



CARRERA AGROINDUSTRIA

TÍTULO:

**PROPUESTA DE ALIMENTO BALANCEADO A PARTIR DE
CASCARILLA DE CACAO Y CÁSCARA DE PLÁTANO DESTINADO
AL GANADO PORCINO-ETAPA CRECIMIENTO
TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.
MODALIDAD PROPUESTA METODOLÓGICA O TECNOLÓGICA**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión sostenible y aprovechamiento de los recursos naturales

PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE:

INGENIERA AGROINDUSTRIAL

AUTORA:

ARLETTE YOLANDA CHASING SANDOVAL

ASESOR:

MGT. JONATHAN ARGUELLO CEDEÑO

Esmeraldas, 2024



AUTORÍA

Yo, Arlette Yolanda Chasing Sandoval portadora de la cédula de identidad No. 080358500-9 declaro que los resultados obtenidos en trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de “Ingeniera Agroindustrial” son absolutamente originales, auténticos y personales.

En tal virtud, declaro que el contenido, las conclusiones y los efectos legales y académicos que se desprenden del trabajo propuesto de investigación y luego de la redacción de este documento son y serán de mi sola, exclusiva responsabilidad legal y académica.

.....
Arlette Yolanda Chasing Sandoval
C.I. 083585009



CERTIFICACIÓN

Mgt. Jonathan Arguello Cedeño, docente investigador de la PUCE Sede Esmeraldas, certifica que: El trabajo de integración curricular realizado por Arlette Yolanda Chasing Sandoval, bajo el título “Ingeniería Agroindustrial”, reúne los requisitos de calidad, originalidad y presentación exigibles a una investigación científica y que han sido incorporadas al documento final las sugerencias realizadas, en consecuencia, está en condiciones de ser sometido a la valoración del Tribunal encargado de juzgarla.

Y para que conste a los efectos oportunos, firma la presente en Esmeraldas, mes año.

.....

Mgt. Jonathan Arguello Cedeño

Asesor



DEDICATORIA

Con gran ilusión y dedicación, presento este trabajo de integración curricular como el resultado de un arduo camino de aprendizaje y crecimiento. Agradezco a mi familia su apoyo incondicional, a mis profesores su sabiduría y experiencia compartida y a mis compañeros su inestimable colaboración. Este trabajo no sólo representa el final de una etapa académica, sino también el comienzo de una nueva fase llena de retos y oportunidades. Con gratitud y determinación, dedico este trabajo a todos aquellos que han contribuido en mi educación, inspirándome y alentándome a alcanzar nuevas alturas.

Arlette



AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a todos aquellos que han sido parte fundamental de mi travesía académica y de este trabajo de integración curricular.

A Dios por darme la oportunidad de vivir día a día, dotándome de fuerza y valentía para cristalizar y hacer mis sueños una realidad.

A mi tutor y coordinador de carrera el Ing. Jonathan Arguello, por sus conocimientos impartidos en clases, su paciencia, su apoyo y guía en la realización de este trabajo de integración curricular.

A mis padres por todo el amor, el esfuerzo que realizan cada día, por confiar en mí y así brindarme la oportunidad de estudiar para que alcance mi profesión.

A mis abuelos por ser ese ejemplo de empuje y ganas de seguir adelante que me motivan.

A mis tíos por brindarme sus consejos y apoyo incondicional en cada momento de mi vida.

A mi hermana quien ha sido mi fiel compañera de aventuras y que está ahí para mí.

Arlette



Tabla de contenido

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
AUTORÍA	ii
CERTIFICACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
Tabla de contenido.....	vi
Índice de Tablas	viii
Índice de Figuras.....	viii
Introducción	1
Contexto de la propuesta.....	3
Definición del problema	4
Justificación	6
Objetivos.....	8
CAPITULO I. Marco teórico.....	9
1.1 Bases teóricas.....	9
1.2 Antecedentes.....	16
CAPÍTULO II. Metodología o Tecnología Propuesta.....	19
2.1. Descripción de la metodología o tecnología propuesta	19
2.2. Tipo de investigación	23
2.3. Métodos de investigación	24
2.4. Fuentes de información	24
2.5. Análisis FODA de la metodología o tecnología:.....	25
CAPÍTULO III. Resultados	29



Discusión	38
CAPÍTULO V. Conclusiones y recomendaciones	41
5.1. Conclusiones.....	41
5.2. Recomendaciones	42
6. Referencias.....	43
7. Anexos	50
Anexo 1. Cronograma de actividades	53



Índice de Tablas

Tabla 1. <i>Valores típicos de la composición de la cascarilla de cacao</i>	11
Tabla 2. <i>Composición química de la cascarilla de cacao</i>	11
Tabla 3. <i>Análisis proximal de la cascarilla de cacao</i>	12
Tabla 4. <i>Análisis proximal de cáscaras de plátano</i>	13
Tabla 5. <i>Tipo de mezcla de alimentos balanceados</i>	15
Tabla 6. <i>Comparación entre balanceado de dieta comercial y propuestas</i>	21
Tabla 7. <i>Matriz FODA de la metodología a ser aplicada</i>	25
Tabla 8. <i>Composición química de la cáscara de plátano</i>	30
Tabla 9. <i>Composición nutricional de la cascarilla de cacao y la cáscara de plátano para una dieta de cerdos en etapa de crecimiento</i>	30
Tabla 10. <i>Cuadro comparativo de viabilidad económica</i>	36

Índice de Figuras

Figura 1. <i>Clasificación alimentos balanceados por su composición (Llaguno & Masabanda, 2007)</i>	14
--	----

Índice de Gráficos

Gráfico 1. <i>Ganancia diaria de peso vs. Proteína</i>	32
Gráfico 2. <i>Ganancia diaria de peso vs. Energía</i>	33
Gráfico 3. <i>Ganancia diaria de peso vs. Fibra</i>	33

