



eBook    

NUTRICIÓN EN PORCINOS

experimentos de utilización de alimentos alternativos

en la PRODUCCIÓN DE CERDOS



NUTRICIÓN EN PORCINOS

experimentos de utilización de alimentos alternativos

en la **PRODUCCIÓN DE CERDOS**

Yhony Alfredo Valverde Lucio

Evangelina Rodero Serrano

Ana González Martínez

Francisco Orlando Indacochea

José Luis Alcívar

Julio Gabriel Ortega

Autores Investigadores



NUTRICIÓN EN PORCINOS

experimentos de utilización de alimentos alternativos

en la PRODUCCIÓN DE CERDOS

AUTORES

INVESTIGADORES

Yhony Alfredo Valverde Lucio

Magíster en Gestión de Proyectos socio productivos;
Especialista en Metodología de investigación Investigación;
Doctorante de Biociencias y Ciencias Agroalimentarias;
Ingeniero Agropecuario;
Profesor Titular;
Jipijapa, Ecuador;

✉ yhonny.valverde@unesum.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0000-0002-9792-9400>

Evangelina Rodero Serrano

Profesora Titular;
Departamento de Producción Animal;
Universidad de Córdoba;
Córdoba, España

✉ erodero@uco.es

🆔 <https://orcid.org/0000-0002-4315-4291>

Ana González Martínez

Profesora Titular;
Departamento de Producción Animal;
Universidad de Córdoba;
Córdoba, España

✉ agmartinez@uco.es

🆔 <https://orcid.org/0000-0002-4823-5357>

Néstor Francisco Orlando Indacochea

Doctor en Medicina Veterinaria y Zootecnia;

Magíster en Clínica y Cirugía Canina;

Profesor Titular;

Universidad Estatal del Sur de Manabí;

Jipijapa, Ecuador;

✉ nestor.orlando@unesum.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0000-0002-8208-5970>

José Luis Alcívar

Magíster en Gestión Ambiental;

Ingeniero Zootecnista;

Doctorante de en Ciencias Veterinarias;

Universidad Estatal del Sur de Manabí;

Jipijapa, Ecuador;

✉ José.alcivar@unesum.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0000-0002-6648-3864>

Julio Gabriel Ortega

Doctor en Producción Agraria y Aplicaciones Biotecnológicas;

Ingeniero Agrónomo;

Universidad Estatal del Sur de Manabí;

Jipijapa, Ecuador;

✉ Julio.gabriel@unesum.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0000-0001-9776-923>

NUTRICIÓN EN PORCINOS

experimentos de utilización de alimentos alternativos

en la PRODUCCIÓN DE CERDOS

REVISORES

ACADÉMICOS

Lucia Monserrath Silva Déley

Magíster en Producción Animal con Mención en Nutrición Animal;

Catedrática de la Carrera de Medicina Veterinaria;

Ingeniera Zootecnista;

Docente;

Investigadora del Programa de Maestría en Ciencias Veterinarias;

Universidad Técnica de Cotopaxi,

Latacunga; Ecuador;

✉ lucia.silva@utc.edu.ec;

🆔 <https://orcid.org/0000-0002-6660-8102>

Daniel Ortega Pacheco

Master of Science In Agricultural Economics;

Doctor of Philosophy In Public Policy;

Ingeniero Agrónomo;

Escuela Superior Politécnica del Litoral;

Guayaquil, Ecuador

✉ daviorte@espol.edu.ec

🆔 <https://orcid.org/0000-0001-7678-5826>

CATALOGACIÓN BIBLIOGRÁFICA

Yhony Alfredo Valverde Lucio
Evangelina Rodero Serrano
Ana González Martínez

AUTORES: Francisco Orlando Indacochea
José Luis Alcívar
Julio Gabriel Ortega

Título: Nutrición en Porcinos: experimentos de utilización de alimentos alternativos en la producción de cerdos

Descriptor: Zootecnia; Producción animal; Genética agrícola; Genética animal

Código UNESCO: 3104 Producción Animal

Clasificación Decimal Dewey/Cutter: 636/V249

Área: Ciencias Agrícolas

Edición: 1^{era}

ISBN: 978-9942-654-69-4

Editorial: Mawil Publicaciones de Ecuador, 2025

Ciudad, País: Quito, Ecuador

Formato: 148 x 210 mm.

Páginas: 172

DOI: <https://doi.org/10.26820/978-9942-654-69-4>

URL: <https://mawil.us/repositorio/index.php/academico/catalog/book/169>

Texto para docentes y estudiantes universitarios

El proyecto didáctico **Nutrición en Porcinos: experimentos de utilización de alimentos alternativos en la producción de cerdos**, es una obra colectiva escrita por varios autores y publicada por MAWIL; publicación revisada por el equipo profesional y editorial siguiendo los lineamientos y estructuras establecidos por el departamento de publicaciones de MAWIL de New Jersey.

© Reservados todos los derechos. La reproducción parcial o total queda estrictamente prohibida, sin la autorización expresa de los autores, bajo sanciones establecidas en las leyes, por cualquier medio o procedimiento.



Usted es libre de:
Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato.
Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente.

Director Académico: Ph.D. Lenin Suasnabas Pacheco

Dirección Central MAWIL: Office 18 Center Avenue Caldwell; New Jersey # 07006

Gerencia Editorial MAWIL-Ecuador: Mg. Vanessa Pamela Quishpe Morocho

Dirección de corrección: Mg. Ayamara Galanton.

Editor de Arte y Diseño: Leslie Letizia Plua Proaño

Corrector de estilo: Lic. Marcelo Acuña Cifuentes

NUTRICIÓN EN PORCINOS

experimentos de utilización de alimentos alternativos

en la **PRODUCCIÓN DE CERDOS**

Índices

Contenidos



Introducción	8
Capítulo I.	
Sistemas de producción porcino	15
Capítulo II.	
Requerimientos nutricionales del cerdo de engorde.....	20
Capítulo III.	
La alimentación en la producción porcina.....	31
Capítulo IV.	
Fisiología de la digestión de los alimentos	37
Capítulo V.	
Recursos locales aprovechados en la alimentación de los cerdos	42
Capítulo VI.	
Formulación de dietas alimenticias.....	54
Capítulo VII.	
Resultados de experimentos utilizando alimentos alternativos en la dieta de cerdos de engorde	69
Referencias Bibliográficas	154

NUTRICIÓN EN PORCINOS

experimentos de utilización de alimentos alternativos

en la **PRODUCCIÓN DE CERDOS**

Introducción



Producción mundial de cerdos

El cerdo doméstico (*Sus domesticus*) se cría principalmente para obtener carne, aunque también se puede aprovechar el cuero y el pelo. La distribución de los cerdos está muy influenciada por factores religiosos y culturales, siendo escasa su presencia en países predominantemente islámicos. Contrariamente, China alberga casi la mitad de los cerdos del mundo. Estos animales son extremadamente versátiles y se crían en un espectro de sistemas que van desde unidades de producción masivas, con gran inversión de capital, hasta pequeñas unidades familiares, con gran inversión de mano de obra (FAO, 2024).

La producción mundial de carne de cerdo se estimó en 122 millones de toneladas en 2021 (FAO, 2021). La producción mundial se encuentra liderada por China, con una participación del 48,4% dentro del total general (115,5 Mt) y con una producción que alcanzaría las 55,9 Mt, lo que representaría un descenso del 1,0% con respecto al año 2023 (56,5 Mt). En segundo lugar, se encuentra la Unión Europea, que con una participación del 18,3% y un nivel de producción de 21,2 Mt, muestra una disminución productiva del 1,6% con respecto al 2023. Estados Unidos ocupa el tercer lugar, participando con el 11,0% y con una producción de 12,7 Mt, la cual supone un aumento del 2,2% en un año. Los países líderes de Latam, Brasil y México, ocupan los puestos 4 y 8, respectivamente, con producciones que llegan a los 4,8 y 1,6 Mt en su orden (www.3tres3.com, 2024).

En lo que respecta a los principales países exportadores, la Unión Europea se mantiene como el mayor exportador de carne de cerdo en 2024, con una participación del 30,9% dentro del total general (10,4 Mt). Estados Unidos, que ocupa la segunda posición, exporta el 30,4% de la carne producida, lo cual supone un volumen de 3,15 Mt, un 2,8% superior con respecto al año anterior. Brasil, con una participación del 14,8 % ocupa el tercer puesto, exporta 1,53 Mt, un 5,5% más que en 2024, logrando desplazar a Canadá hacia la cuarta posición a nivel global. Para México y Chile, se prevén volúmenes similares, que rondan las 265 Mt, representando un crecimiento de 1,9% para ambos países, disputando así los puestos 5 y 6 del ranking mundial (www.3tres3.com, 2024).

Producción de carne de cerdo en Latinoamérica

De acuerdo con análisis realizados por la Comunidad Profesional Porcina (3tres3.com, 2021), los principales países productores de carne de cerdo en Latinoamérica son Brasil, México, Argentina, Chile, Colombia, Perú, Ecuador,

Costa Rica, Paraguay y Panamá. El análisis del incremento económico de la porcicultura durante los últimos años, según los cálculos obtenidos para la tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) por (3tres3.com, 2021), muestra que el país que mostró el mayor crecimiento durante la última década fue Paraguay (262%), seguido de Colombia (141%), y Argentina (135%). En contraste, encontramos a Chile, que solo creció un 15,2% durante el mismo periodo.

En América Latina y el Caribe, el máximo productor cárnico es Brasil, el cual concentra más de la mitad de la producción total y es el principal productor tanto de carne bovina (~19 Mt) como porcina (~ 4,5 Mt) y aviar (~ 13,8 Mt). Le sigue México, que resulta ser el segundo productor regional de carne porcina y aviar, con el 13% de la producción total; y más atrás encontramos a Argentina (FONTAGRO, 2023).

Las estimaciones para el año 2024 ponen de manifiesto que Brasil va a ver incrementada la producción de carne de cerdo un 4,9% respecto a 2023, pasando de 4,6 a 4,83 Mt. Asimismo, se proyecta que el volumen de exportaciones alcanzará 1,53 Mt, suponiendo un aumento del 5,5% frente al año anterior (1,45 Mt). Igualmente, se prevé que las importaciones alcancen la cifra de 2.000 t y que el consumo aparente crezca un 4,6%, llegando a 3,3 Mt (www.3tres3.com, 2024).

México, que ocupa el segundo lugar en el ranking de producción de cerdo, se espera que alcance una producción de 1,6 Mt, que supone un aumento del 1,3% con respecto al año 2023 (1,58 Mt), manteniendo así el segundo lugar dentro de la porcicultura de Latam en cuanto a volumen de producción. De otra parte, se estima que las importaciones alcancen un volumen similar al de 2023 con 1,31 Mt, conservando así su posición como mayor importador de la región y tercero a escala mundial. Las exportaciones crecerían un 1,9% pasando de 260.000 a 265.000 t, en tanto que el consumo aparente aumentaría 0,6% con un total de 2,65 Mt.

La producción de carne de cerdo en Argentina se incrementaría un 5,0% respecto al año anterior, al pasar de 762.000 a 800.000 t. Asimismo, se estiman exportaciones en torno a 8.000 t, que representarían un incremento de 60%, mientras que las importaciones crecerían un 30,4%, consolidando 30.000 t. El consumo aparente aumentaría un 5,4% y alcanzaría 822.000 t.

Se prevé que la producción chilena aumente 1,7% respecto a 2023, pasando de 585.000 a 595.000 t. En cuanto al comercio internacional, la entidad proyecta incrementos del 1,9% para las exportaciones (265.000 t) y del 3,0%

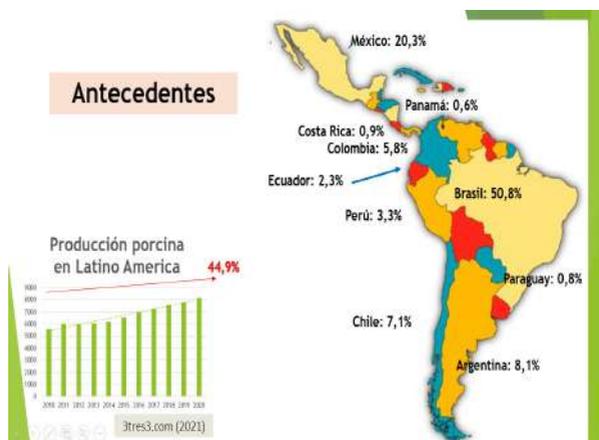
para las importaciones (170.000 t). El consumo aparente crecería un 2,0%, ubicándose en 500.000 t.

Según las proyecciones del USDA, se prevé que la producción de carne de cerdo de Colombia ascienda a 530.000 t, suponiendo una reducción del 1,9% frente al año anterior (540.000 t). Por otro lado, se estima que las importaciones se mantendrán en un volumen similar al de 2023 con 140.000 t. El consumo aparente disminuiría un 1,5%, alcanzando 670.000 t (www.3tres3.com, 2024).

Los países analizados representan aproximadamente el 90% de la producción de Latinoamérica. La región presenta una evolución positiva, pasando de 5.566.748 t durante 2010 a 8.124.453 t en 2020, con una tasa de crecimiento consolidada del 44,9% y una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) del 3,5%. Las probabilidades de crecimiento para los países latinoamericanos se mantendrían si se considera el incremento de la demanda de carne de cerdo en países asiáticos como China, Japón, Corea del Sur y Hong Kong, sumado a la diseminación de la peste porcina africana en 13 países de Asia y parte de Europa, lo que ha generado una mayor demanda de proteína que está siendo suplida en buena parte por países latinoamericanos (3tres3.com, 2021).

Figura 1.

Producción en América Latina.



Fuente: 3tres3.com, 2021.

La producción de cerdos en el Ecuador

Históricamente el sector porcicultor ecuatoriano ha exhibido un ritmo de incremento constante, creciendo en el periodo de 2012 a 2020 entre el 7 y 8%. Sin embargo, con la llegada de la pandemia de COVID-19, el crecimiento se ralentizó, cayendo casi 5 puntos porcentuales interanuales. Precisamente, de acuerdo con la Asociación de Porcicultores de Ecuador (ASPE) el beneficio de porcinos en 2021 creció un 5% respecto al año anterior, al pasar de 2.408.474 a 2.528.900 cabezas. Asimismo, la producción de carne de cerdo alcanzó 202.675 t, cifra que representa un crecimiento del 5% frente a 2020, cuando se produjeron 193.023 t.

La producción nacional resulta de una camada porcina compuesta por un total aproximado de 135.000 reproductoras, de las que el 37% (50.000 madres) se encuentran en explotaciones de traspatio, el 22% (30.000 madres) en granjas que podrían clasificarse entre pequeñas y medianas, y el 41% restante (55.000 madres) en el segmento industrial, en el cual están las empresas líderes del sector. Precisamente, de acuerdo con estimaciones de Agrocalidad, en la actualidad existen 173.335 productores, de los cuales únicamente 35 tienen explotaciones con más de 1.000 madres (3tres3.com, 2022).

La industria porcicultora en Ecuador representa el 8% del PIB agropecuario y genera aproximadamente 80.000 empleos directos y más de 200.000 indirectos, según la Asociación de Porcicultores del Ecuador (ASPE, 2022), que menciona que en el país hay cerca de 166.000 productores de cerdo, de los cuales el 94% son pequeños productores.

En el año 2010 había en Ecuador más de 100.000 Unidades Productivas Agropecuarias (UPAs) de productores de cerdo traspatio, que equivale a una población total de 1.400.000 cerdos que generaban cerca de 89.000 t/año (ProChile, 2013). De acuerdo con las cifras emitidas por el Sistema de Información del Agro del Ministerio de Agricultura y Ganadería, hasta el año 2015 se contaba con alrededor de 1.500.000 cerdos, de los cuales el 78% correspondía a cerdos criollos, el 20% a cerdos mestizos y solo el 2% era de raza pura, destacando que el 76 % tiene un fin productivo de carne, y el 24% restante se orienta a la reproducción (Sistema de Información del Agro SINAGAP, 2015). En el año 2020 Ecuador presentó un incremento productivo al alcanzar una producción de 227.769 t y 1.969.922 cerdos, de los cuales 1.019.570 fueron de engorde, representando la producción porcina en Ecuador una importante fuente de empleo y de seguridad alimentaria, que, a su vez, genera 80.000 empleos (Muñoz-Ron Paola *et al.*, 2020).

La encuesta agropecuaria realizada en el año 2018 indicaba que la producción de cerdos presentó cambios en sus sistemas productivos, de tal manera que en 18 años se incrementó del 2 al 53,6% la cría de cerdos de raza: el mestizo en alrededor del 21%, mientras que el cerdo criollo bajó del 78 al 25% (INEC-ESPAC, 2018). Este cambio del sistema productivo se inició en los años 2000, cuando empresas visionarias trajeron genética de primer nivel y reformaron las instalaciones, tecnificando tanto la producción porcina como los procesos de faenado, y agregando valor a los diferentes cortes del cerdo.

Hoy en día, el sector porcicultor de Ecuador es muy competitivo en lo que respecta a los niveles de desempeño en maternidad, destete, gestación y engorde, lo que sitúa al país dentro de los mejores de la región con indicadores como 10 lechones vivos nacidos por madre y año en explotaciones traspatio, 22 en explotaciones comerciales y 28 a nivel industrial; asimismo, se tiene un rendimiento a la canal del 70% en traspatio y de 77% en los segmentos comercial e industrial (ASPE, 2022).

El consumo de carne de cerdo

El mayor consumidor de carne de cerdo en 2022 fue China, con aproximadamente 43,3 kg/hab, los cuales resultan de la media del consumo de sus regiones económicas especiales: Hong Kong (46,7 kg/hab), Macao (43,3 kg/hab) y China Continental (40,0 kg/hab). Bielorrusia ocupó la segunda posición a nivel mundial, con un consumo estimado de 41,7 kg/hab para 2022. La Unión Europea se mantuvo como el tercer consumidor con 41,3 kg/hab en 2022, seguida por Corea del Sur y Estados Unidos, que ocuparon la cuarta y quinta posición con 39,9 y 29,8 kg/hab, respectivamente (www.3tres3.com, 2023).

En América Latina, México fue el principal consumidor de carne de cerdo de la Región en 2022 con 23,03 kg/hab. En segundo y tercer lugar tenemos a Uruguay y Chile con consumos de 20,5 y 19,9 kg/hab, respectivamente, seguidos de Brasil y Panamá, quienes ocuparon el cuarto y quinto lugar con 19,5 y 17,5 kg/hab, respectivamente (www.3tres3.com, 2023).

Los países desarrollados presentan un consumo promedio de unos 30 kg de carne por persona, en la UE superan los 40 kg, y China ha tenido una evolución positiva cercana también a los 40 kg, el doble que en 1990 (Sánchez Manuel, 2011). En cambio, en países como Ecuador el consumo per cápita para el 2024 alcanzará los 12 kg/hab (www.eluniverso.com, 2024), superando los 10,5 kg por persona del 2016 (ASPE, 2016).

Según FONTAGRO (2023), el consumo de la carne de cerdo aumentará en 129 millones de toneladas para el año 2031, siendo Europa la principal región consumidora de este producto, debido al menor costo y a una percepción de que es mejor para la salud.

NUTRICIÓN EN PORCINOS

experimentos de utilización de alimentos alternativos

en la **PRODUCCIÓN DE CERDOS**

Capítulo 1

Sistemas de producción porcino



Los sistemas de producción en Ecuador se dividen en tres grandes grupos: uno a nivel casero o traspatio con el 85% del total de unidades de producción, un nivel semiindustrial que corresponde al 4,8% y un nivel industrial con el 10,2% (Bolagay, 2019).

1.1. Sistema producción de cerdos traspatio de Ecuador

La crianza de cerdos en los solares o traspatio ha sido el sistema principal de producción en los sectores rurales de Ecuador. El porcino criollo brinda la representación dentro del desarrollo sostenible en el ámbito pecuario rural, son los puntos donde se explotan de manera más común esta actividad, esto gracias a su capacidad de aprovechar toda una gama de alimentos nutritivos que comúnmente existen en la zona (Sauce y Valdez, 2023).

Este sistema ha sido adoptado por pequeños productores campesinos; está basado en la alimentación con desperdicios, un manejo de la explotación bastante precaria, se crían por lo general de 2 a 5 cerdos, y hay limitado control sobre el comportamiento reproductivo de la piara. A nivel productivo la situación no es mejor, de tal manera que se comercializa el animal con un peso promedio de 25 a 40 kilos, efectuándose el faenamamiento en condiciones bastante deficientes (Samaniego, 2017). En este tipo de explotaciones el animal vive en muchas ocasiones libremente en el campo, las construcciones son antiguas, la inversión de capital es mínima y existe poca o ningún tipo de asistencia técnica (Bolagay, 2019).

Figura 2.

Sistema de producción traspatio.



En Ecuador, el **sistema traspatio** cubre lo que serían los sistemas extensivos y semi-extensivo o semi-intensivos. La diferencia entre éstos radica en que el primero corresponde a un sistema rudimentario, en donde predominan animales criollos o mestizos, con índices bajos en los aspectos productivos y reproductivos (Escobar, 2017). La producción de cerdo traspatio se trata de una producción familiar y de alcancías familiares, su producto es preferido por la población (FAO, 2016). Es considerada como una actividad de la economía popular y solidaria, sector que en Ecuador representa el 65% de los puestos laborales y el 25% del Producto Interior Bruto (Torres Peñafiel *et al.*, 2017).

En los **sistemas semi-extensivo y semi-intensivo**, el pequeño productor ha adoptado algunas prácticas de tecnificación. Existe una infraestructura de construcciones e inversión pequeña de capital, así como algunos equipos de fabricación artesanal (Herrera y Monar, 2006). Se presenta una combinación inteligente de características del sistema intensivo con el extensivo, para aprovechar racional y económicamente la superficie disponible, ofreciendo a los animales condiciones adecuadas de manejo y un ambiente sano (Samaniego, 2017). En este sistema se realizan planificaciones, tales como parideras, destete y alimentación del ganado basado en recursos naturales, residuos de alimentos y suplementación proteica (Buxadé, 1996). Las asistencias técnicas son ocasionales, los animales son productos del cruce de razas puras o mestizas y la alimentación puede darse con productos aprovechados de la localidad (Sanz *et al.*, 1994).

Figura 3.

Sistema semi-intensivo.



1.2. El sistema de cría de cerdo intensivo en Ecuador

Este sistema se caracteriza por presentar instalaciones tecnificadas, con el fin de que el ganado porcino goce de condiciones que permitan obtener altos rendimientos en el menor tiempo, hace uso de técnicas más avanzadas y cuenta con asistencia técnica, instalaciones costosas donde se crían animales de raza pura o mestiza que son alimentados con pienso balanceado (Ciria y Garcés, 1996).

Las granjas tecnificadas tienen un gran impacto sobre la calidad de la carne producida, tienden a mejorar su inocuidad por medio de la adopción de sistemas y prácticas higiénicas y eficientes de producción, las cuales disminuyen los riesgos para la salud animal y humana. También se consideran normas de bienestar animal, que en conjunto son atributos cada vez más valorados por los consumidores al generar mayor confianza en el producto final (INTAGRI, 2019). Este tipo de explotación, por lo general, en Ecuador va encaminada a la elaboración de productos embutidos industrializados o a los canales de las grandes ciudades (SESA, 2008).

Se debe tener en cuenta que hay diferentes subtipos del sistema intensivo:

- Explotaciones de ciclos cerrados: desarrollan todo el proceso, nacimiento, lactación, recría y cebo.
- Explotaciones de producción de reproductores.
- Explotaciones de producción de cerdos cebados: compran lechones y los ceban con destino a matadero.
- Explotaciones de producción de lechones (Ciria y Garcés, 1996).

En todas ellas, las instalaciones deben contar con equipos que faciliten el manejo del rebaño garantizando su funcionalidad y las exigencias básicas en cuanto a higiene, orientación, economía, racionalización del trabajo, el control de los factores climáticos (viento, temperatura, humedad) y el diseño funcional de las instalaciones que permita el fácil manejo de los animales, así como el acceso de vehículos sin dificultad (Cíntora, 2011).

Figura 4.

Sistema intensivo.



NUTRICIÓN EN PORCINOS

experimentos de utilización de alimentos alternativos

en la **PRODUCCIÓN DE CERDOS**

Capítulo 2

Requerimientos nutricionales del cerdo
de engorde



La cría de cerdos es una actividad que exige una cuidadosa atención, especialmente en el aspecto de la nutrición. Una alimentación adecuada es crucial para garantizar el crecimiento saludable, el desarrollo eficiente y la salud general de los animales. La importancia de una nutrición eficiente en porcicultura es evidente, y adaptar las dietas según las diferentes etapas de desarrollo es fundamental para lograr resultados productivos y económicos (www.brfeedingredients.com, 2024).

Requerimiento proteico y de aminoácidos de los cerdos

La fijación de proteínas es de un 16% para un animal de tipo magro y 15% para un cerdo no mejorado, el cerdo retiene para la síntesis proteica solo el 50% del total de lisina ingerida, y ésta representa el 7% del total de la proteína fijada.

Las necesidades proteicas varían entre sexo, teniendo el macho entero el mayor requerimiento seguido por las hembras y por último el macho castrado. Los excesos de proteínas tampoco son beneficiosos porque el organismo debe gastar energía para poder deshacerse de ellas. Por cada grado centígrado que la temperatura desciende por debajo de los 23 grados, las necesidades de mantenimiento se incrementan en 3,7 kcal/EM/kg. Para formar un gramo de músculo necesita 2,8 kcal/EM y para formar uno de grasa necesita 9,7 kcal/EM, además por cada gramo de proteína el animal gana 4,4 g de peso, mientras que por cada gramo de lípidos solo gana un gramo de peso (www.engormix.com, 2014).

Tabla 1.

Requerimiento nutricional del cerdo según su peso.

Nutriente	Crecimiento 25-50 kg	Terminación 50-105 kg
Energía metabólica (kcal/kg)	3.300	3.250
Proteína (%)	18,00	16,50
Lisina (%)	1,05	1,00
Calcio (%)	0,78	0,75
Fósforo disponible (%)	0,32	0,30

Fuente: Vetifarma, 2005.

Los aminoácidos, por lo general proporcionados por la proteína de la ración, son necesarios para el mantenimiento, crecimiento muscular, desarrollo de los fetos y mantenimiento del útero grávido en las cerdas gestantes, y la produc-

ción de leche en las cerdas lactantes. De los veintidós aminoácidos, doce se sintetizan en el cuerpo, mientras que los diez restantes deben ser suministrados a través de la ración para que el crecimiento sea normal. Estos diez aminoácidos esenciales para los cerdos son: arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina. La cisteína y la tirosina pueden cubrir una parte de las necesidades de metionina y fenilalanina, respectivamente.

Los porcentajes de proteína bruta indicados en necesidades nutricionales de cerdos en crecimiento con libre acceso al alimento (90% de materia seca) y necesidades nutricionales de cerdas gestantes y lactantes (90% de materia seca), proporcionan los niveles necesarios de lisina (el primer aminoácido limitante) y cantidades suficientes de los demás aminoácidos esenciales cuando las raciones están basadas en maíz y harina de soja. Las necesidades de lisina al comienzo de la fase de inicio son muy elevadas (1,70%), pero disminuyen a un 1,53% y un 1,40% durante las fases media y final, respectivamente. Las necesidades continúan disminuyendo a lo largo de la etapa de crecimiento-finalización desde un 1,12% durante la fase temprana de crecimiento hasta un 0,71% en la fase de finalización.

Los aminoácidos de mayor importancia práctica en la formulación de raciones son: lisina, triptófano, treonina y metionina. El maíz, el cereal básico de la mayoría de las raciones para cerdos, es notablemente deficitario en lisina y triptófano. Los otros cereales principales para cerdos (sorgo, cebada y trigo) son deficitarios en lisina y treonina. El primer aminoácido limitante en la harina de soja es la metionina, pero se proporcionan cantidades suficientes cuando la harina de soja se combina con cereales en una ración completa que satisfaga las necesidades de lisina. Una excepción pueden ser los cerdos jóvenes que consumen raciones muy ricas en harina de soja o las raciones que contienen productos sanguíneos deshidratados, que son bajos en aminoácidos azufrados.

Hoy en día es bastante común formular raciones porcinas basadas en el concepto de proteína "ideal"; es decir, expresar las necesidades de los aminoácidos esenciales como porcentaje de las necesidades de lisina. Además, cada vez es más popular formular raciones para cerdos basadas en los aminoácidos digestibles estandarizados (o verdaderos) o digestibles aparentes. Este método es particularmente ventajoso cuando la ración incluye cantidades importantes de subproductos (Gary L. Cromwell, 2015).

Requerimiento de energía en los cerdos

La energía neta disponible por el animal, en principio, es utilizada para la formación de tejido muscular, de acuerdo al potencial genético y al equilibrio de aminoácidos de la ración, y la energía excedente es depositada como tejido adiposo. La energía de mantenimiento requerida por el cerdo representa el 40% del total, siendo esta de 250 kcal por peso vivo; esto sería 0,60 para animales de 20 a 100 kg de peso (www.engormix.com, 2014).

Las necesidades energéticas se expresan como kilocalorías (kcal) de energía digestible (ED), energía metabolizable (EM) o energía neta (EN). La ED y la EM son los valores empleados más frecuentemente, pero existe una tendencia en la industria a formular raciones basadas en el National Research Council (NRC) de EE. UU., el cual determina las necesidades de energía como EN y luego estima la ED y la EM a partir de la EN. Las necesidades energéticas de los cerdos dependen de su peso (que repercute en las necesidades de mantenimiento), capacidad genética de crecimiento magro o producción láctea y temperatura ambiente de los alojamientos.

La cantidad de alimento consumido por los cerdos en crecimiento, alimentados a voluntad, está controlada principalmente por el contenido energético de la ración. Si aumenta la concentración energética de la ración mediante la inclusión de grasa suplementaria, el consumo voluntario de alimento disminuye. Los cerdos alimentados con este tipo de raciones, por lo general, engordarán más rápido, y aumentará la eficiencia de la ganancia de peso, pero el porcentaje de grasa de la canal se incrementará. Si la ración contiene cantidades excesivas de fibra (> 5-7%) sin aumentos proporcionales de grasa, el ritmo, y especialmente la eficiencia del aumento de peso disminuye (Cromwell, 2015).

Requerimientos de grasa de los cerdos

Las grasas o lípidos se definen químicamente como sustancias orgánicas insolubles en agua, pero solubles en disolventes orgánicos. Los lípidos incluyen distintos compuestos que tienen en común contar con ácidos grasos en su estructura. Incluyen productos tales como triglicéridos o grasas neutras (molécula formada por tres ácidos grasos unidos mediante un enlace éster a un glicerol), lípidos estructurales (lecitinas en las cuales uno de los ácidos grasos es sustituido por un grupo fosfórico), ceras (ésteres de alcoholes de cadena larga de origen vegetal), ácidos grasos libres (procedentes de los procesos de refinado de la industria de aceites comestibles y otras) y jabones cálcicos (molécula sin glicerol y con ácidos grasos saponificados por el ion calcio).

Las grasas de origen animal están consideradas dentro de las grasas poliinsaturadas (origen marino), grasas insaturadas (grasa de aves), moderadamente insaturadas (manteca de porcino), saturadas (sebo vacuno) y mezclas de todas las anteriores. Otro grupo es el formado por subproductos de diversas industrias cuya materia prima original es la grasa. En este grupo están las oleínas (residuos del refinado de las grasas comestibles), lecitinas (gomas de los procesos de refinado industrial), grasas de freiduría (resultantes del reciclado de grasas comestibles), subproductos industriales y destilados procedentes de la industria del glicerol y otros (www.engormix.com, 2014).

El ácido linoleico, el ácido araquidónico y probablemente otros ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga son necesarios para los cerdos. Sin embargo, los ácidos grasos de cadena más larga pueden sintetizarse en el organismo a partir del ácido linoleico, por lo que el ácido linoleico se considera el ácido graso esencial. El NRC estima las necesidades de ácido linoleico en un 0,1% para el crecimiento y la reproducción porcina. Las necesidades suelen satisfacerse por la grasa presente en las materias primas naturales de la ración, como, por ejemplo, el aceite presente en el maíz, que constituye una fuente rica de ácido linoleico (Cromwell, 2015).

Requerimiento de vitaminas

Vitamina A: Esta vitamina liposoluble es esencial para la visión, la reproducción, el crecimiento y mantenimiento del tejido epitelial, y las secreciones mucosas. La vitamina A se encuentra como precursores carotenoides en las plantas verdes y el maíz amarillo. El betacaroteno es la forma más activa de los diversos carotenos. El uso de vitamina A estabilizada es común en los piensos y en los suplementos o premezclas vitamínicas. Los concentrados que contienen vitamina A de forma natural (a menudo aceites de pescado) pueden utilizarse para reforzar las raciones. Los forrajes verdes, la harina de alfalfa deshidratada, y los henos de leguminosas de alta calidad son buenas fuentes de betacaroteno. Tanto la vitamina A natural como el betacaroteno son fácilmente destruidos por el aire, la luz, las temperaturas elevadas, el enranciamiento de las grasas, los ácidos orgánicos y algunos minerales. Por ello, probablemente no debe confiarse del todo en los alimentos naturales como fuente de vitamina A, sobre todo porque la vitamina A sintética es muy económica. Una unidad internacional de la vitamina A equivale a 0,30 mcg de retinol o 0,344 mcg de retinol acetato.

Vitamina D: Esta vitamina antirraquítica, liposoluble, es necesaria para el crecimiento adecuado de los huesos y la osificación. La vitamina D se encuen-

tra como esteroides precursores, ergocalciferol (vitamina D2) y colecalciferol (vitamina D3), que se convierten en vitamina D activa por la radiación UV. Aunque los cerdos pueden usar vitamina D2 (esterol vegetal irradiado) y vitamina D3 (esterol animal irradiado), parece que usan preferentemente la vitamina D3. Parte de las necesidades de vitamina D pueden satisfacerse exponiendo a los cerdos a la luz del sol durante periodos de corta duración cada día. Las fuentes de vitamina D son las levaduras irradiadas, heno secado al sol, esteroides animales o vegetales activados, aceites de pescado y premezclas vitamínicas. Para esta vitamina, 1 UI equivale a 0,025 mg de colecalciferol. Las necesidades estimadas de vitamina D para cerdas gestantes y lactantes se incrementaron de 200 a 800 UI/kg en la publicación de 2012 del NRC.

Vitamina E: Esta vitamina liposoluble actúa como un antioxidante natural en los piensos. Hay ocho formas naturales de vitamina E, pero el d-alfa-tocoferol tiene la mayor actividad biológica. Los cerdos de cualquier edad necesitan vitamina E, que está estrechamente interrelacionada con el selenio. Las necesidades de vitamina E son 11-16 UI/kg de pienso para cerdos en crecimiento y 44 UI/kg para las cerdas; la suplementación con vitamina E solo puede cubrir parcialmente un déficit de selenio. Los forrajes verdes, los heno y harinas de leguminosas, los granos de cereales y especialmente el germen de los granos de cereales contienen cantidades apreciables de vitamina E. La actividad de la vitamina E en los alimentos se reduce cuando se exponen a condiciones de elevado calor y humedad, el enranciamiento de las grasas, los ácidos orgánicos y niveles altos de algunos oligoelementos. Una UI de actividad de vitamina E equivale a 0,67 mg de d-alfa-tocoferol o 1 mg de acetato de dl-alfa-tocoferol.

Vitamina K: Esta vitamina liposoluble es necesaria para la coagulación sanguínea normal. Las necesidades de vitamina K son bajas, 0,5 mg/kg de pienso. La síntesis bacteriana de esta vitamina y su subsiguiente absorción, directamente o por coprofagia, por lo general cubrirá las necesidades de los cerdos. Aunque es poco frecuente, se han descrito hemorragias en lechones recién nacidos y en cerdos en crecimiento, por lo que se recomienda incluir 2 mg de vitamina K/kg de ración como medida preventiva. Por lo general, los problemas de hemorragias pueden relacionarse con el consumo de raciones que incluyen cereales u otras materias primas contaminadas con hongos.

Tiamina B1: Esta vitamina tiene importantes funciones en el organismo, pero es de poca importancia práctica para los cerdos debido a que los cereales y otras materias primas proporcionan cantidades suficientes para cubrir las necesidades.

Riboflavina B2: Esta vitamina hidrosoluble es un constituyente de dos importantes sistemas enzimáticos que están implicados en el metabolismo de los carbohidratos, la proteína y la grasa. Las raciones porcinas suelen ser deficitarias en esta vitamina, y se incluye en forma cristalina en las premezclas. Las fuentes naturales son los forrajes verdes, subproductos lácteos, levadura de cerveza, harinas de leguminosas y algunos subproductos de fermentación y destilería.

Niacina (ácido nicotínico) B3: La niacina es un componente de coenzimas implicadas en el metabolismo de los hidratos de carbono, la grasa y la proteína. Los cerdos pueden convertir el exceso de triptófano en niacina, pero la conversión es ineficaz. La niacina de la mayoría de los granos de cereales no está en absoluto disponible para los cerdos. Las raciones porcinas suelen ser deficitarias en esta vitamina, y se incluye en forma cristalina en las premezclas. Las fuentes naturales de niacina son los subproductos animales y de pescado, la levadura de cerveza y los solubles de destilería. De acuerdo con investigaciones recientes, el NRC incrementó las necesidades de niacina a 30 ppm durante todas las fases del crecimiento.

Ácido pantoténico B5: Esta vitamina es un componente de la coenzima A, una enzima importante en el metabolismo energético. Las raciones porcinas son deficitarias en esta vitamina, y la sal cristalina, d-calcio pantotenato, se incluye en las premezclas de vitaminas. Las fuentes naturales de ácido pantoténico son los forrajes verdes, las harinas de leguminosas, los productos lácteos, la levadura de cerveza, los solubles de pescado y otros subproductos.

