

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO PREVIO A
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERIA
AGROPECUARIA.**

**“Digestibilidad aparente de los nutrientes de la harina de tubérculos
de rechazo de papa china (*Colocasia esculenta (L.) Schott*) en cerdos en
crecimiento Largewhite x Duroc x Pietrain”**

AUTOR (A):

Mora Guaman Stefanny Silvana

DIRECTOR DE PROYECTO:

Dra. Alina Ramírez Sánchez, PhD

PUYO – ECUADOR

2018

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Stefanny Silvana Mora Guaman, con C.I: 1600646630, certifico que los criterios y opiniones que constan en el Proyecto de Investigación y Desarrollo bajo el tema: “Digestibilidad aparente de los nutrientes de la harina de tubérculos de rechazo de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) en cerdos en crecimiento Largewhite x Duroc x Pietrain”, son de mi autoría y exclusiva responsabilidad.

Stefanny Silvana Mora Guaman

1600646630

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Por medio del presente, Yo, Alina Ramírez Sánchez, con C.I: 1756943419 certifico que la egresada, Stefanny Silvana Mora Guaman, realizó el Proyecto de Investigación y Desarrollo titulado: “Digestibilidad aparente de los nutrientes de la harina de tubérculos de rechazo de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) en cerdos en crecimiento Largewhite x Duroc x Pietrain”, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario bajo mi supervisión.

Dra. C. Alina Ramírez Sánchez, PhD

DIRECTORA DE PROYECTO

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



Urkund Analysis Result

Analysed Document: proyecto final digestibilidad stefanny.docx (D40184351)
Submitted: 6/14/2018 10:30:00 PM
Submitted By: wcaicedo@uea.edu.ec
Significance: 5 %

Sources included in the report:

<http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/2419/1/T-SENECYT-01218.pdf>

Instances where selected sources appear:

5

AVAL

Quien suscribe Dra. Alina Ramírez Sánchez, PhD. Docente de la Universidad Estatal Amazónica avaliza el Proyecto de investigación:

Título: “Digestibilidad aparente de los nutrientes de la harina de tuberculos de rechazo de papa china (*Colocacia esculenta* (L.)Schott) en cerdos en la etapa de crecimiento Largewhite x Duroc x Pietrain”

Autor: Stefanny Silvana Mora Guaman

Certifico haber acompañado el proceso de elaboración del Proyecto de Investigación y considero cumple los lineamientos y orientaciones establecidas en la normativa vigente de institución.

Por lo antes expuesto se avala el Proyecto de investigación para que sea presentado en la Coordinación de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria como forma de titulación como Ingeniero en agropecuaria, y que dicha instancia considere el mismo a fin de que tramite lo que corresponda.

Para que asi conste, firmo a los 15 días del mes de junio del 2018.

Atentamente,

Dra. Alina Ramírez Sánchez, PhD
1756943419

INFORME DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título: “Digestibilidad aparente de nutrientes en cerdos en crecimiento Largewhite x Duroc x Pietrian alimentados con harina de tubérculos de rechazo de papa china (*Colocasia esculenta* L. Schott)”

Autor (a): Mora Guaman Stefanny Silvana

Unidad de Titulación: Semestre 2018-2018

Director del proyecto: Alina Ramírez Sánchez

Fecha: 14/06/2018

Introducción y contexto de la investigación:

El desarrollo de la investigación está enfocado a la evaluación de una alternativa de alimentación con fuentes energéticas propias de la región amazónica y que provee de grandes cantidades de desechos en el proceso de comercialización. Por lo que los tubérculos de rechazo de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott), pueden constituir un alimento para los cerdos en crecimiento si se comprueba la digestibilidad de los nutrientes.

Cumplimiento de objetivos

Cumplimiento de los objetivos

Se determinó la digestibilidad aparente de la materia seca (MS) y materia orgánica (MO) de la harina de tubérculos de rechazo de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) en dietas para cerdos en la etapa de crecimiento (Largewhite x Duroc x Pietrain).

Principales resultados

Se obtuvo la digestibilidad aparente de la MS y la MO en dietas de harina de tubérculos de rechazo de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott con sustitución al maíz en un 20 y 40% de maíz.

El estudiante Mora Guaman Stefanny Silvana mostró durante el desarrollo del experimento independencia y análisis en el laboratorio, así como logró adquirir habilidad en la escritura y búsqueda de referencias bibliográficas. Cumple con las 400 horas establecidas en el Reglamento de Régimen Académico de la UEA.

La escritura, redacción y calidad del documento cumple con las normas establecidas por la institución.

Sin otro particular.

Atentamente,

Dra. Alina Ramírez Sánchez, PhD

1756943419

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE
SUSTENTACIÓN**

El proyecto de investigación y desarrollo, titulado: “Digestibilidad aparente de los nutrientes de la harina de tubérculos de rechazo de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) *Schott*) en cerdos en crecimiento Largewhite x Duroc x Pietrain”, fue aprobado por los siguientes miembros del tribunal.

Dra. Maria Isabel Viamonte Garcés, PhD

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Dr. Willan Orlando Caicedo Quinche, PhD

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. Francisco Lam Romero, PhD

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTOS

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

A las Autoridades de la Universidad

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

Dr. Yoel Rodríguez, PhD. Coordinador Carrera de Ingeniería Agropecuaria, por su apoyo académico incondicional, la amistad y consejos brindados desde el inicio de mi formación.