Introducción

Según la encuesta de superficie y producción agropecuaria continua (ESPAC) en 2022 el número de cabezas de ganado porcino en el Ecuador era de 943.249 y específicamente en la provincia de Esmeraldas era de 31.950 (INEC, 2022). El consumo per cápita de carne de cerdo en el país es de 11 Kilogramos al año según estadística publicada por la Asociación de Porcicultores del Ecuador (ASPE, 2022),

Con base en las estadísticas citadas en el párrafo anterior, la formulación de alimentos balanceados para el ganado porcino es un componente estratégico y determinante para la eficiencia y sostenibilidad del sector porcícola. La dieta de los cerdos juega un papel crucial en su crecimiento y desarrollo, así como en la calidad de la carne que producen; en este sentido, es fundamental diseñar dietas balanceadas que cumplan con los requerimientos nutricionales de los animales. Sin embargo, en la búsqueda de la sostenibilidad del sector porcino, es importante considerar la eficiencia en el uso de los recursos y la reducción del impacto ambiental. Según Robertson y Van Der Peet (2017), la inclusión de subproductos agrícolas en las dietas de los cerdos puede ser una estrategia efectiva para reducir la dependencia de materias primas convencionales y mejorar la sostenibilidad del sistema de producción.

La propuesta de formular un alimento balanceado a partir de cascarilla de cacao y cáscara de plátano para el ganado porcino se alinea con este enfoque, ya que busca reducir la dependencia de ingredientes convencionales y aprovechar subproductos agrícolas disponibles en la región. Como mencionan Malumba et al. (2019), la utilización de subproductos agroindustriales en la alimentación animal no solo reduce los costos de producción, sino que también contribuye a la gestión sostenible de los residuos y al cierre de ciclos de nutrientes en los sistemas agrícolas.

Por esta razón, la formulación de dietas para cerdos que incluyan subproductos agrícolas como la cascarilla de cacao y la cáscara de plátano puede representar una estrategia prometedora para promover la sostenibilidad en el sector porcino. Al reducir la dependencia de materias primas convencionales y aprovechar recursos disponibles localmente, se puede mejorar la eficiencia del sistema de producción y reducir su impacto ambiental. Sin embargo, es necesario realizar investigaciones adicionales para evaluar la viabilidad y los efectos nutricionales de estas dietas en el crecimiento y rendimiento de

los cerdos.

En este contexto, esta investigación explora una perspectiva innovadora y sostenible al incorporar la cascarilla de cacao y la cáscara de plátano como ingredientes esenciales en la formulación de balanceados. Este estudio se desarrolla en el marco de la agroindustria, donde la optimización de los recursos y la búsqueda de alternativas nutricionales respetuosas con el medio ambiente son fundamentales.

Cabe destacar que, las prácticas convencionales de formulación de alimentos balanceados suelen implicar el uso de ingredientes como maíz, soya, trigo, y otros granos, así como suplementos de vitaminas y minerales sintéticos para cubrir los requerimientos nutricionales de los animales. Estas formulaciones tienden a ser estandarizadas y se basan en fuentes de alimentos ampliamente disponibles en el mercado.

En cuanto al empleo de subproductos agrícolas, las prácticas convencionales han tendido a subutilizarlos o descartarlos, sin embargo, hay un creciente interés en aprovechar estos subproductos, tanto por razones económicas como ambientales. Utilizar subproductos agrícolas en la alimentación animal no solo puede reducir los costos de producción al reemplazar ingredientes convencionales más costosos, sino que también puede contribuir a la sostenibilidad al reducir el desperdicio de alimentos y aprovechar recursos disponibles.

Por lo anteriormente expuesto, es fundamental replantear las prácticas convencionales de formulación de alimentos balanceados y el empleo de subproductos que no solamente puedan abordar la gestión responsable de residuos agroindustriales, sino también mejorar la calidad nutricional de la dieta porcina, reducir la dependencia de insumos habituales como el maíz, y avanzar hacia un modelo más eficiente y sostenible.

Este estudio se enfoca en analizar la composición nutricional de la cascarilla de cacao y la cáscara de plátano para determinar su utilidad en la dieta porcina. Además, se busca desarrollar una fórmula de alimento balanceado que cumpla con los requerimientos nutricionales específicos de los cerdos en la etapa de crecimiento, considerando la optimización de recursos y la sostenibilidad ambiental, por lo que, esta investigación propone una alternativa sostenible y eficiente para la industria porcina.

Contexto de la propuesta

La investigación surge en un contexto donde la búsqueda de alternativas sostenibles en la alimentación animal se ha vuelto una prioridad tanto a nivel económico como ambiental. Autores como García et al. (2019) destacan la importancia de aprovechar los subproductos agrícolas en la alimentación animal como una estrategia para reducir los costos de producción y mitigar el impacto ambiental asociado al desperdicio de alimentos. Además, la necesidad de encontrar fuentes de alimento alternativas que cumplan con los requerimientos nutricionales de los animales ha impulsado la exploración de nuevas materias primas disponibles en el mercado. En este sentido, el trabajo de Iyayi y Losos (2018) sobre el uso de la cáscara de cacao como ingrediente en la alimentación de cerdos resalta la relevancia de investigar el potencial de subproductos agrícolas poco convencionales para formular dietas balanceadas.

El enfoque de esta investigación se fundamenta en la evaluación de la composición nutricional de alimentos de la industria porcina, con el objetivo de proponer un alimento balanceado a partir de cascarilla de cacao y cáscara de plátano destinado al ganado porcino-etapa crecimiento. El análisis de la viabilidad económica de utilizar estos subproductos en comparación con ingredientes convencionales, así como la determinación de las proporciones óptimas mediante un modelo matemático, son aspectos clave que buscan abordar los desafíos tanto en términos de sustentabilidad como de eficiencia económica en la producción porcina. Este estudio pretende contribuir al cuerpo de conocimiento existente en el campo de la nutrición animal, ofreciendo nuevas perspectivas para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la industria porcina.