Vitamina B6 piridoxina: Un grupo de compuestos llamados piridoxinas tienen actividad de la vitamina B6 y son importantes en el metabolismo de los aminoácidos. Están presentes en grandes cantidades en las materias primas naturales incluidas en las raciones de los cerdos. Las necesidades de vitamina B6 de los cerdos jóvenes (5-25 kg) se incrementaron 3-4 veces en la publicación del NRC de 2012 respecto a la edición anterior.

Vitamina B7 biotina: Esta vitamina está presente en una forma altamente disponible en el maíz y la harina de soja, pero la biotina de los granos de sorgo, avena, cebada y trigo es menos disponible para los cerdos. Hay evidencia de que cuando estos últimos cereales se suministran a los cerdos, especialmente animales reproductores, la biotina puede ser escasa o deficitaria. Se ha observado que el rendimiento reproductivo de las cerdas mejora con la adición de biotina. Aunque no tan clara, hay evidencia de que los resultados

reproductivos también pueden mejorarse con la adición de biotina a raciones basadas en maíz y harina de soja. En algunas circunstancias, la suplementación con biotina reduce la incidencia de lesiones de las almohadillas plantares en los cerdos adultos. Por seguridad, la suplementación con biotina es recomendable, especialmente en las raciones de cerdas. Hay que considerar que los huevos crudos no deben suministrarse a los cerdos porque la clara de huevo contiene avidina, una proteína que forma complejos con la biotina y la hace no disponible.

Folacina B9: Este grupo de compuestos tiene actividad de ácido fólico. La folacina, presente de forma natural en las materias primas, es suficiente para satisfacer las necesidades de crecimiento, pero estudios recientes han demostrado un aumento del tamaño de camada cuando se añade ácido fólico a las raciones de cerdas.

Vitamina B12: Esta vitamina, también denominada cianocobalamina, contiene cobalto y cumple numerosas e importantes funciones metabólicas. Los alimentos de origen vegetal carecen de esta vitamina, pero los de origen animal son buenas fuentes. Aunque hay alguna síntesis intestinal de esta vitamina, la vitamina B12 suele incluirse en las premezclas vitamínicas para cerdos.

Colina: La colina es esencial para el funcionamiento normal de todos los tejidos. Los cerdos pueden sintetizar algo de colina a partir de la metionina de la ración. En las materias primas naturales se encuentra suficiente colina para satisfacer las necesidades de los cerdos en crecimiento. Sin embargo, en algunos estudios, la suplementación con 440-800 mg/kg de ración incrementaron la prolificidad en cerdas primíparas y maduras. Las fuentes naturales de colina son los solubles de pescado, la harina de pescado, la harina de soja, la harina de hígado, la levadura de cerveza y la harina de carne. El cloruro de colina, del cual un 75% es colina, es la forma habitual de colina suplementaria en los piensos. Si la colina se añade como suplemento a la ración de las cerdas, no debe combinarse con otras vitaminas en una premezcla, especialmente si contiene oligoelementos, ya que el cloruro de colina es higroscópico y destruye parte de la actividad de la vitamina A y otras vitaminas menos estables (Cromwell, 2015).

Ácido ascórbico (vitamina C): Se cree que los cerdos pueden sintetizar esta vitamina con suficiente rapidez para satisfacer sus necesidades en condiciones normales. Sin embargo, varios estudios han demostrado beneficios en el rendimiento de los cerdos destetados precozmente en condiciones de estrés cuando esta vitamina se añade a la ración (Cromwell, 2015).

Requerimiento de minerales

Los cerdos tienen requerimientos dietarios de minerales. Las funciones que cumplen en el organismo son diversas y la deficiencia de estos minerales resulta en pérdidas productivas y económicas; considerando que los animales de granja en confinamiento no tienen acceso a fuentes naturales de minerales como el suelo y los forrajes, es oportuno cubrir sus deficiencias con núcleos vitamínicos y minerales comerciales (Luna *et al.*, 2017).

Los minerales esenciales para los cerdos son 30. Estos minerales se clasifican en cuatro grupos:

- i. Grupo 1 o macrominerales esenciales: son 7, se encuentran en las dietas por encima de los 100 ppm, se expresan en g/kg o tanto por cien (%) y son el calcio (Ca), fósforo (P), cloro (Cl), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na) y azufre (S).
- ii. Grupo 2 o microminerales esenciales: son 9, se encuentran en las dietas por debajo de los 100 ppm, se expresan en mg/kg o ppm y son el cobre (Cu), cobalto (Co), cromo (Cr), hierro (Fe), yodo (I), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), selenio (Se) y cinc (Zn).
- iii. Grupo 3 o minerales esenciales menores: en total son 11, beneficiosos en determinadas circunstancias y bien conocidos por su toxicidad. Se expresan en mg/kg o ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$) y son el aluminio (Al), arsénico (As), boro (B), bromo (Br), estaño (Sn), flúor (F), litio (Li), níquel (Ni), rubidio (Rb), silicio (Si), vanadio (V)
- iv. Grupo 4 o minerales altamente tóxicos: no son esenciales para el animal, se expresan en mg/kg o ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$) y son solo 3: cadmio (Cd), mercurio (Hg) y plomo (Pb) (Luna *et al.*, 2017).

El calcio y fósforo desempeñan, junto con la vitamina D3, un importante papel en el crecimiento de los huesos y desarrollo de los aplomos. El potasio interviene en los procesos de excitabilidad nerviosa y muscular y en el equilibrio hídrico y ácido-base del verraco.

El cloro y sodio son importantes en el mantenimiento de la presión osmótica, equilibrio ácido-base y metabolismo hídrico. Para satisfacer las necesidades de sodio se incluyen en el pienso en forma de cloruro sódico a un nivel de entre 0,3 a 0,5%; sin embargo, esto da lugar a un exceso en cloro que puede afectar negativamente sobre el verraco de forma que se recomienda cubrir parte de las necesidades de sodio en forma de bicarbonato sódico (www.3tres3.com, 2004). El magnesio también se encuentra en el hueso,

pero cumple su papel principal en la composición de numerosas enzimas del organismo. La mayor parte de los ingredientes del pienso contienen cantidades suficientes de magnesio y en condiciones normales no es necesario suplementar la dieta. Los signos de deficiencia descritos consisten en marcha anormal debido a falta de enzimas en el sistema nervioso, incoordinación y debilidad en las rodillas y las articulaciones del tarso con pérdida de la tensión tendinosa. El exceso de magnesita calcinada en las raciones puede causar diarrea. El cobre, al igual que el hierro, es necesario para la formación normal de los eritrocitos y su deficiencia puede conducir a anemia. El cobre también es importante en los sistemas enzimáticos. Por fortuna, las deficiencias nutricionales son muy raras en cerdos. Se añade a la dieta como promotora del crecimiento a niveles de hasta 175 ppm para cerdos de hasta 16 semanas de vida y 100 ppm para los mayores de esa edad (requerimientos legales en la UE). Suprime el crecimiento bacteriano. En algunas experiencias de campo el cobre se ha eliminado de las dietas de iniciación de forma repentina y súbita, lo cual causó diarrea, enteritis bacteriana y baja tasa de crecimiento, tal vez asociados con la multiplicación repentina de bacterias patógenas (www.elsitioporcino.com, 2024).

El yodo es necesario para la producción de la hormona tiroxina por la glándula tiroides. Esta glándula regula el metabolismo corporal y la deficiencia de yodo en la dieta es causa de bocio (agrandamiento de la glándula tiroides). Las sustancias denominadas glucosinolatos presentes en las semillas de colza sembradas en invierno a veces se encuentran en la dieta y pueden evitar que la glándula utilice el yodo. La harina de canola, una semilla de colza mejorada que tiene bajos niveles de glucosinolatos, se puede utilizar con seguridad en las dietas de porcinos. Se debe considerar una deficiencia de yodo ante numerosas camadas con lechones débiles y sin pelo. Esta situación es rara con las dietas modernas. La sal yodada que contiene 0,008% de yodo aporta una cantidad suficiente de yodo a la dieta.

El hierro forma parte de la hemoglobina, que es la encargada del transporte de oxígeno. Cuando una deficiencia de hierro causa anemia, la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre disminuye en gran medida. Todas las dietas para cerdos se deben suplementar con hierro. La anemia causada por deficiencia primaria de hierro es infrecuente en cerdos mayores de 6 semanas de edad, a menos que no hayan recibido hierro en las primeras 2 semanas de vida y no tengan acceso a una dieta de iniciación suplementada. Por lo general, los lechones reciben inyecciones intramusculares o subcutáneas de 100-200 mg de hierro dextrano entre los 3 y 7 días de vida. El manganeso

cumple una función importante en la producción de enzimas y en el desarrollo óseo. También es necesario para la función reproductiva normal. Las deficiencias descritas se asocian con cojera, celo irregular, retraso de la maduración sexual y neonatos débiles. Los niveles requeridos en la dieta son pequeños, de alrededor de 4 g/tonelada de pienso y los problemas asociados con deficiencia son infrecuentes. Con respecto al zinc, la mayor parte de las enzimas porcinas requieren zinc para mantener su estructura y función. Este elemento es un componente esencial de la insulina. Los cerdos con deficiencia de zinc tienen baja tasa de crecimiento, poco apetito y engrosamiento de la piel (paraqueratosis). El exceso de calcio en la dieta también reduce la disponibilidad de zinc y conduce a paraqueratosis, pero esta afección rara vez se observa en la práctica. El pienso debería incluir 50-100 g/tonelada. En los últimos años se ha descubierto otra ventaja de la inclusión de zinc en la dieta: en el período comprendido entre el destete y los 21 días siguientes, la inclusión de óxido de zinc BP (80% de zinc) en niveles de 3,1 kg/tonelada en dietas de iniciación es muy eficaz para prevenir la diarrea asociada con *E. coli*. Este método aporta 2,5 g/kg de zinc elemental, que inactiva a la mayor parte de las cepas patógenas de *E. coli*. Se ignora el mecanismo de esta acción y la adición de niveles más bajos no suele ser eficaz (www.elsitioporcino.com, 2024). Por último, el selenio mejora la fertilidad del verraco. Su déficit, junto con el déficit de vitamina E, puede conllevar a largo plazo una degeneración de los testículos (www.3tres3.com, 2004).

Calidad del agua

El consumo de alimentos depende del consumo de agua. Los lechones deben tener fácil acceso a agua limpia y de calidad. El flujo de agua debe estar entre 0,5 a 0,7 l/min y la presión del agua en la línea de 20 psi. Los bebederos deben ajustarse regularmente (p. e. semanalmente) según el tamaño de los lechones (a la altura de los hombros). La calidad del agua para los cerdos en general es importante, particularmente para los lechones. El agua debe estar relativamente libre de contaminación microbiana; si no es así, la cloración puede ser necesaria. Se recomienda reducir el pH del agua a un nivel de 5 a 6 durante al menos las primeras tres semanas (<https://alphageneolymel.com>, 2021). El exceso de minerales en el agua puede causar problemas. El agua debe tener <1.000 ppm de sólidos totales disueltos (STD). Los niveles más altos de STD (2.000-5.000 ppm) pueden causar diarrea o rechazo temporal del agua, los niveles de STD de 5.000-7.000 ppm deben evitarse en los animales reproductores, y los niveles de STD >7.000 ppm no son aptos para los cerdos. Los cerdos toleran niveles moderados de sulfatos en el agua, pero deben evitarse niveles altos (>3.000 ppm) (Cromwell, 2015).

NUTRICIÓN EN PORCINOS

experimentos de utilización de alimentos alternativos

en la **PRODUCCIÓN DE CERDOS**

Capítulo 3

La alimentación en la producción
porcina



La alimentación de los cerdos representa la mayor parte de los costos de producción en los países tropicales de América Latina, alcanzando hasta un 70% de los costos productivos, motivo por el cual los porcicultores presentan pérdidas económicas al ofrecer sus productos al mercado con bajos o nulos porcentajes de rentabilidad (Agudelo Quintero y Mesa-Granda, 2022).

La nutrición tiene gran relevancia al incidir directamente sobre la producción, reproducción y crecimiento, siendo este último aspecto primordial en el caso del cerdo, ya que es calificado como la mejor opción para proveer de carne magra, debido a la alta asimilación de los alimentos de esta especie en comparación con otras por su gran capacidad para digerir las proteínas crudas e ingerir alimentos líquidos (Cornejo Aguilar, 2016).

Entre los conceptos más importantes que un porcicultor debe conocer están las etapas de vida o de producción, los nutrimentos y sus requerimientos, los ingredientes y su composición, los parámetros productivos de importancia económica y los factores que permiten una utilización eficiente de los alimentos (Campabadal, 2009).

La etapa de vida o de producción de los cerdos, se puede definir como un período de vida del animal donde necesita una determinada cantidad de nutrimentos para cumplir con sus funciones de mantenimiento y máxima producción. Además, tiene la capacidad según su desarrollo digestivo de utilizar los alimentos con diferentes grados de eficiencia. La utilización de fases de producción no solo tiene el efecto positivo de maximizar la utilización eficiente de nutrimentos y alimentos, sino también un efecto económico pues se evita un faltante o desperdicio de nutrientes que afecte a los rendimientos de los cerdos y, como consecuencia, la rentabilidad económica (Campabadal, 2009).

Los ingredientes que se utilizan en la formulación de las dietas se pueden dividir en cuatro categorías: fuentes de energía, fuentes de proteínas, fuentes de vitaminas, fuentes de minerales, y aditivos no nutricionales. El uso de los ingredientes en las raciones depende de las restricciones nutricionales que tengan las diferentes etapas productivas y de los requerimientos nutricionales que se busca satisfacer (Campabadal, 2009).

Las fuentes energéticas principales son las grasas y carbohidratos, destacando el maíz blanco o amarillo, sorgo, arroz, trigo, cebada o quinoa como ingredientes ricos en carbohidratos. Sin embargo, también se pueden utilizar subproductos como el salvado de trigo, papa, plátano verde, maduro o en forma de harina, y melaza de caña (FAO, 2021), además de la yuca, camote,

zapallo, tagua y malanga, que son propios en sectores del litoral ecuatoriano (Lino Coello, 2019). Las fuentes de energía en forma de aceites o grasas se obtienen comúnmente en forma de subproductos agroindustriales. Los tipos de grasas que podemos encontrar en el mercado se clasifican, según su naturaleza, en de origen animal (grasa de pollo, cebo, manteca, aceite de pescado y algunos subproductos industriales) o vegetal (los aceites vegetales que se obtienen por doble extracción, solventes de semillas de oleaginosas y algunos subproductos industriales de origen vegetal como las oleínas de girasol, palma y soja) (Saavedra *et al.*, 2012).

En lo que respecta a las proteínas, hay que considerar la conformación según su contenido de aminoácidos, diferenciando los no esenciales, aquellos que el cerdo tiene la capacidad de producirlos en su cuerpo, y los esenciales, que el cerdo no puede producir y tienen que ser introducidos en la dieta (Campabadal, 2009). Las fuentes de proteínas utilizadas en la elaboración de alimentos concentrados pueden ser de origen animal (harina [de pescado, carne, plumas y sangre], plasma animal, suero y leche descremada, entre los principales) y de origen vegetal (haba de soja, linaza, semillas de girasol y harinas [soja, linaza, coco y girasol]) (Saavedra *et al.*, 2012).

En cuanto al requerimiento de vitaminas y minerales, en los concentrados éstos son agregados a los alimentos en forma de premezclas, en conjunto o solas, y de esta manera se garantiza satisfacer en un 100% los requerimientos de estos nutrimentos (Campabadal, 2009). Las vitaminas, por su importancia en el buen funcionamiento de las células y en todos los procesos básicos de la vida, como crecimiento, reproducción, lactancia y producción, deben ser suministradas en cantidades suficientes, debido a que su carencia puede ser más o menos grave, dependiendo del grado de necesidad de éstas (Carrero y Cataño, 2005).

La deficiencia de minerales provoca trastornos graves en el crecimiento y la reproducción, incluso podría provocar la muerte o graves alteraciones. Los minerales, según su requerimiento, se clasifican en: trazas, presentes en el organismo en cantidades muy pequeñas (cobre, manganeso, selenio, cromo, flúor, cobalto, yodo y zinc); y minerales macro, que se requieren en cantidades más altas y son esenciales (calcio, potasio, hierro, azufre, sodio, cloro, fósforo y magnesio) (Carrero y Cataño, 2005).

En la alimentación animal los nutrientes de la dieta deben guardar coincidencia con aquellos demandados por los animales, aseverando que el apetito refleja una elección racionada en la satisfacción de las necesidades. Además, cuando la disponibilidad de la energía en la dieta es reducida los cerdos intentan compensarla comiendo más pienso, al menos hasta la capacidad física de ingestión, o bien, por la retroalimentación negativa del resto de nutrientes que son consumidos en exceso (Paulino, 2016).

Alimentación en la fase de destete

La fase de destete es considerada un período crítico en el desarrollo de los cerdos, caracterizado por importantes cambios fisiológicos y un crecimiento acelerado. Durante esta fase los cerdos experimentan una transición del alimento líquido al sólido, lo que requiere especial atención a las características nutricionales de las dietas. Por ello, los requisitos nutricionales específicos incluyen nutrientes esenciales, como las proteínas, energía, vitaminas y minerales, con la finalidad de sostener el crecimiento adecuado y el desarrollo de la salud de los animales.

Las exigencias normales de los cerdos en las etapas iniciales son: energía 3.300-3.400; fibra cruda 4%; proteína cruda 17-21%; aminoácidos esenciales: lisina 15%, metionina 0,29%, metionina + cistina 0,58%, treonina 0,75%, triptófano 0,21%; minerales: calcio 0,80-0,90%; fósforo total 0,70%; sodio 0,15-0,35% (www.brfgredients.com, 2024).

Además, los lechones necesitan ingredientes con un alto coeficiente de digestibilidad aparente (CDA), de modo que una alta absorción contribuya a un crecimiento saludable y al desarrollo del sistema inmunológico. Los alimentos con alta digestibilidad son un factor importante en el manejo alimentario del cerdo, ya que cuanto más digestibilidad del ingrediente, mayor será la absorción de nutrientes por parte del animal. En este sentido, un ingrediente con alta digestibilidad también genera menos residuos en el medio ambiente, haciendo que el sistema de producción sea más sostenible.

Esta temática está directamente conectada con los índices de conversión alimentaria, aumentando el rendimiento de los cerdos y, por lo tanto, generando un mejor costo-beneficio para los productores.

Fase de crecimiento

La transición de las fases iniciales a la fase de crecimiento requiere ajustes en las dietas, adaptándolas a necesidades nutricionales específicas, teniendo en cuenta los principios de una dieta de precisión. Por tanto, en la fase

de crecimiento las cantidades de nutrientes deben administrarse en porcentajes menores, como el nivel de proteína, por ejemplo, que de un máximo del 21% en la fase inicial, culmina en 16% en la fase de desarrollo (www.brfindredients.com, 2024).

Las causas genéticas no garantizan los logros, sugieren que éstas dependen de 1) cerdos sanos (granjas libres de enfermedades catastróficas como PRRS (Síndrome Respiratorio y Reproductivo Porcino), circovirus porcino, pleuroneumonía porcina, diarrea epidémica porcina, ileítis porcina, etc.); 2) microambiente adecuado para cada etapa del crecimiento (temperatura, ventilación, espacio vital, espacio de comedero, disponibilidad de agua, etc.); 3) alimentos formulados según los requerimientos de cada etapa. En otras palabras, el crecimiento señalado en las tablas muestra el potencial genético de los animales, según la línea genética que se adquiriera (ofrecen varias cruza según el mercado objetivo de los cerdos). La etapa de crecimiento se iniciaría a los 70 días y finalizaría a los 98 días, acá iniciaría la etapa de desarrollo y duraría hasta los 126 días, a partir de esta fecha iniciaría la etapa de engorde o acabado, la cual es dividida en 2 etapas de finalización, cada una de aproximadamente 30 días (Aguila, 2022).

Fase de acabado

Mientras tanto, en la fase de acabado, los requerimientos nutricionales de los cerdos son cada vez más precisos, y las cantidades específicas de proteína bruta –14,5%– son menores en comparación con las etapas de destete y crecimiento. Sin embargo, es en esta etapa cuando los costes alimentarios son más elevados, ya que es necesario proporcionar raciones equilibradas en cantidades que aumenten la productividad porcina.

En la fase de acabado es necesario añadir todos los minerales y vitaminas esenciales para mantener la salud, aumentando el nivel de grasas y otros nutrientes con relación a las proteínas. Por tanto, una dieta de precisión se centra en las necesidades específicas del metabolismo de cada animal y, con este enfoque, se evita el desperdicio de nutrientes y el exceso de peso fuera de la fase ideal, provocando enfermedades y aumentando los costos de medicamentos (www.brfindredients.com, 2024).

Figura 5.

Potencial crecimiento del cerdo.



Fuente: www.porcicultura.com

La fijación de proteínas es de un 16% para un animal de tipo magro y 15% para uno no mejorado. El cerdo retiene para la síntesis proteica solo el 50% del total de lisina ingerida, y ésta representa el 7% del total de la proteína fijada. Las necesidades proteicas varían entre sexo, teniendo el macho entero el mayor requerimiento, seguido por las hembras y, por último, el macho castrado. Los excesos de proteínas tampoco son beneficiosos porque el organismo debe gastar energía para poder deshacerse de ellas.

La energía neta disponible por el animal en principio es utilizada para la formación de tejido muscular, de acuerdo al potencial genético y al equilibrio de aminoácidos de la ración, la energía excedente es depositada como tejido adiposo. La energía de mantenimiento requerida por el cerdo representa el 40% del total, siendo esta de 250 kcal por peso 0,60 para animales de 20 a 100 kg de líneas genéticas magras mantenidos a 22 °C. Por cada grado centígrado que la temperatura desciende por debajo de los 23 grados, las necesidades de mantenimiento se incrementan en 3,7 kcal/EM/kg 0,75. (www.ciap.org.ar, 2024).

NUTRICIÓN EN PORCINOS

experimentos de utilización de alimentos alternativos

en la **PRODUCCIÓN DE CERDOS**

Capítulo 4

Fisiología de la digestión de los
alimentos



La digestión es el proceso de degradación de las partículas grandes a partículas más pequeñas por la acción de las enzimas (Cunningham, 2014). Las transformaciones químicas están mediadas por enzimas digestivas, que actúan a un pH óptimo que debe conocerse (Peter y Peter, 2009).

En general, la digestibilidad de los granos de cereales y otras fuentes de azúcares o almidones es grande para todas las especies de granja; posiblemente los granos menos digestibles son la avena y cebada por su gran porción fibrosa (Fernández, 2016). Las fuentes proteicas, como las harinas de carne y pescado, son también de una digestibilidad grande para todas las especies. Los alimentos que más varían en digestibilidad son los forrajes y el principal causante de dicha variabilidad es el estado de madurez. En general, a medida que aumenta la madurez de la planta disminuye su contenido de proteína y azúcares y se eleva la fibra lo que lleva consigo un decremento gradual de la digestibilidad (Shimada, 2015). La excepción a esta regla la constituye la caña de azúcar pues su digestibilidad no se altera con la edad (Shimada, 2015).

La mayor parte de la digestión y absorción tiene lugar en el intestino delgado, proceso que se ve favorecido por la presencia de las denominadas vellosidades intestinales. Además, al tracto digestivo llegan una serie de secreciones que contienen principalmente enzimas, como proteasas, amilasas, sucrasas y lipasas que hidrolizan los diferentes componentes de los alimentos, como proteínas, almidones, azúcares y grasas, respectivamente (Peter y Peter, 2009).

La digestibilidad es una forma de medir el aprovechamiento de un alimento, es decir, la facilidad con que es convertido en el aparato digestivo en sustancias útiles para la nutrición (Davison y Kennedy, 2014). Existen varios métodos para medir la digestibilidad; éstos consisten en proporcionar al animal cantidades de un alimento de composición conocida, y medir y analizar las heces. La digestibilidad varía en función de factores propios del alimento, por los animales que lo consumen o por ambas cosas (Fernández, 2016). Puede aumentar mediante procesos, como son el molido, el rolado y la formación de pastillas y hojuelas, sin embargo, esto incrementa la velocidad de tránsito del alimento por el tubo digestivo por lo que el efecto neto es una ligera disminución de la digestión. La digestibilidad puede ser limitada por falta de tiempo para realizar la acción digestiva completa en sustancias que son de lenta digestión, o bien por falta de absorción completa (Dunara, 2015).

Influencia de los alimentos sobre el tracto gastrointestinal

El desarrollo del tracto gastrointestinal (TGI) del lechón recién nacido depende profundamente de la interacción entre los componentes dietarios y la flora microbiana, teniendo el alimento un efecto determinante; asimismo, el calostro y la leche contienen altas concentraciones de factores de crecimiento que aceleran la proliferación y la maduración del intestino de los animales recién nacidos (Kelly y King, 2016). Después del destete, la composición del alimento iniciador tiene un papel importante en los cambios morfofisiológicos del TGI (Medel *et al.*, 2011).

La manera de formular las dietas iniciadoras ha cambiado en las últimas décadas, pasando de dietas simples (dos ingredientes) a dietas más complejas, en las cuales el número de ingredientes es muy amplio. Las dietas simples se formulan estrictamente con productos vegetales, por ejemplo, cereales y pasta de soya (Pluske, 2017). Las dietas complejas están compuestas por productos y subproductos lácteos (leche en polvo descremada, caseína y suero seco de leche), harinas de origen animal, cereales y pasta de soya, con la finalidad de estimular el consumo de alimento y mantener la integridad intestinal.

Al momento de realizar el cambio de una dieta compleja a una simple, el lechón ya ha superado el estrés del destete y ha ajustado su consumo de acuerdo con su capacidad física, de modo que su aparato digestivo se encuentra preparado para recibir mayores cantidades de almidón y de proteína de origen vegetal. La lactasa, que es la principal enzima intestinal para la digestión de carbohidratos en el periodo de lactancia, disminuye paulatinamente después del destete; en el caso de las enzimas maltasa y sacarasa el comportamiento es a la inversa, pues se expresan y se activan con el consumo del alimento sólido, que contiene almidones y sacarosa. De igual forma, la mucosa intestinal parece ser bastante sensible a la composición de las dietas (Kelly y King, 2016).

Los principales componentes de la dieta que afectan el desarrollo del TGI son las fuentes de lactosa, los alimentos proteínicos y los cereales. La calidad de la fuente de proteína incluida en la dieta para lechones tiene un papel importante en el desarrollo del TGI. Esa calidad depende en gran medida del origen de las fuentes proteínicas (animal o vegetal) (Medel *et al.*, 2011).

Los cereales son los ingredientes presentes en mayor proporción en las dietas de iniciación (entre 50 y 70%), pero no están bien determinadas las consecuencias de su uso sobre la integridad intestinal (Caicedo *et al.*, 2015),

ya que en algunos casos se ha puesto de manifiesto que los taninos y los polisacáridos no amiláceos (fibra) de los cereales podrían afectar negativamente a la estructura de la mucosa del intestino delgado (Souza *et al.*, 2012). Sin embargo, Álvarez (2017) manifestó que el nivel de taninos de los sorgos incluidos en las dietas no afectó la morfología de las vellosidades ni de las criptas intestinales en los cerdos.

El desarrollo del TGI, aumentando el peso del intestino grueso y de manera general las vísceras, es provocado por alimentos con alto contenido de fibra y otorgados por largo tiempo (Kaensombath *et al.*, 2013; Asmus *et al.*, 2014). El desarrollo del páncreas está directamente relacionado con el tipo de dieta que consuma el animal, ya que si los animales tienen acceso a alimentos ricos en proteínas, grasas o carbohidratos, este órgano tendrá que desarrollar sus funciones de acuerdo con dichos sustratos (Caicedo *et al.*, 2015).

Influencia de los alimentos sobre la calidad de carne

La calidad de la carne es una medida en la que los factores sensitivos, fisiológicos, psicológicos y extrínsecos determinan la aceptabilidad de la carne en un mercado en el cual su calidad nutricional, organoléptica (color, aroma, sabor y textura), higiénica y tecnológica influyen en la aceptación o rechazo de la carne (Sánchez *et al.*, 2010). Básicamente, las características de calidad de la carne dependen de la finalidad del producto final, ya sea para consumo directo o industrialización.

Los parámetros de calidad de la carne sirven para decidir y fidelizar una compra. Estos parámetros son evaluados de forma consciente o inconsciente por el consumidor y por la industria. En el caso de los consumidores las características organolépticas, como color, textura, sabor, jugosidad e infiltración de la grasa son los más relevantes, mientras que la industria cárnica centra su atención en las características tecnológicas como pH, color, capacidad de retención de agua, textura, estabilidad oxidativa, perfil de ácidos grasos y contenido de colesterol (Collen, 2017).

Los sistemas de producción usados en la explotación de cerdos pueden interferir en la obtención de productos beneficiosos para la salud humana, los cuales se diferencian por los parámetros de calidad de la carne (Campion, 2013). Los cerdos criados en sistemas de producción al aire libre, en los que se consume pasto y dieta suplementaria, pueden incrementar los rendimientos de la canal, la grasa intramuscular y producir una carne más tierna (Sundrum *et al.*, 2012).

Las características tecnológicas de la carne son el conjunto de propiedades morfológicas, anatómicas, sensoriales, higiénicas y bioquímicas que en conjunto permiten obtener un producto final elaborado que sea aceptado en primera instancia por el consumidor, de buen rendimiento económico para la industria y que minimice los efectos en la producción y conservación (Mamani, 2014). Las características industriales (procesamiento, almacenamiento y comercialización) de la carne dependen de factores como la raza del animal, tipo de alimentación y el estrés antes o durante el faenado (Braun y Pattacini, 2011). Las características tecnológicas de calidad de la carne son el pH, la temperatura, la capacidad de retención de agua, contenido en ácidos grasos, colesterol y proteína, y la calidad nutritiva.

Digestibilidad aparente

La digestibilidad es una forma de medir el aprovechamiento de un alimento, es decir, la facilidad con que es convertido en el aparato digestivo en sustancias útiles para la nutrición (Manríquez, 2014). Otros autores, como García (2016), afirman que la digestibilidad es la capacidad de un determinado principio inmediato de ser realmente asimilado por un animal. La composición química de un alimento es solamente indicativa de su contenido de nutrientes, mas no de su disponibilidad para el animal, por lo que es necesario contar con datos de digestibilidad (Shimada, 2015).

La digestibilidad puede medirse *in vitro*, por procedimientos químicos que intentan imitar el proceso de digestión, generalmente por el sistema de Van Soest, o *in vivo*, utilizando una muestra reducida de animales fistulados o provistos de bolsas para la recogida de las heces. En el primer caso se trata de una aproximación de laboratorio al proceso real de la digestión y, en el segundo, de una estimación a través de un número reducido de animales cuyo comportamiento está presumiblemente condicionado por la manipulación humana. En ambos casos, las mediciones son complicadas y presentan importantes limitaciones de tipo práctico (San Miguel, 2013).

Los coeficientes de digestibilidad no son constantes para un determinado alimento o especie animal. La composición química del alimento afecta a la digestibilidad, ya que el estado de madurez al momento de la cosecha influye en la composición de los forrajes (San Miguel, 2013).

Cuando no se diferencia la fuente de los nutrientes que aparecen en las heces fecales se trata de digestibilidad aparente, es decir, las heces contienen tanto el nitrógeno metabólico como el nitrógeno no digerido (Maynard *et al.*, 2017).

NUTRICIÓN EN PORCINOS

experimentos de utilización de alimentos alternativos

en la **PRODUCCIÓN DE CERDOS**

Capítulo 5

Recursos locales aprovechados en la
alimentación de los cerdos



En el trópico ecuatoriano existe una diversidad de recursos alimenticios que se puede aprovechar para obtener una producción animal más eficiente (Acosta *et al.*, 2006). En la actualidad y a nivel industrial la alimentación de cerdos se hace principalmente a base de alimentos concentrados, de los cuales el 60% de las materias primas (granos) son importadas, aumentando la dependencia y, por tanto, los costos, dado que el pequeño productor se ve obligado a seguir modelos productivos impuestos por países desarrollados (González, 2005). Sin embargo, una de las formas de reducir el costo de los alimentos es a través de la utilización de materiales vegetales que se produzcan localmente, por lo que se requiere la implementación de programas de investigación que evalúen especies forrajeras, arbóreas y arbustivas que tengan potencial como reemplazo parcial de los nutrientes dietarios, conociendo sus efectos en los diferentes parámetros productivos (Posada *et al.*, 2006).

El Ministerio de Agricultura y Ganadería - MAG (2016) señala que los sectores rurales de Manabí cuentan con una diversidad agrícola de alternativas alimenticias que pueden suplir al maíz y la soya, entre los que se encuentran a nivel energético: la yuca, camote, zapallo, el plátano, subproductos del arroz, cáscara de maracuyá, naranja u otros frutos. Así mismo, a nivel proteínico encontramos: maní, frejoles de diversas variedades, follaje de yuca, subproductos del pescado, entre otros.

Para potenciar el uso de los recursos locales y prácticas que se puedan implementar de manera sustentable en el corto, medio y largo plazo, es necesario establecer un listado de alimentos disponibles por zonas, así como la forma de cómo se deben dar a los cerdos, a fin de propiciar un adecuado aprovechamiento a nivel productivo, reducir tiempos de producción, mejorar la calidad de la canal y, por ende, mejorar los ingresos.

La porcicultura en los sistemas campesinos ecuatorianos se caracteriza por estar basada en pequeños productores de cerdos que transforman pastos, restos de cultivos y subproductos del hogar en carnes. Sin embargo, los hacen altamente vulnerables a muchas enfermedades, ya que no se mantienen normas de bioseguridad y control (AGROCALIDAD, 2009).

En estudios realizados en la zona sur de Manabí se identificaron hasta 16 combinaciones alimenticias con productos agrícolas, además de utilizar desperdicios de cocina. Entre los productos más empleados están el maíz, guineo, plátano, zapallo, yuca, tagua y polvillo de arroz. La mayoría de los productores ofrece a los animales estos alimentos crudos y troceados, aunque un 34,5% indica cocinar la yuca o el plátano, no disponiendo de equipos para

la preparación de alimentos en harina. Con la finalidad de contar con recursos para alimentar sus animales el 60% de los productores cultiva su propio alimento, mientras que el resto adquiere productos de fincas o comunidades cercanas. Además, el 94,5% expresó el interés de estar capacitados para el uso de los alimentos alternativos (Cantos Plúa, 2019).

Alternativas alimenticias en la cría de cerdos en Ecuador

La yuca

En las zonas tropicales se encuentra disponible una amplia variedad de recursos que son factibles de ser utilizados en la alimentación animal. La harina de yuca como fuente de energía alternativa puede sustituir totalmente a los cereales en las dietas para cerdos en crecimiento, los estudios sobre el uso de este ensilaje demostraron que puede sustituir el 50% de la miel de caña de azúcar como fuente de energía en dietas adecuadamente suplementadas con proteínas, vitaminas y minerales, sin afectar los rasgos de comportamiento zootécnico (Duarte y Figueroa, 2008).

Entre los alimentos locales más utilizados por los productores del trópico, se destaca la yuca (*Manihot esculenta*), producto que, en la mayoría de los países en vías de desarrollo, ocupa un lugar importante en términos de contribución socioeconómica, es fundamental para la seguridad alimentaria de la población rural, y además es utilizada para la alimentación del cerdo (Almaguel *et al.*, 2010). La yuca es un cultivo muy difundido a nivel mundial, siendo Brasil el principal país productor en Latinoamérica, aunque también es producido en África y Asia. Esta materia prima es importada por gran cantidad de países europeos que tienen como objetivo la formulación de alimentos compuestos para la alimentación animal, entre ellos el cerdo (Cubillos, 2016).



En Ecuador la yuca es producida por pequeños agricultores a lo largo de todo el año y en cualquier zona del país, desde cerca del nivel del mar hasta los 1.620 m.s.n.m., y se siembran alrededor de 22.000 ha (Hinojosa García *et al.*, 2014). La yuca es el cuarto producto de importancia alimenticia después del arroz, trigo y maíz (FAO, 2022). Su uso en la alimentación animal está muy extendido, principalmente el tubérculo, aunque también se aprovecha el tallo y las hojas en fresco (Suárez Guerra y Mederos Vega, 2011).

Su contenido de almidón es comparable con el de los cereales, oscilando entre 55 y 77% de unidades de glucosa, siendo la amilopeptina el almidón presente en mayor cantidad y la amilosa el de menor cantidad (Knowles *et al.*, 2012). El almidón presente en la yuca es de baja retrogradación, lo cual facilita la digestión y su aprovechamiento por parte del animal (Suárez Guerra y Mederos Vega, 2011). Es considerado un producto energético de alto valor nutritivo y de fácil asimilación por parte de los animales, incluso otorgándoseles en grandes proporciones (Cruz, 2013).

La raíz de yuca es esencialmente una fuente de energía, rica en carbohidratos, particularmente almidón (Morales, 2014). Su contenido de lípidos y proteínas es muy reducido, lo mismo que en la fibra bruta, por lo cual sus aportes de energía metabolizable y energía digestible oscilan entre las 3.100 y 3.400 kcal/kg, según la especie o categoría animal que la consuma.

La yuca como alimento para los animales es muy importante ya que está relacionada directamente con la riqueza energética de sus raíces. Si bien es cierto, la cantidad de calorías que se obtienen de ella supera altamente a los granos de cereales que se utilizan normalmente en la alimentación animal, sin embargo, el nivel proteico de las raíces es bajo y exige una suplementación nutricional apropiada para que el animal pueda aprovechar todo el potencial calórico de ellas (Ricaurte, 2014).

En los tejidos de la raíz de la yuca hay también varios compuestos secundarios: los polifenoles, que son los más importantes y están involucrados en los procesos de deterioro fisiológico después de la cosecha; y los taninos, que se encuentran en baja concentración en el parénquima fresco y en mayor cantidad en la cáscara. Las características mencionadas varían según algunos factores varietales y edafoclimáticos, como edad de la planta, tipo de suelo, fertilización y época de cosecha (López y Yépez, 2009).