A la Dra. Alina Ramírez Sánchez PhD, por su apoyo incondicional, quien con sus conocimientos ha sabido guiarme en el desarrollo y culminación de mi proyecto de titulación.

Al Dr. William Caicedo PhD, por su apoyo incondicional y siempre estar pendiente en la culminación de mi trabajo de investigación.

A la Ing. Janeth Sánchez MSC, Ing. Andrea Tapuy, MsC, por el aporte que me brindo para la culminación de mi investigación.

A la Dra. María Isabel Viamonte, Ing. Sandra Soria Re MsC, Docente de la Universidad, por su amistad, consejos y por guiarme en toda mi etapa de estudios.

A todos los docentes que impartieron los conocimientos desde el inicio hasta la culminación de mis estudios.

A todos muchas gracias, dios les bendiga.

DEDICATORIA

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

A mi madre Gladys Guaman, a mi padre Heriberto Mora quienes ha sido las personas que me inspiraron me dieron, fuerza y valor para culminar con esta etapa de estudios, por darme la oportunidad de seguir y cumplir mi sueño, por sus consejos, comprensión, amor y ayuda en los momentos difíciles. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, principios y mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mis hermanos y hermana Danny, Estalin y Lady, gracias por recordarme cual era mi objetivo siempre.

A mi sobrino y sobrina, Daniel y Dayamith gracias por su amor y cariño.

A mis cuñadas, Gabriela y Wendy

A las familias, Paredes-Mora, Mora-Silva, Piedra-Mora, Torres-Mora, Nogales-Mora, Cantos-Mora, Yumbo-Mora, Aguirre-Wilcapi y Castro-Rubio, por su apoyo incondicional.

A mi amiga Aracelly Aguirre, gracias por la amistad y el cariño.

A mi amiga Evelyn Galeano, sus hijos Mateo e Isabela, por la amistad el cariño en todos los momentos brindados desde el inicio de la carrera.

A mi amigo Christopher Velasco y Elvia Duchitanga por la amistad brindada desde el principio de la carrera.

A los Ing. Miguel Mera y Fredy Ortiz por sus consejos y afecto brindado.

A Shophia Reyes por sus consejos, afecto y cariño brindado.

A mis compañeros; Cristian, Fernando, Franklin, Luis, Tito, Byron, Dannes, Ibelia y Katerine, que formaron parte de mi carrera profesional.

A mis amigos y conocidos gracias por los consejos impartidos.

Stefanny.

RESUMEN Y PALABRAS CLAVES

En el Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA) de la Universidad Estatal Amazónica, se evaluó la digestibilidad aparente de los nutrientes de la harina de tubérculos de rechazo de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) en dietas para cerdos (Largewhite x Duroc x Pietrain) en la etapa de crecimiento, con un peso medio inicial de 25 kg. Los animales fueron ubicados en 3 jaulas metabólicas y se alimentaron con una dieta control (T1) y dos dietas experimentales T2 (20%) y T3 (40%) de harina de tubérculos de rechazo de papa china. El consumo del alimento se ajustó a razón de $0.10 \text{ kg.MS.kg PV}^{0.75} \text{ día}^{-1}$; alimentados dos veces al día (08:00 am y 15:00 pm) con agua de bebida a voluntad. El experimento estuvo constituido por tres periodos, y divididos en dos fases, (una de adaptación a las dietas con una duración de cinco días y la otra fase de cinco días para la recolección de heces fecales). Las heces se recolectaron en la mañana, por el método de colecta total, se almacenaron en fundas herméticas y se mantuvieron en refrigeración para la evaluación de la digestibilidad aparente de la materia seca (MS) y materia orgánica (MO). El experimento se condujo a través de un diseño cuadrado latino 3x3, la comparación de medias se realizó con la prueba de Newman Keuls ($P \leq 0.05$). La harina de tubérculos de papa china presentó altos coeficientes ($P \leq 0.05$) de digestibilidad de la materia seca (MS) siendo superior en los T2 (96.06%) y T3 (94.19%) con respecto al control. Sin embargo, en la materia orgánica (MO) no tuvo diferencias significativas ($P > 0.05$) entre tratamientos: T1 (99.63%); T2 (99.62%) y T3 (99.67%). La inclusión de 20 y 40% de harina de tubérculos de papa china en la dieta de cerdos en ceba (largewhite x Duroc x Pietrain) no afectó la digestibilidad de la MO. El mejor coeficiente de digestibilidad de la MS se obtuvo con la sustitución del 20% del maíz por harina de tubérculos de papa china.

PALABRAS CLAVES: alimento alternativo, cerdos, digestibilidad aparente, sustitución.

ABSTRACT AND KEYWORDS

In the Amazon Research, Postgraduate and Conservation Center (CIPCA) of the Amazon State University, the apparent digestibility of the nutrients of the tuber rejection meal of Chinese potato (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) in diets for pigs (Largewhite x Duroc x Pietrain) in the growth stage, with an initial average weight of 25 kg. The animals were placed in 3 metabolic cages and were fed with a control diet (T1) and two experimental diets T2 (20%) and T3 (40%) of tuber meal of Chinese potato rejection. The consumption of the food was adjusted at a rate of 0.10 kg.MS.kg PV0.75 day⁻¹; fed twice a day (08:00 am and 15:00 pm) with drinking water at will. The experiment consisted of three periods, divided into two phases (one of adaptation to the diets with a duration of five days and the other phase of five days for the collection of faeces). The faeces were collected in the morning, by the method of total collection, stored in hermetic covers and kept in refrigeration for the evaluation of the apparent digestibility of the dry matter (DM) and organic matter (OM). The experiment was conducted through a 3x3 Latin square design, the comparison of means was made with the Newman Keuls test ($P \leq 0.05$). Chinese potato tuber meal showed high coefficients ($P \leq 0.05$) of dry matter digestibility (DM), being higher in T2 (96.06%) and T3 (94.19%) than in control. However, in organic matter (OM) there were no significant differences ($P > 0.05$) between treatments: T1 (99.63%); T2 (99.62%) and T3 (99.67%). The inclusion of 20 and 40% of tuber meal of Chinese potatoes in the diet of fattening pigs (largewhite x Duroc x Pietrain) did not affect the OM digestibility. The best DM digestibility coefficient was obtained with the substitution of 20% of corn by Chinese potato tuber meal.