La búsqueda de alternativas sostenibles en la formulación de alimentos balanceados para animales ha adquirido mucha relevancia en la agroindustria. En esta dirección, el uso de residuos agroindustriales, como la cascarilla de cacao y la cáscara de plátano, se presenta como una opción novedosa y consciente del medio ambiente. Este enfoque no solo funciona bien para manejar los subproductos de la producción alimentaria, sino que también tiene como objetivo disminuir la dependencia de maíz en la mezcla de alimentos para animales.

Esta propuesta tiene como objetivo abordar diferentes desafíos y contextos relevantes como:

Sostenibilidad ambiental. - el uso de residuos agroindustriales contribuye a la gestión responsable y sostenible de los subproductos, disminuyendo de esa manera el impacto ambiental negativo.

Diversificación de fuentes de alimentación animal. - esta propuesta busca diversificar las fuentes de nutrientes en los balanceados para animales, reduciendo la dependencia del maíz y proporcionando alternativas más resilientes ante posibles variaciones en el costo o la disponibilidad del maíz.

Eficiencia de recursos. - representa una estrategia eficiente para emplear subproductos que de otra forma se considerarían residuos, optimizando de esta manera el uso de recursos en la cadena alimentaria.

Innovación en la industria de alimentos para animales. – mediante esta propuesta se plantea un enfoque innovador en la industria de alimentos para animales, fomentando la investigación y desarrollo de nuevas fórmulas que maximicen la eficiencia nutricional y reduzcan el impacto ambiental.

Definición del problema

El crecimiento de la población y la influencia económica de la sociedad, son factores que determinan el paso hacia la formación de una industria de alimentos equilibrados para animales, conforme aumenta la necesidad de proteína animal proveniente de la cría de aves, ganado vacuno, ganado porcino, acuicultura, conejos y otros animales (Muñoz, 2017).

Es importante destacar que el primer paso necesario para la correcta utilización de un componente en la dieta de los animales es su disponibilidad en el mercado. Posteriormente, su calidad y costo deben ser compatibles para integrarse en un plan de nutrición y finalmente, la viabilidad de incluir el ingrediente debe ser factible tanto desde el punto de vista físico como técnico (Castrillón, Jiménez, & Bedoya, 2004).

Es importante señalar que, el estudio sobre la utilización de la cascarilla de cacao y la cáscara de plátano en la formulación de alimentos balanceados para cerdos en etapa de crecimiento busca abordar varios problemas en la industria porcina. En primer lugar, pretende reducir los costos de los insumos alimentarios al aprovechar subproductos agrícolas que generalmente se desechan, lo que puede mejorar significativamente la

rentabilidad de la producción porcina. Además, al utilizar estos subproductos, se puede mejorar la eficiencia en el proceso de producción al encontrar fuentes de alimentación alternativas que satisfagan los requerimientos nutricionales de los cerdos, lo que a su vez puede reducir la dependencia de ingredientes convencionales cuyo costo puede ser más elevado.

De esta forma, al reutilizar estos subproductos, se contribuye a la sostenibilidad ambiental al reducir la cantidad de residuos agrícolas y promover prácticas más eco amigables en la industria porcina. Es así como, al mirar hacia atrás el comportamiento del maíz, se puede encontrar que existen importantes diferencias de precios entre la producción nacional y la importada, lo que pone en desventaja a la producción nacional y exige un aumento en su uso para equilibrar el precio del forraje (Muñoz, 2017).

Desafortunadamente, en naciones en vía de desarrollo como Ecuador, a pesar de su base principalmente agrícola, no poseen las condiciones climáticas ni el avance tecnológico suficiente para lograr que cosechas de cereales y granos sean productivos. Esto restringe su capacidad para mantener una producción a gran escala (Castrillón, Jiménez, & Bedoya, 2004).

En otro aspecto, es relevante destacar que la contaminación de alimentos para animales es un problema que afecta a los productores, la industria ganadera, los fabricantes de alimentos y los procesadores de alimentos, debido a que, suele ser una creencia común que las fuentes principales de contaminación microbiana y toxinas en los alimentos son las materias primas.

Según Campabadal (2009) las fuentes de energía utilizadas en la dieta de cerdos son el maíz, las grasas, los aceites y los subproductos provenientes de la agroindustria. Por lo que la alimentación porcina depende principalmente del cultivo de maíz como fuente de energía; este producto agrícola posee niveles de energía que pueden ser metabolizados y digestibles, pero tiene pocas proteínas y es bajo en lisina, calcio y fósforo.

No obstante, existen dos limitaciones importantes que podrían afectar la viabilidad del uso de maíz en la alimentación porcina: el nivel de micotoxinas presentes y el grado de trituración del grano. El maíz, dadas sus características, es altamente propenso a la contaminación por hongos y a la consecuente producción de micotoxinas,

las cuales pueden surgir durante el proceso de cosecha y almacenamiento, estas condiciones representan un desafío significativo para su aplicación en la dieta de los cerdos. El maíz está más afectado por tres géneros: *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium*, que producen aflatoxinas, ocratoxinas y zearelenona (Campabadal, 2009).

En la alimentación de cerdos, también se incorporan residuos derivados de la agroindustria; estos subproductos no entran en competencia con la alimentación humana, pero regularmente presentan ciertas limitaciones nutricionales, como elevado contenido de fibra, bajos niveles de energía, carencia de aminoácidos esenciales y presencia de compuestos tóxicos. Estas limitaciones nutricionales pueden tener un impacto sobre los resultados de producción, dando lugar a una disminución en la eficiencia de conversión de alimentos y un aumento en el costo económico de generar el producto final (Campabadal, 2009).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2017), los desafíos económicos en la alimentación, la restricción en la disponibilidad de forrajes, la amenaza de plagas y enfermedades, la degradación de los recursos naturales y la influencia del cambio climático son obstáculos presentes en la industria ganadera. Como solución a esta problemática, la inclusión de insumos alternativos o subproductos que aportan energía y proteínas en la dieta se traduce en un menor gasto, superando la limitación económica en la alimentación (Salguero & Lescano, 2016).