Los factores antinutricionales más conocidos que la yuca posee son: cianoglucósidos linamarina y lotaustratina, que generan cianuro por hidrólisis, y que, aunque no determinan la muerte de los cerdos, provocan un estado de

intoxicación crónica (Almaguel *et al.*, 2010; Ly *et al.*, 2014). Las variedades de yuca que normalmente se cultivan presentan niveles bajos de estos glucósidos, por lo que pueden ser consumidos de manera segura tras los procesos habituales de cocción (Quiñonez *et al.*, 2007; Ricaurte, 2014) o el ensilaje, ya que estos procedimientos disminuyen sustancialmente el porcentaje de anti-nutrientes (Figueiredo *et al.*, 2012; Vanhnasin Phoneyaphon y Preston, 2016). La raíz de yuca deshidratada al sol puede sustituir totalmente al maíz en raciones para cerdos con una reducción del costo total de producción equivalente al 23,5%, sin que se vea afectado el comportamiento productivo ni la cantidad de grasa de la canal (Ricaurte, 2014).

La malanga

La malanga (*Colocasia esculenta*) es un tubérculo rico en nutrientes y valioso en los países de clima tropical y subtropical. Es una planta herbácea anual y de comportamiento perenne si no se le hace la respectiva cosecha, pertenece a la familia de las aráceas comestibles, las que comprenden los géneros: Colocasia, Xantosoma, Alocasia, Cyrtosperma y Amorphophallus, se la conoce con el nombre científico *Xaqnthsoma sagittifolium* que es morfológicamente una planta herbácea, nutritiva sin tallos aéreos. Las hojas provienen directamente de un cormo subterráneo primario, el cual es más o menos vertical, donde se forman cormos secundarios laterales y horizontales (Zapata y Velásquez, 2013).



La malanga es también conocido como papa china o taro (*Colocasia esculenta* L.), es nativa de Asia, expandiéndose al norte de América del Sur a lo largo del tiempo, hasta llegar a Ecuador donde se descubrió su existencia por primera vez en la provincia de El Oro. La malanga se produce y cosecha en Santo Domingo de los Tsáchilas y alrededores (vía a Esmeraldas, vía a Quevedo y vía a Chone), Morona Santiago, Puyo y demás provincias del centro de la Sierra. Este alimento es muy apetecido en los mercados internacionales debido a que su cultivo es completamente orgánico, por tal motivo los agricultores

han destinado la venta de estos tubérculos a empresas que se dedican a la exportación, sin comercializarlo dentro del país (Buenaño, 2015). Las condiciones climáticas del trópico ecuatoriano permiten la siembra de la malanga durante todo el año, alcanzando una producción anual de 17 t (Programa de Promoción de Exportaciones e Inversiones PRO-ECUADOR, 2022)

El tubérculo de malanga es rico en nutrientes y valioso en los países de clima tropical y subtropical. Es una planta herbácea anual y de comportamiento perenne si no se le hace la respectiva cosecha. Pertenece a la familia de las aráceas comestibles las que comprenden los géneros: Colocasia, Xantosoma, Alocasia, Cyrtosperma y Amorphophallus. Morfológicamente es una planta herbácea, nutritiva y sin tallos aéreos. Las hojas provienen directamente de un cormo subterráneo primario, el cual es más o menos vertical donde se forman cormos secundarios laterales y horizontales (Martínez, 2013).

El uso de malanga como alimento de animales fue estudiado por Anigbogu en la Universidad Federal de Agricultura en Nigeria en el año 1997. En este estudio, la malanga se cortó en rodajas y se secó sobre techos de metal por tres días, dándole vueltas periódicamente, lo que prolonga su vida útil (Vega, 2012). Este producto es utilizado de manera tradicional en la alimentación de monogástricos, como el cerdo, por presentar un almidón de buena calidad y gran capacidad para absorber agua (Púa *et al.*, 2019), ya que la amilopectina es ramificada, facilitando la entrada de agua en los espacios intermoleculares, lo que mejora su solubilidad (Carbajal y Otarola, 2019). El almidón que presenta la malanga es uno de los más finos, pudiendo darse incluso en las primeras etapas de crecimiento de los cerdos (Aragadvay-Yungán *et al.*, 2016; Sánchez Janeth *et al.*, 2018). Es un producto esencialmente energético, los cormos cocidos de la malanga tienen 142 calorías por cada 100 gramos. Además, presenta un altísimo contenido de vitaminas A y C, tanto en las hojas como en los brotes (Vega, 2012), y en las cenizas procedentes de la malanga el mineral presente en mayor cantidad es el magnesio, seguido del calcio, hierro y zinc (Plúa *et al.*, 2019).

En los tubérculos de la malanga existen factores antinutricionales (FANs) en cantidades de 0,6-1 g/100g (Da Silva *et al.*, 2008; Lezcano Perdigón *et al.*, 2014), cantidad que resulta tóxica para humanos y monogástricos al reducir el valor de nutrientes por su unión con el calcio, magnesio y hierro y formar sales minerales que afectan a la digestión intestinal (Madrigal-Ambriz *et al.*, 2018). Los oxalatos presentes en la malanga forman complejos con las proteínas e inhiben su absorción y digestión, afectando de esta manera el normal crecimiento del individuo. Los taninos crean complejos con las proteínas y dismi-

nuyen su palatabilidad y digestibilidad. Los fitatos se unen a minerales en el tracto gastrointestinal, haciendo que los minerales de la dieta no sean disponibles para la absorción y utilización, reducen la biodisponibilidad del calcio y forman fitatos de calcio complejos que inhiben la absorción de hierro y zinc (Vélez, 2016).

Todas las partes de la planta tienen un alto contenido de cristales de oxalato de calcio, que son la causa de irritación y sensación de ardor en la boca y en la garganta cuando se consumen en estado natural, y aunque no alcanzan niveles de toxicidad, que pudieran ocasionar la muerte del animal, sí afectan a la asimilación de nutrientes (Caicedo *et al.*, 2019). Con el fin de reducir el efecto de los factores antinutricionales, es necesario el procesamiento antes de su consumo; tratamientos como la exposición a altas temperaturas (secado al sol, la cocción y la fermentación) disminuyen considerablemente la cantidad de los FANs presentes en los tubérculos (Valencia y de la Vega, 2020).

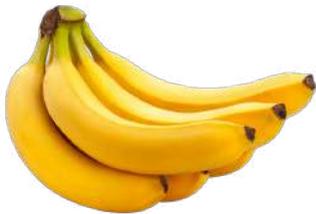
El banano (*Musa sapientum*) y el plátano (*Musa paradisiaca*)

El banano nombre científico (*Musa sapientum*) se clasifica como alimento energético alto en humedad, principalmente compuesto de agua, carbohidratos y menor cantidad de proteínas minerales y grasas (Cantos, 2019; Arias *et al.*, 2004). El banano ocupa una posición importante como alimento en el planeta. Ecuador destaca como el principal exportador en el mundo, cubriendo en un 29% el mercado internacional, seguido de Filipinas y Costa Rica. Su producción representa una contribución importante a la economía nacional, especialmente en las provincias de Guayas, El Oro y Los Ríos, las cuales cubren el 81% de las exportaciones de banano. Para el año 2022 la producción de banano fue de 6.025,10 t, que equivale a unos ingresos de \$ 3.124.220 (León Ajila, 2023).

En lo que respecta al plátano, el 95% de la producción nacional proviene de Manabí, particularmente de los cantones El Carmen (87,42%), Chone (2,79%), Portoviejo (2,59%), Flavio Alfaro (1,57%) y Tosagua (1,04%). Cifras oficiales estiman que la producción de plátano del año 2019 fue, a nivel de exportación, de 10.979.414 cajas de 50 libras de plátano, que representaron ingresos por \$ 105.185.809 (Cossío *et al.*, 2021).

En el caso del banano, las pérdidas postcosecha (10-20%) son causadas por un inadecuado manejo tanto de la postcosecha como en lo agronómico (Vázquez Castillo *et al.*, 2019). El banano y el plátano contienen un alto valor nutricional, lo que lo convierte en un alimento energético con alto

potencial para la alimentación animal. Sin embargo, en verde contiene alta presencia de taninos, siendo éste el principal factor antinutricional, que afecta de manera negativa al consumo de este alimento y a su digestión al inhibir la acción de enzimas proteolíticas (Diniz *et al.*, 2014). Al cultivar para abastecer a los mercados locales o simplemente para el consumo (Arias *et al.*, 2004), podrían alimentar grandes piaras de cerdos (Ortiz y Sánchez, 2001).



El banano presenta una alta concentración de carbohidratos no estructurales, especialmente en la pulpa, por lo que es una fuente de energía en forma de almidón cuando está verde y en forma de sacarosa cuando está en estado avanzado de maduración, recomendándose que se deje madurar, cocinar, secar o ensilar, para de esta manera mejorar el consumo por parte del cerdo (Ly, 2020). El banano se ha usado durante muchos años como suplemento en la alimentación de los cerdos, de manera especial en zonas campesinas, cuando al agricultor le resulta difícil sacarlo al mercado para su venta, usando el banano verde con cáscara como fuente energética y para minimizar los costos de producción (Garzón *et al.*, 1997). Se recomienda ofrecérselo al animal cuando éste ya tenga bien desarrollado su sistema digestivo, a partir de un peso vivo de 30-35 kg, y acompañado de un suplemento proteico de entre el 20 y 40% de proteína cruda (Padilla, 2019).

El zapallo

Entre otros productos propios de la zona, que también son utilizados por los productores, según disponibilidad de la época de la cosecha, está el zapallo (*Cucúrbita máxima* Duch). Este cultivo se ha constituido en una firme alternativa para la alimentación de porcinos y bovinos por su contenido de nutrientes, especialmente energéticos (Barrios Urdaneta *et al.*, 1996), además de un alto contenido de vitaminas A, B, C y E (Garay *et al.*, 2010), minerales esenciales como magnesio e hierro, y otros oligoelementos como el yodo, zinc, flúor, cobre y cromo que mejoran y previenen

los problemas de anemias (Valera Muñoz *et al.*, 2016). Una limitación es el bajo contenido de materia seca (12%), pero presenta un contenido de proteínas (5%) superior a la yuca, malanga e igual al banano y plátano (Lino, 2019).



Harina de tagua

La tagua (*Phytalephas aequatorialis*), es una planta endémica de Ecuador que se desarrolla en bosques húmedos tropicales de hasta 1.500 m.s.n.m. y posee proteína, grasa vegetal, glúcidos, hierro y calcio (Vera e Intriago, 2021). Su almendra es conocida como el marfil vegetal, que al pulirla suelta un polvo conocido como harina de tagua usada como alimento para ganado bovino y otras especies. Esta planta acompaña a los manabitas desde siempre, sus hojas (*cade*) son utilizadas tradicionalmente para los techos de viviendas y cobertizos. La semilla posee un endospermo blanco cuyo principal componente es un polisacárido denominado manano, que ocupa el 70% de la parte interior del mesocarpio, posee un contenido del 22% de grasas –supone un aporte energético de 288 kcal/100g– y un 21% de ácido linoleico, ácido graso esencial en el metabolismo animal, constituyendo un excelente alimento para animales. La tagua está incluida entre las 354 plantas silvestres comestibles utilizadas en Ecuador (Oña Caiza, 2017).



La harina de tagua se elabora a partir de animela, obtenida como resultado de operaciones mecánicas en sierras, tornos y pulidoras, es decir, del polvo residual de semillas maduras durante el proceso de moldeado de cerámicas o botones; este polvo se considera un subproceso y se utiliza para alimentar al ganado o animales de granja. (Orellana, 2023)

El análisis bromatológico sobre 100 gramos de harina de tagua, determinó un contenido de cenizas del 2,09%, materia orgánica del 22,56%, lípidos del 15,32%, proteína del 3,15% y fibra del 16,17% (Lino Coello, 2019).

El maíz

El maíz (*Zea mays* L) es uno de los cultivos más importantes para la alimentación de los ecuatorianos, ya que su producción provee la materia prima para la agroindustria y la alimentación humana (Cepeda, 2019). El cultivo de maíz en Ecuador implicó en el año 2020 una superficie cosechada de 355.913 ha, abarcando una producción de 1.358.626 t. La provincia de Los Ríos produce el 47% de la producción nacional, seguido de Manabí con el 21% y Guayas con el 18% (Corporación Financiera Nacional - CFN, 2022).

El maíz es el alimento más utilizado por los productores traspatio, por lo que se ha convertido en un pilar fundamental de la dieta del productor rural, pero también es empleado como la primera fuente de alimentación de pollos y cerdos al proporcionar la tasa de conversión más elevada a carne, leche y huevos, comparado con otros granos que se usan con el mismo propósito (Campos-Granados y Arce-Vega, 2016). La composición y el aporte de nutrientes del grano de maíz destinado a la alimentación animal lo hace una materia prima de alto valor energético (el mayor entre los cereales), gracias a su alto contenido en almidón y grasa. Además, representa una buena fuente de ácido linoleico (1,8% del total de extracto etéreo). Posee bajos niveles de fibra y grado de lignificación. Como consecuencia, la digestibilidad de la fibra es superior a la de otros cereales, especialmente en monogástricos. Debido a su alto valor nutritivo, su utilización en la formulación de dietas para animales está muy extendida y es popular alrededor del mundo. Sin embargo, el aumento en el precio de los granos y la menor disponibilidad para consumo animal, por la competencia para consumo humano o para producción de biocombustibles, ha motivado la búsqueda de alimentos alternativos (Campos-Granados y Arce-Vega, 2016).

Las principales partes del grano de maíz difieren considerablemente en su composición química. La cubierta seminal o pericarpio, que constituye el salvado, se caracteriza por un elevado contenido de fibra cruda (~ 87%), está

formada fundamentalmente por hemicelulosa (67%), celulosa (23%) y lignina (0,1%). El endospermo, en cambio, contiene un nivel elevado de almidón (87%), aproximadamente un 8% de proteínas y un contenido de grasas crudas relativamente bajo. El componente químico principal del grano de maíz es el almidón, al que corresponde hasta el 72-73% del peso del grano. Otros hidratos de carbono son azúcares sencillos en forma de glucosa, sacarosa y fructosa, en cantidades que varían del 1 al 3% del grano. El almidón está formado por dos polímeros de glucosa: amilosa y amilopectina. La amilosa es una molécula esencialmente lineal de unidades de glucosa, que constituye hasta el 25-30% del almidón. El polímero amilopectina está constituido por unidades de glucosa, pero en forma ramificada y constituye hasta el 70-75% del almidón. Si bien existen variaciones genéticas que pueden dar lugar a que el almidón esté compuesto totalmente por amilopectina, que es el caso del maíz ceroso. Un mutante del endospermo, denominado diluyente de la amilosa, también puede aumentar la proporción de amilosa del almidón hasta más del 50%. Hay otros genes que también pueden alterar la proporción entre la amilosa y la amilopectina (FAO, 1993).

El palmiste

La harina de palmiste puede ser utilizada como alimento para rumiantes y monogástricos (*aves y cerdos*), como fuente proteica y energética, por lo que puede reemplazar parcialmente, tanto al maíz como a la soya (Alvarenga y Amador, 2020). El alto contenido de fibra de la torta de palmiste produce un bajo nivel de palatabilidad, lo que se traduce en un menor consumo de alimento, mayor consumo de agua y poca ganancia de peso (Góngora, 2017).

La harina de palmiste es el residuo de la extracción del aceite de la semilla de las palmas africanas mediante el prensado de la pulpa carnosa del fruto, de donde se recibe el aceite. La palma se cultiva en muchos países de zonas tropicales, como en Nigeria, Camerún, así como en Asia, Indonesia y Malasia. El palmiste tiene entre un 8 y 10% de grasa y un elevado costo proteico (Fundación Española para el Desarrollo de Nutrición Animal, 2015). La harina de palmiste tenía una composición química de un 16,11% de proteína bruta, 24,7 % de fibra bruta, 0,27% de Ca, 0,16% de P disponible, 0,24% de lisina digestible, 0,32% de metionina + cistina digestible y 0,26% de treonina digestible. Debido a su precio atractivo, se ha iniciado su uso en piensos de porcino adulto, disminuyendo su costo de producción (Anzules, 2023).



Los métodos tecnológicos usados para la extracción del aceite, inciden en las variaciones de la composición nutritiva del palmiste, además pueden influir factores como: la variedad y edad de las palmas, latitud, altitud, lluvia, topografía, textura, estructura de los suelos, radiación solar, fotoperiodo, temperatura, agua y fertilidad del suelo (Morán-Montaño, 2017).

NUTRICIÓN EN PORCINOS

experimentos de utilización de alimentos alternativos

en la **PRODUCCIÓN DE CERDOS**

Capítulo 6

Formulación de dietas alimenticias



La alimentación eficiente de los cerdos es una de las prácticas más importantes de una porqueriza, ya que de ella depende no solo los rendimientos productivos de los cerdos, sino también la rentabilidad de la granja. La alimentación representa entre un 80 a un 85% de los costos totales de producción, por esta razón es importante que el porcicultor conozca conceptos importantes relacionados con la alimentación eficiente de los cerdos (Campabadal, 2009).

Debemos formular dietas bien equilibradas que contengan los nutrientes necesarios y en las cantidades correctas, considerando cada etapa fisiológica, peso, edad, sexo, el potencial genético, estado de salud y la temperatura del medioambiente. Las dietas deben ser diseñadas utilizando el concepto de proteína ideal "sin déficit ni exceso" de aminoácidos, utilizando los datos aportados por los laboratorios bromatológicos, que garanticen: la inocuidad, trazabilidad, bienestar animal y que sean amigable con el medioambiente con la menor excreción de nitrógenos y fósforos (www.elsitioporcino.com, 2024).

Los cerdos son animales monogástricos, por tanto, requieren un elevado consumo de energía para que pueda ser asimilada por el organismo del animal, es por ello que el proceso de la molinería (alimento hecho harina) ayuda con gran efectividad en el proceso de asimilación y de digestión de nutrientes dentro del organismo (Galarza, 2022).

Calidad del alimento

La característica principal de un alimento para cerdos debe ser de **alto valor energético, aportando principalmente almidón y grasa**. Entre los productos utilizados destaca el maíz, cuyo nivel de inclusión dentro de las dietas suele ser de entre el 50 y 70%, y se caracteriza por su alto valor energético, buena palatabilidad y baja presencia de factores antinutricionales; influencia de forma significativa la calidad de la misma, aportando el 63% de la energía metabolizable y 25% de la proteína en dietas de engorde (nutrinews.com, 2021). Para determinar la calidad de los alimentos, se deben hacer análisis previos, siendo los de mayor importancia: físicos, bromatológicos, químicos y microbiológicos.

Análisis físicos

Comprenden los análisis macroscópicos y organolépticos. Representan el primer filtro de control, donde se evalúan parámetros como la calidad de los granos (dañados, quebrados, ardidos, brotados, etc.), la presencia de impurezas e insectos vivos, el color, el olor y la textura. A pesar de su simplicidad, de no requerir equipamientos costosos y de ser de bajo costo pueden evitar grandes pérdidas económicas al productor (www.3tres3.com, 2022).

Es importante, por calidad, analizar el tipo de grano que utilizamos en nuestras formulaciones, ya que granos quebrados poseen 90 kcal de energía metabolizable/kg menos que los granos enteros. También es importante evaluar las condiciones de almacenamiento (temperatura, humedad, acciones de hongos, insectos), ya que si estas son inadecuadas, pueden disminuir del 5 al 25% la energía metabolizable del maíz (nutrinews.com, 2021).

Un parámetro físico importante es la granulometría, la cual puede afectar tanto positiva como negativamente el desempeño y salud de los cerdos, así como en el gasto energético de la planta y el correcto mezclado del alimento. Este análisis se realiza mediante un juego de zarandas sobre un vibrador, donde obtenemos los valores de DGM (diámetro geométrico medio) y el desvío estándar. El control de mezclado se suma a los análisis físicos indispensables, lo cual nos permite evaluar la calidad de la mezcla de los alimentos. Un correcto mezclado debe garantizar que en una porción de 10 gramos de alimento se encuentre la proporción adecuada de los diferentes ingredientes incorporados por fórmula (www.3tres3.com, 2022).

Análisis químicos

Representados por los análisis bromatológicos, consisten en el conjunto de estudios fundamentales para conocer los parámetros nutricionales de los ingredientes con el fin de comprobar que los alimentos elaborados cumplen con el perfil nutricional esperado, y generalmente se analiza: humedad, proteína bruta, fibra bruta, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, extracto etéreo y cenizas. Siendo la humedad uno de los más importantes índices evaluados, debido a su importancia económica por reflejar el tenor de sólidos y la caducidad tanto de materias primas como de alimentos (www.3tres3.com, 2022).

Tabla 2.

Análisis bromatológicos de alimentos utilizados en dietas de animales.

Tablas FEDNA 2019 v. 15.01.2021	HU- ME- DAD	CE- NI- ZAS	PB	PB- DIG_	EE	EE	FB	FAD	LAD	AL- MI- DON	AZU- CA- RES		
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
ARROZ PARTIDO	12,8	1,0	7,5	6,6	1,0	0,9	1,0	2,5	1,2	0,1	71,8	1,8	98,4
AVENA	9,5	2,8	9,9	7,1	4,9	4,4	12,8	30,9	14,2	2,6	36,1	1,5	95,6
AVENA DECORTI- CADA	11,5	2,8	14,0	11,2	6,9	6,2	3,4	10,2	4,8	1,0	51,4	2,0	98,8

Tablas FEDNA 2019 v. 15.01.2021	HU- ME- DAD	CE- NI- ZAS	PB	PB- DIG_	EE	EE	FB	FAD	LAD	AL- MI- DON	AZU- CA- RES	(%)	(%)
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
CEBADA 2C 11.3 PB	10,1	2,2	11,3	8,5	1,7	1,2	4,7	18,1	5,5	1,1	51,9	1,6	96,9
CEBADA 2C 9.6 PB	11,1	2,2	9,6	7,2	1,7	1,2	4,7	18,1	5,5	1,1	52,5	1,6	96,8
CENTENO NACIONAL	10,6	1,6	9,4	6,6	1,3	0,9	2,3	13,6	3,4	1,0	55,3	3,7	95,5
CENTENO ALEMÁN	12,5	1,8	10,1	7,0	1,8	1,3	2,2	11,2	3,2	1,0	53,7	4,5	95,5
MAÍZ NA- CIONAL	13,6	1,1	7,3	5,8	3,3	3,0	2,1	9,0	2,8	0,7	63,8	1,7	99,8
MAÍZ RICO EN ACEITE	13,8	1,3	8,4	6,6	6,4	6,1	2,4	8,8	2,9	0,9	59,0	2,0	99,7
SORGO BLANCO	13,0	1,3	8,9	6,7	3,0	2,7	2,3	8,8	4,5	0,8	64,2	0,8	100,0
TRIGO BLANDO 12,9 PB	10,3	1,8	12,9	10,6	1,4	1,0	2,4	10,8	3,2	1,0	60,1	1,5	98,8
TRIGO DURO	10,0	1,6	13,8	11,2	2,0	1,4	2,9	11,9	3,9	1,3	56,0	2,5	97,8
TRITICALE	10,5	1,7	10,7	8,7	1,5	1,1	2,3	12,4	3,3	1,1	57,7	2,7	97,2
ARROZ TRATADO CALOR	12,8	1,0	7,5	6,8	1,0	0,9	1,0	2,5	1,2	0,1	71,8	1,8	98,4
MAÍZ TRATADO CALOR	13,8	1,1	7,3	6,1	3,3	3,0	2,1	8,8	2,8	0,7	63,8	1,7	99,8
SORGO BLANCO TRATADO POR CALOR	13,0	1,3	8,9	6,7	3,0	2,7	2,3	8,8	4,5	0,8	64,2	0,8	100,0
SALVADO ARROZ 14% EE	10,3	8,3	13,8	9,4	13,9	12,0	7,8	18,0	9,0	3,7	27,0	5,0	96,3
SALVADO ARROZ DESENGRA- SADO	9,9	11,6	14,8	7,7	3,2	2,2	9,7	27,5	15,1	3,9	29,5	2,3	98,8
HARINILLAS MAÍZ 6% EE	13,7	1,9	8,3	5,6	6,0	4,8	3,5	16,5	4,9	0,9	51,3	2,3	100,0
GLUTEN FEED MAÍZ 20.5%	11,5	6,5	20,5	12,9	2,6	2,0	7,5	31,6	8,3	1,1	15,0	2,2	89,9
GLUTEN MEAL MAÍZ 60%	10,4	1,7	60,0	55,8	2,7	2,2	1,7	6,1	2,4	0,4	17,0	0,7	98,6
SALVADO TRIGO 15% ALMIDÓN	12,6	5,4	15,4	9,9	3,3	2,4	11,1	40,3	13,4	3,6	15,0	5,8	97,8

Tablas FEDNA 2019 v. 15.01.2021	HU-ME-DAD (%)	CE-NI-ZAS (%)	PB (%)	PB-DIG (%)	EE (%)	EE (%)	FB (%)	FAD (%)	LAD (%)	AL-MI-DON (%)	AZU-CA-RES (%)	(%)	
HARINILLAS TRIGO 30% ALM	11,8	3,9	14,7	10,6	3,5	2,5	8,0	29,2	9,4	2,7	29,2	6,4	98,7
RAICILLAS MALTA 19	9,5	6,5	19,1	12,6	1,5	0,9	12,9	40,2	15,1	2,4	11,0	9,0	96,8
BELLOTA ENTERA	37,5	1,6	2,6	.	4,8	4,3	7,5	18,6	9,8	5,2	27,0	2,8	94,9
BELLOTA DECORTI-CADA	42,8	1,2	3,2	2,4	5,3	4,8	3,2	7,5	3,8	1,2	35,2	3,0	98,2
MANDIOCA 62.5	11,6	6,1	2,4	0,5	0,5	0,2	6,1	10,5	7,5	2,4	62,6	2,5	96,2
MELAZA CAÑA	27,4	9,4	4,3	1,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,2	88,4
MELAZA REMOLA-CHA	28,2	8,7	9,1	3,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	46,1	92,2
VINAZAS REMOLA-CHA	47,0	17,6	17,9	7,2	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	90,8
PATATA	11,0	5,8	8,9	4,0	0,5	0,4	2,4	7,0	2,9	1,7	61,0	2,5	96,7
BATATA	12,0	2,8	3,3	1,0	0,7	0,5	2,8	8,8	3,6	2,1	62,9	7,5	98,0
SEMILLA ALGODÓN	9,1	3,7	20,8	.	17,8	16,90	25,6	39,8	33,0	8,2	0,0	0,9	92,1
HARINA DE ALGODÓN 38	10,0	6,0	38,7	27,1	1,6	1,06	16,5	31,1	21,6	7,4	1,7	1,1	90,2
HNA.CACA-HUETE 48	9,5	6,0	48,1	41,4	1,5	1,0	7,5	13,3	10,7	2,5	0,0	8,0	86,4
HNA.CACA-HUETE 52	8,1	5,0	52,5	45,2	1,4	0,9	6,8	12,4	9,6	2,4	0,0	8,4	87,8
HNA. CAME-LINA SOL-VENTES	8,8	5,9	37,0	27,4	3,0	2,1	13,6	32,2	18,7	4,5	0,0	8,9	95,8
SEMILLA COLZA 00	8,8	4,0	19,0	14,3	40,7	38,7	9,3	17,0	12,7	3,0	0,0	4,0	93,5
HNA. COLZA 00 SOLVENTES 33% PB	11,6	6,9	33,0	25,1	2,6	2,0	12,6	26,8	20,3	6,1	0,0	8,0	88,9
TORTA COPRA PRESIÓN	9,1	5,8	20,8	13,9	7,6	5,7	12,6	46,6	25,0	6,0	0,9	8,5	99,3
HNA. COPRA SOLVENTE	9,0	6,3	21,4	14,6	2,5	1,6	14,3	49,7	26,4	6,3	1,3	8,5	98,7
SEMILLA GIRASOL	4,4	3,2	16,4	12,8	41,7	39,6	17,6	26,2	17,6	5,0	0,5	2,2	94,6

Tablas FEDNA 2019 v. 15.01.2021	HU-ME-DAD (%)	CE-NI-ZAS (%)	PB (%)	PB-DIG (%)	EE (%)	EE (%)	FB (%)	FAD (%)	LAD (%)	AL-MI-DON (%)	AZU-CA-RES (%)	(%)	
SEMILLA GIRASOL ALTO OLEICO	6,1	3,5	16,9	13,2	41,1	39,0	17,3	26,1	17,5	5,9	0,5	2,3	96,5
HNA.GIRASOL 28	10,6	6,0	28,0	21,0	1,3	0,9	26,0	39,0	27,5	9,3	1,8	4,1	90,8
HNA.GIRASOL 36	9,6	6,4	36,0	28,4	1,1	0,8	18,2	31,4	22,9	7,5	1,8	4,1	90,4
TORTA GIRASOL PRESIÓN 31% PB	5,5	7,0	31,0	23,6	9,1	6,4	20,7	34,9	22,0	7,0	1,8	4,1	93,4
GUISANTES PRIMAVERA	10,7	2,8	21,5	17,8	1,0	0,8	6,0	12,1	7,4	0,7	42,5	3,5	94,1
GUISANTES TRATADOS CALOR	11,9	2,8	20,6	17,3	1,4	1,1	6,0	12,1	7,4	0,7	42,5	3,5	94,8
HABA CABALLAR <0.5% Taninos	11,7	2,9	26,5	21,7	1,5	1,1	8,2	13,3	9,8	1,3	36,9	3,7	96,5
LENTEJAS	12,0	2,6	24,4	19,8	1,3	1,0	4,1	8,8	5,4	0,3	40,5	3,0	92,6
SEMILLA LINO	9,3	4,8	22,0	16,9	34,7	33,0	8,5	17,0	10,2	3,9	0,0	3,0	90,8
TORTA LINO PRESIÓN	9,0	5,6	31,5	24,6	7,6	5,7	9,9	23,2	14,7	5,4	0,0	5,0	81,9
HNA. LINO SOLVENTE	10,5	6,0	34,0	26,5	2,8	1,8	9,7	22,6	14,4	5,3	0,0	5,1	81,0
TORTA PALMISTE PRESIÓN	8,4	4,4	15,6	9,4	7,6	6,8	17,3	58,8	35,0	10,0	0,0	2,0	96,8
HNA. PALMISTE SOLVENTES	9,8	4,5	16,3	9,8	1,8	1,2	20,2	63,8	40,2	12,0	0,0	2,0	98,2
HABA SOJA TOSTADA	9,2	5,1	37,0	31,1	20,0	19,0	5,0	11,3	6,8	0,2	0,0	6,0	88,6
HABA SOJA EXTRUSIONADA	9,2	5,1	37,0	32,2	20,0	19,0	5,0	11,3	6,8	0,2	0,0	6,0	88,6
HNA. SOJA 44	12,1	6,2	44,0	37,4	1,9	1,3	5,9	12,8	7,2	0,4	0,1	7,0	84,1
HNA. SOJA 45,5	11,9	6,3	45,5	38,9	1,7	1,2	5,3	10,9	6,4	0,4	0,0	6,7	83,0
VEZA COMÚN	10,0	3,5	26,5	19,3	1,7	1,3	6,5	14,3	8,2	1,4	37,4	4,3	97,7
YEROS	8,4	3,2	22,0	.	0,9	0,7	5,0	11,5	7,0	1,0	41,4	1,3	88,7
CONC. PROTEÍNA SOJA-FERM.	8,0	6,7	53,8	49,0	1,5	1,0	4,0	9,0	5,9	0,1	0,2	0,4	79,6

Tablas FEDNA 2019 v. 15.01.2021	HU-ME-DAD (%)	CE-NI-ZAS (%)	PB (%)	PB-DIG (%)	EE (%)	EE (%)	FB (%)	FAD (%)	LAD (%)	AL-MI-DON (%)	AZU-CA-RES (%)	(%)
AISLADO PROTEÍNA SOJA	6,6	3,2	87,0	80,9	0,5	0,3	0,2	0,5	0,0	0,0	0,0	97,8
LEVADURA CERVEZA	8,2	7,0	46,0	39,1	2,0	1,6	2,4	6,5	3,5	0,8	5,0	77,2
ALFALFA EN RAMA DESH.	10,0	9,8	20,0	10,8	1,8	0,9	21,9	35,0	24,4	6,7	0,0	87,6
ALFALFA HENIF. GRANULADA (17.5% PB)	9,5	10,1	17,5	8,8	1,7	0,9	24,3	37,9	28,8	7,2	0,0	87,5
ALFALFA HENIF. GRANULADA (15% PB)	8,9	10,4	15,0	7,2	1,6	0,8	26,6	42,6	31,5	8,2	0,0	88,2
HARINA FORRAJERA MEZCLA (12.5% PB)	8,4	10,7	12,5	5,6	1,5	0,8	29,0	47,2	33,2	8,8	0,0	88,8
CÁSCARA DE ALGODÓN	8,6	3,0	6,3	0,6	3,1	2,0	47,0	77,6	63,2	18,1	0,0	98,6
CASCARILLA ARROZ	9,3	13,4	2,6	0,3	1,5	0,9	45,9	72,1	47,0	15,1	1,1	100,0
CASCARILLA AVENA	10,0	3,7	3,8	1,1	1,4	0,8	29,6	67,0	36,9	6,2	10,4	97,7
CASCARILLA GIRASOL	8,6	3,3	5,7	1,7	3,0	1,8	48,7	72,2	57,0	20,1	0,5	94,0
CASCARILLA HABA CABALLAR	10,4	2,5	9,5	2,9	0,7	0,5	43,6	58,9	50,7	4,0	7,7	89,9
CASCARILLA SOJA 10% PB	11,7	4,5	10,0	4,0	2,0	1,8	36,0	59,3	42,8	1,9	0,0	89,0
CASCARILLA SOJA 12% PB	11,2	4,6	12,0	5,0	2,4	2,2	34,3	57,1	41,2	1,8	0,0	88,8
PAJA DE CEREALES	8,6	6,9	4,6	0,0	0,9	0,2	35,0	71,1	45,7	8,4	1,6	93,7
PAJA TRATADA CON SOSA	8,2	9,1	3,6	0,0	1,5	0,6	37,1	70,2	44,4	7,4	0,7	94,6
PAJA DE LENTEJA	10,0	10,1	6,0	0,2	1,0	0,5	43,0	60,0	45,0	10,3	0,0	88,1
PULPA CÍTRICOS (NARANJA+MANDARINA)	12,3	6,0	6,1	2,6	1,6	0,9	11,4	20,6	18,5	2,4	0,0	74,0

Tablas FEDNA 2019 v. 15.01.2021	HU-ME-DAD (%)	CE-NI-ZAS (%)	PB (%)	PB-DIG (%)	EE (%)	EE (%)	FB (%)	FAD (%)	LAD (%)	AL-MI-DON (%)	AZU-CA-RES (%)	(%)	
PULPA MANZANA	10,8	2,0	5,5	.	4,0	.	21,1	46,8	33,0	11,5	0,0	12,8	81,9
PULPA REMOLLA-CHA 4% CENIZAS	10,7	4,0	8,6	3,4	0,6	0,2	19,2	40,8	23,5	1,7	0,0	8,1	72,8
CARNE 44/15/28	6,4	28,0	43,7	32,8	15,4	12,3	1,0	1,5	1,1	0,0	0,0	0,0	95,0
SUBP. MATADERO AVES	9,7	6,1	61,8	45,1	19,3	16,4	1,0	1,5	1,1	0,0	0,0	0,0	98,4
CARNE AVES 65/13/16	3,5	15,8	64,8	51,8	13,0	10,4	1,2	1,4	1,2	0,1	0,0	0,0	98,5
PESCADO 59/9/21	8,0	21,5	59,0	50,7	9,0	7,2	1,0	1,5	1,1	0,1	0,0	0,0	99,0
PESCADO 62/9/18	7,8	18,5	62,2	53,5	9,2	7,5	1,0	1,5	1,1	0,0	0,0	0,0	99,2
PESCADO 67/10/15	7,2	15,1	66,6	58,6	9,4	7,7	1,0	1,5	1,1	0,0	0,0	0,0	99,8
PESCADO 70/9/13	7,0	12,5	70,0	62,3	9,5	8,0	0,4	0,8	0,5	0,1	0,0	0,0	99,8
PLUMAS HIDROLIZA-DAS	6,8	2,2	83,9	60,4	6,0	4,7	0,5	1,0	0,6	0,0	0,0	0,0	99,9
HNA SAN-GRE SPRAY	8,0	3,5	87,0	74,0	0,8	.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,3
HEMOGLO-BINA	6,5	3,3	91,5	79,6	0,5	.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	101,9
PLASMA ANIMAL 70% PB	8,6	17,2	70,6	62,8	0,8	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	99,2
HARINA HUEVO	6,0	5,0	47,0	45,1	38,0	36,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	99,0
CASEÍNA	9,0	2,6	87,0	82,7	0,8	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,4
LECHE DES-CREMADA	5,0	7,8	34,2	32,5	0,9	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,0	97,9
SUERO ÁCIDO	4,4	12,0	9,4	8,4	0,9	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	64,0	90,7
SUERO DULCE OVINO	4,3	8,4	14,1	12,7	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	69,0	96,8
SUERO DULCE VACUNO	4,5	8,6	12,5	11,3	0,9	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	70,3	96,8
SUERO REENGRAS. 50	2,8	4,5	6,2	5,6	50,0	47,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,1	98,6

Tablas FEDNA 2019 v. 15.01.2021	HU-ME-DAD (%)	CE-NI-ZAS (%)	PB (%)	PB-DIG_ (%)	EE (%)	EE (%)	FB (%)	FAD (%)	LAD (%)	AL-MI-DON (%)	AZU-CA-RES (%)	
SUERO DELAC-	5,0	23,5	21,0	18,9	2,8	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	38,0	90,3
SUERO DELAC-	4,5	19,5	25,5	23,2	3,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	45,0	97,5

Fuente: <http://fundacionfedna.org/ingredientes-para-piensos>

Tabla 3.

Análisis bromatológicos de alimentos del trópico ecuatoriano.