KEY WORDS: alternative food, pigs, apparent digestibility, substitution.

TABLA DE CONTENIDOS

CAPITULO I.....	1
1.1 JUSTIFICACIÓN.....	1
1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2

1.3 OBJETIVOS.....	2
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
CAPITULO II.....	3
2. FUNDAMENTACION TEÓRICA.....	3
2.1 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA PLANTA DE PAPA CHINA (COLOCASIA ESCULENTA (L.) SCHOTT).....	3
2.3 FACTORES ANTI NUTRICIONALES DE LA PAPA CHINA (COLOCASIA ESCULENTA (L.) SCHOTT).....	3
2.4 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PAPA CHINA (COLOCASIA ESCULENTA (L.) SCHOTT).....	4
2.5 AMINOÁCIDOS DE LA PAPA CHINA (COLOCASIA ESCULENTA (L.) SCHOTT).....	4
2.6 PRODUCCIÓN DE PAPA CHINA (COLOCASIA ESCULENTA (L.) SCHOTT) EN EL ECUADOR.....	5
2.7 SUSTITUCIÓN DE BALANCEADO TRADICIONAL POR HARINA DE PAPA CHINA.....	5
2.8 MÉTODOS PARA DETERMINAR LA DIGESTIBILIDAD.....	6
2.9 DIGESTIBILIDAD DE NUTRIENTES EN CERDOS EN CRECIMIENTO.....	6
CAPITULO III.....	8
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
3.1 LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	8
3.3 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN UTILIZADO FUE EXPERIMENTAL.....	9
3.4 PARA LA ELABORACIÓN DE LA HARINA DE PAPA CHINA SE REALIZARÁ LOS SIGUIENTES PROCEDIMIENTOS.....	9
3.5 ELABORACIÓN DE LA HARINA DE TUBÉRCULOS DE PAPA CHINA.....	9
3.5.1 Obtención de los tubérculos de papa china.....	9
3.5.2 Lavado de tubérculos de papa china.....	9
3.5.3 Troceado y secado de la papa china.....	9

3.5.4 Obtención de la harina de tubérculos de papa china y empaçado.....	9
3.6 ESTUDIO DE LA DIGESTIBILIDAD APARENTE EN CERDOS DE CRECIMIENTO.....	9
3.7 ESTUDIO DE LA DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA MATERIA SECA (MS), MATERIA ORGÁNICA (MO) Y PROTEÍNA BRUTA (PB) EN CERDOS DE CRECIMIENTO.....	10
3.8 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	11
CAPÍTULO IV.....	13
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	13
CAPITULO V.....	15
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	15
CAPITULO VI.....	16
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	16

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Contenido de los principales minerales en tubérculos de papa china frescas	4
Cuadro 2. Contenido de aminoácidos en tubérculos de papa china.....	5
Cuadro 3. Composición y aporte de las dietas experimentales (%).....	10
Cuadro 4. Diseño Experimental de la Investigación Cuadrado Latino 3x3.....	11
Cuadro 5. Coeficientes de digestibilidad aparente de la MS y MO en dietas de cerdos en crecimiento alimentados con harina de tubérculos de papa china de rechazo.....	13

CAPITULO I

1.1 JUSTIFICACIÓN.

El alto consumo de alimentos y el acelerado crecimiento de la población, han aumentado el costo de las materias primas que se utilizan para hacer las dietas balanceadas para los animales monogástricos (Aragadvay, Núñez, Velastegui, Villacis y Guerrero, 2016).

En este sentido existen investigaciones relacionadas con fuentes alternativas en la alimentación de los cerdos, como estrategia adecuada para los sistemas de producción socialmente asequibles y económicamente viables (Ly *et al.*, 2014).

En Ecuador se encuentra disponible una gran cantidad de alimentos alternativos de origen vegetal, factibles para utilizarlos en la alimentación porcina, entre ellos; los tubérculos de rechazo de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott). Dichos tubérculos, reconocidos por ser una buena fuente de carbohidratos y de menor costo, en relación a los cereales u otros tipos de tubérculos y raíces (Adejumo, Babalola y Alabi, 2013).

En la provincia de Pastaza, la papa china es uno de los productos agrícolas de mayor explotación, el cual contribuye al fortalecimiento de las economías familiares de la zona (BanEcuador, 2017). EL 60% de la totalidad de la producción está dirigida al mercado internacional; un 20%, representa la papa china de segunda y tercera calidad que se comercializa en el mercado nacional y el 20% restante constituye el rechazo, que se destina a la alimentación animal (GADPPz, 2014).

Para la utilización de este recurso en alimentación animal, hay que tener en cuenta el valor nutritivo; que está influenciado por el tipo y cantidad de nutrientes que esta aporta; así como la determinación de la presencia de metabolitos secundarios que pueden afectar el comportamiento en el consumo, digestibilidad y aprovechamiento de estos nutrientes (Secombe y Lester, 2012).