La cascarilla de cacao y la cáscara de plátano son subproductos agroindustriales de costo reducido y de fácil acceso en el ámbito local, convirtiéndose en componentes atractivos para ser considerados en la formulación de dietas económicas destinadas a cerdos. En este contexto, para el análisis de la problemática antes mencionada, en esta investigación se plantea en base a la interrogante: ¿Cómo formular un balanceado a partir de cascarilla de cacao y cáscara de plátano destinado al ganado porcino?

Justificación

La idea de la formulación de un balanceado a partir de la cascarilla de cacao y cáscara de plátano surge con la intención de presentar al mercado un producto que tiene como materia prima residuos agroindustriales como son la cascarilla de cacao y la cáscara de plátano, de esta forma se estaría haciendo uso de otros productos al igual que se les

estaría dando un valor agregado.

Es por ello que, la investigación tiene una relevancia significativa en el contexto actual de la industria porcina. Según Smith et al. (2018), la búsqueda de alternativas sostenibles y económicamente viables en la alimentación animal se ha convertido en una prioridad debido al aumento de los costos de los insumos convencionales y a la creciente preocupación por la sostenibilidad ambiental. Además, la disponibilidad limitada de ciertos ingredientes tradicionales, como el maíz y la soja, ha generado la necesidad de explorar nuevas fuentes de nutrientes para el ganado porcino (González, 2020).

Por esta razón, esta investigación busca abordar esta problemática explorando el potencial nutricional y económico de la cascarilla de cacao y la cáscara de plátano como ingredientes para la formulación de alimentos balanceados para cerdos en crecimiento. Como señala Pérez et al. (2019), el uso de residuos agroindustriales en la alimentación animal no solo puede contribuir a reducir los costos de producción, sino que también puede ofrecer una solución para el aprovechamiento de residuos agroindustriales, promoviendo así la sostenibilidad en el sector. Además, al diversificar la fuente de nutrientes, se pueden mitigar los riesgos asociados con la dependencia de ingredientes convencionales y mejorar la estabilidad del suministro de alimentos para animales.

Adicional a lo mencionado, se puede optimizar la utilización de los recursos agrícolas, evitando la necesidad de cultivar nuevas materias primas para determinados fines; por consiguiente, la búsqueda de formas eficaces y sostenibles de utilizar los residuos agroindustriales fomenta la innovación y el desarrollo tecnológico, lo que puede conducir a la creación de nuevas tecnologías y procesos que mejoren la eficacia y reduzcan los impactos medioambientales. Como consecuencia de estas estrategias los porcicultores en diferentes escalas podrán contar con una fórmula de alimento balanceado de bajo costo y de alto nivel nutricional obteniendo así mejores beneficios productivos y económicos.

Objetivos

General

Proponer un alimento balanceado a partir de cascarilla de cacao y cáscara de plátano que permita satisfacer los requerimientos nutricionales y energéticos de los cerdos en etapa de crecimiento.

Específicos:

- Investigar la composición nutricional de la cascarilla de cacao y cáscara de plátano para una dieta de cerdos en etapa de crecimiento.
- Determinar las proporciones óptimas de cascarilla de cacao y cáscara de plátano en la dieta de cerdos durante la etapa de crecimiento mediante un modelo matemático.
- Analizar la viabilidad económica de utilizar cascarilla de cacao y cáscara de plátano en la formulación de la dieta en comparación con una dieta comercial.

CAPITULO I. Marco teórico

1.1 Bases teóricas

Generalidades del cacao

El cacao es un cultivo tropical que crece entre los 10° de latitud norte y 10° al sur del Ecuador. Está ampliamente distribuida en plantaciones de América, Asia, África y Oceanía, zonas geográficas en donde se produce principalmente por su granos, semilla o almendra, la industria alimentaria o la de belleza es la que se encarga de producir el chocolate y las grasas. El *Theobroma cacao*, es una especie que pertenece a la familia Malvaceae, que cuenta con más de 22 especies. Este cultivo de América de Sur y generalmente domesticado en América Central (Arvelo et al., 2017).

Origen del cacao

El cacao probablemente se originó en la región amazónica, la cual abarca países como Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Brasil, en esta zona geográfica es donde se presenta la mayor variación de la especie; aunque esta se ha extendido también desde Sudamérica hasta México, lo que hasta ahora se desconoce es si su dispersión fue de forma natural o se expandió con la intervención del hombre, aun desconociendo como llegó a Centroamérica se sabe que ha sido cultivado allí durante al menos 3000 años. Y fue en 1822 cuando el cacao fue llevado de Brasil a la colonia portuguesa de Príncipe y tiempo después a Sao Tomé en el Golfo de Guinea en 1830. Finalmente, a Ghana el cacao llegó en 1879 y, para 1951 el Oeste de África se había convertido ya en el responsable del 60% de la producción mundial (Conabio, 2022).

Cascarilla de cacao

El grano de cacao posee una capa de pulpa mucilaginosa de color blanco con un sabor dulce y ácido. Al quitar esta capa, se puede observar una fina capa rosada conocida como tegumento o cascarilla del grano. La forma del grano puede variar según las condiciones ambientales y el número de granos presentes en el fruto, pudiendo ser ovoide, triangular, alargada, aplanada o redondeada (Quintero & Diaz, 2004).

Según Murillo (2008) la cascarilla de cacao es el revestimiento externo de la episperma de los granos de cacao que no se han procesado ni tratado aún. También se la conoce como cáscara de cacao, la cual es rica en magnesio y teobromina, que resulta muy

útil en casos de debilidad, diarrea e inflamación. Además, esta capa representa aproximadamente el 12% del peso total de la semilla, y se presenta en estado seco, con una textura crujiente y el color marrón característico. Investigaciones realizadas en otros países han demostrado que la cascarilla de cacao posee una actividad antioxidante relevante, lo que la convierte en un componente valioso para la producción de alimentos y bebidas saludables Sangronis et al. (2014).

La cascarilla de cacao se considera un ingrediente valioso en la formulación de productos alimenticios, ya que contiene tanto fibra dietética total como insoluble, de acuerdo con diversos estudios. Esta fibra puede tener efectos beneficiosos en el sistema digestivo, especialmente en casos de estreñimiento, lo que hace que su inclusión en productos alimenticios pueda mejorar significativamente la digestión Abarca et al. (2010).