Tratamientos	% Hume-dad	% M.S.	% Ceni-za	% M.O.	% Lípi-do	% Proteí-na	% Fibra
Plátano	57,71	42,29	1,16		0,90	4,64	2,09
Guineo verde	66,19	33,50	1,43		0,92	5,37	3,23
Guineo maduro	64,12	36,00	1,51		1,33	4,87	3,44
Yuca cruda	65,49	34,51	1,74		0,55	4,13	4,07
Yuca cocida	62,24	37,84	1,04		0,73	3,20	1,75
Zapallo	86,54	13,46	2,03		0,80	5,10	2,58
Malanga	60,85	39,15	1,11		0,18	2,15	1,53
Tagua	75,35	24,65	2,09		15,32	3,15	16,17

Fuente: Lino Andrés (2019)

Análisis microbiológicos

Los principales análisis microbiológicos son el conteo general de coliformes, importante indicador de la higiene en fábrica, presencia de *E. Coli* y Salmonella. Se recomiendan principalmente para materias primas de origen animal que son las más propensas a la contaminación elevada de microorganismos. Los microorganismos no siempre son causantes de problemas de salud en los animales, esto dependerá del nivel de contaminación y la categoría de cerdos que lo van a consumir, pero si son indicadores de la higiene en el proceso de producción de las raciones.

Las micotoxinas producidas por los hongos presentes en las materias primas vegetales afectan directamente a la salud y productividad de los cerdos, por eso son imprescindibles en el control de calidad para definir la aptitud de

las materias primas, así como el uso estratégico de las mismas y de aditivos micosecuestранtes. Debido al alto costo de esos análisis no es viable analizar la totalidad de materias primas vegetales utilizadas, sino que es necesario armar una estrategia de muestreo y análisis, de forma que sea lo más representativa posible (www.3tres3.com, 2022).

Métodos de elaboración de fórmulas alimenticias

El proceso de creación de mezclas de alimentos, mediante la combinación de sustancias en las proporciones correctas de acuerdo con una receta o fórmula específica, se conoce como “formulación”. Pero no solamente se trata de combinar ingredientes en una u otra proporción, también hay que tener claro qué queremos obtener y qué condiciones físicas y químicas deberán respetarse para que el producto sea apto en toda su vida útil. El arte de formular un producto se compone de una pizca de magia, un puñado de experiencia, mucho de tecnología, bastante de nutrición, gran empatía por el consumidor, una mirada al mercado y una estrategia de costo (www.munozypujante.com, 2022).

Entre los métodos más utilizados, se encuentran: el tanteo, el método del cuadrado de Pearson, el modelo doble cuadrado de Pearson y la técnica de programación lineal.

Método de tanteo

También conocido como prueba y error, es uno de los métodos más empleados para balancear raciones debido a su fácil planteamiento y operación. Está sujeto a la utilización de pocos alimentos, aunque si se usan hojas de cálculo en Excel, se pueden balancear con 10 a 15 alimentos y ajustar varios nutrientes.

Es, en todo caso, un método que permite la preparación equilibrada de una porción de comida donde se mezclan varios productos con el fin de cubrir una necesidad nutricional, ensayando y corrigiendo hasta obtener la mezcla ideal (www.contextoganadero.com, 2021).

A continuación, se presenta la elaboración de una fórmula balanceada para cerdos de engorde en su etapa de engorde final, al 15% de proteína y 3.100 kilocalorías en promedio (Tabla 4).

Tabla 4.

Insumos que utilizaremos en la dieta, y valores de proteína bruta y energía en kilocalorías.

Insumos	Proteína bruta	Kilocalorías
Maíz	8% o 0,08	3.150
Soya	42% o 0,42	2.800
Harina de pescado	65% o 0,65	2.400
Harina de yuca	3% o 0,03	2.750

Tabla 5.

Ejemplos de fórmulas alimenticias por método de tanteo.

INSUMOS	Cantidad Libras	Proteína	kilo/cal
Maíz	59,5	$(0,08 \times 59,5) / 100 = 4,76\%$	$0,595 \times 3.150 = 1575$
H. Soya	15,5	$(0,42 \times 15,5) / 100 = 6,51\%$	$0,155 \times 2.800 = 434$
Harina de pescado	5	$(0,65 \times 5) / 100 = 3,25\%$	$0,05 \times 2.400 = 120$
Harina yuca	20	$(0,03 \times 20) / 100 = 0,60\%$	$0,20 \times 2.750 = 550$
Aceite	0,5		$0,05 \times 8.000 = 400$
Sal	0,2		
Vitaminas y minerales	1		
TOTAL	100,00		

En la suma total no se consideran el peso del aceite, la sal y las vitaminas y minerales, de este último existen en el mercado varias ofertas exclusivas para cerdos, se suele recomendar 1 kilo para 2 quintales de alimento preparado. Las libras se definen según la multiplicación en la columna de la proteína, es por eso que toma el nombre de tanteo, pues es poco probable que en el primer intento se obtenga el resultado deseado, en este caso una fórmula alimenticia para cerdos en etapa final, con el 15% de proteína.

Es común obtener el resultado deseado en, al menos, el tercer intento. Con el primer intento, si obtienes mucha proteína, quiere decir que debes bajar la fuente de proteína, que en este caso es la soya y aumentar las fuentes de carbohidratos; en caso de que sea lo contrario, se debe aumentar la soya y disminuir las fuentes de carbohidratos. Sobre qué fuentes de carbohidratos aumentar o disminuir, la toma de decisión debe pasar por la disponibilidad o por los costos, siempre será oportuno procurar disminuir el costo de producción.

La fórmula descrita para la obtención de la proteína es sencilla, como se observa en el ejercicio, se define la proteína que aporta 50 libras de maíz, considerando que este tiene un 8% de proteína o 0,08 que es exactamente lo mismo, y para esto se multiplica este valor por la cantidad de proteína del maíz y se multiplica por 100, de esta manera se define el porcentaje, y así con el resto de insumos seleccionados, por lo que es importante tener conocimiento del contenido proteico de cada uno de los insumos utilizados (análisis bromatológicos).

En el caso de la columna kilocalorías, es también necesario saber el contenido energético de cada insumo, y la multiplicación es sencilla, se toma el valor porcentual sobre 100 de cada producto y se multiplica sobre las kilocalorías que contiene cada alimento. Así, en el caso del maíz que tenemos 50 libras, su contenido porcentual sobre 100 libras es 0,50 libras, este valor se multiplica sobre 3.129 que son las calorías de este alimento y el resultado es el aporte de esas libras de maíz en la dieta diaria; la fórmula se repite en cada uno de los alimentos. Es importante saber el contenido de kilocalorías de cada uno de ellos.

Cuadrado de Pearson

El cuadrado de Pearson es un método bastante amigable y se puede realizar con más de 2 productos, sin embargo, cuando esto sucede, como en el ejemplo que hemos tomado, es necesario combinar una proteína con una fuente de energía, tal como se aprecia en la tabla 6.

Tabla 6.

Ejemplo cuadrado de Pearson de 4 productos.

Insumos	Contenido de proteína	Proteína requerida	Partes	Libras de cada insumo
Soya	42	15	15-3=12	12,50
Maíz	8		65-15=50	52,08
H. Pesca- do	65		15-8=7	7,29
Yuca	3		42-15=27	28,13
TOTAL			96	100,00

Para determinar que el ejercicio está bien hecho es oportuno realizar una prueba, en la que se multiplique las libras obtenidas de cada insumo por su valor proteico. Si los valores son coincidentes, estamos ante un ejercicio metodológicamente bien realizado.

La prueba realizada determina que el ejercicio está planteado adecuadamente.

Tabla 7.

Prueba de ejercicio cuadrado de Pearson de 4 insumos.

Prueba (libras por % de proteína)	
Soya	$12,5 \times 0,42 = 5,25$
Maíz	
H. pescado	$7,29 \times 0,65 = 4,74$
H yuca	
TOTAL	15,00

La limitación en este ejercicio es que, para definir las kilocalorías, se debe realizar el mismo procedimiento que en el tanteo. Otro aspecto que pudiera generar inconformidad es que la cantidad de insumos a utilizar se definen por medio del ejercicio y no a gusto del productor, como sí se puede manejar en el tanteo, sin embargo, de no haber problemas en ese aspecto, bien vale la pena emplear este sistema para el planteamiento de su fórmula alimenticia.

Cuadrado de Pearson doble

Para el desarrollo de este ejercicio, tomaremos los insumos con los que se efectuó el ejercicio para formular una dieta de cerdos de engorde al 15%, y en la que se aplicó el método de tanteo.

Ante el hecho que se consideran 4 productos, en este caso se recomienda utilizar el doble cuadrado de Pearson, que a su vez también permitirá definir, además de la proteína, las kilocalorías.

Separamos una fuente de proteína con una fuente energética, en este caso soya y maíz, y la denominaremos “Mezcla A”; y hacemos lo mismo con los otros dos insumos, harina de pescado con harina de yuca y le llamaremos “Mezcla B”. A continuación, se presentan los resultados de ambos procedimientos.

Tabla 8.

Mezcla A cuadrado de Pearson.

Mezcla A				
Insumos	Contenido proteico	% proteína deseada	Partes	Porcentaje
Soya	42		3	10,00
		15		
Maiz	12		27	90,00
Total			30	100,00

Tabla 9.

Mezcla B cuadrado de Pearson.

Mezcla B				
Insumos	Contenido proteico	% de proteína deseado	Partes	Porcentaje
H. Pescado	65		12	19,35
		15		
Yuca	3		50	80,65
Total			62	100,00

Luego de este procedimiento, se determina la energía de cada mezcla, aplicando la siguiente fórmula (Flores, 2013): Energía de la mezcla = [(EM * %) + (EM * %)] =

Mezcla A	= (2,8*0,1) + (3,15*0,9) = 1,115
Mezcla B	= (2,4*0,1935) + (2,75*0,8065) = 2,6822

Tabla 10.

Cuadrado de Pearson para kilocalorías.

Insumos	Contenido proteico	% energía (en miles)	Partes	Porcentaje
Mezcla A	3,115		0,317725	73,42
		3		
Mezcla B	2,682275		0,115	26,58
			0,432725	100,00

Tabla 11.

Prueba para determinar la fiabilidad de los resultados obtenidos.

Insumos	PRUEBA		
	Libras	Proteínas+ (libras por % de proteínas)	Energía (% de libras por kilocalorías)
Soya	$73,42 \cdot 10 / 100 = 7,34$	$(73,42 \cdot 4,2) / 100 = 3,08$	$(7,34 / 100) \cdot 2.800 = 205,52$
Maíz	$73,42 \cdot 90 / 100 = 66,08$	$(73,42 \cdot 10,8) / 100 = 7,93$	$(66,08 / 100) \cdot 3.100 = 2048,5$
Harina de pescado	$26,58 \cdot 19,35 / 100 = 5,14$	$(26,58 \cdot 12,58) / 100 = 3,35$	$(5,14 / 100) \cdot 3.100 = 159,34$
Harina de yuca	$26,58 \cdot 80,65 / 100 = 21,44$	$(26,58 \cdot 2,42) / 100 = 0,64$	$(21,43 / 100) \cdot 3.100 = 664,33$
Total	100	15	3.077,67

Como se observa en la tabla de pruebas, se obtuvieron los resultados esperados tanto a nivel de proteínas como de kilocalorías.

En todos los ejercicios se llega a cumplir con el requerimiento de los cerdos en etapa de engorde. La elección sobre qué método escoger, va a depender de particularidades, entre las que destacan la disposición en mayor o menor medida de un insumo, por lo que el método del tanteo sería el más indicado para formular. En la aplicación de todos estos métodos el Office Excel es un aliado importante, pues facilita la aplicación de los ejercicios.

NUTRICIÓN EN PORCINOS

experimentos de utilización de alimentos alternativos

en la **PRODUCCIÓN DE CERDOS**

Capítulo 7

Resultados de experimentos utilizando
alimentos alternativos en la dieta de
cerdos de engorde



Los siguientes ensayos obedecen a trabajos de titulación efectuados dentro del marco de proyectos de investigación institucional de la Universidad Estatal del Sur de Manabí y la Universidad de Córdoba (España); y otras investigaciones que fueron iniciativas de docentes y estudiantes investigadores, interesados en establecer un uso apropiado de fuentes alimenticias locales. En este sentido, se presentan a continuación los resultados de varias investigaciones en las que se emplearon alimentos locales, como una alternativa alimenticia.

7.1. Investigaciones utilizando la yuca y la malanga cocinada como alimento alternativo en sustitución del maíz, en porcentajes del 32% y 42% del total de la dieta

Introducción

La alimentación representa entre un 80 a un 85% de los costos totales de producción. La alimentación eficiente de los cerdos es una de las prácticas más importantes de una porqueriza, ya que de ella dependen no solo los rendimientos productivos de los cerdos, sino también la rentabilidad de la granja (Ambrogi, 2016).

El presente trabajo se realizó con la finalidad de evaluar cuán importante son las dietas alternativas para el mejoramiento eficaz de la digestibilidad y el proceso de crecimiento, así como el desarrollo de los cerdos de engorde, para que el porcicultor conozca ciertos conceptos importantes relacionados con la alimentación alternativa que existe y el uso eficiente de un programa de alimentación (Campabadal, 2018).

En el cultivo de la malanga, las hojas son ricas en minerales y vitaminas, que son una excelente fuente de tiamina, riboflavina, hierro, fósforo, zinc, vitamina B6, vitamina C, niacina, potasio, magnesio y cobre. Sin embargo, los cormos contienen un alto valor en almidón y fuente dietética (Velásquez, 2015).

El 80% de la producción nacional de la malanga es cultivada por medianos y pequeños productores y el 20% restante pertenece a los grandes productores. En Ecuador existen aproximadamente 2.500 hectáreas de cultivos de malanga, las cuales están divididas en un total de 625 propiedades. Estas propiedades se encuentran en Santo Domingo de los Tsáchilas, donde sobrepasan las 200 hectáreas (Vega, 2012).

La raíz de yuca es esencialmente una fuente de energía, rica en carbohidratos y en particular de almidón. Su contenido de lípidos es muy reducido, lo mismo que de fibra bruta, por lo cual sus aportes de energía metabolizable y

energía digestible oscilan entre las 3.100 y 3.400 kcal/kg, según la especie o categoría animal que la consuma (Morales, 2014).

Las personas beneficiadas por esta investigación serán los pequeños porcicultores que se encuentran realizando su cría en menor escala de los sectores aledaños, ya que con estas dietas tendrán mejor aprovechamiento metabólico en su animal y disminuirá el costo, ya que la alimentación conlleva un nivel económico alto para el desarrollo y crecimiento del cerdo.

La producción de cerdos se ha convertido en una alternativa válida para los productores en términos económicos. Sin embargo, la problemática productiva, expresada en los bajos rendimientos, es el resultado de una serie de factores que influyen negativamente en el proceso productivo y entre los cuales los más evidentes son: la inadecuada alimentación, la escasa o casi ausente práctica sanitaria y al deficiente control de costos de la actividad (Roldán, 2016). La utilización de subproductos de la industria y la producción agrícola local puede ser una alternativa que debe ser complementada con los elementos de casas comerciales (Ávila, 2011).

I. Materiales y Métodos

A. Materiales

1. Materiales de campo

- 21 cerdos, complejo B, vitaminas AD3E, antidiarreico (Diafin N Koning), Probiovet (probiótico animal), Ivermic simple 50 ml antiparasitario, gas, mesa, cocina, cuchillos, ollas, cucharon, agua, fundas, energía eléctrica, focos, cinta métrica, escoba, balanza, tanques, baldes, pala, sacos.

2. Insumos

- Maíz molido (harina), polvillo de arroz, harina de palmiste, yuca, malanga, sal en grano, núcleo
- **Materiales de oficina**
- 1 computador, 1 impresora, 1 libreta, 1 calculadora, 1 memoria USB, 1 cámara de fotos, 1 equipo de desinfección, 1 esfero, hojas de papel bond tamaño A4, formato para la recolección de datos, software estadístico (Infostat).

B. Métodos

1. Ubicación

El desarrollo de la presente investigación se llevó a cabo en el cantón Quinindé, provincia de Esmeraldas, en la finca (Dayi), ubicada en la vía 3 de marzo a 3 kilómetros. Condiciones meteorológicas de la zona: temperatura de 21-31°C, altura de 115 m.s.n.m.

2. Tratamientos

Los tratamientos que se evaluaron en la investigación son los siguientes:

Tratamiento 1 testigo: Balanceado 100%.

Tratamiento 2: Yuca y malanga 32% de inclusión en el total de la dieta.

Tratamiento 3: Yuca y malanga, 42% de inclusión en el total de la dieta.

3. Diseño experimental

Se utilizó el diseño completamente al azar (DCA)

Tabla 12.

Características del experimento.

Delineamiento Experimental	Medidas
Unidades experimentales	: 21
Número de tratamientos	: 3
Número de cerdos a ser evaluados con alternativas alimenticias	: 14
Número de repeticiones por tratamiento	: 7

Tabla 13.

Modelo del análisis estadístico ANOVA.

Fuente de variación	Grados de libertad en DCA con igual número de repeticiones
Tratamientos	$t-1 = 3$
Error experimental	$t(r-1)$
Total	$rt-1 = 21$

t = número de tratamientos

r = número de repeticiones

n = número total de observaciones en el ensayo

4. Modelo estadístico

El modelo lineal es el siguiente.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Es la variable de respuesta en la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento

μ = Media general

T_i = Efecto del tratamiento

e_{ij} = Error experimental

5. Análisis funcional

La comparación de la media se realizó mediante la prueba de Tukey al 5% de probabilidades por medio del software estadístico Infostat. Esta prueba se realizó en función de los resultados obtenidos con la aplicación del análisis de varianza.

6. Coeficiente de variación

El coeficiente de variación se utilizará tomando en consideración la siguiente fórmula establecida:

$$C.V. \% = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{X}} \times 100$$

7. Variables a ser evaluadas

Variables a ser evaluadas en una investigación de parámetros productivos

Autores: Ing. Jomayra Cortez Rogel | Dr. C. Yhony Alfredo Valverde Lucio

OE 1. Evaluar los parámetros productivos del cerdo de engorde alimentado con dos alternativas alimenticias locales.

- Peso (lb)
- Alto (cm)
- Largo (cm)

- Conversión alimenticia (CA)
- Consumo de alimento diario

$$CA = \frac{\text{consumo de alimento}}{\text{peso final} - \text{peso inicial}}$$

OE 2. Determinar el contenido de grasa dorsal con la cría de cerdos con dos alternativas alimenticias.

Se abrió el cerdo para la respectiva medición de la grasa dorsal del lomo y anca, en la parte que está junto al espinazo y bajo la costilla encontramos al lomo, y el anca lo encontramos en el cuarto posterior de la cadera en la región de la pierna. Se realizaron las respectivas mediciones con un calibrador digital.

- Lomo (cm)
- Anca (cm)

OE 3. Definir el costo-beneficio de las alternativas alimenticias en la cría de cerdos traspatio en etapa de engorde.

En lo que respecta a la relación beneficio-costado, se realizó mediante el costo total dividido para el ingreso bruto.

- Costo beneficio
- Costo unitario

Variables a ser evaluadas en la investigación “características físico químicas de la carne de cerdo, alimentados con yuca y malanga”

Autores. Ing. Clavijo Lascano Glenda | Dr. C. Yhony Alfredo Valverde Lucio

Obj. 1. Definir las características físicas de la canal de los cerdos mediante el análisis de las siguientes variables.

Peso de canal caliente (kg), longitud de la canal (cm), longitud de la mano (cm), longitud de la pata (cm), longitud de jamón (cm), perímetro de jamón (cm), perímetro de caña (cm), peso del lomo (kg), peso del jamón (kg), peso de la paleta (kg), peso del costillar (kg), peso de la cabeza (kg), peso de las patitas (kg), espesor de tocino dorsal (ETD) 1.^a costilla (cm), ETD última costilla (cm), ETD en glúteo (cm).

Obj. 2. Determinar la calidad de la canal de los cerdos alimentados con alternativas alimenticias. Para ello se analizaron las siguientes variables.

- pH
- Grasa
- Proteína
- Materia orgánica
- Ceniza
- Humedad

Sacrificio de los cerdos

El proceso de sacrificio de los cerdos se realizó a los 150 días, tras un periodo investigativo de 90 días de duración. Los animales, tras un periodo de ayuno de diez horas, fueron sacrificados de acuerdo con la normativa ecuatoriana (Instructivo para el Sacrificio y Disposición Final de Animales, 2013). Tras el sacrificio de los animales se realizó el faenado de cada cerdo y se procedió a tomar los datos de acuerdo a los objetivos de estudio. La canal fue pesada en caliente y el resto de las medidas fueron obtenidas 24 horas después del sacrificio (Galián Jiménez, 2007). El despiece de la canal se llevó a cabo de acuerdo con lo señalado por Nieto *et al.* (2003). Una vez separadas cada una de las partes (cabeza, lomo, jamón, paleta, costillas y patas), éstas fueron pesadas y medidas. Para el cálculo del peso se utilizó una balanza analítica digital (los resultados se expresaron en kilogramos) y para las medidas lineales se utilizó una cinta métrica, la cual expresó sus resultados en centímetros. Para la obtención de las muestras (200 gramos) que se enviaron al laboratorio, se ubicó el musculo *Longissimus* lumbar y se consideraron las normas *post mortem*.

Los instrumentos de medición utilizados fueron: una balanza digital de alta precisión de la marca Montero y modelo TCS300JC61Z© de rango 300 kg a 2.000 g (d =100g)), un calibrador vernier digital marca RexBeti Stainless Hardened © (Rango de medición: 5.906 in. Precisión: 0.1 pulgada), y una balanza digital marca Jontex © de capacidad máxima de 40 kg y mínima de 200 g (e=d= 5 g).

Análisis químicos de laboratorio

Los análisis fueron realizados en un laboratorio acreditado por el SAE con acreditación N.º SAE LEN 09-008 (Laboratorio Multianalytica). La tabla 14 señala el método aplicado para el análisis de laboratorio.

Tabla 14.

Métodos de análisis de laboratorio.

Variables	Método de Análisis de Referencia
Humedad	AOAC 925.10
Proteína	AOAC 2001.11
Grasa	AOAC 2003.06
Ceniza	AOAC 923.03
Unidades De Ph	ISO 2917:1999
Materia Seca	Cálculo

VARIABLES A SER EVALUADAS EN LA INVESTIGACIÓN “ESTUDIO DE DIGESTIBILIDAD APARENTE DE NUTRIENTES EN CERDOS DE ENGORDE ALIMENTADOS CON YUCA Y MALANCA COMO DIETAS ALIMENTICIAS ALTERNATIVAS EN REEMPLAZO DEL MAÍZ”

Autores: Ing. Pico Domínguez Omar David | Dr. C. Yhony Alfredo Valverde Lucio

Obj. 1. Determinar bromatológicamente la digestibilidad aparente en los nutrientes que se encuentran en el íleon de los cerdos alimentados con alternativas alimenticias. Las variables a medir son:

- Proteína, materia seca, grasa, carbohidratos, ceniza, humedad.

Recolección de muestras

Se evalúa a partir de la digestión ileal. Con este método no se determina la proporción de proteínas de la dieta. La muestra fue tomada de la parte de íleon que se encuentra antes del intestino grueso, realizando una incisión. Después se efectuó un barrido con los dedos para su recolección. La materia fecal de cada animal y cada día fueron colocadas en una funda identificada con el nombre del tratamiento, material, peso de la muestra y fecha. Selladas las fundas y en una caja Petri, las muestras fueron almacenadas en frío a -20 °C.

Envío de muestras al laboratorio

Para el análisis de las muestras se hizo uso del Laboratorio de Análisis y Aseguramiento de Calidad (Multianalityca Cía. Ltda.) ubicado en la ciudad de Quito-Ecuador.

Para determinar la digestibilidad aparente se realizó un análisis bromatológico, obteniendo las muestras por digestión ileal (DI).

Es relevante mencionar que se realizó una modificación de la fórmula donde el NH (nutriente heces) es modificado por DI (digesta íleal) dando como resultado la digestibilidad aparente en %.

Coficiente de digestibilidad (%) = $[(NI - DI) / NI] \times 100$ (Lachmann y Araujo Febres, 2000)

Donde:

NI = Nutriente ingerido

DI = Digesta ileal

Variables evaluadas respuesta morfológica del tracto gastrointestinal y órganos anexos en cerdos de engorde (*sus scrofa*) alimentados con dietas alternativas locales

Autores: Ing. Alberto Gaibor León | Dr. C. Yhony Alfredo Valverde Lucio

Obj. 1. Determinar la respuesta morfométrica de los órganos anexos al sistema digestivo (hígado, bazo y páncreas) en cerdos alimentados con dietas alternativas locales.

Para la obtención de muestras y datos se tomó como ejemplo la investigación de Ayala *et al.* (2014), la cual sugiere que luego del sacrificio se proceda a realizar una laparotomía para aislar y extraer el tracto gastrointestinal dividido en tres secciones (estómago, intestino delgado e intestino grueso) y sus órganos anexos. Siguiendo con lo indicado por el mismo autor, se procedió a separar individualmente el hígado, bazo y páncreas, de los cuales se extrajeron los respectivos datos, largo, ancho y peso, expresados en centímetros y kilogramos.

Obj. 2. Determinar la respuesta morfométrica del tracto gastrointestinal en cerdos de engorde alimentados con dos dietas alternativas locales.

Los distintos segmentos digestivos se separaron cuidadosamente del mesenterio y se pesaron llenos y vacíos (kilogramos), después de eliminar la digesta, y de ser lavados. Para obtener los datos del peso se utilizó una balanza con apreciación de un gramo. Adicionalmente, se determinó la longitud del intestino delgado y del grueso mediante una cinta métrica metálica, con precisión de 0,1 cm (Ayala *et al.*, 2014).

Se obtuvo medidas del peso lleno y vacío del TGI y sus partes (estómago, intestino delgado, ciego, recto y colon).

8. Manejo específico de la investigación

Manejo de los cerdos durante el proceso de cría

El proceso de cría de cerdos de engorde contó con un periodo de adaptación de 10 días, posterior a este tiempo se inició con el ensayo, cuando los cerdos alcanzaron los 60 días de edad. Se preparó el alimento en condiciones de harina para todos los tratamientos, con excepción de la yuca y la malanga que se cocinaron, y se les agregó sal en grano para mejorar su palatabilidad. El alimento cocinado era suministrado a los animales en ese estado una vez que se había enfriado, y se mezclaba con el alimento en harina, que previamente se había formulado.

El alimento se otorgaba a las 8h00 y 15h00 todos los días hasta su sacrificio.

Botiquín veterinario

La aplicación de Complejo B se realizó de manera intramuscular en dosis de 2 ml por cerdo cuando los cerdos tenían 2 meses de edad, y se aplicó vitamina ADE3 por vía intramuscular en dosis de 1 ml por cerdo cuando éstos tenían 3 meses de edad, coincidiendo con el cambio del alimento de desarrollo.

Al inicio del experimento, se aplicó ivermectina por vía subcutánea (1 ml por cerdo), para el control de parásitos internos y externos con una sola aplicación.

Se presentó por una ocasión un cuadro diarreico, que se debió al inadecuado proceso de conservación del alimento cocinado, y para controlar el problema se aplicó Probiovet, un probiótico animal, que es una mezcla de microorganismos vivos que actúa en el intestino y ejerce importantes efectos fisiológicos contribuyendo al equilibrio de la microflora intestinal del huésped y potenciando el sistema inmunitario en el cerdo.

Tabla 15.

Fórmulas alimenticias de los tratamientos.

Ingredientes ¹	Alimento crecimiento			Alimento engorde final		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Maíz (kg)	23,64	9,55	4,55	23,64	9,55	6,36
Concentrado proteico (kg)	13,18	16,36	17,27	11,36	15,00	16,36
Polvillo de arroz (kg)	8,18	4,55	4,09	10,00	5,91	3,18
Yuca (kg)		7,27	9,55		7,27	9,55
Malanga (kg)		7,27	9,55		7,27	9,55
Aceite rojo de palma (kg)	1	1	1	1	1	1
Sal/(g)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Proteína bruta (%)	17,35	17,35	17,35	15,30	15,29	15,29
Energía bruta (kcal/kg)	3,098	3,079	3,077	3,084	3,079	3,094

Resultados Experimentales

Resultados Parámetros Productivos

En la investigación, los datos obtenidos se analizaron en el software Infostat y fueron tabulados en tablas de Microsoft Office Excel por los tres tratamientos evaluados, continuamente se realizó una revisión de los datos y los resultados estadísticos.

Se realizó el análisis de los datos tabulados, en el cual se consideró la desviación estándar, coeficiente de variación, asimetría y kurtosis. Se determinó que los datos son normales.

Presentación de resultados por objetivos

Objetivo 1. Evaluar los parámetros productivos del cerdo de engorde alimentado con dos alternativas alimenticias locales.

Ganancia de peso

Los resultados obtenidos con respecto a la ganancia de peso no presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos ($p > 0,05$). Sin embargo, es apreciable un mejor comportamiento en cuanto a ganancia de peso con el T3 (176,91), seguido del T2 (157,62) y el T1 (150,96) con las alternativas alimenticias de yuca, malanga y harina de palmiste al 3%, tal como se observa en la figura 6.

Tabla 16.

ANOVA de la variable de ganancia de peso.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	CV
Tratamientos	2418,5	2	1.209,25	2,56	0,1067	13,39
Error	8.030,65	17	472,39			
Total	10.449,15	19				

Figura 6.

Ganancia de peso de los animales según el tratamiento empleado.



Consumo de alimento total

Los resultados obtenidos del consumo de alimento determinaron, según la prueba ANOVA, diferencias altamente significativas $p < 0,05$ (tabla 17). En la figura 7 se establece que los tratamientos T3 y T2 obtuvieron un mayor consumo de alimento, el tratamiento T1 (testigo) guardó distancias de los tratamientos con yuca y malanga, lo cual determinó que para los cerdos la yuca y malanga cocida les resultaban más palatables.

Tabla 17.

ANOVA de variable de consumo de alimento total.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	CV
Tratamientos	1.269,26	2	634,63	9,79	<0,00015	1,75
Error	1.101,95	17	64,82			
Total	2.371,21	19				

Figura 7.

Consumo de alimento total según tratamiento empleado.

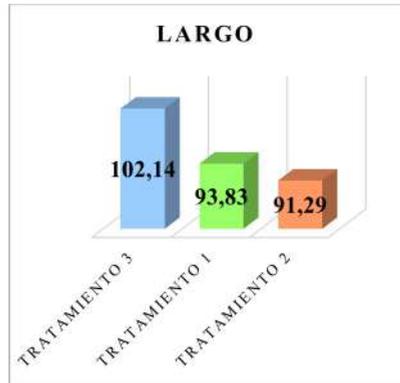


Variables alto y largo del cerdo en pie

El análisis de varianza en ambos casos determinó diferencias estadísticas significativas, observándose un mejor comportamiento en los cerdos del tratamiento T3, seguidos del T2, y en último lugar los cerdos del tratamiento testigo, que al parecer tuvieron un crecimiento más lento.

Figuras 8 y 9.

Alto y largo del cerdo según tratamiento empleado.



Conversión alimenticia

Los resultados obtenidos con respecto a la conversión alimenticia, no establecen diferencias estadísticas ($p > 0,05$) entre tratamientos (Tabla 18). Sin embargo, como se aprecia en la figura 10 se observa que el T2 obtuvo una

mayor conversión alimenticia, seguido del T3 y T1 (testigo), estos dos últimos en iguales condiciones; siendo por lo tanto los de mejor respuesta a nivel de conversión de alimento, lo que es un indicador de que la yuca y malanga cocida, no inciden de ninguna manera en la conversión alimenticia del cerdo

Tabla 18.

ANOVA de variable de conversión alimenticia a la última semana.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	CV
Tratamientos	0,01	2	0,0029	0,49	0,6224	13,84
Error	0,09	17	0,01			
Total	0,1	19				

Conversión alimenticia según tratamiento empleado

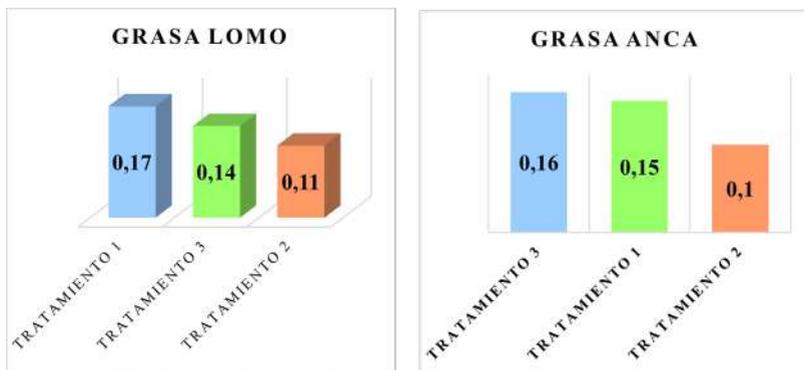
Objetivo 2. Determinar el contenido de grasa dorsal con la cría de cerdos con alternativas alimenticias.

Grasa dorsal del lomo y el anca

Los resultados obtenidos con respecto a la grasa dorsal del lomo determinaron que no hay diferencia estadística entre tratamientos ($p > 0,05$). Como se observa en la figura 11, el tratamiento T1 (testigo) obtuvo una mayor cantidad de grasa en el lomo; y en menor medida los tratamientos T2 y T3. En lo que respecta a la grasa del anca, los tratamientos con mayor cantidad de grasa fueron el T3 y el testigo. Estos resultados determinan poca incidencia de los alimentos alternativos con respecto al aumento de grasa en estas partes específicas de la canal.

Figuras 11 y 12.

Grasa de lomo y anca según tratamiento empleado.



Objetivo 3. Definir costo beneficio de las alternativas alimenticias en la cría de cerdos traspatio en etapa de engorde en el cantón Quindindé.

El análisis del costo-beneficio de los tratamientos realizados determinó que todos generan rentabilidad (Tabla 19). Sin embargo, los tratamientos T2 y T3, con alternativas alimenticias, generaron una mayor ganancia, aunque hay que destacar que el T3 fue el mejor con un valor de relación beneficio/costo de 0,72 ctvs., lo que significa que se generaba esa ganancia por cada dólar invertido, seguido del T2 con un valor de 0,42 ctvs., y el T1 (testigo) con un valor de 0,18 ctvs. Con respecto al costo de producción, producir una libra de carne con el tratamiento T3 costó US\$ 1,12, con el T2 costó US\$ 1,17 y con el tratamiento testigo costó US\$ 1,50, siendo por tanto el mejor por rentabilidad el tratamiento T3.

Tabla 19.

Resultados de beneficio costo de las alternativas alimenticias.

Componente	Actividades	Unidad		Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)	T1 (Testigo)	T2 (32%)	T3 (42%)
Adquisición de cerdos	Compra de cerdos	Unidad	21	\$ 50,00	1.050	350	350	350
Porqueriza	Arriendo de chiqueros	Unidad	3	\$ 100	300	100	100	100
Costo en alimentación					0	764,75	714,50	710,50
	Vitamina AD3E	Unidad	1	17	17	5,67	5,67	5,67
	Complejo B	Unidad	1	6,6	7	2,20	2,20	2,20
Botiquín veterinario	Antidiarreico (Diafin N Koning)	Unidad	3	3,5	11	3,50	3,50	3,50
	Probiovet (probiótico animal)	Unidad	1	3,5	4	1,17	1,17	1,17
	Ivermic simple 50 ml antiparasitar	Unidad	1	5	5	1,67	1,67	1,67
	Jeringas	Unidad	5	0,25	1	0,42	0,42	0,42
Transporte	Transporte de materiales	Unidad	1	\$ 3	3	1,00	1,00	1,00
Materiales de desposte del cerdo y comercialización faenado del cerdo	(Ganchos, machete, cuchillo, fundas, bandejas, tinas, olla, cocina, gas)	Global	9	40	360	120,00	120,00	120,00
Mesa de trabajo de acero inoxidable		Unidad	1	\$ 10,00	10	3,33	3,33	3,33
Costo total						1.353,70	1.303,45	1.299,45

Ingreso bruto	Venta de cerdos		7		0	\$ 1.592,30	1.851,1	2.252,70
Ingreso neto					0	238,60	547,65	943,25
Relación beneficio costo					0	1,18	1,42	1,72
Costo unitario kilo de carne						1,50	1,17	1,12

Elaborado por: Jomayra Cortez

Resultados ensayo características físicas y químicas de la canal del cerdo alimentados parcialmente con yuca y malanga

A continuación, se presentan los **resultados obtenidos del análisis de las características físicas de la canal de los cerdos alimentados parcialmente con yuca y malanga**. En la tabla 20 se aprecian los resultados obtenidos del análisis de varianza y las medias que deducen los pesos obtenidos tanto a nivel de la canal como las medidas a nivel longitudinal y de diámetro de los aspectos que permiten caracterizar la respuesta productiva del animal.

Tabla 20.

Resultados de ANOVAS características físicas de la canal.

