamina
	0,50

% Materias primas	
papa	20,00
-	-
Minerales	0,50
premezcla	0,50
	21,00
	diferencia
	79,00

Materias primas	Proteína	Energía	M.S (%)	Precio
Torta de soya	46,50	3.350	89,00	1.904,00
Salvado de trigo	15,00	2.650	89,00	893,00
Maiz	8,00	3.420	90,00	1.130,00
Salvado de trigo	15,00	2.650	89,00	893,00

Mezcla 1

Torta de soya	3.350,00		662,82
		3.312,82	
Salvado de trigo	2.650,00		37,18
			700,00

Mezcla 1		prot	prot
Torta de soya	94,69	46,50	44,03
Salvado de trigo	5,31	15,00	0,80
	100,00		44,83

Mezcla 2

Maiz	3.420,00	-	662,82
		3.312,82	
Salvado de trigo	2.650,00	-	107,18
		-	770,00

Mezcla 2			
Maiz	86,08	8,00	6,89
Salvado de trigo	13,92	15,00	2,09
	100,00		8,97

Mezcla 3

Mezcla 1	44,83	-	9,74
		18,72	
Mezcla 2	8,97	-	26,11
		-	35,85

Mezcla 1	27,18
Mezcla 2	72,82
	100,00

Apéndice C: Dietas con el 30% de Harina de papa.

Etapas	P.B (%)	E.M (Kcal/kg)
Cerdos cebo	15,53	3.230,00

	% en dieta	% proteína	kcal/kg	aporte prot	aporte ener	M.S (%)
Papa	30,00	8,90	2.980,00	2,67	894,00	78,00
			2.248,00	-	-	93,00
	30,00			2,67	894,00	

requerim prot	requerim energ
15,53	3.230,00
2,67	894,00
12,86	2.336,00

Minerales	% sal
	0,50
premezcla	% vitamina
	0,50

falta	
% proteína	energía
18,64	3.385,51

% materias primas	
Papa	30,00
-	-
Minerales	0,50
premezcla	0,50
	31,00
diferencia	
	69,00

Materias primas	proteína	ener	ms	precio
Torta de soya	46,50	3.320	89,00	1.600,00
Maiz	8,50	3.420	90,00	950,00
Maiz	8,00	3.420	90,00	950,00
Salvado de trigo	15,00	3.000	89,00	893,00

mezcla 1

Torta de soya	3.320,00	-	34,49
		3.385,51	
Maiz	3.420,00	-	65,51
		-	100,00

mezcla 1		prot	prot
Torta de soya	34,49	46,50	16,04
Maiz	65,51	8,50	5,57
	100,00		21,61

mezcla2

Maiz	3.420,00	-	385,51
		3.385,51	
Salvado de trigo	3.000,00	-	34,49
		-	420,00

mezcla 2			
Maiz	91,79	8,00	7,34
Salvado de trigo	8,21	15,00	1,23
	100,00		8,57

mezcla 3

mezcla1	21,61	-	10,06
		18,64	
mezcla2	8,57	-	2,97
		-	13,03

mezcla 1	77,21
mezcla2	22,79
	100,00