Por otro lado, la cascarilla de cacao posee un compuesto llamado teobromina, el cual es un tipo de xantina que contiene cafeína. Aunque la teobromina es estimulante, su efecto es menos fuerte que el de la cafeína, por lo que se necesita de una cantidad mayor de teobromina para obtener un efecto similar al de la cafeína. Asimismo, la teobromina tiene un efecto diurético menos potente que la cafeína, en una proporción similar (Gil, 2010).

Obtención de la cascarilla de cacao

Las semillas de cacao conforman alrededor del 10% del peso total del fruto fresco y se pueden utilizar para producir diferentes subproductos como el licor, la manteca, la pasta y el cacao en polvo, así como productos finales como el chocolate. Para obtener estos subproductos, es necesario someter los granos de cacao a procesos de secado, fermentado y tostado, lo que genera residuos, incluyendo la cascarilla de cacao. De acuerdo con expertos, el rendimiento de 100 kg de semillas de cacao es del 85%, quedando el 15% como desechos, siendo la cascarilla de cacao el 12% del peso total de los desechos. (Barazarte, Sangronis, & Unai, 2008)

La cascarilla de cacao presenta particularidades de ser un material fibroso, seco y crujiente, con un color marrón distintivo y un aroma que recuerda a chocolate. Al ser retirada la cascarilla se puede encontrar en ella alrededor del 2 al 3% de los restos de grano que no se pudo separar Murillo et al. (2020). En la tabla 1 se presentan los valores

de la composición de la cascarilla de cacao.

Tabla 1. *Valores típicos de la composición de la cascarilla de cacao*

Composición	Valores (%)
Humedad	5.4 – 15.3
Proteína cruda	6.33 – 10.4
Fibra cruda	23.4 – 36.2
Componentes del extracto éter	0.5 – 2.4
Extracto de nitrógeno libre	31.8 – 61.4
Cenizas	6.0 – 10.8

Fuente: Murillo et al. (2020).

Valor nutricional de la cascarilla de cacao

En términos nutricionales la cascarilla de cacao, contiene los macronutrientes típicos que se encuentran en cualquier alimento, como proteínas, carbohidratos y lípidos, junto con micronutrientes como vitaminas y minerales. A pesar de que su contenido energético es relativamente bajo, con menos de 2500 Kcal/Kg, es una opción adecuada para la nutrición animal debido a su alto contenido de fibra.

Los principales componentes de la cáscara del cacao son proteínas, minerales y complejo lignocelulósico, de los cuales la fibra es el componente más característico. Estos compuestos están compuestos principalmente de celulosa, hemicelulosa y lignina, polímeros que resisten la acción de las enzimas porque carecen de cadenas laterales que permiten que las moléculas se acerquen entre sí y formen estructuras rígidas (Márquez, 2007).

Tabla 2. *Composición química de la cascarilla de cacao*

Composición	Contenido base seca (%)
Humedad	4.60
Fibra dietética total	43.50
Celulosa	19.50
Hemicelulosa	11.80
Lignina	13.70
Proteína bruta	14.90
Lípidos	2.20
Sales minerales	13.50
Azúcares reductores	0.80
Almidón	1.10
Compuestos polifenólicos	0.70
Taninos	0.17

Teobromina	1.10
Cafeína	0.11
Ácido fítico	1.00
Ácido galacturónico	12.20

Fuente: (Murillo I. , 2008)

En la tabla 3, se presentan algunos parámetros asociados a la cascarilla de cacao que son relevantes para la investigación.

Tabla 3. *Análisis proximal de la cascarilla de cacao*

Parámetro	Valor
Humedad (%)	1
Proteína (%)	13
Fibra total (%)	25
Energía metabolizable (Kcal/Kg)	1409

Fuente: (Murillo, 2008)

Generalidades del platano

Los plátanos son los frutos de las plantas herbáceas pertenecientes al género *Musa*. El cultivo del plátano procede originariamente del sudeste asiático, desde el cual se expandió al resto de los continentes gracias a las expediciones españolas y portuguesas del siglo XVI (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2005) .

Los plátanos se consideran un cultivo básico en las zonas húmedas y cálidas del suroeste de Asia. Los consumidores del hemisferio norte lo consideran un postre, pero en muchos países tropicales y subtropicales forma una parte importante de la dieta diaria de la población (Ureña, 2009).

Los plátanos, cuando están verdes, son fuentes potenciales de carbohidratos, principalmente almidón, y pueden ser transformados en harina que, mezclada con otros productos, tales como harina de soya, trigo, entre otros, puede originar productos de alto valor nutricional Carvajal et al. (2002). El fruto puede ser aprovechado completamente (pulpa y cáscara) para obtener una harina integral con un alto contenido de fibra dietaria Aguirre et al. (2007).

Cascara de platano

Las cáscaras del plátano representan el 40% del peso total del plátano fresco, y se destina a la alimentación animal o a desecho, por esta razón, es importante conocer sus

características con el fin de evaluar Tchobanoglous et al. (1993).

La cáscara de plátano posee un elevado valor nutricional, principalmente desde el punto de vista energético, lo que le confiere gran potencial para su utilización en la alimentación animal. Entre sus características, se encuentra su elevado contenido de materia seca y alta concentración de carbohidratos no fibrosos Diniz et al. (2014). En el mismo contexto para Blasco & Gómez (2014), es una fuente potencial de sustancias antioxidantes y antimicrobianas, así como de metabolitos secundarios con actividad, que eliminan a los radicales libres. También contiene otros compuestos, como antocianinas (delfinidina y cianidina) y catecolaminas, carotenoides (β -caroteno, α -caroteno), xantofilas, esteroides y triterpenos (β -sitoesterol, stigmasterol, campesterol, cicloeucalenol, ciclártenos, cicloartanol 24-metileno).