Por lo antes expuesto, se considera evaluar el aprovechamiento de los nutrientes del rechazo de la papa china en forma de harina para la alimentación de los cerdos, como una alternativa de producción para los pequeños y medianos productores.

1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

En la actualidad en la Región Amazónica del Ecuador, los productores disponen de una vasta variedad de recursos de origen vegetal que pueden utilizarse para la alimentación de los cerdos, entre ellos se destacan los subproductos del cultivar de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott, de la cual, en el proceso de comercialización, se desecha alrededor del 20% de la producción total. Este recurso vegetal es rico en carbohidratos; lo que podría ser una alternativa de alimentación al utilizarlo como sustituto del maíz en la alimentación de los cerdos y lograr abaratar los costos del balanceado, facilitando para los pequeños y medianos productores la obtención de carne de cerdo a menos costo. De ahí la necesidad de determinar los componentes nutricionales de este producto.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la digestibilidad aparente de los nutrientes de la harina de tubérculos de rechazo de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) en dietas para cerdos en la etapa de crecimiento (Largewhite x Duroc x Pietrain).

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la digestibilidad aparente de la materia seca (MS) y materia orgánica (MO) de la harina de tubérculos de rechazo de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) en dietas para cerdos en la etapa de crecimiento (Largewhite x Duroc x Pietrain).

CAPITULO II

2. FUNDAMENTACION TEÓRICA

2.1 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA PLANTA DE PAPA CHINA (*Colocasia esculenta* (L.) Schott).

Planta herbácea, perennifolia, con un tubérculo sub globoso, estolonífero, subterráneo, que alcanza un tamaño de 6 cm de diámetro. Las hojas son peltadas, con la lámina de 32–36 cm de largo y 22–70 cm de ancho. Las inflorescencias son axilares, fragantes con aroma a frutas, tiene un pedúnculo de 9–80 cm de largo; y espata de hasta 43 cm de largo. Los frutos son bayas subglobosas a oblongas, de 3.5–5 mm de largo y 2.5–3.9 mm de diámetro; con semillas elipsoides, de color café claro Schott y Endl, (2009) citado por (Wikipedia, 2018).

2.2 FACTORES ANTI NUTRICIONALES DE LA PAPA CHINA (*Colocasia esculenta* (L.) Schott).

Cuando se manipulan tubérculos de taro o papa china sin ningún tipo de tratamiento para la alimentación de cerdos, los anti nutrientes limitan el consumo, la digestión y la absorción de nutrientes que contiene dicho tubérculo Gilani *et al.*, (2012) citado por (Caicedo *et al.*, 2017). Si reciben algún tipo de tratamiento, como el molinaje, trituración, remojo, secado, calor y fermentación, estos anti nutrientes se eliminan parcialmente Gefrom *et al.*, (2013) citado por (Caicedo *et al.*, 2017).

La papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) en su estado natural contienen factores anti nutricionales como son: oxalatos, fitatos, taninos y saponinas; por lo que su contenido debe ser reducido o eliminado antes de ofrecer a los animales Agwunobi, (2002) citado por (Caicedo, Rodríguez y Valle, 2013). Lezcano *et al.*, (2014) señalan que es necesario la eliminación de los factores anti nutricionales para conservar el valor nutritivo y su utilización en la alimentación animal.

2.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL TUBERCULO DE PAPA CHINA (*Colocasia esculenta* (L.) Schott).

Además de su alto contenido de almidón, los tubérculos tienen mayor contenido de calcio, magnesio, potasio, zinc, hierro, proteína y aminoácidos que otras raíces y

tubérculos tropicales. El contenido de los principales minerales en tubérculos de papa china frescos, se muestran en el cuadro 1 (Armas, 2012).

Cuadro 1. Contenido de los principales minerales en tubérculos de papa china frescos.

Minerales (mg/100Gms)	
Ca	24.7
Mg	79.6
Na	11.1
K	408
Zn	2.13
Fe	2.33

Fuente: Armas, (2012)

2.4 AMINOÁCIDOS DE LA PAPA CHINA (*Colocasia esculenta* (L.) Schott)

Existen algunos informes acerca del contenido de aminoácidos en tubérculos de papa china, como es usual la mayoría de raíces y tubérculos poseen un déficit marcado en lisina y aminoácidos azufrados, estos resultados se muestran en el Cuadro 2 (Caicedo *et al.*, 2013)

Cuadro 2. Contenido de aminoácidos en tubérculos de papa china

Aminoácidos,%BS	Tuberculo natural	Tuberculo ensilado
Arginina	0.36	1.02
Fenilalanina	0.20	0.62
Histidina	0.07	0.24
Isoleucina	0.13	0.65
Leucina	0.29	1.07
Lisina	0.15	0.51
Metionina+Cistina	0.15	0.15
Treonina	0.16	0.46
Triptofano	0.05	-
Valina	0.24	0.65

Fuente: Standahl y Wang (1983) citado por (Caicedo *et al.* 2013).

2.5 PRODUCCIÓN DE PAPA CHINA (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) EN EL ECUADOR.

Este tubérculo se produce y cosecha en las provincias de Santo Domingo de los Tsáchilas, Los Ríos (Quevedo, Chone), Esmeraldas, Pastaza, Morona Santiago y Napo Caicedo, (2017) citado en (Caicedo *et al.*, 2013).