Variable	Media	CV	CM	p-valor
Longitud de la mano cm	32	0,03	0,0007	0,3873
Peso de canal caliente kg	54,24	8,91	136,5	0,1841
Long. de la canal cm	63	3,69	0,00017	0,7374
Long. de la pata cm	63	5,12	0,00089	0,4473
Perímetro de canal cm	15	6	0,00002	0,7746
Peso del lomo kg	9,26	15,47	7,14	0,0644
Peso del jamón kg	15,6	15,17	12,14	0,1571
Peso de la paleta kg	10,06	13,14	5,96	0,0672
Peso del costillar kg	11,89	18,91	5,48	0,3692
Peso de las patitas kg	1,1	8,9	0,00083	0,9185
Espesor de tocino dorsal 1ª cos. cm	1,72	26	0,96	0,0296*
ETD última costilla cm	1,96	30	0,58	0,2282
ETD en glúteo cm	1,47	32	0,06	0,7787

^{ns} No significativo; * Significativo

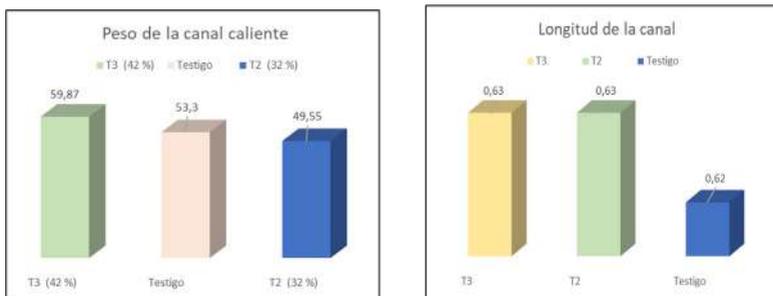
Los resultados del ANOVA determinan que todos los tratamientos son estadísticamente iguales, no encontrándose diferencias ($p > 0,05$) entre tratamientos, lo cual es un indicador de que la yuca y la malanga combinadas y en

los porcentajes otorgados como alimento, bien pueden reemplazar de manera parcial al maíz como fuente de carbohidratos, siempre y cuando la ración sea debidamente formulada.

Se establecen resultados estadísticamente similares entre tratamientos a nivel de características físicas, sin embargo, es oportuno presentar las diferencias entre medias de tratamientos, puesto que en gran medida estos resultados permiten comprender y caracterizar la respuesta de las dietas otorgadas a los animales.

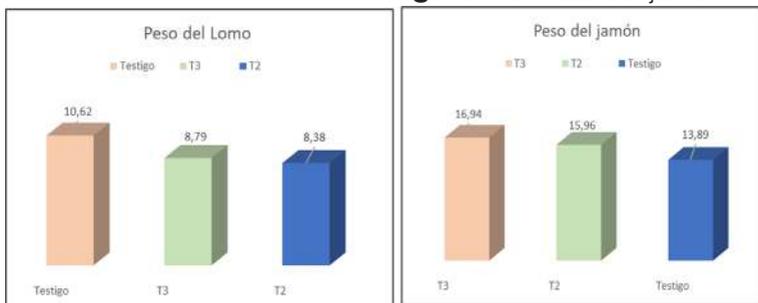
Con respecto a la canal, se analizaron varias variables, se destacan las siguientes: peso de canal caliente, el mejor peso lo obtuvo el tratamiento 3; y en lo que respecta a la longitud de la canal, los que mejor respuesta dieron fueron los tratamientos 2 y 3, a los que se dio las alternativas alimenticias.

Figura 13. *Peso de la canal caliente.* **Figura 14.** *Longitud de la canal.*



En lo que respecta al perímetro de la canal, el tratamiento 3 y el testigo presentaron mejor respuesta. Por otro lado, el mejor peso del lomo lo reporta el testigo (Figura 15); y en lo que respecta al peso del jamón (Figura 16), el mejor peso lo tuvo el tratamiento 3.

Figura 15. *Peso del lomo.* **Figura 16.** *Peso del jamón.*



En lo referente al peso de la paleta, el mejor peso fue registrado a favor del tratamiento 3, y una situación similar se dio con la variable peso del costillar, tal como se aprecia en las figuras 17 y 18.

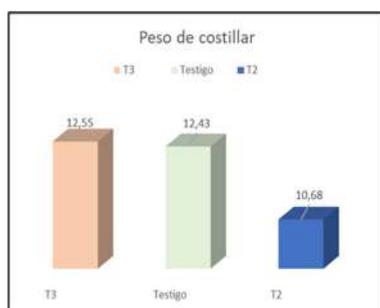
En lo que respecta al espesor de tocino dorsal de la primera y última costilla, se apreció mejor resultado en el tratamiento testigo, mientras que, a nivel del espesor de tocino dorsal de los glúteos, se observó mejor respuesta en el tratamiento 3.

Por los resultados alcanzados, se deduce que las fuentes alternativas alimenticias ricas en carbohidratos, formuladas adecuadamente, pudieran reemplazar al maíz, sin que se afecte parámetros físicos productivos del cerdo.

Figura 17. *Peso de la paleta.*



Figura 18. *Peso del costillar.*



Resultados del análisis de las características químicas y de calidad de la carne de los cerdos alimentados parcialmente con yuca y malanga

Es oportuno mencionar que para analizar las características de la carne se tomaron muestras de 200 g de cada cerdo del lomo a la altura de la última costilla. Las alternativas alimenticias no inciden en las características químicas de la carne, ya que no hay diferencias estadísticas ($p > 0,05$) entre tratamientos (Tabla 21).

Tabla 21.

Resultados de ANOVAS características químicas de la canal.

Variable	Media	CV	CM	p-valor
Humedad	65,45	9,18	61,22	0,22
Proteína	18,14	7,57	3,04	0,2397

Grasa	6,31	20,52	0,49	0,6229
Ceniza	0,85	11,29	0,47	0,6364
Ph	5,72	2,12	0,05	0,0647
Materia Seca	34,3	17,66	58,43	0,2434

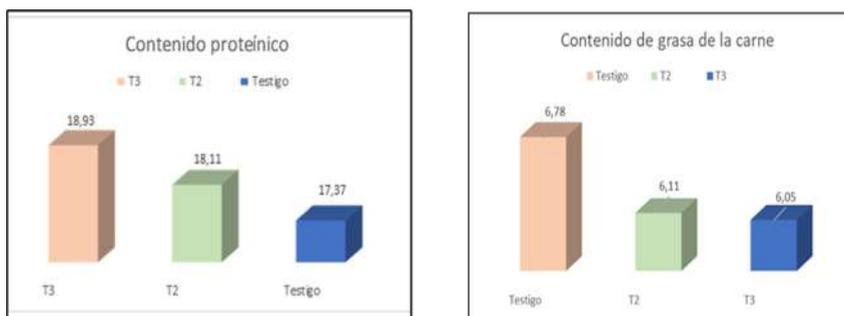
Contenido proteico

Aunque no se detectaron diferencias estadísticas ($p > 0,05$), se aprecia que hubo una mejor asimilación proteica con las alternativas alimenticias (Figura 19), aquello resulta probable por la diversidad alimenticia, y la participación bacteriana que esta conlleva. Sería oportuno ampliar las investigaciones en este aspecto.

Otro de los aspectos importantes es el **contenido de grasa en la carne** (Figura 20), apreciándose que el tratamiento testigo sin alternativas alimenticias, es el que contiene mayor cantidad de grasa.

Figura 19.

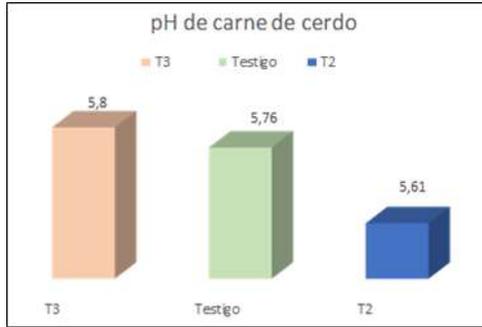
Contenido proteínico de la carne y grasa de la carne.



La relación del pH con la calidad de carne es realmente estrecha, y en el caso de la carne de cerdo, el tener un pH menor de 5,6 después de 24 horas del faenamamiento es índice de mala calidad, demostrando además que ha habido una mala retención de agua. El análisis demostró que todos cuentan con un parámetro normal; sin embargo, es el tratamiento 3 el que tiene el pH menos ácido.

Figura 20.

pH de la carne.



Resultados del estudio de digestibilidad aparente de nutrientes en cerdos de engorde alimentados con yuca y malanga como dietas alimenticias alternativas en reemplazo del maíz

Se tomó muestras de contenido ileal de 5 cerdos por tratamiento, lo que permitió realizar análisis de varianzas a partir de los resultados obtenidos de los análisis bromatológicos (Tabla 22).

Tabla 22.

ANOVA de los análisis bromatológicos del contenido ileal.

Variable	Media	CV	p-valor	Significancia
Humedad	84,9	6,11	0,1669	ns
Proteína	6,17	15,4	0,2568	ns
Ceniza	0,31	69,7	0,0402	*
Ph	4,64	81,7	0,8491	ns
Fibra Bruta	6,04	8,85	0,3526	ns
Materia Seca	15,1	34,4	0,1669	ns
Carbohidratos	1,14	15,9	0,0471	*
Grasas	1,0	9,3	0,3097	ns
Materia Orgánica	14,11	23,17	0,11	*

* $p < 0,05$; ns no significativo).

Los resultados del análisis de varianza determinaron que no existen diferencias estadísticas ($p > 0,05$) entre tratamientos a nivel de las variables humedad, proteínas, pH, fibra bruta, materia seca y materia orgánica. Sin embargo, ceniza y carbohidratos sí mostraron diferencias significativas ($p <$

0,05). Exponemos en la tabla 23 el análisis de las medias de cada una de las variables. Se aprecia que a nivel de contenido de ceniza el tratamiento 3 fue el que presentó un mayor contenido; y en el caso del carbohidrato el tratamiento de mayor contenido fue el T2, seguido del T3, ambos con adición a la dieta de yuca en malanga. En las variables en las que no se identificaron diferencias estadísticas, se aprecia mejores comportamientos en contenido de fibra y proteína a favor del tratamiento 3.

Tabla 23.

Comparación de medias de Tukey al 5% de contenido ileal.

Parámetros	Medias	Tukey 5%
Carbohidratos		
TRATAMIENTO 1	0,66	c
TRATAMIENTO 2	1,57	a
TRATAMIENTO 3	1,19	b
Grasa		
TRATAMIENTO 1	0,98	ns
TRATAMIENTO 2	0,89	
TRATAMIENTO 3	1,13	
Humedad		
TRATAMIENTO 1	88,15	ns
TRATAMIENTO 2	84,63	
TRATAMIENTO 3	81,92	
Proteínas		
TRATAMIENTO 3	6,72	ns
TRATAMIENTO 1	6,08	
TRATAMIENTO 2	5,72	
Ceniza		
TRATAMIENTO 1	1,448	b
TRATAMIENTO 2	2,076	b
TRATAMIENTO 3	3,306	a
Fibra		

TRATAMIENTO 3	6,21	ns
TRATAMIENTO 2	5,02	
TRATAMIENTO 1	2,69	

Análisis de digesta aparente a partir del contenido ileal

Se presenta a continuación las medias de materia seca, materia organica y proteína bruta, datos que son utilizados para efectuar los análisis de digesta aparente.

Tabla 24.

Medias de variables materia seca (MS), materia orgánica (MO) y proteína bruta (PB) en dietas alternativas para determinar la digestibilidad aparente.

VARIABLE	T1 Testigo	T2	T3
MS %	11,85	15,37	18,08
MO %	10,41	13,29	14,77
PB %	6,08	5,72	6,72

Resultados del coeficiente de digestibilidad aparente de PB, MO, MS, a partir del contenido ileal

Tabla 25.

Coefficiente de digestibilidad aparente PB.

Parámetros	T1 Testigo	T2	T3
NI (P)%	15	15	15
DI (MPD)%	6,08	5,72	6,72

Coefficiente de digestibilidad (%) = $[(NI - DI) / NI] \times 100$

Tratamiento 1 o testigo. $CDP = [(15 - 6,08) \div 15] \times 100 = 59,49 \%$

Tratamiento 2. $CDP = [(15 - 6,72) \div 15] \times 100 = 55,21 \%$

Tratamiento 3. $CDP = [(15 - 5,72) \div 15] \times 100 = 61,87 \%$

Como se aprecia en el análisis, el tratamiento 3 con 42% de yuca y malanga cuenta con una mayor eficiencia de digestibilidad proteica, por encima del tratamiento 2 con el 32% de yuca y malanga y el tratamiento testigo sin estos alimentos.

Tabla 26.

Coefficiente de digestibilidad aparente MO.

Parámetros.	T1 Testigo	T2	T3
NI (P)%	10	10	10
DI (MDMO)%	10,88	14,95	16,49

Coefficiente de digestibilidad (%) = $[(NI - DI) / NI] \times 100$

Tratamiento 1 o testigo. **$CDP = [(10 - 10,88) \div 10] * 100 = 8,78\%$**

Tratamiento 2. **$CDP = [(10 - 14,95) \div 10] * 100 = 49,54\%$**

Tratamiento 3. **$CDP = [(10 - 16,49) \div 10] * 100 = 64,90\%$**

El resultado obtenido determinó que en lo que respecta al coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica MO, el tratamiento 3 es el de mejor comportamiento y le siguió el tratamiento 2, de lo que deduce que la presencia de yuca y malanga en la dieta, contribuyen a la eficiencia metabólica de los nutrientes.

Tabla 27.

Coefficiente de digestibilidad aparente MS.

Parámetros	Testigo	T2	T3
NI (P)%	10	10	10
DI (MDMS)%	11,85	15,37	18,08

Coefficiente de digestibilidad (%) = $[(NI - DI) / NI] \times 100$

Tratamiento 1 o testigo **$CDP = [(10 - 11,85) \div 10] * 100 = 18,54\%$**

Tratamiento 2 **$CDP = [(10 - 15,37) \div 10] * 100 = 53,66\%$**

Tratamiento 3 **$CDP = [(10 - 18,08) \div 10] * 100 = 80,76\%$**

Al igual que en los análisis anteriores, el coeficiente de digestibilidad de materia seca, presentó mejor comportamiento en los tratamientos 3 y 2, lo que deduce mejores características digestivas al alimento que contiene yuca y malanga.

Tabla 28.

ANOVA del coeficiente de digestibilidad aparente de PB, MO, MS, a partir del contenido ileal.

%	T1	T2	T3	P valor
CD PB	59,45	61,87	55,21	0,256
CD MO	8,78	49,54	64,54	0,114
CD MS	18,54	53,66	80,76	0,166

El análisis de varianza del coeficiente de digestibilidad aparente de PB, MO y MS a partir del contenido ileal, establece que estadísticamente no hay diferencias entre tratamientos. Sin embargo, como se pudo observar en las tablas anteriores, el mejor comportamiento lo tuvo el tratamiento 3, seguido del T2, lo que deduce metabólicamente que la adición de yuca y malanga fueron favorables en la producción del cerdo de engorde.

Resultados de la investigación respuesta morfológica del tracto gastrointestinal y órganos anexos en cerdos de engorde (sus scrofa) alimentados con yuca y malanga como alternativas locales

El análisis de los datos determinó que éstos Presentaban una distribución normal, y que tenían una varianza homogénea, lo que justificó la aplicación del diseño paramétrico completamente al azar. Se utilizó para el ejercicio estadístico el software estadístico Infostat.

Con el fin de determinar el comportamiento de **los órganos anexos al sistema digestivo (hígado, bazo y páncreas)** se calculó el peso, largo y ancho. Se observó que el largo y ancho del bazo presentan diferencias estadísticamente significativas con un p-valor de 0,0073 y 0,0146, respectivamente, mientras que el resto de las variables no muestran diferencias estadísticamente significativas con un p-valor > 0,05 (Tabla 29).

Tabla 29.

Análisis de varianzas de las variables bazo, hígado y páncreas.

ANÁLISIS DE VARIANZA										
FV	GL	Variables del bazo			Variables del hígado			Variables del páncreas		
		Largo (cm)	Ancho (cm)	Peso (kg)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Peso (kg)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Peso (kg)
Tratamientos	2								0,504	0,929

Error	6	4,04	0,7		4,85	17,07	0,02	2,96	1,29	0,07
Total	8									
C.V.%		8,82	22,16	27,17	6,74	17,29	11,27	10	15,76	13,69

En concordancia con lo manifestado en las figuras 21 y 22, se efectuó una comparación múltiple de Tukey 5% a las subvariables largo y ancho del bazo, teniendo en cuenta que éstas son las únicas que muestran diferencias estadísticamente significativas entre sí. En estas figuras se observó que para ambos casos el tratamiento 3 obtuvo los valores más altos con 34,14 cm (largo) y 6,06 cm (ancho).

Figura 21.

Comparación múltiple de Tukey 5% de la variable largo del bazo.

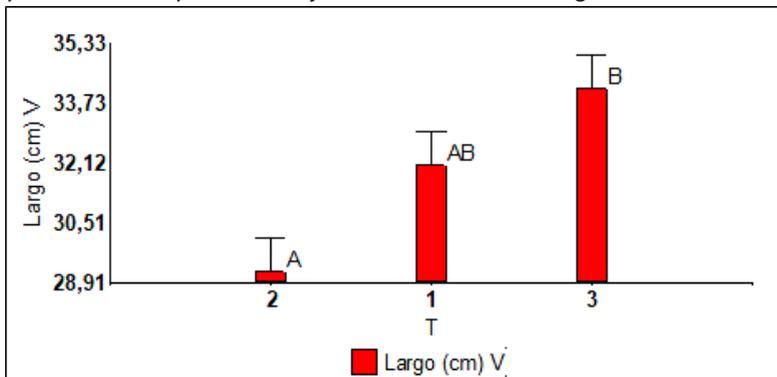
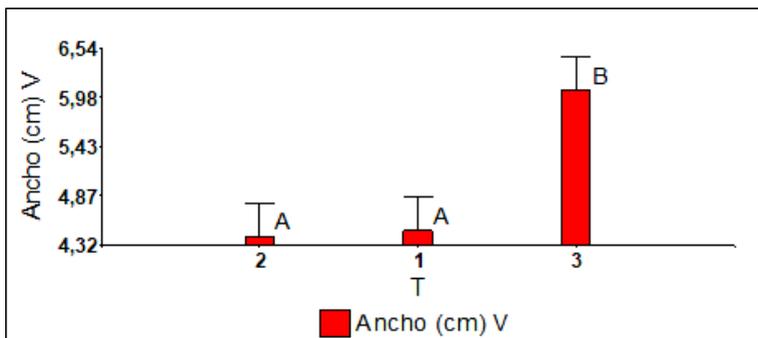


Figura 22.

Comparación múltiple de Tukey 5% de la variable ancho del bazo.



Con el propósito de determinar la **respuesta morfométrica del tracto gastrointestinal** en cerdos de engorde se obtuvieron medidas del peso lleno y vacío del TGI y sus partes (estómago, intestino delgado, ciego, recto y colon). Se observó que el peso lleno y peso vacío del ciego presentan diferencias estadísticamente significativas con un p-valor de 0,0227 y 0,0386, respectivamente, mientras que el resto de las variables no muestran diferencias estadísticamente significativas con un p-valor > 0,05 (Tabla 30).

Tabla 30.

Resúmenes de los análisis de varianzas de las variables estómago, intestino delgado, ciego, recto y colon.

CUADRADO MEDIO											
FV	GL	Variables del estómago		Variables del intestino delgado		Variables del ciego		Variables del recto		Variables del colon	
		P. lleno (kg)	P. vacío (kg)	P. lleno (kg)	P. vacío (kg)	P. lleno (kg)	P. vacío (kg)	P. lleno (kg)	P. vacío (kg)	P. lleno (kg)	P. vacío (kg)
Trat.	2	0,2747	0,3561	0,4454	0,3612	0,0227	0,0386	0,5408	0,2642	0,0672	0,3023
Error	6	0,5	3,20	0,65	0,02	0,02	3,10	1,10	3,00	0,14	0,01
Total	8										
C.V.		42,47	11,33	31,32	10,32	31,35	16,45	13,73	8,21	19,21	8,36

En concordancia con lo manifestado en la tabla 31 y figuras 23 y 24 se efectuó una comparación múltiple de Tukey 5% a las variables peso lleno y vacío del ciego, teniendo en cuenta que estas son las únicas que muestran diferencias estadísticamente significativas entre sí ($p < 0,05$). En éstas se observó que para ambos casos el tratamiento 3 obtuvo los valores más altos con 0,76 kg (peso lleno) y 0,15 kg (peso vacío).

Tabla 31.

Comparación múltiple de Tukey 5% de la variable ciego.

Tratamientos	MEDIAS			
	Peso lleno (kg)		Peso vacío (kg)	
1	0,46	A	0,12	A
2	0,60	A B	0,13	A B
3	0,76	B	0,15	B

Figura 23.

Comparación múltiple de Tukey 5% de la variable ciego peso lleno.

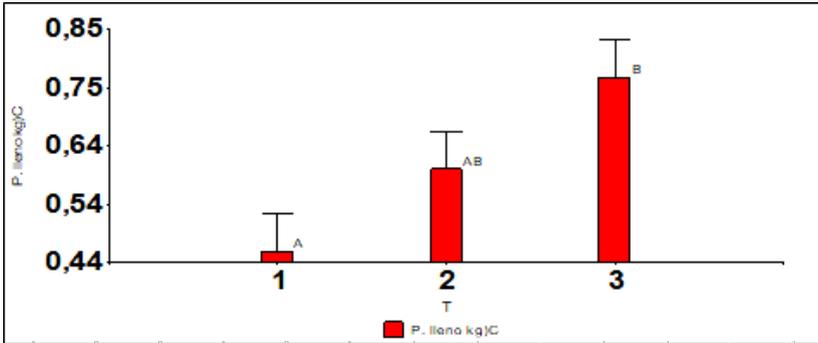
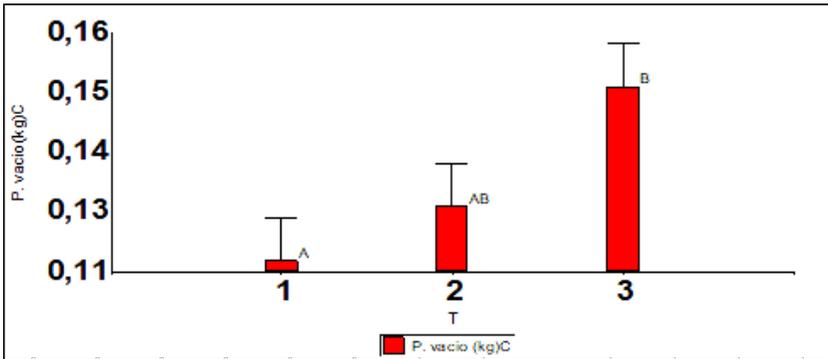


Figura 24.

Comparación múltiple de Tukey 5% de la variable ciego peso vacío.



Conclusiones

Se concluyó que el uso de las alternativas alimenticias (yuca, malanga), en diferentes proporciones (T1 100% balanceado, T2 32% yuca y malanga y T3 42% yuca, malanga, harina de palmiste), dado los resultados del análisis estadístico ADEVA, en los parámetros productivos ganancia de peso, conversión alimenticia, grasa dorsal del lomo y anca no se obtuvieron diferencias estadísticas sustentados en P valor mayor a 0,05 y en lo que respecta al consumo de alimento, alto y largo sí se obtuvieron diferencias significativas a favor del tratamiento 3.

Se obtuvo que el contenido de grasa dorsal del lomo en el T1 (testigo) obtuvo más cantidad de grasa con un 0,17%, el T3 0,14% mientras que el T2 con 0,11% fue el de mejor comportamiento, así mismo con la grasa dorsal

del lomo el T3 logró más cantidad de grasa con un 0,16%, mientras que el T1 (testigo) 0,15 y T2 0,1; dado que no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas sustentadas en P valor mayor a 0,05. De manera general se apreció que el mejor tratamiento fue el T2 con el 32% de yuca y malanga en reemplazo del maíz.

La relación beneficio-costos determina una mayor ganancia con el T3 (yuca, malanga, harina de palmiste 3%) con 0,62 ctvs. por cada dólar, así mismo el T2 (yuca y malanga) 0,42 ctvs. por cada dólar, mientras que el T1 (testigo) 100% balanceado con 0,17 ctvs. por cada dólar invertido, lo que nos da como resultado que el T3 generó más ganancia.

El otorgar yuca y malanga con 32% y 42%, estadísticamente no es diferente con el testigo, y por tanto no afectan los parámetros físicos de la canal del cerdo. Ante lo cual se deduce que se puede dar alimentos alternativos en los porcentajes citados. Por otro lado, se pudo apreciar que el tratamiento 3, con un 42% de alternativas alimenticias, es el que presenta mejores resultados en estos parámetros físicos, específicamente en peso, diámetro y longitud de la canal, y mejor peso a nivel de costilla, jamón y paleta, entre lo destacable.

En lo que respecta a las características químicas de calidad de la canal de los cerdos alimentados con y sin alternativas alimenticias, se observó que no existe diferencias estadísticas entre tratamientos, lo que confirma el hecho de que sí es posible dar alimentos alternativos, como la yuca y la malanga, en los porcentajes investigados, sin que afecte en este caso sus parámetros químicos y la calidad de la carne. Además, es oportuno indicar que es precisamente el tratamiento 3 con un 42% de alimento alternativo el que tiene una carne de mayor contenido proteínico, con menos grasa, con pH menos ácido, y es el tratamiento 2 con 32% de alternativas alimenticias el que presenta mayor contenido de materia seca.

Se pudo determinar que el tratamiento 3 fue el que tuvo mayor digestibilidad aparente a partir del análisis del contenido ileal, con un 61,87%. Podemos establecer que es recomendable la inclusión de alimentos alternativos como la yuca y la malanga en la dieta de los cerdos de engorde, pues éstas no afectan la asimilación proteica. De igual manera, donde hubo mayor porcentaje de digestibilidad aparente de la materia orgánica es en tratamiento 3 con un 64,54% a diferencia del testigo que tuvo un 8,78 % de digestibilidad, siendo el menor porcentaje de los demás tratamientos. El tratamiento 3 en materia seca fue el que presentó la mayor digestibilidad aparente.

Se determinó que la alimentación alternativa no tiene ningún efecto negativo sobre el hígado y al páncreas de los cerdos, a diferencia del bazo que presentó una diferencia considerable en su largo y ancho con el alimento alternativo T3. Se descubrió que la respuesta morfométrica del tracto gastrointestinal en cerdos fue positiva para las variables de estómago, intestino delgado, recto y colon. Por lo tanto, las alternativas alimenticias son apropiadas en la alimentación del cerdo debido a que estas no afectan el TGI. Sin embargo, las variables peso lleno y peso vacío del ciego son las únicas que presentan diferencias representativas, siendo el tratamiento 3 el que reportó los valores más elevados.

Anexo fotográfico de la experiencia

Cerdos de 55 días en proceso de adaptación, previo al inicio de la investigación.



Cerdos separados por tratamientos en edades de 90 y 120 días.



Control de peso y cocción de la yuca y la malanga.



Sacrificio y toma de medidas morfométricas.



Toma de muestras para pruebas químicas.



Toma de datos TGI y órganos anexas.



7.2. Trabajos de investigación sobre evaluación de los parámetros productivos en etapa de crecimiento y engorde de cerdos alimentados con palmiste

Autores: Ing. Vera Pibaque Williams Fidel | Anzules Cajape Héctor Fabricio | Dr. C. Yhony Alfredo Valverde Lucio

I. Introducción

En Ecuador, la porcicultura tiene un aporte en el PIB agropecuario de 8%, generando aproximadamente **80 mil empleos directos**. En el país existen 100 empresas productoras de cerdos, algunas grandes y la mayoría más pequeñas. En el año 2020 se reportaron unas **40 mil madres cerdas**, entre las cuales unas 4 mil no fueron productivas. En 2019, el sector produjo 180 mil toneladas de carne de cerdo y, en 2020, 170 mil. La mayoría de las granjas porcinas se encuentran en las regiones Sierra y Costa, distribuidas entre Santo Domingo de los Tsáchilas, Guayas, Pichincha, Manabí y El Oro (Ionita, 2022).

La producción ganadera porcina en el país ha crecido de manera constante para cubrir la demanda interna de los productos cárnicos y sus derivados. Cabe mencionar que el restante de la producción pecuaria está dado por la crianza de otras especies que requieren mayores costos productivos y, por ende, de mayor costo para el consumidor. La crianza de animales domesticados es una costumbre que beneficia económicamente a grandes y pequeños productores, por lo que se considera de vital importancia incluir al cerdo como base de las producciones, ya que no compiten con la alimentación humana (Castro, 2022).

El principal problema es el costo de materia prima para la fabricación de balanceados, como el maíz, que es consumido tanto por animales como por el hombre, por esta razón el balanceado tiende a aumentar los costos y esto genera mayores inversiones en los poricultores, con base en esto se busca fuentes alternativas para la alimentación de cerdos que resulten económicas para reducir los costos de producción.

La crianza de cerdos en nuestro país se realiza de manera poco técnica (low-tech), además de la crisis provocada por la epidemia de COVID-19 en los últimos 4 años, ha creado una notable crisis económica en otros países subdesarrollados, como el nuestro, por ello, muchos criadores de cerdos han estado buscando nuevas fuentes de alimentación para sus cerdos, en las que se utilice parte de sus cultivos agrícolas para alimentarlos, a la vez que aprovechan subproductos del proceso productivo primario de esta industria, donde utilizamos granos de palma del proceso de extracción de aceite de palma (Castro, 2022).

El palmiste, al ser una fuente nutritiva con un importante aporte de proteína y energía, es comúnmente utilizado en la elaboración de alimentos para animales, especialmente para rumiantes, así como en la alimentación de cerdos y ganado, propiedad de familias campesinas de la región (Serrano, 2021).

La harina de palmiste posee un valor alimenticio de 13% y 18% de proteína cruda y entre 18 y 28% de fibra cruda; estos valores energéticos son variables, ya que depende del método de extracción del aceite. Además de la valorización energética que podemos observar en la harina de palmiste es importante subrayar que este producto no contiene aflatoxinas ni componentes antinutricionales tóxicos; en niveles de inclusión adecuados favorece la productividad de las aves en explotaciones (Lalama, 2022).

Oliva *et al.* (2018) en la investigación sobre rasgos de comportamiento de cerdos en crecimiento, alimentados con harina de palmiste, obtuvo como resultado que no se halló efecto ($p > 0,05$) en el peso final ni en la ganancia diaria. Es muy recomendable alimentar cerdos en crecimiento con dietas que contengan hasta 30% de harina de palmiste, por lo que se sugiere realizar pruebas de comportamiento, en las que los cerdos alcancen un peso de sacrificio igual o superior a 100 kg, además de estudios en cerdas reproductoras.

Jipijapa se ha caracterizado por ser uno de los sectores con menor explotación y producción de cerdos, sin embargo, en sus alrededores la producción de cerdos de engorde es de suma importancia para la sustentación económica. Se tomó en cuenta harina de palmiste por sus componentes nutricionales, esta investigación se justifica por el interés de ahorrar costos de producción a los porcicultores, por medio de una fuente alternativa. Siendo éstos los mayores beneficiarios de esta investigación.

Por tal razón esta investigación está dirigida a evaluar los parámetros productivos en etapa de crecimiento de cerdos alimentados con palmiste y no utilizar suplementos alimenticios preparados que existen en el medio y que generan costos altos de producción.

Objetivos

Objetivo general

- Evaluar los parámetros productivos de los cerdos en etapa de crecimiento alimentados con harina de palmiste.

Objetivos específicos:

- Analizar el rendimiento productivo de los cerdos en sus etapas de crecimiento y engorde alimentados con harina de palmiste.
- Determinar el costo y beneficio en la producción de cerdo en etapa de crecimiento alimentados con harina de palmiste.

II. Materiales y Métodos

A. Materiales

Entre los materiales utilizados en la investigación intervinieron el balanceo comercial, palmiste, maíz, polvillo, soya, desinfectante, vitaminas, desparasitantes, vacunas, agua y los 16 cerdos.

Entre los equipos se utilizaron la balanza electrónica y la balanza análoga, para determinados procesos, tanque, los chupones y todo el material para la elaboración de los corrales como cemento, martillo, tubo, clavo y tablas.

Entre los equipos para registrar y procesar los datos están la computadora, impresora, libreta, cámara.

B. Métodos

2.1. Ubicación

El proyecto se llevó a cabo en el recinto Los Laureles de la parroquia Julcuy, perteneciente al cantón Jipijapa de la provincia de Manabí. Las coordenadas geográficas son 1.46667 latitud Sur y 80.6167 longitud Oeste.

2.1.1. Condiciones meteorológicas de Jipijapa

Temperatura: 18° a 28°C

Humedad relativa: 90%

Precipitación: 154 mm

2.2. Factor en estudio

Alimentación de cerdos con palmiste.

2.2.1. Tratamiento

El tratamiento se basó en 3 niveles de alimento de palmiste para suplementar el crecimiento del cerdo.

T0: Sin palmiste (testigo)

T1: Aplicando el 5% de palmiste

T2: Aplicando el 7,5% de palmiste

T3: Aplicando el 10% de palmiste

2.3. Delineamiento experimental

Para evaluar la alimentación de los cerdos con harina de palmiste, se seleccionaron 16 cerdos con distintos porcentajes.

Tabla 32.

Delineamiento experimental.

Delineamiento experimental	Medidas
Número de bloques por tratamientos	4
Número de tratamientos	4
Número de cerdos totales en la investigación	16
Número de cerdos a evaluar por unidad experimental	1
Área de la unidad experimental	4 m ²
Longitud de la unidad experimental	2 m
Ancho de la unidad experimental	2 m
Área total de la investigación	77 m ²

2.4. Diseño experimental

Los 16 cerdos se distribuyeron con relación al peso mediante un diseño completamente al azar (DCA) con 4 tratamientos y 4 repeticiones.

2.5. Análisis de varianza

Tabla 33.

Esquema de ADEVA.

Fuente de Variación	Grado de libertad
Tratamientos error	4-1=3
Error experimental	T(r-1)=12
Total	Rt-1=15

2.5.1. Modelo matemático

$$Y_{ij} = \mu + t_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : variable de respuesta en la j -ésima repetición del i -ésimo tratamiento

t_i : efecto del tratamiento

μ : media general

E_{ij} : error experimental

II.0.2. Análisis funcional

La comparación de la media se realizó mediante la prueba de Tukey al 5% de probabilidades por medio del software estadístico Infostat. Esta prueba se realizó en función de los resultados obtenidos con la aplicación del análisis de varianza.

II.0.3. Coeficiente de variación

El coeficiente de variación se utilizará tomando en consideración la siguiente fórmula establecida:

$$C.V. \% = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{X}} \times 100$$

2.6. Variables evaluadas

De acuerdo con los objetivos específicos planteados se evaluó las siguientes variables:

Obj. 1. Comparar el rendimiento productivo de los cerdos en etapas de crecimiento y engorde, alimentados con palmiste.

Se procedió a establecer el comportamiento productivo que presentan los cerdos:

- Ganancia de peso
- Consumo de alimento
- Conversión alimenticia
- Altura
- Largo

Obj. 2. Determinar las características morfométricas de la canal del cerdo alimentado con palmiste

- Longitud de la canal, cm
- Peso de la canal, kg
- Peso del costillar, kg
- Peso del lomo, kg
- Peso del jamón, kg
- Peso de la paleta, kg
- Peso de la grasa, mm
- Peso de la cabeza, kg
- Longitud de la mano, cm
- Longitud de la pata, cm

Obj. 3. Determinar costo y beneficio en la producción alimentada con palmiste en la alimentación de cerdos en la etapa de crecimiento

- Costo unitario de cada libra
- Relación beneficio/costo

2.7. Manejo experimental de la investigación

Para este proceso experimental se adquirió 16 cerdos de ambos sexos con 45 a 55 días de nacidos. La experiencia se comenzó tras una primera semana de adaptación con alimento comercial. Los animales fueron separados en grupos de 2 por galpón. A partir de la segunda semana se aplicó la fórmula con palmiste para cada tratamiento, estableciéndose un horario de alimentación de dos diarias 8:00 a.m. y 4:00 p.m. A los cerdos se le administró 5 ml de complejo B en referencia al peso de 10 kg y vitamina AD3500 con una dosis de 2 ml para contrarrestar problemas de estrés de los cerdos. Además, los animales fueron desparasitados a la tercera semana utilizando ivermectina en dosis de 1 ml por cada 30 kg de peso vivo.

2.7.1. Alimentación

Los cerdos fueron alimentados con harina de palmiste, maíz, polvillo, soya, agregando también sales minerales, vitaminas y aceite de palma. Los ingredientes fueron mezclados para crear la ración alimenticia, aplicando la cantidad adecuada dependiendo de cada tratamiento.

A continuación, se detalla los componentes que intervienen en 100 libras de la alimentación de los cerdos.

Tabla 34.

Fórmula aplicada en el estudio en la etapa de inicio.

Insumos	T0	T1	T2	T3
	0 palmiste	5% palmiste	7,5 palmiste	10% palmiste
Maíz	41	35,5	33,5	36
H. Soya	26	27	24	24
Polvillo de cono	33	32,5	35	30
Palmiste	0	5	7,5	10
Total, de libras	100	100	100	100
Total de proteína	18,16%	18,16%	18,16%	18,16%

Tabla 35.

Fórmula aplicada en la fase de desarrollo.

Insumos	T0	T1	T2	T3
	0 palmiste	5% Palmiste	7,5 palmiste	10% Palmiste
Maíz	41	35,5	41	43,5
H. Soya	20	21	19	19
Polvillo de arroz	39	38,5	32,5	27,5
Palmiste	0	5	7,5	10
Total, de libras	100	100	100	100
Total de proteína	16,36%	16,36%	16,36%	16,36%

Tabla 36.

Fórmula aplicada en la fase final de engorde.

Insumos	T0	T1	T2	T3
	0 palmis- te	5% Palmiste	7,5 palmiste	10% Palmiste
Maíz	45	39,5	45	47,5
H. Soya	17	18	16	16
Polvillo de cono	38	37,5	31,5	26,5
Palmiste	0	5	7,5	10
Total de libras	100	100	100	100
Total de proteína	15,30%	15,30%	15,30%	15,30%

Aseo y limpieza de la porqueriza

Se realizó la limpieza diaria, 2 veces al día, para mantener el ambiente requerido y el nivel sanitario en los animales.

Sacrificio de los cerdos

Los cerdos se sacrificaron a los 155 días de edad. Los pesos de la canal caliente se determinarán a los 45 min *post mortem* en una balanza de 453,6 kg de capacidad (1.000 libras), y se tomarán las medidas lineales de la canal con cinta métrica.

3. Resultados

Previo al planteamiento estadístico, se efectuó el análisis de los datos por medio del software estadístico Infostat, determinándose que éstos contaban con una distribución normal y una varianza homogénea, con lo cual se justificó la aplicación del diseño paramétrico completamente al azar.