Tabla 4. *Análisis proximal de cáscaras de plátano*

Parámetro	Valor
Proteína cruda(%)	7.87
Grasa cruda (%)	11.60
Fibra cruda (%)	7.68
Cenizas (%)	13.44
Carbohidatos totales (%)	59.51
Humedad (%)	78.4

Fuente: (Essien, Akpan, & Essien, 2005)

Alimentos balanceados

En Ecuador, alrededor del 80% del consumo de maíz se destina a alimentar a empresas que procesan alimentos para la industria pecuaria y acuicultura. Según estadística de la CFN (2021) la producción fue de 1,358,626 Tm.

La industria encargada de producir alimentos balanceados necesita de varios ingredientes en específicas proporciones, incluyendo un 61% de maíz, un 33% de soya, un 4% de sorgo y un 2% de trigo (León & Yumbla, 2010). En el año 2018 la Encuesta Global sobre Alimento Balanceado señaló que la Asociación Ecuatoriana de Fabricantes de Alimentos Balanceados para Animales (AFABA) es la asociación más grandes dentro de este sector seguido de Procesadora Nacional de Alimentos C.A. “PRONACA” (Pro Ecuador, 2018).

Según Llaguno & Masabanda (2007) en el sector de alimentos balanceados, en torno al 49% del maíz duro y el 95% de la pasta de soja utilizados en 2010 fueron

importados. Estos alimentos están destinados a proporcionar una nutrición equilibrada y cumplir con los requerimientos nutricionales necesarios para los animales. El desarrollo de las producciones pecuarias ha llevado a la búsqueda de materiales nutricionales, y actualmente, las explotaciones pecuarias de pequeña y mediana intensidad suelen utilizar una alimentación tradicional basada en productos y subproductos agrícolas, agroindustriales e incluso de la industria pesquera.

La alimentación de balanceado se divide en dos formas principales que son: la alimentación suplementaria, que completa la dieta básica con minerales, vitaminas o concentrados proteicos, y la alimentación complementaria, que es la que proporciona todos los nutrientes necesarios según la etapa de desarrollo y los requisitos específicos del animal.

Clasificación de alimentos balanceados

En la figura 1 se muestra los alimentos balanceados por su composición

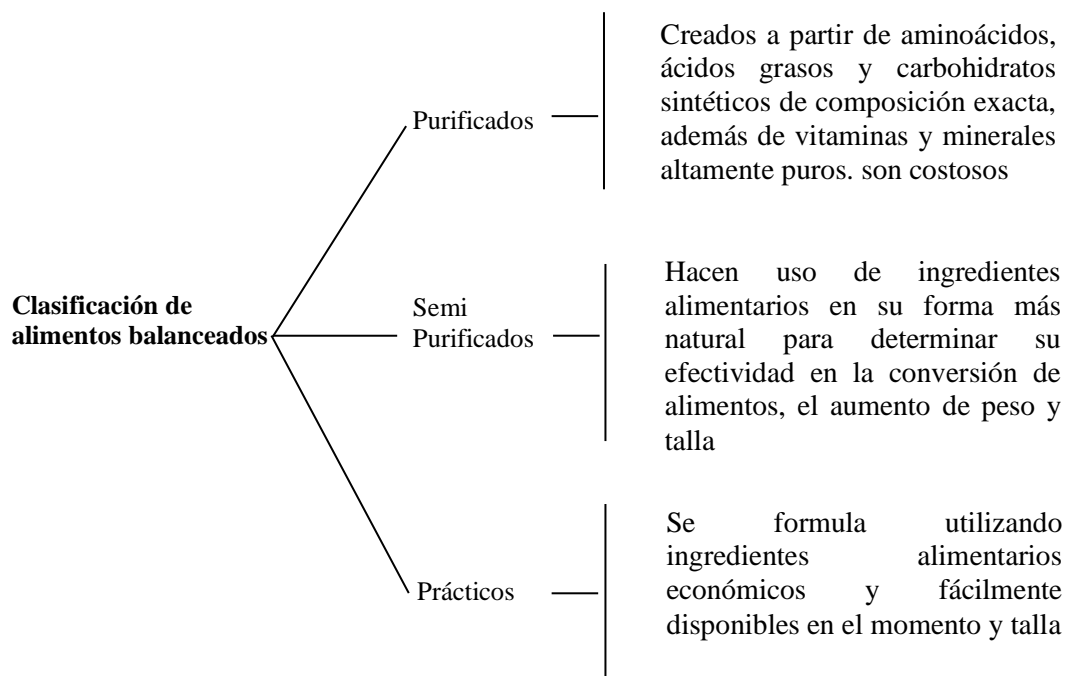


Figura 1. Clasificación alimentos balanceados por su composición (Llaguno & Masabanda, 2007)

Tipología de mezclas para alimentos balanceados:

En el área empresarial de alimentos balanceados las mezclas de acuerdo con su uso o consumo son:

Tabla 5. *Tipo de mezcla de alimentos balanceados*

Tipo de mezcla	Detalle
Seco o polvo	Mezcla o conjunto de sustancias sin interacción química entre ellas. Las propiedades de la mezcla varían según su composición y pueden depender del método o tipo de preparación. Los componentes individuales de una mezcla heterogénea están separados y pueden verse tal como son, mientras que una mezcla homogénea tiene la misma apariencia y composición en todos sus puntos (López, 2009).
Pelletización	Se agrega vapor de agua al material que ha sido previamente molido y mezclado. El objetivo es lograr una hidratación a temperaturas que se encuentran dentro del rango de 60 a 80°C. Una vez que la masa se encuentre caliente, se moldea en estructuras cilíndricas conocidas como pellets, los cuales se someten a cocción en hornos rotatorios. Las dimensiones de los pellets pueden variar dependiendo del tipo de alimento que se esté preparando (Gómez y Vergara, 1993).
Extrusión	La mezcla atraviesa un troque, dando lugar a diversas formas con una sección uniforme que se emplea en la industria alimentaria y otras aplicaciones; este proceso puede llevarse a cabo tanto en frío como en caliente (Bortone, 2007)

Fuente: (López, 2009, Gómez y Vergara, 1993, Bortone, 2007).