En la provincia de Pastaza, la mayor producción se destaca en las parroquias Teniente Hugo Ortiz, San José y Santa Clara con un total de 35,5 hectáreas en producción, también se extiende esta producción en los alrededores del Puyo. Sus pobladores se han dedicado a la producción de la papa china para fortalecer el sector económico- familiar; muchos de estos agricultores integran la Corporación Artesanal de Productores de Papa China de Pastaza (GADPPz, 2016).

2.6 SUSTITUCIÓN DE BALANCEADO TRADICIONAL POR HARINA DE PAPA CHINA.

Según, Aragadvay *et al.*, (2016) la sustitución del 20 y 30% de harina de *Colocasia esculenta* L., en dietas para la alimentación de cerdos en crecimiento originó pesos finales superiores a niveles de sustitución del 10%, así como la reducción de costos, pudiéndose considerar un alimento alternativo en la alimentación porcina.

2.7 MÉTODOS PARA DETERMINAR LA DIGESTIBILIDAD.

Según, Parra y Gómez, (2008), existen diferentes tipos de métodos y técnicas para determinar varios tipos de digestibilidad, entre las cuales encontramos:

Digestibilidad fecal: es una técnica simple de realizar, ya que se obtiene al estimar la diferencia entre lo ingerido y lo excretado en heces.

Digestibilidad verdadera (DV): es evaluada a nivel ileal y/o fecal, el método examina la excreción de NE (nitrógeno endógeno) en sus cálculos, por lo cual ofrece un valor más exacto de la digestión de algún alimento.

Digestibilidad real: se determina mediante la corrección de la DA (digestibilidad aparente) de los AA (aminoácido excretado) por la cantidad de AA (aminoácidos endógenos) usando una técnica de dilución isotópica, lo cual implica la marcación del nitrógeno de la dieta con el isótopo pesado.

Digestibilidad estandarizada (AA): se calculada mediante la corrección de la DA (digestibilidad aparente) por las pérdidas endógenas mínimas de AA (aminoácidos endógenos) usando un flujo promedio de AA (aminoácidos endógenos) Rademacher, Sauer y Jansman (1999) citado por (Parra y Gómez, 2008).

Digestibilidad aparente (DA): técnica simple de realizar, esta se evalúa a partir de las heces. Este método permite asumir que cantidad del alimento fue asimilado por el animal (Parra y Gómez, 2008). El método más representativo es la colección total de heces (método directo), implica la observación exacta del consumo de alimento y la colección total de heces producidas durante la prueba de digestibilidad Ly y Lemus (2007) citado por (Gutiérrez, Ciro y Parra, 2012).

2.8 DIGESTIBILIDAD DE NUTRIENTES EN CERDOS EN CRECIMIENTO.

Según, Lowell (2014) durante la etapa de crecimiento los cerdos no tienen muy desarrollado su tracto digestivo, por tal razón no asimila grandes cantidades de fibra. En las tablas brasileñas (Rostagno *et al.*, 2011) indican que el porciento de asimilación de la fibra para la etapa de crecimiento del cerdo es de 3,5 - 5,2. De igual manera consideran que los requerimientos de proteína son alrededor de 16,5 – 18%, siendo esta

la encargada de renovar las células, construir tejidos y aumentar el tamaño de los músculos en esta etapa.

Los otros nutrientes importantes son la energía y los minerales; la primera interviene en los procesos vitales metabólicos en el organismo y requiere alrededor de 3230 kcal/kg; los minerales participan en la formación del esqueleto y los requerimientos en porcentaje son: Calcio 0,631; Fosforo Total 0,524; Fosforo Disponible 0,332; Potasio 0,448; Sodio 0,180; Cloro 0,170 (Rostagno *et al.*, 2011)

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

El presente trabajo experimental se realizó en el programa de Porcinos del Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA), ubicado en la vía Puyo - Tena km 44 entre los cantones Santa Clara y Arosemena Tola de las provincias de Pastaza y Napo. El mismo está situado en un ambiente tropical húmedo, con precipitaciones anuales que alcanzan los 4000 mm con una humedad relativa de alrededor del 80% y temperaturas variables entre 15 a 25°C. Su topografía se caracteriza por relieves ligeramente ondulados sin pendientes pronunciadas, distribuidos en mesetas naturales de gran extensión; con altitudes que varían entre los 580 y 990 msnm (UEA, 2013).

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.

La investigación es experimental por que se utilizó tres cerdos (Largewhite x Duroc x Pietrain) en la etapa de crecimiento, con un peso medio inicial de 25 kg. Los animales fueron ubicados en 3 jaulas metabólicas y se alimentaron con una dieta control (T1) y dos dietas experimentales (T2), (T3) de harina de tubérculos de rechazo de papa china., para determinar la digestibilidad aparente, (materia seca) MS, (materia orgánica) MO, en la cual se evaluarán los diferentes niveles de sustitución (T2) 20 y (T3) 40% de la harina de tubérculos de rechazo de papa china sobre el aprovechamiento de los nutrientes en cerdos de crecimiento.

3.3 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN UTILIZADO FUE EXPERIMENTAL.

3.4 Para la elaboración de la harina de papa china se realizará los siguientes procedimientos:

3.4.1 Obtención de los tubérculos de papa china.

Los tubérculos se obtendrán en la Parroquia Rural Teniente Hugo Ortiz, Comunidad Allishungo, por la gran cantidad de rechazo que genera la producción de este tubérculo.