Resultados etapa de inicio de los cerdos (92 días)

En cumplimiento de los objetivos planteados en la investigación se obtuvieron los siguientes resultados analizados.

Tabla 37.

Análisis de varianza de medidas en el tiempo sobre peso, conversión alimenticia y ganancia de peso.

F.V.	Consumo de alimento			peso		Conversión alimenticia		Ganancia de peso	
	gl	CM	P-valor	CM	P-valor	CM	p-valor	CM	p-valor
Tratamiento	3	0,0003	0,001*	10,74	0,009*	0,04	0,004*	1,43	0,203
Semanas	6	0,0014	0,001*	362,3	<0,01**	4,75	<0,01**	11,93	0,063
Tratamiento vs semanas	18	0,0012	0,001*	1,69	0,5239	0,01	0,4026	0,69	<0,01*
Error	81	0,046		1,78		0,01		0,57	0,273
Total									
CV%		0,01		5,49		5,25		33,74	

*: *Significativo al $p < 0,05$*

** : *Altamente significativo $p < 0,01$*

Ns: *no significativo*

En la tabla 37, en el análisis de varianza los tratamientos mostraron que son significativos al $p < 0,05$ en el peso y en la conversión alimenticia, en el análisis de semanas fue altamente significativa al $p < 0,01$ de probabilidad en peso y conversión alimenticia. En la interacción de tratamiento vs. semana fue altamente significativa al $p < 0,01$ en la ganancia de peso. Presenta un coeficiente de variación desde el 5,25 hasta el 33,74%.

Tabla 38.

Análisis de Tukey al 5% peso, conversión alimenticia y ganancia de peso.

Tratamiento	Consumo de alimento	Peso	Conversión alimenticia	Ganancia de peso
Testigo	58,02	24,17 ^a	1,53 ^a	2
5% de palmiste	58,15	23,61 ^{ab}	1,57 ^p	2,1
7,5% de palmiste	58,18	24,33 ^a	1,52 ^{ab}	2,35
10% de palmiste	58,20	25,11 ^a	1,48 ^a	2,49

El análisis de Tukey al 5%, determina como mejor peso en la etapa de crecimiento con 25,11 al tratamiento con el 10% de palmiste y el menor peso al tratamiento con el 5% de palmiste. En lo que respecta a la conversión alimenticia el mejor comportamiento lo tuvo el tratamiento con el 10% de palmiste con un 1,48, seguido del tratamiento testigo con 1,53. En cuanto a la ganancia de peso semanal el tratamiento con el 10% de palmiste con el 2,49 fue superior a los demás tratamientos, aunque estadísticamente no se encontró diferencias con los demás tratamientos.

Análisis de los datos tomados la última semana

Tabla 39.

Análisis de varianza sobre peso en la última semana de la etapa de crecimiento (92 día de edad)

F.V.	GI	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	3	6,85	2,28	2,25	0,1513
Error	9	9,12	1,01		
Total	15	19,59			
CV	3,27				

El análisis de varianza en la última semana de la variable peso no fue significativo $p > 0,05$, determinando que estadísticamente todos los tratamientos son iguales. Sin embargo, es oportuno destacar que en las comparaciones

de las medias (Figura 25), se aprecia un mejor comportamiento en los cerdos alimentados con palmiste al 10%.

Figura 25.

Peso en la última semana.

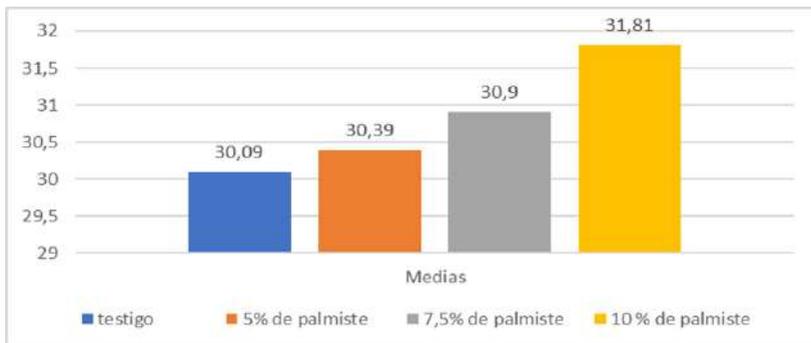


Tabla 40.

Análisis de varianza sobre conversión alimenticia última semana de la etapa crecimiento.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	3	0,04	0,01	2,15	0,1639
Error	9	0,05	0,01		
Total	15	0,11			
CV	3,28				

El análisis de varianza en la última semana de la etapa de crecimiento de la variable conversión alimenticia, estableció que estadísticamente todos los tratamientos son iguales $p > 0,05$ de probabilidad.

En la figura 26, se puede observar que, al comparar las medias, el tratamiento con mejor conversión alimenticia es el tratamiento con el 10% de palmiste, por debajo de los demás, siendo el tratamiento testigo el de valor más alto, determinando una incidencia positiva del palmiste durante la etapa de crecimiento del cerdo.

Figura 26.

Conversión alimenticia en la última semana de la etapa de crecimiento.

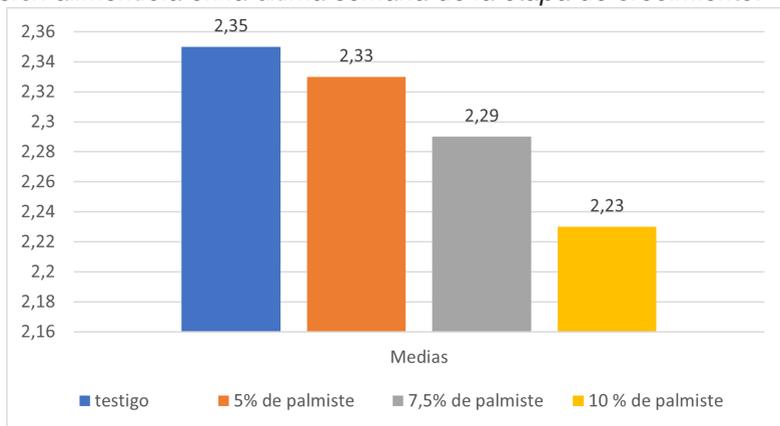


Tabla 41.

Análisis de varianza ganancia de peso última semana etapa crecimiento.

F.V.	GI	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	3	0,04	0,01	0,32	0,8127
Error	9	0,34	0,04		
Total	15	0,82			
CV	0,28				

El sobre análisis de varianza en la última semana de ganancia de peso, determinó que no hay diferencias estadísticas entre tratamientos $p > 0,05$ de probabilidad. La comparación de medias determina, sin embargo, que el tratamiento con el 5% de palmiste fue el de mejor comportamiento en la etapa final de crecimiento.

Tabla 42.

Comparación de medias ganancia de peso final etapa de crecimiento.

Tratamiento	Medias
testigo	2,28
5% de palmiste	3,31
7,5% de palmiste	2,25
10% de palmiste	2,13

Análisis del alto y largo del cerdo en pie al final de la etapa de crecimiento

El análisis de varianza sobre las variables alto y largo del cerdo en pie en la semana 12, determino diferencias estadísticas altamente significativas $p < 0,01$ en ambas variables, lo que motivó la aplicación de la prueba de Tukey al 5%.

Tabla 43.

Análisis de varianza sobre el alto y el largo del cerdo durante el crecimiento.

F.V.	Alto			Largo		
	gl	CM	p-valor	CM	p-valor	
Tratamientos	3	112,35	<0,001**	105,6	<0,001**	
Error	9	0,07				
Total	15					
CV		0,43		0,24		

** : Altamente significativo $p < 0,01$

Tabla 44.

Comparación de medias variables, alto y largo del cerdo en pie, etapa final del crecimiento. Tukey 5%.

Tratamientos	Medias alto	Medias largo
testigo	55,92 ^c	84,17 ^c
5% de palmiste	60,09 ^b	88,05 ^b
7,5% de palmiste	64,26 ^a	92,17 ^a
10% de palmiste	68,21 ^a	96,07 ^a

Como se puede apreciar en la tabla 44, la prueba de Tukey al 5% determina que el tratamiento de mejor comportamiento tanto en la variable alto como largo, es el tratamiento con el 10% de palmiste, seguido del tratamiento con el 7,5% de palmiste, al final se encontró al tratamiento testigo.

Resultados parámetros productivos del cerdo en etapa de engorde, alimentados con harina de palmiste

Objetivo 1. Determinar los parámetros productivos de los cerdos de engorde alimentados con palmiste.

Se midieron las variables consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia. El análisis de los datos determinó que estos contaban con distribución normal y varianza homogénea, lo que dio lugar a la aplicación de estadística paramétrica. Los análisis de varianza se efectuaron en el software estadístico Infostat.

Variable consumo de alimento

Tabla 45.

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	2822,97	3	940,99	0,92	0,461
Error	12287,75	12	1023,98		
Total	15110,72	15			
CV	6,96				

El análisis de la variable consumo de alimento no identificó diferencias estadísticas entre tratamientos. La comparación de medias determinó que los de menor consumo son el tratamiento con 10% de harina de palmiste y el tratamiento testigo.

Tabla 46.

Comparación de medias de la variable consumo de alimento.

Tratamientos	Medias
Testigo	456,43
5% de palmiste	482,18
7.5% de palmiste	451,48
10% de palmiste	448,65

Variable ganancia de peso

El análisis efectuado determinó que entre tratamientos no existe diferencias estadísticas p valor > 0,05.

Tabla 47.

Ganancia de peso en lb. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	3,59	3	1,2	0,01	0,9988
Error	1.667,39	12	138,95		
Total	1.670,98	15			
CV	8,09				

Al comparar las medias de los tratamientos se pudo observar que el tratamiento con el 7,5% tuvo ligeramente un mejor comportamiento que los demás tratamientos, tal como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 48.

Comparación de medias de la variable ganancia de peso.

Tratamientos	Medias
Testigo	145,95
5% de palmiste	145,78
7,5% de palmiste	146
10% de palmiste	144,83

Variable conversión alimenticia

Tabla 49.

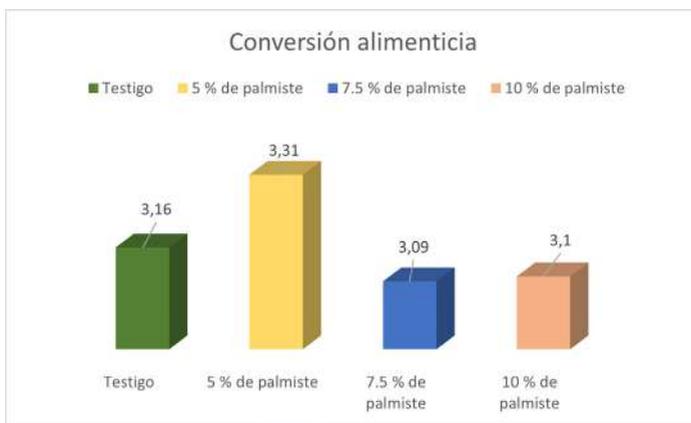
Cuadro de análisis de la varianza de conversión alimenticia.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	0,13	3	0,04	0,76	0,5374
Error	0,67	12	0,06		
Total	0,8	15			
CV	7,48				

El análisis estadístico determinó que entre tratamientos no había diferencias estadísticas p valor > 0,05. Sin embargo, el análisis de las medias de los tratamientos, determinó un mejor comportamiento en el tratamiento con 7,5% de harina de palmiste, seguida del tratamiento con el 10% de harina de palmiste, tal como se aprecia en la siguiente figura.

Figura 27.

Conversión alimenticia etapa de engorde, última semana.



Objetivo 2. Determinar las características morfológicas de la canal del cerdo alimentado con harina de palmiste.

Análisis de resultados de las variables: longitud de la canal, cm; peso de la canal, del costillar, del lomo, del jamón, de la paleta, kg; peso de la grasa, mm; peso de la cabeza, kg; longitud de la mano, cm; longitud de la pata, cm.

Tabla 50.

Análisis de varianza de las variables morfométricas de la canal del cerdo alimentado con harina de palmiste.

Variables	Medias de tratamientos				p-valor
	T1	T2	T3	T4	
Peso de canal caliente, kg	46,83	45,24	46,6	45,98	0,951 ^{ns}
Long. de la canal, cm	0,71	0,76	0,72	0,69	0,702 ^{ns}
Long. de la mano, cm	23,25	19	18,5	24,5	0,437 ^{ns}
Long. de la pata, cm	53	55	49	53,25	0,39 ^{ns}
Peso del lomo, kg	4,1	3,92	3,73	3,64	0,641 ^{ns}
Peso del jamón, kg	15,99	15,61	14,43	15,3	0,379 ^{ns}
Peso de la paleta, kg	13,45	11,95	11,17	13,5	0,159 ^{ns}
Peso del costillar, kg	6,8	8,54	8,72	6,55	0,057 ^{ns}
Peso de la cabeza, kg	5,04	5,13	5,45	5,22	0,155 ^{ns}
Peso de la grasa	9,23	12,54	10,98	9,79	0,609 ^{ns}

El análisis de varianza de las variables morfométricas analizadas, determinó que entre tratamientos no hubo diferencias estadísticas. En la tabla 50, se puede apreciar que los resultados son diversos entre los tratamientos, por lo cual no es factible determinar cuál es el mejor, en todo caso se deduce que la harina de palmiste incluso en un 10% no afecta los parámetros productivos del cerdo de engorde.

Objetivo 3. Realizar un análisis beneficio costo entre los tratamientos realizados.

Se presenta a continuación el análisis costo beneficio del trabajo efectuado.

Tabla 51.

Presupuesto producción de cerdo en etapa de engorde.

Componentes	Actividades	Unidades	Cant	Costo Unitario	Costo total \$	T1 (0%)	T2 (5%)	T3 (7,5%)	T4 (10%)
Adquisición de cerdos	Compra de cerdos	Unidad	16	65	1040			260,00	260,00
Porqueriza	Construcción de chiquereros	Unidad	6	150	900	22,50	22,50	22,50	22,50
Costo de mantenimiento	Electricidad	Unidad	2	5	10	2,50	2,50	2,50	2,50
Costo de alimentación	Balanceado comercial	Unidad	4	27	108	27,00	27,00	27,00	27,00
	Palmiste	Unidad	4	18	72		24,00	24,00	24,00
	Harina de maíz	Unidad	9	20	180	65,00	45,00	45,00	45,00
	Polvillo de cono	Unidad	9	18	162	40,50	40,50	40,50	40,50
	Soya	Unidad	8	30	240	75,00	60,00	60,00	60,00
Botiquín veterinario	Complejo B	Unidad	1	8	8	2,67	2,67	2,67	2,67
	IvermectAD3	Unidad	1	6	6	2,00	2,00	2,00	2,00
	Jeringas	Unidad	12	0,25	3	1,00	1,00	1,00	1,00
	Guantes	Unidad	5	0,5	2,5	0,83	0,83	0,83	0,83
	Antidiarreico (KAO-PEG)	Unidad	1	2	2	0,67	0,67	0,67	0,67

Transporte	Transporte de alimento	Unidad	1	13	13	4,33	4,33	4,33	4,33
	Transporte de compra de cerdo	Unidad	1	80	80	20,00	20,00	20,00	20,00
Materiales de despostes del cerdo y comercialización faenado del cerdo	Ganchos, machete, cuchillo, fundas, bandejas, olla, cocina, gas y mesa	Unidad	8	5	40	13,33	13,33	13,33	13,33
Costo total								526,33	526,33
Peso canal								410,08	404,65
Costo venta libra						2,00	2,00	2,00	2,00
Ingreso bruto	Venta de cerdos	Unidad						820,16	809,29
Ingreso neto								293,83	282,96
Relación beneficio costo						1,53	1,51	1,56	1,54
Costo de cada libra obtenida						1,30	1,32	1,28	1,30

El análisis de los costos determina que todos los tratamientos tuvieron un comportamiento similar. La relación beneficio costo establece que los tratamientos T3 con el 7,5% y el T4 con el 10% de palmiste con un 1,56 y 1,54, sucesivamente, obtuvieron mejor beneficio costo, que los demás tratamientos.

En lo que respecta al costo unitario de producción de cada libra obtenida, el mejor tratamiento fue el T3 con el 7,5% de palmiste, con un costo de 1,28 dólares, 2 centavos por debajo de los tratamientos T1 y T4, y 4 centavos menos que el T2.

Conclusiones

El consumo de alimento fue adecuado en la etapa de crecimiento para los cerdos, con la inclusión de 5%, 7,5% y 10% de harina de palmiste, obteniendo el mejor peso en el tratamiento con el 10% de inclusión, una buena conversión alimenticia y ganancia de peso, esto indica que entre más inclusión mejor peso y no afectó los parámetros productivos.

En la fase de engorde se determina que la inclusión del palmiste hasta el 10% en la dieta del cerdo no afecta sus parámetros productivos. Estadísticamente no se identificó diferencias entre tratamientos, aunque se pudo apreciar un mejor comportamiento en la dieta con una inclusión del 7,5%. La conversión alimenticia fue similar estadísticamente en todos los tratamientos.

Con relación al análisis de la canal de cerdo no hubo una diferencia estadística entre los tratamientos, lo que deduce un uso de hasta el 10% de harina de palmiste en la dieta, sin que ésta afecte la calidad física de la canal.

En lo que respecta al análisis de la relación B/C el mejor tratamiento fue el T3 con el 7,5% de palmiste con un 1,56, lo que representa un beneficio de 56 centavos por cada dólar invertido. El costo unitario de cada libra producida también correspondió al tratamiento T3 con el 7,5% de palmiste, con un costo de 1,28 dólares.

Anexo fotográfico de la experiencia

Preparación de porqueriza, adquisición de cerdos y preparación de alimento con palmiste





Recepción y cría de cerdos



7.3. Trabajo de investigación sobre el uso de harinas de alimentos alternativos locales (yuca, plátano y malanga) y su incidencia en los parámetros productivos, morfometría y calidad de la canal del cerdo de engorde (sus scrofa domesticus)

Autores: Ing. Carlos David Valdez Ganchozo | Ing. Macías Zambrano Hamilton Jamil | Dr. C. Yhony Alfredo Valverde Lucio

I. Introducción

En Latinoamérica los cerdos están distanciados de sus antecesores históricos, los cerdos ibéricos, debido a la adaptación a las características ambientales locales y a la introducción de razas de crianza comercial, adaptación que incluye la sobrevivencia y reproducción en áreas geográficas de climas cambiantes y zonas no favorables a la producción intensiva de cerdo (Linares *et al.*, 2011). El sector porcícola en Ecuador posee un equilibrio de aumento dinámico, los criaderos de cerdo traspatio y los industriales, mediante la aplicación genética, han extendido el hato que ha permitido aumentar la productividad para cubrir la demanda nacional (Guachamin, 2016).

Sustentando a las dietas, se menciona primeramente a la yuca, la que se considera importante en la alimentación de los cerdos, y con la cual se reflejan resultados satisfactorios en relación con trabajos de investigación realizados sobre el tema, donde se menciona que la yuca podría reemplazar en el 100% al maíz, obteniendo incluso beneficios económicos (Ricaurte, 2014).

Romero *et al.* (2017) en su investigación sobre el uso del afrecho de yuca, señala que esta tiene un alto contenido de materia seca de 80 a 85%, de la cual el 60 a 70% es almidón y el 12 a 14% es fibra bruta, por lo que este subproducto podría reemplazar parcial o totalmente al maíz en los balanceados porcinos y, por consiguiente, disminuir los costos de alimentación y hacer más rentable la explotación porcina. Además, la harina de yuca es muy similar, solo se diferencia levemente en el afrecho, debido a la mayor cantidad de proteína, fibra bruta y su mejor proporción de extracto no nitrogenado. La alimentación con base en yuca es de gran importancia y con resultados satisfactorios, incluso la raíz de la yuca trae beneficios en el desarrollo del porcino (Ricaurte, 2014).

Por otro lado, Velásquez (2015) manifiesta, sobre el cultivo de malanga, que las hojas son ricas en minerales y vitaminas, y constituyen una excelente fuente de tiamina, riboflavina, hierro, zinc, vitamina B6, vitamina C, niacina, potasio, magnesio y cobre. Sin embargo, los cormos presentan un alto contenido de almidón y fuente dietética.

Por su lado, Pérez (2007) menciona que los bananos o plátanos (*Musa spp.*) son frutas tropicales, las cuales suelen ser cultivadas para fines comerciales o de autoconsumo humano en muchas partes del mundo. Es común aprovechar los sobrantes de estos cultivos para la alimentación animal. El cerdo, antes de los 30 kg de peso vivo, no tiene bien desarrollado el sistema digestivo, como consecuencia de un lento desarrollo enzimático, lo que limita el uso eficiente del banano como alimento para cerdos muy pequeños (Pérez, 2007).

Los pequeños productores, con la finalidad de fomentar una seguridad alimentaria con menores costos de producción, buscan alternativas alimentarias que permitan solventar el desarrollo productivo de los cerdos con mayores oportunidades económicas, considerando que en Ecuador los cerdos criollos son afectados por enfermedades parasitarias externas e internas por inadecuadas dietas empleadas tradicionalmente (Hernández *et al.*, 2020).

Los productores de cerdos tienen un papel importante en el cantón Jipijapa: generan abastecimiento de carne y derivados del porcino e influyen en la dinámica económica social y productiva, mediante procesos no solo de agricultura, sino también de la producción porcina (Fuentes *et al.*, 2021).

La alimentación de los porcinos debe estar basada en dietas que contengan niveles nutricionales adecuados a la genética, etapa fisiológico-productiva, estado sanitario de los animales y de la unidad de producción porcina, condiciones ambientales en donde estén alojados y al manejo al que estén sometidos éstos (Bernal *et al.*, 2019).

La alimentación de los cerdos genera beneficios a los productores a partir de la reproducción y producción de carne; la ineficiencia en el manejo nutricional de la especie, depende de los subproductos, tales como la recolección de desperdicios vegetales generados por los habitantes, las combinaciones complejas del sector implican tipologías, incluso la búsqueda de fincas grupales (Linares *et al.*, 2011).

En Jipijapa la producción de cerdos es una de las actividades representativas de la zona, pero la deficiencia en la productividad y desarrollo de los animales ha generado problemas económicos, de esta manera se fomenta la investigación y búsqueda alternativa de alimentos mediante yuca y guineo para desarrollar la cría y engorde de los cerdos, trayendo beneficios a los productores, aumentando la rentabilidad de la producción.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el uso de harinas de alimentos alternativos locales (yuca, plátano y malanga) y su incidencia en los parámetros productivos, morfometría y calidad de la canal del cerdo de engorde (*Sus scrofa domesticus*)

Objetivos específicos:

- Determinar el comportamiento productivo del cerdo (*Sus scrofa domesticus*) en sus etapas de crecimiento y engorde, al uso de harinas de alternativas alimenticias locales.
- Definir las características morfométricas de la canal del cerdo alimentado con harina de alternativas alimenticias locales.
- Establecer las características químicas de la canal del cerdo alimentado con harina de alternativas alimenticias locales.
- Evaluar la rentabilidad del cerdo (*Sus scrofa domesticus*) en sus etapas de crecimiento y engorde, con el uso de harinas de alternativas alimenticias locales.

II. Materiales y Métodos

1. Ubicación geográfica

La presente investigación se desarrolló en la finca experimental “Andil”, la cual pertenece a las instalaciones experimentales de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, ubicada en el kilómetro 5½ de la vía Noboa del cantón 24 de Mayo.

2. Tratamientos

El experimento constó de tres tratamientos designados de la siguiente forma:

T₁ Testigo o absoluto (balanceado comercial).

T₂ 30% de harina de alternativas alimenticias (10% yuca, 10% malanga, 10% banano).

T₃ 45% de harina de alternativas alimenticias (15% Yuca, 15% malanga, 15% banano).

A cada tratamiento se asignó 5 cerdos (*Sus scrofa domesticus*) de 60 días de nacidos, con un total de 5 repeticiones

3. Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con 5 repeticiones y 3 tratamientos, con un total de 15 cerdos (*Sus scrofa domesticus*) de 60 días de nacido. Previo al análisis de varianza se realizó la prueba de normalidad de Shapiro Wilks, a las variables a evaluar se aplicó el análisis de varianza y la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) de probabilidad, se empleó el software estadístico InfoStat.

Tabla 52.

Características del campo experimental.

Delineamiento experimental	Medidas
Unidades experimentales	15
Número de repeticiones	5
Número de tratamientos	3
Número de cerdos por tratamiento	5
Área de unidad experimental	2*2

4. Análisis estadístico

El diseño fue completamente al azar, se realizó el análisis de varianza por lo que se considerará las siguientes expresiones:

Tabla 53.

Análisis estadístico.

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamiento (t - 1)	2
Error (t - 1) (b - 1)	8
Total (n - 1)	14

4.1. Modelo aditivo lineal

En el lugar donde se experimentó el trabajo de investigación se efectuó el diseño de bloques al azar (BCA), el cual estudiaremos de acuerdo al modelo estadístico.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

μ = Media general

T_i = Efecto de i-ésimo tratamiento

E_{ij} = Error experimental en la unidad j del tratamiento i los efectos de tratamientos y bloques son aditivos

Prueba de Tukey

$$DHS = q_{0.05, t-1, n} \sqrt{\frac{S^2}{r}}$$

Donde:

q = dato obtenido de tablas

t = grado de libertad

n = grado de libertad del error

S^2 = CME

r = repetición

Coefficiente de variación del error

$$C.V\% = \frac{\sqrt{CME}}{X} \times 100$$

5. Variables a evaluar (variables morfométricas correlacionadas con índices productivos)

Para el análisis de las variables a ser evaluadas, se planteó un estudio a partir de los objetivos:

Objetivo 1. Determinar el comportamiento productivo del cerdo (*Sus scrofa domestica*) en sus etapas de crecimiento y engorde, al uso de harinas de alternativas alimenticias locales.

Se estudiaron las variables:

Peso del cerdo (lb o kg)

Para el registro del peso de los cerdos se realizó mediante una balanza digital, estos datos serán expresados en lb o kg, la obtención de los datos se realizará cada 15 días del periodo de crianza y alimentación de los cerdos.

Longitud del cerdo (cm)

La longitud horizontal del cerdo se realizó una vez efectuada la adquisición de éstos, y en el transcurso de 15 días del periodo de crianza y alimentación del cerdo, registrando los datos mediante una base datos sistemática, con la ayuda de una cinta métrica para determinar la longitud horizontal del cerdo. Los valores estarán representados en centímetros.

Altura del cerdo (cm)

Los datos de la altura del cerdo se obtuvieron mediante la utilización de la cinta métrica, ubicando como referencia la base del suelo y el lomo del cerdo. La obtención de datos se realizará cada 15 días del periodo de crianza y alimentación de los cerdos.

Consumo de alimento diario (lb o kg)

Para la obtención de estos datos se consideró las etapas de alimentación, desde su adquisición hasta el final de la crianza y alimentación de los cerdos. Se aplicará la siguiente fórmula:

$$\text{Conversión alimenticia} = \frac{\text{Consumo de alimento}}{\text{Peso final} - \text{Peso inicial}}$$

Conversión alimenticia

El valor se obtuvo al dividir la cantidad de pienso que el animal ha ingerido durante un periodo de tiempo entre lo que ha crecido el animal en ese mismo tiempo.

Objetivo 2. De acuerdo con los objetivos específicos planteados se evaluarán las siguientes variables:

- Definir las características morfométricas de la canal del cerdo alimentado con harina de alternativas alimenticias.
- **Peso de canal caliente (kg)**
- Se utilizó una balanza digital y una gaveta plástica para poder pesar toda la canal del cerdo en kg.
- **Longitud de la canal (cm)**
- Medido desde la mitad del borde craneal de la primera costilla hasta la sínfisis pélvica.

- **Longitud de la mano (cm)**

- La medición se realizó con una cinta métrica desde la tuberosidad del olécranon hasta el extremo distal del casco.

- **Longitud de la pata (cm)**

- Se tomó la medida con la cinta métrica desde el borde caudal de la sínfisis pélvica hasta el extremo distal de la pezuña.

- **Longitud de jamón (cm)**

Se tomó la medida con una cinta métrica desde la sínfisis pélvica a la mitad del calcáneo (cara medial).

Perímetro de jamón (cm)

Se tomó la medida con una cinta métrica alrededor del jamón.

Perímetro de caña (cm)

Se tomó la medida con una cinta métrica alrededor de la pata del jamón.

Peso del lomo (kg)

Con una balanza digital se tomó el peso en kg del lomo del cerdo.

Peso del jamón (kg)

Con una balanza digital se tomó el peso del jamón en kg.

Peso de la paleta (kg)

Con una balanza digital se tomó el peso de la paleta en kg.

Peso del costillar (kg)

Con una balanza digital se tomó el peso del costillar en kg.

Peso de la cabeza (kg)

Con una balanza digital se tomó el peso de la cabeza en kg.

Peso de la pata kg

Con una balanza digital se tomó el peso de la pata en kg

Espesor del tocino dorsal (ETD) 1.^a costilla (mm)

Con un escalímetro se tomó el espesor de la grasa en mm en la parte de la primera costilla del cerdo.

ETD última costilla (cm)

Con un escalímetro se tomó el espesor de la grasa (en mm) en la parte de la última costilla del cerdo.

ETD del glúteo (cm)

Con un escalímetro se tomó el espesor de la grasa (en mm) por la parte del glúteo del cerdo.

Objetivo 3. Establecer las características químicas de la calidad de la canal del cerdo alimentado con harina de alternativas alimenticias.

En el faenamamiento de los cerdos se procedió a tomar la muestra de carne de la parte del tocino dorsal del glúteo. Una muestra de 200 gr se llevó al laboratorio de Bromatología de la UNESUM, donde se realizó el análisis bromatológico de la carne de cerdo, para determinar su contenido de ceniza, pH, humedad, materia seca, proteína y grasa. Utilizando equipos de laboratorio, entre ellos la balanza de humedad, estufa, mufla, balanza analítica, el equipo Kjeldahl y el extractor Soxhlet.

Medición de pH

Los resultados se obtuvieron con una tirilla para medir el pH o papel indicador, que permite obtener el valor de acidez. Al momento de ingresar una tirilla al lomo de carne la tirilla cambia de color y dependiendo del color podemos saber cuánto de pH tiene el lomo de carne.

Humedad

Para obtener los valores de humedad, a la carne se le hizo cortes pequeños y se los llevó a la balanza de humedad, donde se colocó 10 g de carne. Para conseguir el valor de humedad se esperó 1 hora y media a fin de obtener los resultados del experimento.

Materia seca

La materia seca se la pudo obtener después del resultado de la humedad, restando el valor de la humedad al 100%, dando como respuesta el resultado de la materia seca de la carne.

Cenizas

Pasos para obtener ceniza.

Se pesa el crisol vacío y anotamos el peso en g.

Luego se taró ese valor y pesó 1 g de carne en el crisol vacío.

Lo llevamos al quemador a 350 °C hasta que la muestra de carne ya deje votar humo.

Luego se lleva a la mufla de ceniza y se deja 4 horas a 500 °C.

Después de las 4 horas se revisa si la muestra está completamente blanca, se procede a sacarla para que se enfríe.

Luego de que la muestra se enfría se toma el peso ya hecho ceniza y se procede a hacer la respetiva fórmula para obtener el valor de cenizas.

Ecuación para la obtención de ceniza

PCV: Peso del crisol vacío

PM: Peso de la muestra

PCM: Peso del crisol + muestra

PC: Peso de la ceniza

$\frac{Pc \times 100}{Pm}$ % ceniza totales

Pm

Restar = peso del crisol + muestras obtenidas de la extracción – peso del crisol vacío = PC

Grasa

Equipo Soxhlet

Se utilizaron 10 g de muestra (carne) para el análisis de grasa en el equipo soxhlet **más**

- 125 ml de éter de petróleo.
- Se lo llevó a la estufa a baño María.

Ecuación para la obtención de grasa

$\frac{\text{Peso del balón después de la estufa} - \text{Peso del balón vacío} \times 100}{\text{Peso de la muestra}}$

Peso de la muestra

% Grasa

- **Proteína**

Equipo Kjeldahl

Fase 1

- Pesar 1 g de la muestra (carne)
- Envolver en un papel filtro
- Colocar la muestra en el balón
- Colocar 25 ml de ácido sulfúrico al 90%
- Colocar una pastilla Kjeldahl

Fase 2

- Colocar en los balones agua destilada 5 graneas de zinc
- 50 g de parafina
- Soda Kjeldahl para que se limpie

Ecuación para la obtención de la proteína

$(\text{Consumo de ácido} \times 0.1 \text{ N}) - (\text{Consumo de sodio} \times 0.1 \text{ N}) * \text{M. egN} * 6.25 * 100$

Peso de la muestra

% Proteína

Objetivo 4. Evaluar la rentabilidad del cerdo (*Sus scrofa domesticus*) en sus etapas de crecimiento y engorde, al uso de harinas de alternativas alimenticias locales.

Rentabilidad

Se evaluó la rentabilidad del ensayo realizado, determinando los costos y beneficios de la producción en la crianza y alimentación de los cerdos.

Costo unitario

El costo unitario se obtuvo dividiendo el costo total de producción acumulado, entre las unidades fabricadas.

III. Resultados Experimentales

Previo a la aplicación del estadístico paramétrico propuesto, se analizaron el coeficiente de asimetría y la kurtosis, cuyos resultados determinaron disponer de una distribución normal, de igual manera la aplicación de la prueba de Shapiro-Wilks permitió establecer que la varianza es homogénea. Los coeficientes de variación (CV) están en el rango permitido, con lo cual se justifica el uso del diseño de bloques completamente aleatorio propuesto en la metodología.

Tabla 54.

Análisis de datos, distribución normal y varianza homogénea Shapiro-Wilks.

Variable	n	Media	D.E.	CV	Asimetría	Kurtosis	Shapiro-Wilks
Peso kg	45	67,6	10,64	15,73	-0,07	-0,86	0,2832
Largo	45	80,76	23,86	29,54	-0,54	-1,07	0,0001
Alto	45	72,91	24,47	33,56	0,76	-1,04	0,0001
C.A.D.	45	214,97	51,83	24,11	0,04	-1,5	0,0001
C.A.	45	3,16	0,48	15,33	0,5	-0,6	0,0570

Elaborado por: Carlos Valdez.

Resultados, objetivo específico 1. Determinar el comportamiento productivo del cerdo (*Sus scrofa domesticus*) en sus etapas de crecimiento y engorde, al uso de harinas de alternativas alimenticias locales.

Para la realización del análisis de los datos sobre el comportamiento productivo, se aplicó el análisis de varianza (ANOVA), del diseño completamente aleatorio, donde cada alternativa alimenticia fue un tratamiento y se realizó un estudio de tiempo vs tratamiento.

Variable: Peso del cerdo (lb o kg)

Tabla 55.

Análisis de varianza de la variable peso del cerdo (lb o kg).

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Tratamiento	125,51	2	62,75	0,49	0,6144
Tratamiento*-Tiempo	19,71	4	4,93	0,04	0,997
Error	4832,93	8	127,18		
Total	4978,16	14			

Elaborado por: Carlos Valdez.

En lo que respecta a peso del cerdo, cuyo coeficiente de error fue 16,23, aceptado por el nivel de confianza, no se determinó diferencia estadística entre tratamientos, por lo tanto, en esta variable se acepta la hipótesis nula.

Tabla 56.

Análisis de Tukey al 5% de la variable peso del cerdo (lb o kg).

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
1	65,38	15	2,91	A
2	68,04	15	2,91	A
3	69,4	15	2,91	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

La prueba de significación de Tukey al 5% establece que el peso del cerdo para tratamientos es similar.

Variable: Longitud del cerdo

Se analizó la variable longitud del cerdo, el ANOVA mostró que no hay diferencia estadísticamente significativa, motivando un análisis simple, aceptando la hipótesis nula. El coeficiente de variación del error fue 31,47, aceptado por el nivel de confianza.

Tabla 57.

Análisis de varianza de la variable longitud del cerdo (cm).

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Tratamiento	290,98	2	145,49	0,23	0,7994
Tratamiento*-Tiempo	205,82	4	51,46	0,08	0,9881
Error		8	649,04		
Total		14			

Elaborado por: Carlos Valdez.

En lo que respecta a la prueba de Tukey al 5%, estableció homogeneidad para los tratamientos.

Tabla 58.

Análisis de Tukey al 5% de la variable longitud del cerdo.

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
1	77,20	15	6,56	A
2	82,07	15	6,56	A
3	83,00	15	6,56	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Variable: Altura del cerdo

Como se observa en la tabla, el análisis de varianza realizado para altura de cerdo, demuestra que entre tratamientos no existe significancia alguna, al igual que nuestro estudio tiempo vs. tratamiento, lo que permite observar que se acepta la hipótesis nula, con un coeficiente de 36,04.

Tabla 59.

Análisis de varianza de la variable altura del cerdo (cm)-

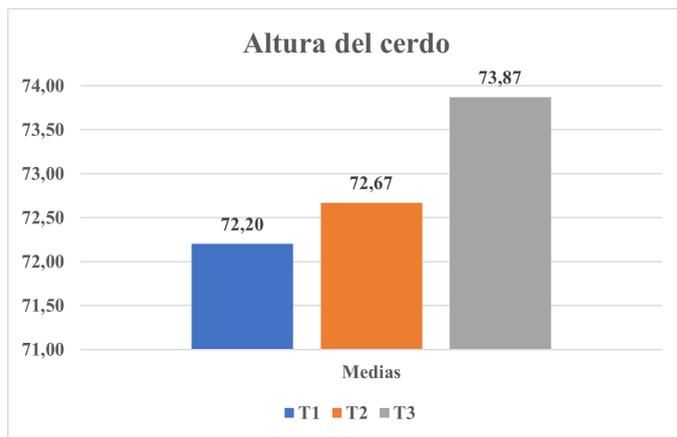
F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	22,18	4	11,09	0,02	0,9841
Tratamiento*- Tiempo	11,29	2	2,82	4,10E- 03	
Error	26306,18	8	692,27		
Total	26339,64	14			

Elaborado por: Carlos Valdez.