Requerimiento nutricional del ganado porcino

Es importante señalar que, los cerdos son animales omnívoros, que, se puede alimentar de plantas como de animales, esta especie necesita una dieta equilibrada que incluya minerales, vitaminas y aminoácidos para su desarrollo, crecimiento y engorde. Además, es de suma importancia que en todo momento tenga acceso a agua fresca; para establecer una dieta eficiente se debe tomar en cuenta varios factores como la raza, la temperatura ambiente y la humedad para de esta manera asegurar que los alimentos sean asimilados de manera óptima sin causar estrés fisiológico (Ortiz, 2001).

Sin embargo, se recomienda limitar la cantidad de proteína bruta en la dieta de los lechones durante las dos semanas siguientes al destete, ya que los altos niveles de proteína aumentarán el riesgo de diarreas postdestete; por ello es posible disminuir el contenido de proteínas ajustando la dieta con aminoácidos limitantes para evitar carencias (MAPA , 2022).

En referente a los minerales en la dieta nutricional del cerdo, el exceso de sodio puede disminuir la agresividad y el canibalismo, especialmente en fincas con mal manejo y condiciones ambientales desfavorables. Esto puede llevar a niveles de sodio por encima del 0.5 – 0,6%, pero un exceso también resultaría en un aumento de la producción de purinas. Finalmente, con respecto a la alimentación de cerdas reproductoras, cerdas primerizas y las que han tenido un segundo parto tienen mayor demanda de aminoácidos y minerales en comparación con las cerdas multíparas (MAPA , 2022).

Requerimientos nutricionales del ganado porcino

Los cerdos, como animales monogástricos, tienen necesidades nutricionales específicas para un crecimiento y desarrollo óptimos. Estas necesidades varían según la etapa de crecimiento, el sexo, la genética y el ambiente.

Nutrientes esenciales:

Proteínas: son esenciales para el crecimiento y desarrollo de los tejidos corporales. Los cerdos en crecimiento requieren entre 16 y 22% de proteína en su dieta, mientras que las cerdas gestantes y lactantes necesitan entre 14 y 18% (Bedón, 2012).

Energía: la energía se utiliza para mantener las funciones corporales básicas y para la producción de carne. Los cerdos en crecimiento requieren entre 3,000 y 3,500 kcal de energía metabolizable por kg de dieta, mientras que las cerdas gestantes y lactantes necesitan entre 2,800 y 3,200 kcal/kg (Bedón, 2012).

Vitaminas y minerales: las vitaminas y minerales son esenciales para una variedad de funciones corporales, incluyendo el sistema inmunológico, la reproducción y la salud ósea. Los cerdos requieren una variedad de vitaminas y minerales, incluyendo vitamina A, D, E, K, B1, B2, B3, B6, B12, ácido fólico, calcio, fósforo, potasio, hierro, zinc, y cobre (Bedón, 2012).

1.2 Antecedentes

La industria de alimentos destinados a mascotas ha experimentado un extenso proceso de evolución y aprendizaje, enfrentando desafíos y adoptando innovaciones tecnológicas a lo largo de casi doscientos años de historia a nivel global.

Cabe destacar que, el 85% de los alimentos formulados destinados a la industria

acuícola y avícola están cubiertos por AFABA y PRONACA, siendo la fábrica de alimentos balanceados más grande del país, al producir alimentos para autoconsumo (Cabrera & Enríquez, 2008).

A lo largo de la historia el componente de mayor importancia dentro de la gama de alimentos balanceados en Ecuador ha sido aquel destinado al sector avícola. Sin embargo, también existen otras importantes contribuciones en el mercado local, tales como los alimentos balanceados relacionados al sector pecuaria y acuicultor para su crecimiento.

La finalidad de una alimentación equilibrada es cubrir los requerimientos nutricionales de los animales, al mismo tiempo que garantiza su calidad y disponibilidad, atributos que no poseen los alimentos sin procesar. Debido a este motivo, se elaboran diversas opciones para cada categoría animal, incluyendo distintas etapas de su desarrollo. Por consiguiente, la comida equilibrada para animales representa un bien intermedio que se compone de elementos procedentes de fuentes agrícolas, animales y minerales. En esta composición, los componentes de origen animal y mineral se utilizan en proporciones menores en comparación con los de origen vegetal (Calle, 2017).

En Ecuador se generan diversos desechos procedentes de la agroindustria que pueden incorporarse como ingrediente en las dietas para la alimentación de animales. Uno de estos ejemplos es la cáscara de cacao, que se emplea como una opción para promover el aumento de peso en los animales. Este componente aporta macronutrientes y micronutrientes, además de contener compuestos químicos como las metilxantinas, que tienen un efecto estimulante sobre el sistema nervioso central, de manera importante, dentro de los límites nutricionales se encuentra la presencia de teobromina (Calle, 2017).

En ese contexto Idrovo (2016), indica que lograr el enriquecimiento proteico de las mazorcas de cacao mediante fermentación en estado sólido y su posible uso en la formulación de piensos mediante la fermentación a escala de campo de cáscaras de cacao con una altura de capa de 5 cm, donde se puede obtener un producto rico en proteínas microbianas, cuyas propiedades son similares a las producidas en el laboratorio.

Mientras que Collazos (2017) en su estudio titulado cascarilla del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) en raciones de crecimiento, acabado para cerdos. El cual es de tipo experimental en donde se tomaron como referencia 24 cerdos de 70 días de edad, a unos se les alimento con cascarilla de cacao y se les comparó con los que fueron alimentados

con afrechillo, maíz amarillo, harina de pescado pasta de algodón, melaza, determinándose que las ganancias de peso vivo, consumo de alimentos, eficiencia alimenticia y merito económico tiende a disminuir a medida que se incrementa el nivel de cascarilla de cacao en la ración. Mientras que en animales en su fase de acabado utilizan más eficientemente las dietas que contienen cascarilla de cacao.