3.4.2 Lavado de tubérculos de papa china.

Se preparará una solución del 3% de hipoclorito en agua para realizar el lavado de los tubérculos por 10 minutos, después se enjuagarán y escurrirán.

3.4.3 Troceado y secado de la papa china.

El troceado se cortará en forma de rodajas, al cual se le realizará un pre-secado al sol por 8 horas y el secado en un secador rotativo industrial (marca Burmester) a 70° C por dos horas.

3.4.4 Obtención de la harina de tubérculos de papa chino y empaçado.

Se hará en un molino semi-industrial (marca TRAPS, modelo TRF 300G) con una malla de 0.25 mm. Una vez obtenido el material se empacará en fundas herméticas y se almacenará hasta su utilización.

3.6 Estudio de la digestibilidad aparente en cerdos de crecimiento.

Para evaluar la digestibilidad aparente de la MS, MO, de las dietas; se realizará la colecta total de las heces de tres animales machos castrados, producto del cruzamiento alterno de razas (Duroc x Pietrain), con un peso medio inicial de 35±2 kg. Los animales serán ubicados en 3 jaulas metabólicas, y se alimentarán con la harina de rechazo de la papa china. Los tratamientos son T1 (control), T2 (20% de sustitución de harina de papa china en la dieta) y T3 (40% de sustitución de harina de papa china en la dieta).

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

Se utilizó el método de colecta total de heces (Caicedo *et al.*, 2017). Se evaluó la digestibilidad aparente de la MS y MO de las dietas. En las muestras del alimento y excretas se determinó el contenido de MS, MO y cenizas según los procedimientos descritos por la AOAC (2005). Se consideró que el contenido de materia orgánica (MO) fue el resultado de sustraer (100 - % de cenizas) (Cuadro 3).

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

Ingredientes	T1	T2	T3
Maíz, %	65	45	25
Harina de papa china, %	-	20	40
Harina de trigo, %	9	9	9
Concentrado proteico para cerdos, %	35	35	35
Premezcla vitamínico minera para cerdos en crecimiento, %	0,5	0,5	0,5
Cloruro de sodio, %	0,5	0,5	0,5
Composición calculada			
Aportes de nutrientes.			
MS, %	89,73	90,58	91,43
EM, kcal/kg/MS	3225	3220	3220
PB, %	17	17	17
FB, %	2,61	3,56	4,50

ajustó el consumo de alimento a razón de 0.10 kg.MS.kg PV^{0.75} día⁻¹ y se alimentaron dos veces al día, a las 08:00 am y 15:00 pm, el agua de bebida estuvo disponible a voluntad (Ly, Almaguel, Lezcano y Delgado, 2014). El experimento estuvo constituido por tres etapas y divididos en dos fases (una de adaptación a las dietas con una duración de cinco días y la otra fase de cinco días para la colección total de heces fecales).

Se utilizó un total de 3 animales machos castrados productos del cruzamiento comercial (Largewhite x Duroc x Pietrain) con un peso medio inicial de 35 ± 2 kg. Los animales fueron ubicados en 3 jaulas metabólicas de 0,40m x 1,50m (0,60m²), distribuidos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Diseño Experimental de la Investigación Cuadrado Latino 3x3

Filas	Columnas (Animales)
--------------	----------------------------

(Jaulas)	1	2	3
1	T1	T2	T3
2	T3	T1	T2
3	T2	T3	T1

3.8 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

Los datos se analizaron por ANOVA con modelo de clasificación simple según diseño cuadrado latino (3 x 3). Para la diferencia entre medias se usó la prueba de Newman Keuls. Para el procesamiento estadístico de los datos se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 22.1 bajo Windows (Pardo y Ruiz, 2002).

Modelo Lineal, diseño cuadrado latino

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

donde

Y_{ijk} : respuesta al k - esimo tratamiento

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

μ : efecto de la media general

F_i : efecto de la i - esima fila

C_j : efecto de la j - esima columna

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

e_{ijk} : término del error aleatorio

CAPÍTULO IV.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 5 se presenta la digestibilidad aparente de la materia seca (MS) y materia orgánica (MO), en cerdos (Largewhite x Duroc x Pietrain) alimentados con harina del tubérculo de rechazo de papa china, sustituyendo al maíz en un 20 y 40%. En las dietas suministradas se obtuvo diferencias significativas para la digestibilidad de la materia seca (MS) $P < 0.0005$; donde el T2 (20%) presentó una digestibilidad de la materia seca (MS) de 96.02 superior en 2,78 y 1,87 en relación a la dieta T1 (control) de 93.28 y T3 (40%) de 94.19% respectivamente. La superioridad de la digestibilidad de materia seca en el T2 (20%) puede estar relacionada con el bajo contenido de fibra de harina del tubérculo de rechazo de papa china.

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

Variables	Niveles de inclusión de harina de tubérculos de papa china, %			EE \pm	Valor de P
	T1 (control, 0)	T2 (20)	T3 (40)		
MS, %	93.28 ^b	96.06 ^a	94.19 ^b	0.79	$P < 0.0005$
MO, %	99.63	99.62	99.67	1.30	$P = 0.5856$

Letras distintas por fila muestran diferencias significativas según Newman Keuls, (1952) citado por (wikipedia , 2018) $P < 0.0005$.

Al respecto Ly, (2005) citado por (Caicedo, 2013), encontró en estudios relacionados con la digestibilidad de materia seca (MS) en tubérculos de papa china fresca y seca, unos coeficientes de digestibilidad de la MS (66.90%) en tubérculos secos y (31.50%) en tubérculos sin previo tratamiento; por consiguiente, más bajos, que los coeficientes encontrados en la presente investigación.