En el caso de altura del cerdo, el ANOVA permitió interpretar que los datos tienen similitud, dada la prueba de significancia de Tukey 5% se determinó que entre los mejores tratamientos está el T3, harina de alternativas alimenticias (15% yuca, 15% malanga, 15% banano), dando mejor respuesta que el T1 alternativas alimenticias (10% yuca, 10% malanga, 10% banano).

Figura 28.

Altura del cerdo.



Variable: Consumo de alimento diario lb o kg

La variable consumo de alimento diario, determinó que no existió interacción altamente significativa entre tratamientos, de igual manera para nuestro estudio tratamiento vs. el tiempo, lo cual dice que se rechaza la hipótesis nula de la investigación, el coeficiente de variación para esta variable es de 26,15.

Tabla 60.

Análisis de varianza de la variable consumo de alimento diario (lb o kg).

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Tratamiento	1,21	2	0,61	1,90E-04	0,9998
Tratamiento*-Tiempo	4,86	4	1,21	3,90E-04	
Error	119609,09	8	3147,61		
Total	119621,51	14			

Elaborado por: Carlos Valdez

La prueba de Tukey al 5% mostró homogeneidad entre tratamientos.

Tabla 61.

Análisis de Tukey al 5% de la variable consumo de alimento diario (lb o kg)

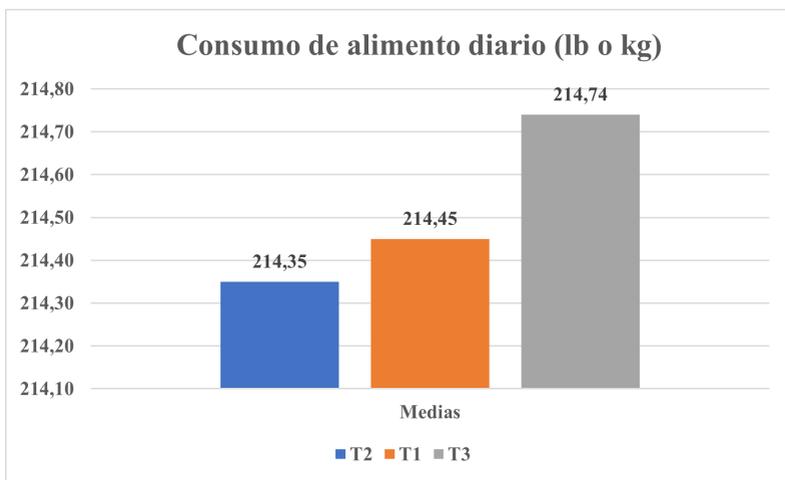
Tratamientos	Medias	n	E.E.	
2	214,35	15	14,49	A
1	214,45	15	14,49	A
3	214,74	15	14,49	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

En la presente figura se comprueba que, aunque existió similitud entre tratamientos, se identificó que el T3 harina de alternativas alimenticias (15% yuca, 15% malanga, 15% banano) dio mejor respuesta que el T2 alternativas alimenticias (14% yuca, 14% malanga, 14% banano).

Figura 29.

Consumo de alimento diario lb o kg.



Variable: Conversión alimenticia

Con respecto a conversión alimenticia, los datos obtenidos no determinaron diferencias altamente significativas entre tratamientos, de igual manera para nuestra interacción de estudio tiempo vs. tratamiento, lo cual indica que se rechaza la hipótesis de la investigación planteada, el coeficiente de variación para la variable es de 15,67.

Tabla 62.

Análisis de varianza de la variable conversión alimenticia.

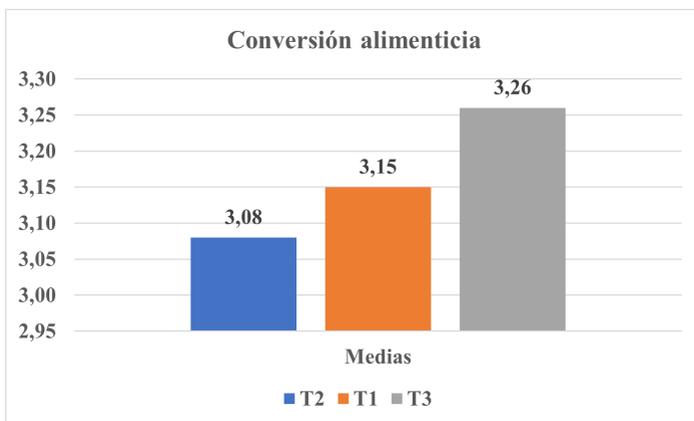
F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Tratamiento	0,27	2	0,14	0,52	0,5998
Tratamiento*Tiempo	0,04	4	0,01	0,04	0,9968
Error	10,02	8			
Total	10,33	14			

Elaborado por: Carlos Valdez

La prueba de Tukey al 5%, en esta variable, permitió interpretar que los datos tienen similitud, dada la prueba de significancia, cabe recalcar que el mejor tratamiento en esta variable fue el T3 harina de alternativas alimenticias (15% yuca, 15% malanga, 15% banano) dando mejor respuesta que el T2 alternativas alimenticias (10% yuca, 10% malanga, 10% banano).

Figura 30.

Conversión alimenticia.



Se tomó en cuenta los pesos semanales y se realizó el cuadro ANOVA para las variables ganancia de peso semanal y conversión alimenticia semanal.

Ganancia de peso última semana

Como se observa en la tabla 63, el análisis de varianza realizado para ganancia de peso semanal demuestra que entre tratamientos no existe significancia alguna, lo que permite observar que se acepta la hipótesis nula, con un coeficiente de 9,32.

Tabla 63.

Ganancia de peso última semana.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	89,93	2	44,97	0,88	0,439
Error	611,45	12	50,95		
Total	701,38	14			

Elaborado por: Carlos Valdez

La prueba de Tukey al 5% mostró homogeneidad entre tratamientos.

Tabla 64.

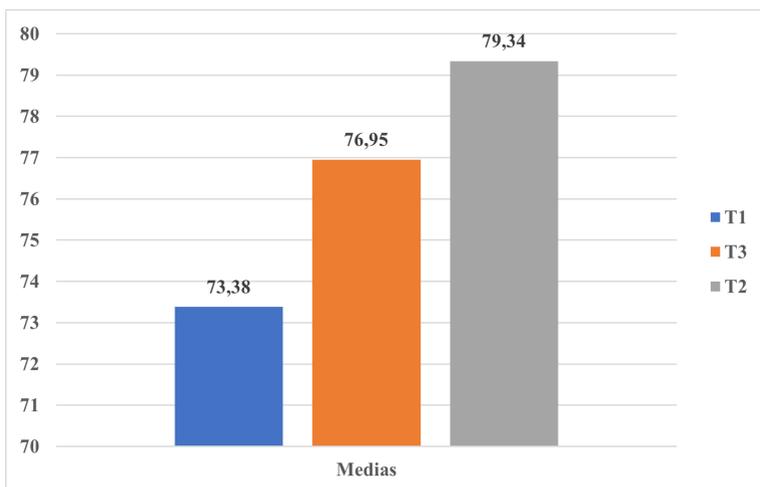
Análisis de Tukey al 5% de ganancia de peso última semana.

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
2	79,34	5	3,19	A
3	76,95	5	3,19	A
1	73,38	5	3,19	A

En la presente figura se comprueba que, aunque existió similitud entre tratamientos, se identificó que el T2 harina de alternativas alimenticias (10% yuca, 10% malanga, 10% banano) dio mejor respuesta que el T3 alternativas alimenticias (15% yuca, 15% malanga, 15% banano).

Figura 31.

Ganancia de peso última semana.



Conversión alimenticia última semana

Como se observa en la tabla 65, el análisis de varianza realizado para la variable conversión alimenticia de la última semana, demuestra que entre tratamientos no existe significancia alguna, lo que permite observar que se acepta la hipótesis nula, con un coeficiente de 9,99.

Tabla 65.

Conversión alimenticia última semana.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
Tratamientos	0,11	2	0,06	0,42	0,6634
Error	1,59	12	0,13		
Total	1,7	14			

Elaborado por: Carlos Valdez

La prueba de Tukey al 5% mostró homogeneidad entre tratamientos.

Tabla 66.

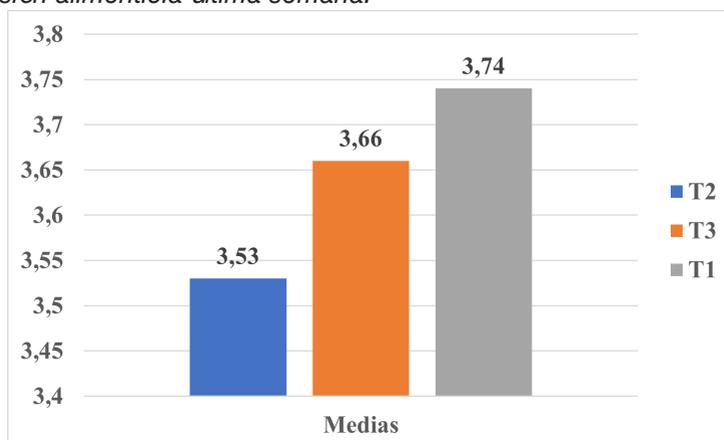
Análisis de Tukey al 5% de conversión alimenticia de la última semana.

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
1	3,74	5	0,16	A
3	3,66	5	0,16	A
2	3,53	5	0,16	A

La prueba de significación de Tukey al 5% establece que para conversión alimenticia los tratamientos son similares.

Figura 32.

Conversión alimenticia última semana.



Dentro del objetivo se tomó en cuenta el último mes de la investigación, aquí se realizó el cuadro de ANOVA tomándose en cuenta los cuadrados medios de las variables en estudio.

Tabla 67.

Cuadrados medios de variables analizadas en objetivo 1.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	gl	PC	LC	AC	CDA	CA
Tratamiento	2	62,75	145,49	11,09	0,61	0,14
Error	20	115,54	589,41	626,61	2848,1	0,24
Total	24					
C.V.		15,90	30,06	34,33	24,88	15,48

Elaborado por: Carlos Valdez

Objetivo específico 2. Definir las características morfológicas de la canal del cerdo alimentado con harina de alternativas locales.

Tabla 68.

Análisis de varianza de las variables de la canal del cerdo.

Tratamientos	CM	CV	E. E	T1 Testigo	T2 10%	T3 15%	p-valor
Peso de canal caliente kg	18,06	6,89	1,76	56.8		55.41	6,89 ns
Long. de la canal cm	0,0034	9,57	0,03	0.77	0.81	0.81	9,57 ns
Long. de la mano cm	0,3433	23,85	2,61	25.7	21.2	26.6	0,3433ns
Long. de la pata cm	0,6924	8,58	2,15	54.4	56.6	56.8	0,6924ns
Long. de jamon cm	7,8	17	2,75	34.8	36.6	37.2	0,8181ns
Peri de jamon cm	20	5,53	1,73	73.8	71.8	67.8	0,3146ns
Peri de canal cm	0,47	3,09	0,25	15	15.4	14.8	0,1785ns
Peso del lomo kg	0,06	0,08	0,26	4.31	4.26	4.5	0,8336ns
Peso del jamon kg	3,83	7,61	0,6	18.58		17.87	0,1853ns
Peso de la paleta kg	4,47	8,55	0,54	13.22		15.1	0,1023ns
Peso del costillar kg	3,6	14,62	0,55	7.77	9.36	10.04	0,1531ns
Peso de la Cabeza kg	0,06	5,61	0,13	5.14	5.34	5.31	0,5387ns
Peso de las patitas kg	0,02	7,61	0,04	1.28	1.37	1.26	0,1141ns
(ETD1) primera costilla	1,59	14,64	2,07	12.52		12.14	0,6166ns
(ETD2) última costilla cm	2,07	23,37	2,07	9.31	8.19	9.29	0,6385ns
(ETD3) extremo craneal	6,69	19,17	1,16	12.25		13.78	0,4109ns
(ETD4) en glúteo cm	3,24	15,38	0,58	7.59	8.79	9.12	0,2123ns

(NS) No existe diferencias significativas entre las medias de los tratamientos ($p > 0,05$).

En la tabla 68, el análisis de varianza mostró que no existen diferencias significativamente al $P < 0,01$ para las variables de peso y longitud de la canal del cerdo. Esto nos indica que las variables están dentro de los rangos de normalidad y ninguna de las harinas suministradas fue significativa. Sin embargo, en el peso de canal caliente T2 fue el mejor con el 10% con 59,17 kg. Longitud de la canal en el T2 y T3 fueron los mejores con 0,81cm. Longitud de la mano fue mejor, T3 con 26,6 cm. Longitud de la pata fue mejor T3 con 56,8 cm. Longitud de jamón fue mejor T3 con 37,2 cm. Peri de jamón fue mejor en el testigo 73,8 cm. Peri de canal fue mejor T2 con el 10% con 15,4 cm. Peso

del lomo fue mejor T3 con 4,5 kg. Peso del jamón fue mejor en el testigo 18,58 kg. Peso de la paleta fue mejor T3 con 15,1 kg. Peso del costillar fue mejor T3 con 10,04 kg. Peso de la cabeza fue mejor T2 con 5,34 kg. Peso de las patitas fue mejor T2 1,37 kg (ETD1) primera costilla con el testigo 12,52 (ETD2) última costilla cm con el testigo 9,31 (ETD3) extremo craneal fue mejor T2 con 14,52 (ETD4) en glúteo fue mejor T3 con 9,12. El coeficiente de variación fue desde 3,09 hasta 23,3.

Objetivo 3. Establecer las características químicas de la calidad de la canal del cerdo alimentado con harina de alternativas alimenticias.

Tabla 69.

Análisis de varianza sobre las características químicas de la calidad de la canal del cerdo.

Tratamientos	CM	CV	E. E	T1 Testigo	T2 10%	T3 15%	P-valor
Proteína %	4,87	7,86	2,55	21,77	19,35	19,85	0,2283 ns
Grasa %	0,34	3,94	0,01	2.22 a	1.89 b	1.55 c	0,0001 **
Ceniza %	4,4	16,73	0,21	3.25 a	1.36 b	3.62 a	0,002**
Ph	0,0015	0,4	0,01	6,07	6,07	6,11	0,1573 ns
Materia seca %	11,59	5,63	3,82	36,58	34,94	32,66	0,123 ns
Humedad %	9,85	2,89	1,09	63,76	65,06	67,34	0,1415 ns

(**) $p > 0,01$ altamente significativa

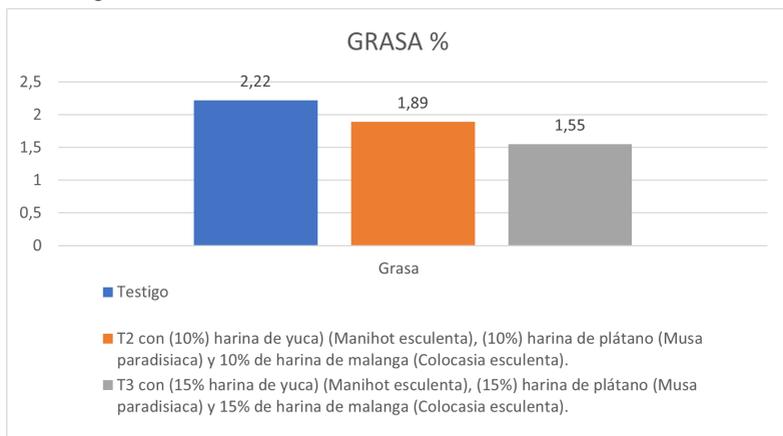
(*) $p > 0,05$ significativa

(NS) No existe diferencias significativas entre las medias de los tratamientos ($p > 0,05$).

En la tabla 69, en el análisis de varianza sobre las características químicas de la calidad de la canal del cerdo, mostró que existen diferencias altamente significativas al $P < 0,01$ para la variable de grasa y ceniza. No existió diferencia significativa para proteína, pH, materia seca y humedad. El coeficiente de variación fue desde 0,4 hasta 16,73%, el cual está dentro de valores normales.

Figura 33.

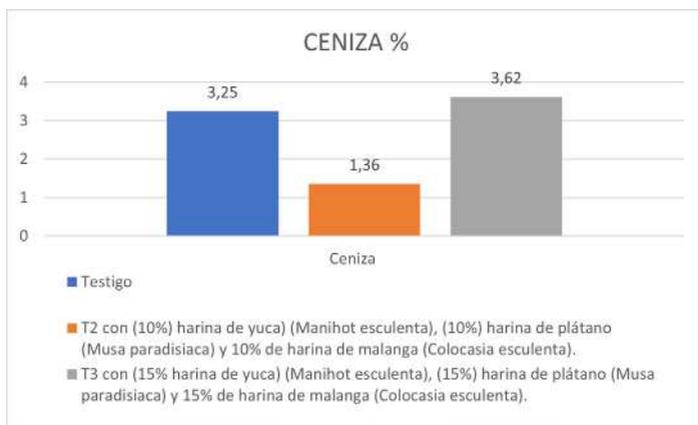
Contenido de grasa en la carne de la canal.



En la figura 33, sobre la grasa el mayor porcentaje fue en el testigo 2,22%, en el T2 con el 10% harina de yuca (*Manihot esculenta*), (10%) de harina de malanga (*Colocasia esculenta*) 10% harina de plátano (*Musa paradisiaca*) fue de 1,89% y en el T3 con el 15% harina de plátano (*Musa paradisiaca*), (15%) harina malanga (*colocasia esculenta*) y 15% de harina de yuca (*Manihot esculenta*) fue de 1,55%.

Figura 34.

Contenido de ceniza.



Sobre la ceniza el mayor porcentaje fue de 3,62% en el T3 con 15% harina de yuca (*Manihot esculenta*), (15%) harina de plátano (*Musa paradisiaca*) y

15% de harina de malanga (*Colocasia esculenta*), testigo con el porcentaje 3,25%, T2 con 10% harina de yuca (*Manihot esculenta*), (10%) harina de plátano (*Musa paradisiaca*) y 10% de harina de malanga (*Colocasia esculenta*) fue de 1,36%.

Resultados, objetivo específico 4. Evaluar la rentabilidad del cerdo (*Sus scrofa domesticus*) en sus etapas de crecimiento y engorde, al uso de harinas de alternativas alimenticias locales.

En la tabla 70, se puede apreciar que se aplicó la razón financiera relación beneficio/costo, el análisis está realizado en función del uso de harinas de alternativas alimenticias locales.

El análisis de relación beneficio costo establece un comportamiento similar al obtenido estadísticamente, de tal manera que son precisamente los mejores tratamientos en su orden los siguientes: T2=30% (10% harina de yuca, 10% harina de malanga y 10% harina de plátano) tuvo mejor respuesta, seguido por el T3=45% y como último T1 testigo, lo que permite deducir que las harinas en las alternativas alimenticias fueron eficientes.

Tabla 70.

Análisis relación beneficio costo.

Componente	Actividades	Unidades	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)	T1 (Testigo)	T2	T3
Adquisición de cerdos	Compra de cerdos	Unidad	15	\$ 60,00	900	180	180	180
Costo en alimentación					0	476,0	461,75	444,99
Botiquín veterinario	Vitamina AD3E	Unidad	1	17	17	5,67	5,67	5,67
	Complejo B	Unidad	1	6,6	7	2,20	2,20	2,20
	Antidiarreico (Diafin N Koning)	Unidad	3	3,5	11	2,10	2,10	2,10
	Probiovet (probiótico animal)	Unidad	1	3,5	4	1,17	1,17	1,17
	Ivermic simple 50 ml antiparasitar	Unidad	1	5	5	1,67	1,67	1,67
	Jeringas	Unidad	5	0,25	1	0,42	0,42	0,42

Transporte	Transporte de materiales	Unidad	1	\$ 50	50	16,67	16,67	16,67
Materiales de desposte del cerdo y comercialización faenado del cerdo	(Gavetas, fundas)	Global	4	7,5	30	15,00	15,00	15,00
Pago del centro de faenamiento	Matanza del camal	Global	1	80	80	16,00	16,00	16,00
Costo total						716,97	702,63	685,87
Ingreso bruto	Venta de cerdos				0	\$ 983,62	1031,71	961,44
Ingreso neto					0	266,65	329,08	275,57
Relación beneficio costo					0	1,37	1,47	1,40
Cantidad de libras por tratamiento						578,60	606,892	565,55
Costo unitario						1,24	1,16	1,21

IV. Conclusiones

- Han sido muchas las investigaciones que se han realizado sobre el uso de alternativas alimenticias, especialmente en algunos países de América Latina, incluido Ecuador, y todos coinciden sobre la gran importancia económica que estos alimentos tienen en la producción de cerdos. Los resultados obtenidos permiten identificar que el uso de alternativas alimenticias en diferentes proporciones que se les otorgan a los cerdos y dado los resultados del análisis ANOVA, en los parámetros en estudio no reflejaron diferencias estadísticas, sí diferencias numéricas, donde el T3 (15% yuca, 15% malanga, 15% banano) fue el que mejor comportamiento demostró a nivel de conversión alimenticia, determinando que las alternativas como la yuca, banano y malanga, no inciden negativamente en la dieta de los cerdos.
- Se realizó tres inclusiones con fuentes alternativas locales, como harina de yuca (*Manihot esculenta*), harina de plátano (*Musa paradisiaca*), de harina de malanga (*Colocasia esculenta*) en niveles de 10 y 15%. En el análisis de varianza de los pesos de la canal del cerdo mostró que no existen diferencias significativas al $P < 0,01$, sin embargo, el tratamiento con 15% de inclusión obtuvo resultados muy buenos.
- Al establecer las características químicas de la calidad de la canal del cerdo alimentado con harina de alternativas alimenticias se determinó que solo fueron significativas en grasa y ceniza. No existió diferencia significativa para proteína, pH, materia seca y humedad.

- En lo que respecta al costo unitario, se determinó que el mejor tratamiento fue el T2=30% (10% yuca, 10% malanga, 10% banano) de alternativa alimenticia y el cual fue >1 , lo que quiere decir que se lograron ganancias netas. Se alcanzó una relación beneficio costo que genera mayor rentabilidad.

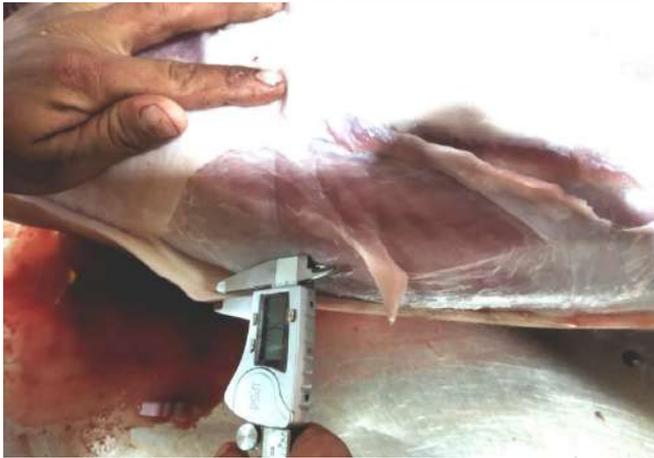
Preparación de cerdos.



Desparasitación y alimentación de los cerdos.



Toma de datos morfométricos de la canal del cerdo.



7.4. Trabajo de investigación sobre la “evaluación de harina de tagua como fuente de fibra (*phytelephas aequatorialis*), en los parámetros productivos en cerdos (*sus scrofa*). en etapa de engorde

Autores: Ing. Espinoza Delgado Karelis | Dr. C. Yhonny Alfredo Valverde Lucio

I. Introducción

La producción mundial de carne de cerdo se pronostica en 122 millones de toneladas en 2021, un 11,2% más que en 2020, concentrada principalmente en China, con un aumento anticipado de 12 millones de toneladas, lo que representa el 94% de la expansión mundial. Después de perder millones de cerdos debido a la peste porcina africana de 2018 a 2020, la alta producción de China refleja principalmente el fuerte aumento en la liquidación de las existencias de cerdos por parte de los ganaderos para minimizar las pérdidas por la caída de los precios internos, mientras que el censo porcino ha aumentado (FAO, 2021)

Lonita (2022) manifiesta que en el Ecuador la porcicultura tiene un aporte en el PIB agropecuario del 8%, generando aproximadamente 80.000 empleos directos. En el país existen 100 empresas productoras de cerdos, algunas grandes y la mayoría más pequeñas. En el año 2020 se han reportado unas 40.000 madres cerdas, entre las cuales unas 4.000 no fueron productivas. En 2019, el sector produjo 180.000 toneladas de carne de cerdo y, en 2020, 17.000. El consumo per cápita de carne de cerdo también registró un pequeño retroceso, de 11 kg por persona, en 2019, a 10,50 kg en 2020. La mayoría de las granjas porcinas se encuentran en las regiones Sierra y Costa, distribuidas entre Santo Domingo de los Tsáchilas, Guayas, Pichincha, Manabí y El Oro.

Durante la producción de botones de tagua, queda como resultado una significativa parte de la ánimo obtenida de los procedimientos maquinales de las sierras y tornos, que es un polvillo, siendo categorizado como subproducto de la misma, y es usado en la producción de alimento balanceado destinado para el ganado (Ibarra, 2018).

La tagua es una planta con buen valor nutricional. Contiene una buena media de proteínas, grasas vegetales, hidratos de carbono, calcio, hierro y principalmente fibra. Además, está compuesta por celulosa y hemicelulosa, con un contenido promedio de 50,68% y 34,48%. Las semillas inmaduras tienen un endospermo homogéneo, líquido y gelatinoso que se utiliza en la preparación de dulces y delicias, y su cáscara se obtiene para la elaboración de mermelada, que es una fuente de nutrición muy favorable para el ser humano.

Los animales obtienen los valores nutricionales de la tagua a través de su harina, la cual se elabora a partir de desechos de la elaboración de artesanías y artículos para el hogar (Lucas A. N., 2023).

Es importante buscar diferentes alternativas alimenticias, la harina de tagua es una de las alternativas para la alimentación en cerdos en la etapa de engorde, este rubro ocupa entre el 70 y 80% del costo de producción animal.

La tagua es una planta que posee proteína, grasa vegetal, glúcidos, calcio y hierro. Su almendra es conocida como el marfil vegetal, que al pulirla suelta un polvo conocido como harina de tagua, usada como alimento para ganado bovino y otras especies (Contexto ganadero, 2018).

La tagua ha tenido mucha demanda en los países del hemisferio norte hasta inicios de este siglo, principalmente para producción de botones. Se estima que en 1920, un 20% de los botones producidos en los Estados Unidos eran hechos de tagua, procedentes principalmente de Ecuador, Colombia y Panamá. La industria tuvo un gran retroceso después de la Segunda Guerra Mundial, cuando el plástico reemplazó casi totalmente el uso de la tagua.

Producto de esta actividad persisten varias porciones del fruto en calidad de desecho o subproducto, que pudieran servir como fuente de nutrientes para animales de interés zootécnico. La semilla posee un endospermo blanco cuyo principal componente es un polisacárido denominado manzano, mismo que ocupa el 70% cuando está madura, 100 g de inflorescencia aportan 102 kcal, es decir, cuatro veces más que el brócoli; la parte interior del mesocarpio posee 22% de grasas, representa 288 kcal/100 g, 21% de ácido linoleico.

Esta investigación busca que los pequeños y medianos porcicultores puedan desarrollar dietas alimenticias a base de subproductos, como la harina de tagua, y bajar los costos de producción de los cerdos, y que esta actividad sea más rentable para los porcicultores.

Objetivos

General

Evaluar la harina de tagua como fuente de fibra en los parámetros productivos en cerdos en etapa de engorde.

Específicos

- Valorar los parámetros productivos en cerdos en etapa de engorde.

- Analizar los costos beneficios de la alternativa alimenticia del uso de la harina de tagua en la etapa de engorde en cerdos.

Materiales y Métodos

A. Materiales

Insumos

- Maíz
- Harina de tagua
- Polvillo de arroz
- Agua
- Vitaminas
- Vacunas y antibióticos

Instrumentos

- Chupones
- Comederos
- Materiales quirúrgicos
- Cinta métrica
- Hoja de registro

Equipos

- Balanza electrónica (peso de raciones alimenticias)
- Computador
- Báscula

B. Métodos

El método experimental

Se utilizó este método porque el experimento es el método empírico de estudio de un objeto, en el cual el investigador crea las condiciones necesarias o adecua las existentes para el esclarecimiento de las propiedades y relaciones del objeto investigado.

Métodos teóricos

Análisis y síntesis

Se utilizó el análisis porque es un procedimiento teórico mediante el cual un todo complejo se descompone en sus diversas partes y cualidades.

También se utilizó la síntesis porque establece mentalmente la unión entre las partes previamente analizadas y posibilita descubrir las relaciones esenciales y características generales entre ellas.

Inducción y deducción

Se utilizó la inducción porque es un procedimiento mediante el cual a partir de hechos singulares se pasa a proposiciones generales. Además, se utilizó la deducción porque es un procedimiento que se apoya en las aseveraciones generalizadoras a partir de las cuales se realizan demostraciones o inferencias particulares.

Ubicación

El cantón Puerto Quito está localizado en las estribaciones occidentales del Pichincha. Tiene una superficie total de 695,71 km², y un área urbana de la cabecera cantonal correspondiente a 263,59 ha.

1. Tratamientos:

Tratamiento 1 (Testigo 0%)

Tratamiento 2 (Ración de alimento balanceado 2,5%)

Tratamiento 3 (Ración de alimento balanceado 5%)

2. Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar.

Tabla 71.

Características del experimento.

Delineamiento Experimental	Medidas
Unidades experimentales	: 15
Número de repeticiones	: 5
Número de tratamientos	: 3
Número de animales por tratamiento	: 5
Número de animales por repetición	: 1

Tabla 72.

Análisis estadísticos.

Fuente de variación	Grados de libertad
Repeticiones	5
Tratamientos	3
Error experimental	2
Total	10

3. Modelo aditivo lineal

El trabajo experimental será implementado en un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), el que se analizará de acuerdo al siguiente modelo aditivo lineal (Gabriel *et al.*, 2017):

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + e_{ij}$$

Donde:

$i = 1, 2, \dots, r$ Con r como el número de repeticiones o bloques.

$j = 1, 2, \dots, t$ Con t como el número de tratamientos.

Y_{ij} : Variable aleatoria observada en la j -ésima repetición del i -ésimo tratamiento. μ : Media general.

β_i : Efecto del i -ésimo bloque.

τ_j : Efecto del j -ésimo tratamiento.

e_{ij} : Efecto del error experimental- $N(0, \sigma^2)$ independiente

Se realizó el análisis del coeficiente de variación del error y la prueba de significación de Tukey, en caso de existir diferencias estadísticas entre tratamientos, se efectuó un análisis de medida en el tiempo considerando a esta última con un solo factor.

4. Variables evaluadas

Para el análisis de las variables a ser evaluadas, se plantea un estudio a partir de los objetivos:

Objetivo 1.

Valorar los parámetros productivos en cerdos en etapa de engorde.

Consumo de alimento (kg)

Se lo determinó mediante la diferencia entre alimento administrado y el sobrante todos los días, anotando los datos en el registro correspondiente.

Ganancia de peso (kg)

El incremento de peso se determina mediante el pesaje semanal de los cerdos, anotando los datos en el registro correspondiente.

Ganancia de peso (Peso semana actual – Peso inicio de semana)

Ganancia de peso = (consumo de alimentos kg) / (peso kg)

Conversión alimenticia

Se determina relacionando el consumo de alimento semanal con el ingreso de peso semanal de acuerdo al registro correspondiente y según la siguiente fórmula.

CA = Consumo de alimento/ incremento de peso.

Objetivo 2.

Analizar los costos beneficios de la alternativa alimenticia del uso de la harina de tagua en la etapa de engorde de los cerdos.

- Para el presente estudio se anotaron los egresos y los ingresos durante toda la crianza de los cerdos para poder determinar los costos, beneficios y si es rentable esta alternativa económica. De acuerdo a la siguiente fórmula:

Costo/Beneficio = (ingresos totales) / (egresos totales)

Manejo específico de la investigación

Cada animal se sometió a la castración respectiva para asegurarse una mejor conversión alimenticia, inmediatamente se procede a controlar el peso semanal en kg de cada animal, luego el control de salubridad de los animales es prevenido con la vacunación para peste porcina clásica. Finalmente, cada animal es areteado para identificar el tratamiento.

Alimentación: El suministro es de dos veces al día, pesando lo que se le da y posteriormente pesando lo que sobran, su horario de alimentación por la mañana es a las 07:30 a.m. y por la tarde a las 16:00 p.m.

Aseo: Para la recepción de los lechones la chanchera se encuentra totalmente desinfectada y se mantiene un programa sanitario que permite y asegura la salubridad de las unidades experimentales.

Estadística: Con una frecuencia de siete días se procede a tomar el peso. Con los valores adquiridos se establece cuadros comparativos que permiten evidenciar la ganancia en peso de cada unidad (Orozco, 2013, p. 45)

Se utilizaron cerdos que terminaban la etapa de crecimiento (90 días), para realizar la presente investigación. También se cumplió con la aplicación del desparasitante ivermectina al 1% en dosis de 1 ml/ 45 kg de peso vivo, además vitamina del complejo B en dosis de 1 ml por 40 kg de peso vivo.

Resultados de la Etapa de Engorde

Los datos fueron tomados desde la semana 14 hasta la semana 20 y fueron tabulados en Microsoft Excel para luego ser analizados en el software estadístico Infostat.

En la tabla 73, se observa que los datos de las variables evaluadas como peso, consumo de alimento kg, conversión alimenticia y ganancia de peso están dentro del rango de normalidad y son aceptables con las asimetrías ($A < 1$) y las kurtosis menores ($K < 3$).

Tabla 73.

Análisis de normalidad.

Variable	Media	.E.	CV	Mín	Máx	Asimetría	Kurtosis
Peso	47,56	0,56	2,2	3,18	4,8	0,29	0,35
Cons. Ali kg	38,42	0,67	0,56	1,48	3,29	0,31	1,15
Conv. Ali.	0,84	0,14	7,13	0,58	0,4	1,19	2,8
Gan. peso (kg)	4,43	0,66	0,17	1,61	1,54	0,79	0,47

Valorar los parámetros productivos en cerdos en etapa de engorde.

En la tabla 74, en el análisis de varianza los tratamientos mostraron diferencias altamente significativas $p < 0,01$ en las variables peso, consumo de alimento y ganancia de peso, no así en conversión alimenticia, donde se estableció que, estadísticamente, todos los tratamientos son iguales. En el análisis de medidas repetidas en el tiempo, todas las variables fueron altamente significativas $p < 0,01$, lo que determinó que en todas las variables

existió un normal desempeño en el tiempo. En el análisis de la interacción de trat*tiempo solo consumo de alimento fue significativo al $p < 0,05$.

Tabla 74.

Análisis de varianza para conversión alimenticia, ganancia de peso.

F.V.	gl	Peso(kg)	Cons.Ali	Gan. peso (kg)	Conv.Ali
Repetición	3	157,75*	0,01	6,07	0,08
Tratamiento	3	534,33**	0,04*	17,73*	0,15
Tiempo	6	1245,49**	249,41**	28,13**	0,08
Tratam*tiempo	18	15,3	0,04*	6,18	0,002
Error	81	31,5	0,01	5,39	0,01
Total	111				
CV		11,8	0,29	52,43	13,59

*: Significativo al $P < 0,05$, **: Altamente significativo al $P < 0,01$. Cons. Ali: consumo de alimento, Gan. peso, Ganancia de peso Conv. Ali: Conversión alimenticia.

En la tabla 75, la comparación de medias mediante la prueba de Tukey al $p < 0,05$ de probabilidad, mostró que el tratamiento 2 al 2,5% de inclusión de harina de tagua, fue el mejor en cada una de las variables analizadas.

Tabla 75.

Análisis de Tukey al $p < 0,05$ de probabilidad de alimento.

Tratamientos	Peso (kg)	Cons. Ali	Gan. peso (kg)	Conv. Ali
Testigo	62,59a	56,81a	51a	2,52a
2,5% H. tagua	64,32b	54,54ab	56,55b	2,17b
5% H. tagua	62,16a	52,27,45b	53,25ab	2,19b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P < 0,05$) Cons. Ali: consumo de alimento, Gan. peso, Ganancia de peso Conv. Ali:

La conversión alimenticia fue mejor en el tratamiento 2 con el 2,5% de harina de tagua en la dieta alimenticia de los cerdos de engorde.

Objetivo 2. Analizar los costos beneficios de la alternativa alimenticia del uso de la harina de tagua en la etapa de engorde de los cerdos.

Tabla 76.

Presupuesto e indicadores económicos.

CONCEPTOS	T1 Testigo	T2: 2,5% Harina de tagua	T3: 5% Harina de tagua
I. COSTOS DIRECTOS			
MATERIA PRIMA			
Cerdos	360	360	360
SUBTOTAL	360	360	360
ALIMENTACIÓN			
Alimento final	460	378,56	356,77
SUBTOTAL	820	738,56	716,77
VACUNAS Y SUPLEMENTOS VITAMÍNICOS			
Medicamento porcino	3,90	3,90	3,90
Complejo B	2,60	2,60	2,60
Oxitetraciclina	1,75	1,75	1,75
Tilosina	1,50	1,50	1,50
Jeringas	1,00	1,00	1,00
SUBTOTAL	10,75	0,75	10,75
I. SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS	830,75	748,75	726,75
II. COSTOS INDIRECTOS			
Limpieza	3,00	3,00	3,00
Asistencia Técnica	5,00	5,00	5,00
II. SUBTOTAL DE COSTOS INDIRECTOS	8	8	8
TOTAL DE COSTO DE PRODUCCIÓN (USD) (A)	838,75	756,75	734,75
INDICADORES ECONÓMICOS			
Producción en kg	312,95	321,6	310,8
Precio unidad en kg en pie	2,90	2,90	2,90
Ingreso neto	907,56	932,64	901,32

Utilidad neta total	68,81	175,89	166,57
Relación beneficio/costo	1,08	1,23	1,22
Rentabilidad %	8,20	23,24	22,67
Costo de producción por kg	2,68	2,35	2,36

Como se puede observar en la tabla 76, la relación beneficio/costo con el 1,23% planteó el mejor resultado el tratamiento 2; situación similar ocurrió con el porcentaje de rentabilidad, donde con el 23, 24% el tratamiento 2 fue el mejor; y con respecto al costo de producción, el tratamiento 2 con el 2,35 dólares el kilo, es el más económico de los tres tratamientos.