De hecho Rodríguez (2003), evaluó la digestibilidad total aparente de follaje de camote o boniato, con la incorporación de lípidos y zeolita en dietas para cerdos en crecimiento obteniendo coeficientes de digestibilidad de 79.8% hasta 88.5%; resultados inferiores a los obtenidos en esta investigación. Este autor considera que existe un efecto de dependencia entre los factores zeolita y aceite en la digestibilidad de algunos nutrientes,

aunque no demostraron ser factores importantes en la digestibilidad del follaje de camote o boniato.

De igual manera se han realizado varios trabajos experimentales basados en digestibilidad en cerdos, especialmente en la etapa de crecimiento para determinar el aprovechamiento de la materia seca con otro tipo de tubérculos y raíces en estado natural y seco. Quintero (2009), obtuvo coeficientes de digestibilidad de la MS de 82,4 y 82,5 al utilizar dietas de harina de batata y yuca deshidratada, resultados inferiores a los obtenidos en esta investigación.

Mariscal y Ramírez (2017), obtuvieron altos coeficientes de digestibilidad de la materia seca (MS) en dietas compuestas por: canola integral molida + almidón de maíz (82,4%) y canola integral + sorgo molidos (76,3%); resultados inferiores en relación a las obtenidas en esta investigación. Según estos autores, la inclusión de fibra disminuye de manera lineal la digestibilidad fecal de los nutrientes.

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

Vargas y Hernández (2012), la digestibilidad de las harinas de algunos vegetales como la papa, yuca y camote están relacionado con la composición del almidón (amilosa y amilopectina) siendo más digeribles aquellos alimentos que presentan almidones con bajos contenidos de amilosa, siendo estos de fácil digestión, esto es otra de las posibles respuestas de los resultados obtenidos en este estudio con la sustitución de la harina de tubérculo de rechazo de papa china.

Torres et al. (2013) Señalan que los tubérculos de rechazo de papa china poseen un almidón muy pequeño de alrededor de 5 μm , y presentan ramificaciones laterales (amilopectina), esto favorece la entrada de agua a los espacios intermoleculares y mejoran la solubilidad de los polímeros, cuando los gránulos de almidón se hidratan,

provocan un incremento en su tamaño y el cambio de su estructura semicristalina a una amorfa, proceso conocido como gelatinización. Este cambio de estructura provee la posterior digestibilidad del almidón por la acción de las amilasas generadas en las glándulas salivales y pancreáticas de los cerdos (Caicedo et al., 2017).

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

Con respecto a la materia orgánica (MO), no hubo diferencias significativas entre los tratamientos T1 (control), T2 (20%) y T3 (40%).

CAPITULO V.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- La digestibilidad aparente de la materia orgánica en dietas evaluadas en cerdos en crecimiento (Largewhite x Duroc x Pietrain), con inclusión de 20 y 40% de harina de tubérculos de papa china no presentaron diferencias significativas.
- De los resultados obtenidos de la harina de tubérculo de rechazo de papa china, tienen niveles aceptables para el aprovechamiento de nutrientes, el mejor coeficiente de digestibilidad aparente de la MS se obtuvo con la sustitución del 20% del maíz por harina de tubérculos de papa china.

RECOMENDACIONES

- Continuar la determinación de los nutrientes (PB, FB, minerales y taninos) en la harina de rechazo de papa china, para su utilización como alternativa de alimentación en cerdos en crecimiento.

CAPITULO VI

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Adejumo, I., Babalola, T., y Alabi O., (2013) Colocasia esculenta (L.) Schott as an Alternative Energy Source in Animal Nutrition. *British Journal of Applied Science & Technology*. Vol.3. 1276-1285 pág. (1274).

2. AOAC. (2005). Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th Edition, 2005. Association of Official Chemists, Washington, DC. USA.
3. Aragadvay, R., Núñez, O., Velástegui, G., Villacís, L., y Guerrero, J., (2016). Using Colocasia esculenta L. meal in feed for pigs and its effect on production parameters. *Journal of the Selva Animal Science*, 17 (2-3).
4. Armas, F., (2012). Cultivo de la papa china y pelma (malanga). Obtenido de [https://es.slideshare.net:https://es.slideshare.net/INGPAKOWPN/cultivo-de-la-papa-china-y-pelma-ecuador-provincia-de-morona-santiago-mts-ingfrancisco-martin-armas](https://es.slideshare.net/https://es.slideshare.net/INGPAKOWPN/cultivo-de-la-papa-china-y-pelma-ecuador-provincia-de-morona-santiago-mts-ingfrancisco-martin-armas) Ecuador, Morona Santiago, 47p (22-24).
5. BanEcuador, (2017). La Papa China Accede a Mercados Internacionales. Obtenido de <https://www.banecuador.fin.ec:https://www.banecuador.fin.ec/noticias-banecuador/boletines-de-prensa/la-papa-china-accede-mercados-internacionales/>
6. Caicedo, W., (2013). Tubérculos de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) como una fuente energética tropical para alimentar cerdos. Una reseña corta sobre las características de la composición química y de los factores antinutricionales. *Revista Computarizada de Producción Porcina*. 20:278-282.
7. Caicedo, W. (2015). Valoración nutritiva del ensilado de tubérculos de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) y su uso en la alimentación de cerdos en crecimiento ceba. Tesis previo a la obtención de Doctor en Ciencias, Universidad de Granma, Bayamo, Cuba, 100 p.
8. Caicedo, W., Rodríguez, R., Lezcano, P., Ly, J., Valle, S., Flores, L. & Ferreira, (2015). Chemical composition and in vitro digestibility of silages of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) tubers for feeding pigs. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 49:59-64
9. Caicedo, W., Rodríguez, R., Lezcano, P., Ly, P., Vargas, JC., Uvidia, H., Valle, S. y Flores, L., (2017). Caracterización de antinutrientes en cuatro ensilados de taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) para cerdos. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 5 (1-2).
10. Caicedo, W., Rodríguez, R., Lezcano, P., Ly, J., Vargas, J., Uvidia, H., Valle, S & Flores, L. (2017b). Rectal of nutrients in growing pigs, fed with taro silage (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) for pigs. Technical note. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 51(3):337-341.
11. Caicedo, W., Rodríguez, R., y Valle, S. (2013). Una reseña sobre el uso de tubérculos de papa china *Colocasia esculenta* conservados *en forma de ensilaje para alimentar cerdos*. *REDVET. Revista Electronica de Veterinaria*, 10 (2-3).
12. Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de la Provincia de Pastaza – GADPPz, 2014. Plan Productivo Provincial “Pastaza 2014-2025”. 77 (31).
13. Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de la Provincia de Pastaza - GADPPz. (2016). Dirección de Desarrollo Rural Sustentable-Cadena Productiva de la Papa China 7(4-5).

14. 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*. Vol. 1, No. 1. 10(1).
15. Lezcano, P., Berto, D., Bicudo, S., Curcelli, F., Figueiredo, P y Valdivie, M., (2014). Yuca ensilada como fuente de energía para cerdos en crecimiento. *Avances en Investigación Agropecuaria* 18 (3):41-47.
16. López, J., Sánchez, D. & 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.
17. Lowell, J., (2014). Comparative digestibility of energy and nutrients in diets fed to sows and growing pigs. University of Illinois at Urbana-Champaign. P 63(35-36).

18. Ly, J. & Delgado, E. (2005). A note "in vitro"(pepsin/pancreatin) digestibility of taro (*Xanthosoma sagittifolia spp*) and cocoyam (*Colocasia esculenta spp*) for pigs. *Revista Computadorizada de Producción Porcina* 12(2):90-92.
19. Ly, J., Almaguel, R., Ayala, L., Lezcano, P., Romero, A. y Delgado, E., (2014). Digestibilidad rectal y ambiente gastrointestinal de cerdos jóvenes alimentados con dietas de levadura torula. Influencia de la fuente de carbohidratos. *Revista Computadorizada de Producción Porcina* 21(3):134-139.
20. Madeira, N., Silva, P., Botrel, N. Mendonça, J. Silveira, G. Pedrosa, M. (2013). Manual de produção de hortaliças tradicionais. Embrapa. Brasília, DF.15 (6-7).
21. Mariscal, G. y Ramírez, E., (2017). Determinación de la digestibilidad de la proteína, aminoácidos y energía de canola integral en cerdos en crecimiento. *Revista Mexicana Ciencias Pecuarias*. 8(3):297-304.
22. NRC, (2012). Nutrient requirements of swine. 11th ed., Washington, D.C, USA: Natl. Acad. Press., ISBN:978-0-309-22423-9.
23. Pardo, A. y Ruiz, M. A., (2002). SPSS 11. Guía para el análisis de datos. Madrid: McGraw-Hill. 26 (5).
24. Parra, J. y Gómez, A., (2008). Importancia de la utilización de diferentes técnicas de digestibilidad en la nutrición y formulación porcina. *Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Córdoba*, Montería, Colombia.V.14 (1) P.1633-1641 (1635-1639)
25. Quintero, G., (2009). Alimentación de cerdos a base de harina de yuca y batata. Obtenido de <https://www.engormix.com>: <https://www.engormix.com/porcicultura/articulos/alimentacion-cerdos-base-harina-t28257.htm>
26. Rodríguez, A., González, E., Díaz, I., Vecchionacce, H., y Hurtado, E., (2003). Efecto de la incorporación de lípidos y zeolita en la digestibilidad total aparente de dietas con follaje de batata (*Ipomoea batatas*L.) en cerdos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. Tomo 37, No. 4, 2003. 427, 231.
27. Rostagno, H., Teixeira, L., Lopes, D., Gomes, P., De Oliveira, R., Suarez, D., Ferreira, A., De Toledo, S., Euclides, R., (2011). Tablas brasileñas para aves y

- cerdos, Composición de Alimentos y Requerimientos Nutricionales. 3^{ra} Edición, Universidad Federal de Viçosa – Departamento de Zootecnia. P 259 (29-31).
28. 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):86-1
 29. 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
 30. UEA. (2013). <https://www.uea.edu.ec>. Obtenido de <https://www.uea.edu.ec/cipca/index.php/home/mision-vision/2013-09-24-08-38-45>.
 31. Vargas, P., Hernández, D., (2012). Harinas y almidones de yuca, ñame, camote y ñampí: propiedades funcionales y posibles aplicaciones en la industria alimentaria. *Tecnología en Marcha*. Vol. 26, N° 1 Pág. 37-45
 32. Wikipedia, (2018). Obtenido de <https://es.wikipedia.org>: https://es.wikipedia.org/wiki/Colocasia_esculenta.
 33. Wikipedia, (2018). Obtenido de <https://en.wikipedia.org>: https://en.wikipedia.org/wiki/Newman%E2%80%93Keuls_method.