Conclusiones

En la determinación de los parámetros productivos en etapa de engorde de cerdos con porcentajes de 2,5 y 5% de harina de tagua y el testigo, en el análisis de varianza las variables analizadas como peso, consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia, los tratamientos y las semanas fueron significativos, indicando que existen diferencias estadísticas. Resaltando que los mejores resultados fueron los del tratamiento 2 con el 2,5% de inclusión.

En el análisis costo y beneficio de los cerdos en etapa de engorde alimentados con harina de tagua, el mejor tratamiento fue el T2 con 2,5% de inclusión de harina de tagua, con un costo por kilo de \$2,35 y una relación beneficio costo de \$1,23, datos que son considerados normales para este tipo de investigación.

NUTRICIÓN EN PORCINOS

experimentos de utilización de alimentos alternativos

en la **PRODUCCIÓN DE CERDOS**

*Referencias
Bibliográficas*



- Acosta E., S. Ribera, R. Botero, R. Taylor. (2006) Evaluación de tres raciones alternativas para la sustitución del concentrado comercial en el engorde de cerdos Universidad EARTH. Las Mercedes de Guácimo, Costa Rica. *Tierra Tropical*, 2(2): 97-104.
- AGROCALIDAD. (2009). Programa Nacional sanitario porcino. Dirección de Sanidad Animal programas específicos programa sanitario porcino. <http://www.agrocalidad.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2013/08/1%20Programa%20Nacional%20Sanitario%20Porcino%20-%20AGROCALIDAD.pdf>.
- Agudelo Quintero, Janeth y Martha Mesa-Granda. (2022). "Eficiencia productiva en cerdos de levante alimentados con materias primas alternativas de países tropicales: meta-análisis". *Intropica*: 114-32. file:///C:/Users/User/Downloads/Dialnet-EficienciaProductivaEnCerdosDeLevanteAlimentadosCo-8686417.pdf (February 23, 2023).
- Aguila Raúl. (2022). Tablas de crecimiento del cerdo (1). Puntos críticos para la interpretación del Peso: Edad. Obtenido de: <https://www.porcicultura.com/destacado/tablas-de-crecimiento-del-cerdo-1-puntos-criticos-para-la-interpretacion-del-peso-edad>
- Almaguel, R.E.; Cruz, E.; Mederos, C.M.; Ly, J.; Piloto, J.L.; González, J.; Macías, J.; Domínguez, P.L. (2010). Utilización de la yuca en la alimentación de los cerdos en crecimiento ceba como fuente de energía. *ANAPORC*, 73, 34-39
- Alvarenga, R. M. y Amador, V. B. (2020). *Efecto de niveles de inclusión de harina de palmiste y un complejo multi-enzimático en el desempeño productivo y la calidad de huevo de gallinas ponedoras*. Biblioteca Wilson Popenoe. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana.
- Álvarez. (2017). Utilización de los subproductos de mataderos avícolas en la alimentación de monogástricos. Obtenido de <http://search.url.com/search/result?google=1&url=http%3A%2F%2Fwww.sian.info.ve%2Fporcinos%2Fpublicaciones%2Fsegencuentr%2FAlvarezr.htm&title=Utilizaci%C3%B3n%20de%20los%20subproductos%20de%20mataderos%20av%C3%ADcolas%20...%20-%20sian.info.ve&query=www.sia>
- Ambrogi. (2016). Importancia de la conversión alimenticia en producción porcina. *Infopork*.

- Anzules Cajape, Héctor. (2023). Evaluar los parámetros productivos y calidad de la canal de cerdos en etapa de engorde alimentados con palmiste (torta de palma). Universidad Estatal del Sur de Manabí. Obtenido de: <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5737>
- Aragadvay-Yungán, Ramón Gonzalo, Oscar Patricio, N.-T., Giovanni Patricio, V.-E., Luis Alfredo, V.-A. y Jorge Ricardo, G.-L. (2016). Uso de harina de *Colocasia esculenta* L., en la alimentación de cerdos y su efecto sobre parámetros productivos. *Selva Andina Animal Science*, 3(2), 98-104. http://www.scielo.org.bo/pdf/jsaas/v3n2/v3n2_a04.pdf
- Arias, P., Dankers, C., Liu, P. y Pilkauskas, P. (2004). La economía mundial del banano. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma: Estudios FAO, Productos Básicos 1. <https://www.fao.org/3/y5102s/y5102s04.htm>
- Asmus, M D.; De Rouchey, J. M.; Tokach, M. D.; Dritz, S. S.; Houser, T. A.; Nelssen, J. L.; Goodband, R. D. (2014). Effects of Lowering Dietary Fiber before Marketing on Finishing Pig Growth Performance, Carcass Characteristics, Carcass Fat Quality, and Intestinal Weights. *J. Animal Sci.*, 92: 119-28.
- ASPE. Asociación de Porcicultores del Ecuador. (2016). Datos porcícolas. Asociación de Porcicultores del Ecuador. <https://www.aspe.org.ec/index.php/informacion/estadisticas/datos-porcicola-2011>
- ASPE. Asociación de Porcicultores del Ecuador. (2022). Importancia económica de la porcicultura valor bruto de la producción. Ecuador. Available online: https://aspe.org.ec/wp-content/uploads/2022/09/DATOS_PORCICULTURA.pdf (accessed on 13 August 2023).
- Ávila, S. (2011). Alimentación animal. Facultad de Ciencias Agrícolas. Escuela de Ingeniería Agronómica. Universidad Central del Ecuador (pp. 111-112).
- Ayala, L., Bocourt, R., Castro, M., Dihigo, L., Milián, G., Herrera, M. y Ly, J. (2014). Desarrollo de órganos digestivos en cerditos descendientes de madres que consumieron un probiótico, antes del parto y durante la lactancia. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 134.
- Braun, R. O. y Pattacini, S. H. (2011). Característica de carne de cerdo. Valoración de las propiedades tecnológicas de cerdos alimentados con alternativas locales en la región semiárida pampeana. *A Fac. Agron. – UNLPam*, 22:5-12.

- Bernal Marcelo; Álvarez Lazo; Buendía Quispe. (2019). Evaluación de alternativas alimenticias para cerdos en crecimiento en el Valle. Instituto de Información Científica y Tecnológica. *Avances*, **21**(3), 356-366.
- Bolagay, M. J. (2019). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una granja porcícola semi-intensiva para la crianza de cerdos de engorde. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Buenaño, C. X. (2015). Formulación de dietas alimenticias utilizando harina de papa china (*Colocasia esculenta* L.) en la alimentación de cerdos (*Sus scrofa*) en la etapa de pos destete. Ambato-Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Buxadé Carlos. (1996). Zootecnia bases de producción animal. Tomo VI. Porcicultura intensiva y extensiva. Madrid etc. Mundi-Prensa. ISBN: 84-7114-589-8
- Caicedo, W., Moya, C., Tapuy, A., Caicedo, M., & Pérez, M. (2019). Chemical composition and apparent digestibility of taro tubers processed by solid-state fermentation (SSF) in growing pigs. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, **30**(2), 580-589. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i2.16078>
- Caicedo, W., Rodríguez, R. y Lezcano, P. (2015). Chemical composition and in vitro digestibility of silages of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) tubers for feeding pigs. *Cuban Journal of Agricultura Science*, **49**(1): 59-64.
- Campos-Granados, C. M. y Arce-Vega, J. (2016). Sustitutos de maíz utilizados en la alimentación animal en Costa Rica. *Nutrición Animal Tropical*, **10**(2), 91-113.
- Cantos Plúa, J. J. (2019). *Caracterización socio-productiva en pequeñas unidades rurales de productores porcinos traspatio, de la parroquia El Anegado* (Bachelor's thesis, Jipijapa-UNESUM).
- Campabadal, C. (2009). *Guía técnica para la alimentación de cerdos*. Costa Rica: Imprenta Nacional.
- Campion, D. (2013). *Sistemas de producción porcina y su incidencia en la calidad de la carne*. Obtenido <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/calidad-carne-porcina-produccion.pdf>
- Carrero, H. y Cataño, G. (2005). *Manual de producción porcícola*. Servicio Nacional de Aprendizaje, 114.

- Carbajal Basilo Daith Sandra y Otarola Gamara Antonio. (2019). *Efecto del tiempo de cocción en la reducción de oxalatos en harina de dos variedades de pituca (Colocasia esculenta)* Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Formación Profesional de Industrias Alimentarias. http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2555/1/T026_70137643_T.pdf
- Castro, C. A. (2022). 3tres3.com. Recuperado el 2023, de https://www.3tres3.com/latam/articulos/perspectivas-economicas-para-el-mercado-porcino-mundial-en-2022_13945/#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20mundial%20de%20carne%20de%20cerdo%20para%202022%2C%20alcanzar%C3%ADa,12.2%20a%2011.7%20Mt%20respectivamente.
- Cepeda, G. M. C. (2019). Producción de semilla de maíz en el Ecuador: retos y oportunidades. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 11(1), 116-123.
- Cíntora Iván. (2011). Instalaciones para un criadero de cerdos dedicado a la explotación semi-intensiva. Engormix. Obtenido de: <https://www.engormix.com/porcicultura/articulos/instalaciones-criadero-cerdos-dedicado-t25910.htm>
- Ciria, J. y Garcés, C. (1996). El cebo intensivo en ganado porcino. En *Bases de producción animal* (pp. 181-197). Lima: MudiPrensa.
- Cossío, N. S., Giler, M. A. B. y Alvarado, P. M. S. (2021). Estudio de la cadena agroalimentaria del plátano en la provincia de Manabí. *ECA Sinergia*, 12(3), 155-174.
- Collen. (2017). Feasibility of water cooking for pork ham processing as compared with traditional dry and wet air cooking methods. J. USA.
- Conejo Aguilar, L. A. (2016). *Evaluación del efecto de tres fuentes de proteína vegetal (soya-alfarina-algodón) en el alimento balanceado para cerdos landrace (Sus scrofa) en etapa de crecimiento y engorde en la comunidad de Quinchuquí-Otavallo* (Bachelor's thesis). UTN, Ibarra.
- Corporación Financiera Nacional "CFN". (2022). Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería - Precios productor, Banco Mundial - Commodity prices. Elaborado por: Subgerencia de Análisis de Productos y Servicios. Disponible en: <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2021/fichas-sectoriales-2-trimestre/Ficha-Sectorial-Maiz.pdf>
- Cruz, J. L. (2013). La yuca (*Manihot esculenta*), características, valor nutritivo y composición bromatológica. *Boletín Técnico Porcino*, 8.

- Cubillos, R. (2016). Alternativas en nutrición porcina: no todo es maíz y soja. Obtenido de SwineAdvisor, Chile: <http://www.elsitioporcino.com/articulos/2702/alternativas-en-nutrician-porcina-no-todo-es-maaz-y-soja/>
- Cunnigham, J. (2014). *Fisiología Veterinaria* (4.ª edición). Elsevier Saunders.
- Davison, W. M. and Kennedy J. W. (2014). Digestibility studies with swine. *Can. Journal Agr. Science* Vol. 33: 611-632
- Da Silva, J. T., de Paula, C. D., Moreira de Oliveira, T. y Pérez, O. A. (2008). Derivados de la yuca y componentes tóxicos en Brasil. *Temas Agrarios*, 13(2), 5-16. <https://doi.org/10.21897/rta.v13i2.665>
- Diniz, T., Granja, T., Viegas, R. y Oliveira, M. Z. (2014). Uso de subproductos del banano en la alimentación animal. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 194-212.
- Duarte, N. y Figueroa, M. (2008). *Efecto de diferentes sistemas de preparación del suelo sobre las características físicas, crecimiento y rendimiento del cultivo de la yuca (Manihot esculenta Crantz) variedad algodón en Nueva Guinea*. Universidad Nacional Agraria.
- Dunara, S. (2015). *Nutrición y alimentación del ganado porcino*. Madrid: Viteframa S.A.
- Escobar, J. (2007). *Caracterización y sistemas de producción de los cerdos criollos del cantón Chambo* (Bachelor's Thesis). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, Available online: <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/1752/1/17T0804.pdf>
- FAO. (1993). El maíz en la nutrición humana. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma (Colección: Alimentación y nutrición, N.º 25). ISBN 92-5-303013-5 Código FAO: 86 AGRIS: S01. <https://www.fao.org/3/t0395s/T0395S00.htm#Contents>
- FAO. (2016). Conceptualización, caracterización y registro de la agricultura familiar. La experiencia de Panamá. Brandalise, Fátima; Martín Grillo, Rosana; Pinto, Luis A.; Edgar A. Serrano y Melina I. Sánchez. Available online: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/c90b1aa7-f532-4fed-a2eb-a004461bcd71>. (accessed on 13 August 2023).
- FAO. (2019). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Progreso de la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos. Available online: <http://www.fao.org/3/ca6030es/ca6030es.pdf> (accessed on 13 April 2021)

- FAO. (2021). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Meat Market Review. Emerging trends and Outlook. Obtenido de: https://www.3tres3.com/3tres3_common/art/3tres3/47445/fixters/cb7886en.pdf
- FAO. (2022). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura La yuca. Available online: <https://www.fao.org/3/a1028s/a1028s01.pdf> (accessed on 9 December 2022).
- FAO. (2023). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Revisión del mercado de la carne; Índices de precios de la carne de la FAO. Roma-Italia. Available online: <https://www.fao.org/worldfoodsituation/foodpricesindex/es/> (accessed on 13 August 2023).
- FAO. (2024). Alimentación del cerdo. Cartilla tecnológica 24. Obtenido de: <https://www.fao.org/4/v5290s/v5290s49.htm>
- Fernández, J.A. (2016) Prediction of the apparent ileal digestibility of protein and amino acids in feedstuffs and feed mixtures for pigs by in vitro analysis. *Animal Feed Science and Technology* 51:29-43
- Figueiredo, A. V., Albuquerque, D. M., Lopes, J. B., Farias, L. A., Marques, C. M. y Carvalho Filho, D. (2012). Heno de follaje de yuca para cerdos en fase de finalización. <http://www.rbspa.ufba.br>
- Flores Jorgelina. (2013). Formulación de raciones. Obtenido de: <https://fcvinta.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/04/flores-formulacion3b3n-de-raciones.pdf>
- FONTAGRO. (2023). La producción de carnes en América Latina y el Caribe. Obtenido de: <https://www.fontagro.org/es/publicaciones/prensa/la-produccion-de-carnes-en-america-latina-y-el-caribe/>
- Fundación Española para el Desarrollo de Nutrición Animal. (2015). Harina de extracción de palmiste (actualizado el 15 de noviembre). *FENDA*. Retrieved from <https://www.fundacionfedna.org/node/440>
- Fuentes, J. (21 de 11 de 2022). Origen del cerdo en Latinoamérica. Cochinos por el Mundo.
- Galarza Cortez, Elías Fernando. (2022). "Elaboración de núcleos proteicos para la alimentación del ganado porcino", Universidad Técnica de Babahoyo. Obtenido de: <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13113/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000226.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- García, D. (2016). Digestibilidad por el método del indicador en rumiantes. Alimentación práctica del cerdo (pp. 18, 21, 27, 32, 236).
- Gary L. Cromwell. (2015). Necesidades nutricionales del ganado porcino. Obtenido de: <https://www.msduvetmanual.com/es/manejo-y-nutrici%C3%B3n/nutrici%C3%B3n-ganado-porcino/necesidades-nutricionales-del-ganado-porcino>
- Garzón, V., Muñoz, H. y Martínez, A. (1997). Alimentación de cerdos con plátano como fuente energética. La Libertad: CORPOICA.
- Góngora, D. (2017). "Efecto de la torta de palmiste en las fases de inicio, crecimiento y acabado de patos criollos (*Cairina moschata domestica* L.) en Pucallpa-Región Ucayali". Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ciencias Agropecuaria, Ucayali-Perú.
- González, C. (2005). Alimentación alternativa de cerdos en Venezuela. <http://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/ALIMENTACION%20ALTERNATIVA%20DE%20CERDOS%20EN%20VENEZUELA.pdf>
- Guachamin, D. (11 de 2016). *Evaluación de tres complementos alimenticios en la crianza de cerdos (Sus scrofa domestica) en crecimiento y engorde, Nanegal-Pichincha*. Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Hernández Yeltsin, Rodríguez José. (2013). *Caracterización del manejo zootécnico del cerdo criollo (Sus scrofa domesticus) en el área rural del municipio de Río Blanco*. Matagalpa, 2013. Universidad Nacional Agraria Facultad de Ciencia Animal. Sistemas Integrales de Producción Animal.
- Herrera y Monar. (2006). Proyecto de inversión para una granja que se dedique al cuidado, crianza y comercialización del ganado porcino. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero comercial. *Revista del colegio de farmacéuticos del estado Mérida*, 2(13), 4.
- Hinostroza García, F.; Mendoza García, M.; Navarrete Párraga, M.; Muñoz Conforme, X. (2014). Cultivo de yuca en el Ecuador. Boletín. Divulg. 436. Available online: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5214/1/INIAPEEPbd436.pdf> (accessed on 9 December 2022).
- INEC-ESPAC. (2018). Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua. Obtenido el 24 de mayo de 2019 de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>

- Instituto de Promoción de exportaciones e inversiones “PRO ECUADOR”. Malanga, ventaja competitiva. (2022). Available online: <https://www.proecuador.gob.ec/ficha-de-malanga/> (accessed on 9 December 2022).
- Intagri. (2019). Sistemas de Producción Porcina. Serie Ganadería, Núm. 33. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p. Extraído de <https://www.intagri.com/articulos/ganaderia/sistemas-de-produccion-porcina>.
- Ionita, E. (2022). Reproductoras porcinas en Ecuador. *Medicina Veterinaria y Producción Animal*, 10-12.
- Kaensombath, Lampheuy, Maria Neil and Jan Erik Lindberg. (2013). “Effect of Replacing Soybean Protein with Protein from Ensiled Stylo (*Stylosanthes Guianensis* (Aubl.) Sw. Var. *Guianensis*) on Growth Performance, Carcass Traits and Organ Weights of Exotic (Landrace × Yorkshire) and Native (Moo Lath) Lao Pigs”. *Tropical Animal Health and Production*, 45(3): 865-71.
- Knowles, M. M., Pabón, M. L., Carulla, J. E., & para correspondencia, A. (2012). Use of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and other starchy non-conventional sources in ruminant feeding. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 25(3), 488–499.
- Kelly, D. & King, T. (2016). Digestive physiology and development pigs. The weaner pig, nutrition and management, 179-206.
- Lalama, D. (2022). Valorización energética de harina de palmiste utilizado en la alimentación de pollos de engorde. Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga.
- León Ajila, J. P., Espinosa Aguilar, M. A., Carvajal Romero, H. R. y Quezada Cam-poverde, J. (2023). Análisis de la producción y comercialización de banana en la provincia de El Oro en el periodo 2018-2022. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 7494-7507. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4981
- Lezcano Perdigón, M., Antonio, D., José, S., Figueiredo, G., Navarro, V. e Isidoro, M. (2014). Yuca ensilada como fuente de energía para cerdos en crecimiento. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 18(3), 41-48. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83732353004>
- Linares, V., Linares, L. y Mendoza, G. (2011). Caracterización etnozootécnica y potencial carnívor de *Sus scrofa* “cerdo criollo” en Latinoamérica. *Scientia Agropecuaria*, 2(2), 97-110. <https://doi.org/http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=357633698005>

- Lino Coello. (2019). *Caracterización bromatológica de fuentes de alimentación no convencional empleadas en la producción de cerdos* (Bachelor's Thesis). UNESUM, Jipijapa, Ecuador, Available online: <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2473/1/Tesis%20Andres%20Lino%20%202019%20%20lista%20EMPASTAR.pdf> (accessed on 9 December 2022).
- López, C. y Yépez, Á. (2009). *Suplementación con yuca y follaje de yuca (Manihot esculenta crantz) en ganado doble propósito en época de verano* (Tesis). Universidad de La Salle, Bogotá.
- Luna ML1, Roldán VP, Campa M, Manni D, Bellezze J, Agosto, M. (2017). Intervalos de referencia de minerales en cerdos confinados de diferentes genéticas y categorías. *Revista FAVE-Sección Ciencias Veterinarias*, 16(2017) 58-65; doi: <https://doi.org/10.14409/favecv.v16i1.6719>
- Ly, J. (2020). Bananas y plátanos para alimentar cerdos: composición y palatabilidad. Obtenido de razasporcinas.com: <https://razasporcinas.com/bananas-y-platanos-para-alimentar-cerdos-composicion-y-palatabilidad/>.
- Ly, J., Almaguel, R., Ayala, L., Lezcano, P., Romero, A. M. y Delgado, E. (2014). Digestibilidad rectal y ambiente gastrointestinal de cerdos jóvenes alimentados con dietas de levadura torula. Influencia de la fuente de carbohidratos rectal. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 21(3).
- Madrigal Ambriz Laura, Hernández Madrigal Julia, Carranco Jáuregui María, Calvo Carrillo María de la Concepción y Casas Rosado Rosa. (2018). Caracterización física y nutricional de harina del tubérculo de "Malanga" *Colocasia esculenta* L. Schott) de Actopan, Veracruz, México. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 68(2).
- Mamani, L., Cayo, F. y Gallo, C. (2014). Características de canal, calidad de carne y composición química de carne de llama. *Investig. Vet. Perú*, 25(2):123-150.
- Manríquez. (2014). La digestibilidad como criterio de evaluación de alimentos. *Nutrición animal* (p. 20).
- Martínez, J. (2013). *Estudio y comercialización de la malanga* (Tesis). Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil.
- Martínez, Bonilla, Sevilla, Matamoros, Botello y Valdivié. (2021). Efecto de la harina de palmiste (*Elaeis guineensis*) en la puesta, calidad del

huevo y factibilidad económica de gallinas ponedoras viejas. 55(2). Recuperado el 2023, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802021000200015&lng=es&nrm=iso&tlng=es#:~:tex-t=La%20harina%20de%20palmiste%20ten%C3%ADa,%C2%AE%20\(Alemania\)%2C%20con%20una](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802021000200015&lng=es&nrm=iso&tlng=es#:~:tex-t=La%20harina%20de%20palmiste%20ten%C3%ADa,%C2%AE%20(Alemania)%2C%20con%20una)

- Maynard, D. & Loosli. (2017). *Nutrición animal* (pp. 23, 27, 144, 257). McGraw Hill.
- Medel, P., Latorre, M. y Mateos, G. (2011). *Nutrición y alimentación de lechones destetados precozmente* (pp. 145-196). Madrid, España.
- Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca MAGAP. (2016). La política agropecuaria ecuatoriana: hacia el desarrollo territorial rural sostenible: 2015-2025 II Parte. Especialización productiva ecuatoriana: contrastes y diferencias territoriales según zonas de planificación y agendas de política por zona. ISBN: 978-9942-22-019-6.
- Morán-Montaño Charles, Aroldo Botello-León, Kirenía Pérez-Corría, Charles Morán-Ribas, Marcos Ortega-Ojeda, Maribel Cuello-Pérez¹, Mercedes Franco-Rodríguez, Kimberly López-Cedeño, Ketty Hurtado-García, Ringo López-Bustamante, Edilberto Chacón-Marcheco. (2024). Caracterización nutricional del palmiste (*Elaeis guineensis* Jacq.) procedente de dos extractoras de aceite. https://www.researchgate.net/publication/349442522_Caracterizacion_nutricional_del_palmiste_Elaeis_guineensis_Jacq_procedente_de_dos_extractoras_de_aceite#fullTextFileContent [accessed Oct 08 2024].
- Muñoz-Ron Paola, I., Elizabeth, S., Ii, S.-C., Fabricio, A., Iii, L.-P., & Poma Iv, J. (2020). Diagnosis of the production, comercialization, and consumption of pig products in Sachas, Orellana Diagnóstico da produção, comercialização e consumo de produtos suínos no cantão de Sacha, Orellana. *Polo Del Conocimiento*, 4, 1-10.
- nutrinews.com. (2021). Materias primas para la elaboración de alimentos para cerdos. Obtenido de: <https://nutrinews.com/materias-primas-para-la-elaboracion-de-alimentos-para-cerdos/>
- Oliva, D., Martínez, M., Jiménez, L. y Ly, J. (2018). Rasgos de comportamiento de cerdos en crecimiento, alimentados con dietas de harina de palmiche. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 52(2), 173-180.
- Oña Caiza, F. M. (2017). *Estudio del efecto de la incorporación de partículas provenientes de los residuos de tagua (Phytelephas aequatorialis macrocarpa) a una matriz de poliestireno* (Bachelor's thesis). EPN, Quito.

- Orellana, K. S. (2023). *Análisis físico-químico del huevo en gallinas ponedoras Hy-line Brown alimentadas parcialmente con harina de tagua (Phytelphas aequatorialis)*. Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Manabí, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.unesum.edu.ec>
- Ortiz, W. B. y Sánchez, M. D. (2001). Aspectos generales de la producción porcina tradicional. Los cerdos locales en los sistemas tradicionales de producción. Roma: FAO, 1-12.
- Padilla, M. (2019). Utilización del banano de rechazo en la alimentación de cerdos. Costa Rica. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-0253>. PDF pág. 87-89
- Paulino, J. (2016). Nutrición de los cerdos en crecimiento y finalización: 1–introducción. El Sitio Porcino. Obtenido de: <http://www.elsitioporcino.com/articulos/2683/nutrician-de-los-cerdos-en-crecimiento-y-finalizacian-1-introduccion/>
- Pérez, M. P. (2007). *Manual de porcicultura*. ISBN 978-9968-877-24-4.
- Peter G.G. & Peter C. (2009). *Manual de Medicina Porcina*. Buenos Aires: Inter-Médica, 2009. 978-950-555-363-1.
- Púa L. Amparo, Barreto, G. E., Zuleta, J. L., & Herrera, O. D. (2019). Nutrient analysis of taro root (*Colocasia esculenta* Schott) in the dry tropics of Colombia. *Informacion Tecnologica*, 30(4), 69-76. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000400069>
- Pluske, J. (2017). Nutrition of the neonatal pig. CAB International, 187-235.
- Posada Sandra; Mejía Jaime A; Ricardo Noguera; M Cuan Margarita; M Murillo Lina. (2006) Evaluación productiva y análisis microeconómico del maní forrajero perenne. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 19(3).
- ProChile. (2013). Estudio de canal de distribución carne de cerdo en Ecuador. Oficina Comercial de Chile en Guayaquil. https://www.prochile.gob.cl/wp-content/files_mf/1384531955Ecuador_Canal_Cerdo_2013.pdf
- Quiñónez, R., González, C., Polanco, D., Perdomo, B. y Araque, H. (2007). Evaluación de diferentes tipos de deshidratación de raíz y follaje de yuca amarga (*Manihot esculenta*) sobre su composición química. *Zootecnia Tropical*, 25(1), 43-49.
- Ricaurte, F. A. (11 de 11 de 2014). *La yuca como alternativa en la alimentación de cerdos en la etapa de ceba, granja Los Laureles vereda Tacarime-*

- na Municipio El Yopal Casanare*. Yopal, Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente.
- Roldán, J. C. (2016). *Manual de explotación y reproducción porcina* (pp. 58, 69, 414). Grupo Latino Ltda.
- Romero, R., Alcívar, E. y Alpizar, J. (2017). *Afrecho de yuca como sustituto parcial del maíz en la alimentación de cerdos de engorde*. Facultad de Ciencias Veterinaria Universidad Técnica de Manabí.
- Saavedra, A., García, A., Górriz, M., Ortega, Y., Yague, A., Bauza, R. y Pascual Y. (2012). Manejo de alimentación y agua. En *Manual de buenas prácticas de producción porcina* (pp. 42-54).
- Samaniego, L. (2017). *Diagnóstico de la producción porcina en el cantón Loja, provincia de Loja*. Loja, Ecuador: UTPL.
- Sánchez Janeth, Willian Caicedo, Erik Aragón, Marco Andino, Franklin Bosques, Viamonte María Isabel y Ramírez de la Ribera. (2018). La inclusión de la *Colocasia esculenta* (papa china) en la alimentación de cerdos en ceba. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 19(4), 1-6.
- Sánchez, E., Navarro, C., Sayas, M., Sendra, E. y Fernández, J. (2010). Efecto de las condiciones ante-mortem y post-mortem sobre los factores que determinan la calidad de la carne. En *Bienestar animal y calidad de la carne*. Mexico: BM Editores.
- Sánchez Manuel. (2011). TEMA 40.- Producción porcina. - El sector porcino a nivel mundial, de la Unión Europea y en España. - Censos y producciones. Producción Animal e Higiene Veterinaria (Grupo A). Obtenido de: http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/11_13_48_tema_40.pdf
- San Miguel. (2013). Fundamentos de alimentación y nutrición del ganado. Obtenido de://APUNTES_PRESENTACIONES/PASCICULTURA%20Y%20SAF/
- Sanz, J. G., Peris, C. y Torres, A. (1994). *Productividad de las explotaciones porcinas en sistemas intensivos*. Madrid: Generalitat Valenciana.
- Sauce Barre, Luis Vicente; Valdez Azogue, Mariuxi Mercedes. (2023). *Propuesta de mejora para los establecimientos de crianza de ganado porcino de traspatio del cantón Naranjito*. Tesis Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25156/1/UPS-GT004449.pdf>

- Serrano, R. A. (2021). Alimentos alternativos para cerdos: Semolina de arroz, harina de palmiste y DDGS. Revisión bibliográfica. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Recuperado el 2023
- SESA. (2008). "La porcicultura en el Ecuador". [En línea]. Obtenido de: www.sesa.gov.ec/proyecto/ppc.htm.
- Shimada. (2015). *Nutrición animal* (pp. 85-87). Trillas: segunda edición.
- SINAGAP. (2015). Sistema de información del agro, información estadística del agro ecuatoriano, boletines temáticos nacionales y por zona, mercados mayoristas. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.
- Souza, Tércia Cesária Reis de, Mariscal Landín, Gerardo, Escobar García, Konisgmar, Aguilera Barreyro, Araceli y Magné Barrónt, Aline. (2012). Cambios nutrimentales en el lechón y desarrollo morfofisiológico de su aparato digestivo. *Veterinaria México*, 43(2), 155-173.
- Suárez Guerra, L.; Mederos Vega, V. (2011). Apuntes sobre el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta crantz*). Tendencias actuales. Cult. Trop. 32, 27-35. http://www.inca.edu.cu/otras_web/revista/EDICIONES.htm.
- Sundrum, A., & Henning y Butfering, L. (2012). Efectos de las dietas en la granja para la producción porcina orgánica sobre el rendimiento y la calidad de la canal. 78(5):1199-1205.
- Valencia Herrería Yadira y Juan Carlos de la Vega. (2020). Efecto del proceso de deshidratación sobre el contenido de oxalato de calcio y las propiedades fisicoquímicas de dos variedades de papa china *Colocasia esculenta* y *Xanthosoma sagittifolium*. Universidad Técnica del Norte. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10455/2/03%20EIA%20504%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Vanina Nerea, Savio Marianela, Cora Jofre Florencia, Benitez Adrián. (2021). Principios básicos de nutrición porcina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Obtenido de: <https://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/Principiosbasicosdenutricionporcina.pdf>
- Vanhnasin Phoneyaphon & TR Preston. (2016). Raíz de yuca (*Manihot esculenta Crantz*) enriquecida con proteína como reemplazo del follaje de taro (*Colocasia esculenta*) ensilado como fuente de proteína para cerdos Moo Lat en crecimiento alimentados con raíz de yuca ensilada como dieta basal. *Investigación Pecuaria para el Desarrollo Rural*, 28(10).

- Vásquez-Castillo, W., Racines-Oliva, M., Moncayo, P., Viera, W. y Seraquive, M. (2019). Calidad del fruto y pérdidas poscosecha de banana orgánico *Musa acuminata* en el Ecuador. *Enfoque UTE*, 10(4), 57-66.
- Vega, P. A. (2012). *Estudio de la malanga blanca y propuesta gastronómica de autor*. Repositorio. Universidad Internacional del Ecuador, Quito.
- Velásquez, R. (2015). *Utilización de dos niveles del tubérculo papa china (Colocasia esculenta) en la alimentación de cerdos en la etapa de crecimiento y engorde en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas*. Tesis. Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga.
- Vélez, E. A. (2016). *Estudio del sistema de alimentación en cerdos de ceba y su incidencia en los costos de producción en la granja agropecuaria Caicedo de la parroquia Tarqui, cantón y provincia de Pastaza*. Ambato-Ecuador: Universidad Tecnológica Indoamérica.
- Vera Chávez, O. O. e Intriago Hidalgo, J. G. (2021). *Inclusión de harina de tagua (Phytelphas aequatorialis) en dietas de gallinas Hy-Line sobre parámetros productivos en la fase de postura* (Master's thesis, Calceta: ESPAM MFL).
- Zapata, J. y Velásquez, C. (04 de 2013). *Estudio y comercialización de la malanga. Estrategias de incentivos para la producción en el país y consumo en la ciudad de Guayaquil*. Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil.
- [www.3tres3.com](https://www.3tres3.com/latam/ultima-hora/evolucion-del-sector-porcino-ecuadoriano_14328/). (2022). Evolución del sector porcino ecuatoriano. https://www.3tres3.com/latam/ultima-hora/evolucion-del-sector-porcino-ecuadoriano_14328/
- [www.3tres3.com](https://www.3tres3.com/latam/ultima-hora/latinoamerica-sector-porcicultor-creceria-3-6-en-2024-segun-usda_15912/). (2024). Latinoamérica: sector porcicultor crecería 3,6% en 2024 según el USDA. https://www.3tres3.com/latam/ultima-hora/latinoamerica-sector-porcicultor-creceria-3-6-en-2024-segun-usda_15912/
- [www.sentientmedia.org](https://sentientmedia.org/es/carne-de-cerdo-quienes-son-las-principales-empresas-y-estados-productores-en-estados-unidos/). (2024). Carne de cerdo: ¿quiénes son las principales empresas y estados productores en Estados Unidos? <https://sentientmedia.org/es/carne-de-cerdo-quienes-son-las-principales-empresas-y-estados-productores-en-estados-unidos/>
- [www.3tres3.com](https://www.3tres3.com/latam/articulos/estimaciones-para-el-consumo-de-carne-de-cerdo-en-2022-y-2023_14947/). (2023). Estimaciones para el consumo de carne de cerdo en 2022 y 2023. https://www.3tres3.com/latam/articulos/estimaciones-para-el-consumo-de-carne-de-cerdo-en-2022-y-2023_14947/

- www.eluniverso.com. (2024). Carne de cerdo se posiciona como la segunda fuente de proteína en Ecuador con consumo per cápita de 12 kilos. <https://www.eluniverso.com/noticias/economia/consumo-carne-cerdo-ecuador-proteina-asociacion-porcicultores-nota/>
- www.brfindredients.com. (2024). Alimentación de cerdos por fases: ingredientes para una nutrición eficiente. Obtenido de: <https://www.brfindredients.com/es/blog/posts/alimentacion-de-cerdos-por-fases-ingredientes-para-una-nutricion-eficiente/>
- www.elsitioporcino.com. (2024). Nutrición de los cerdos en crecimiento y finalización. Obtenido de: <https://www.elsitioporcino.com/articulos/2683/nutrician-de-los-cerdos-en-crecimiento-y-finalizarian-1-introduccion/>
- www.elsitioporcino.com. (2024). Minerales y vitaminas - Manejo sanitario y tratamiento de las enfermedades del cerdo. Obtenido de: <https://www.elsitioporcino.com/publications/7/manejo-sanitario-y-tratamiento-de-las-enfermedades-del-cerdo/351/minerales-y-vitaminas/>
- www.ciap.org.ar. (2024). Jornada: "Nutrición y sanidad en cerdos". Breve resumen de los temas tratados: Requerimientos nutricionales. Obtenido de: <https://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/Nutricion%20y%20sanidad%20en%20cerdos.pdf>
- www.3tres3.com. (2004). Necesidades de vitaminas, minerales y oligoelementos en la alimentación del verraco. Obtenido de: https://www.3tres3.com/latam/articulos/necesidades-de-vitaminas-minerales-y-oligoelementos-en-la-alimentacion_9721/
- www.munozypujante.com. (2022). Formulación de productos alimentarios. Obtenido de: <https://munozypujante.com/formulacion-de-productos-alimentarios/>
- <https://alphageneolymel.com>. (2021). Guía de nutrición y alimentación alpagène lechones y cerdos comerciales, edición 2021. Obtenido de: <https://alphageneolymel.com/wp-content/uploads/2021/11/alphagene-guide-nutrition-porcs-comm-esp-mai2021.pdf>
- www.engormix.com. (2014). Nutrición práctica del cerdo: primera parte. Obtenido de: https://www.engormix.com/porcicultura/alimentacion-cerdos/nutricion-practica-cerdo-primera_a31369/

www.elsitioporcino.com. (2024). Nutrición y sanidad en cerdos: 1 – alimentación. Obtenido de: <https://www.elsitioporcino.com/articles/2754/nutrician-y-sanidad-en-cerdos-1-alimentacion/>

NUTRICIÓN EN PORCINOS

experimentos de utilización de alimentos alternativos

en la **PRODUCCIÓN DE CERDOS**



Publicado en Ecuador
Enero 2025

Edición realizada desde el mes de octubre del 2024 hasta enero del año 2025, en los talleres Editoriales de MAWIL publicaciones impresas y digitales de la ciudad de Quito.

Quito – Ecuador

Tiraje 30, Ejemplares, A5, 4 colores; Offset MBO
Tipografía: Helvetica LT Std; Bebas Neue; Times New Roman.
Portada: Collage de figuras representadas y citadas en el libro.