Por su parte Baque (2022) en su investigación cuyo objetivo fue determinar el efecto de la inclusión de niveles de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) en producción de cerdos mixto en la etapa de acabado en el recinto Todo Santo del cantón El Empalme. El estudio fue de tipo exploratorio de campo. Se utilizaron para el experimento 16 cerdos previamente desparasitados. Se les suministrará dos kilogramos de alimento por animal y cada 7 días se le subirá 100 gramos por kilogramo. Se controlará el peso de los cerdos cada 14 días, hasta cumplir los 56 días de investigación. Todas las materias primas para la elaboración de las dietas de cada tratamiento con inclusión de 5, 10, 20 y 30% de cascarilla de cacao. Se pudo verificar que con la inclusión de cascarilla de cacao en las dietas de los cerdos los mejores resultados se los obtuvieron en el 5 y 10% de cascarilla de cacao debido a sus propiedades nutritivas mejorando el comportamiento productivo.

CAPÍTULO II. Metodología o Tecnología Propuesta

2.1. Descripción de la metodología o tecnología propuesta

La formulación de este balanceado utiliza residuos agroindustriales como la cascarilla de cacao y la cáscara de plátano representa una alternativa innovadora y sostenible para la industria porcina. En este proceso, es fundamental seguir una serie de pasos meticulosos para garantizar que el balanceado resultante cumpla con los requerimientos nutricionales de los cerdos en crecimiento. Estos pasos incluyen desde la recopilación de datos sobre la composición nutricional de los subproductos hasta la determinación de las cantidades óptimas de cada ingrediente y la producción del balanceado final. A continuación, se detallarán estos pasos, destacando la importancia de cada uno en el desarrollo de una dieta balanceada y efectiva para los animales.

Para formular el balanceado utilizando cascarilla de cacao y cáscara de plátano, se pueden seguir los siguientes pasos:

- **Recopilación de datos:** Obtener información sobre la composición nutricional de la cascarilla de cacao y la cáscara de plátano, incluyendo los niveles de proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas y minerales presentes en cada uno de estos subproductos agrícolas. Esta información puede obtenerse a partir de análisis de laboratorio o de referencias bibliográficas confiables.
- **Selección de ingredientes adicionales:** Además de la cascarilla de cacao y la cáscara de plátano, se deben elegir otros ingredientes para completar la formulación del balanceado. Estos pueden incluir maíz, harina de trigo, harina de soya, vitaminas y minerales, entre otros, dependiendo de los requerimientos nutricionales específicos de los cerdos en etapa de crecimiento.
- **Determinación de las cantidades óptimas:** Utilizando un método de formulación adecuado, como el método de Pearson, calcular las cantidades óptimas de cada ingrediente para satisfacer los requerimientos nutricionales de los cerdos en crecimiento. Esto implicará ajustar las proporciones de los ingredientes para alcanzar el nivel deseado de proteína cruda en la dieta, que en este caso es del 18%.
- **Mezcla y producción del balanceado:** Una vez determinadas las cantidades

óptimas de cada ingrediente, proceder a mezclarlos en las proporciones calculadas para obtener el balanceado final. Este proceso puede realizarse manualmente o utilizando equipos especializados. Es importante garantizar una mezcla homogénea para asegurar que cada porción del balanceado contenga los nutrientes necesarios en las cantidades adecuadas.

- Evaluación y ajuste: Una vez producido el balanceado, se debe realizar una evaluación inicial para verificar su calidad y adecuación a los requerimientos nutricionales de los cerdos en crecimiento. Si es necesario, se pueden realizar ajustes en la formulación para optimizar su efectividad. Además, se puede llevar a cabo un seguimiento continuo del rendimiento de los cerdos alimentados con este balanceado en condiciones reales para evaluar su efectividad a largo plazo.

Cabe mencionar algunos de los Materiales y Equipos a ser utilizados durante los procesos de elaboración del balanceado:

- Cuchillo
- Tabla de picar
- Colador o tamizador
- Balanza
- Deshidratador
- Vasos de precipitación
- Molino
- Recipiente para la mezcla
- Cuchara de palo

Los insumos que se pretenden cambiar en la dieta comercial son aquellos que pueden ser sustituidos por la cascarilla de cacao y la cáscara de plátano, por esta razón, estos insumos incluyen principalmente fuentes de carbohidratos y fibra, así como parte de la proteína vegetal. Para el estudio se tomó como referencia la Formulación Balanceado Comercial "Alcón", la cual tiene como componentes o ingredientes, maíz, polvillo de arroz, harina de soya y harina de pescado.

La inclusión de la cascarilla de cacao y la cáscara de plátano se debe realizar en diferentes porcentajes; de manera particular para esta investigación, la etapa del cerdo en

estudio será la etapa de crecimiento, ya que es crucial garantizar un adecuado desarrollo durante esta fase para obtener cerdos sanos y productivos en etapas posteriores. En cuanto a la raza, la investigación se enfoca en la raza Landrace, que es conocida por su capacidad para convertir eficientemente los alimentos en carne magra y su adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales. Sin embargo, la elección de la etapa y la raza específicas dependerá de los objetivos y las condiciones particulares de la producción porcina en el lugar donde se realice la investigación.

En particular para esta investigación, tomando como referencia cerdos de raza Landrace en etapa de crecimiento, se cambió el Polvillo de arroz y la Harina de pescado por la Cascarilla de cacao en un 25% y la cáscara de plátano en un 30% con respecto a la dieta comercial, mientras que, para cerdos en etapa de crecimiento, estos porcentajes podrían variar.

Tabla 6. Comparación entre balanceado de dieta comercial y propuestas.

Balanceado Comercial "Alcón"		Cascarilla de Cacao y Cáscara de Plátano			
Formulación		Formulación 1		Formulación 2	
Ingredientes	Cantidad %	Ingredientes	Cantidad %	Ingredientes	Cantidad %
Maíz	47,98%	Maíz	20%	Maíz	20%
Polvillo de arroz	29,59%	Cáscara de plátano	30%	Cáscara de plátano	25%
Harina de soya	7,41%	Cascarilla de cacao	25%	Harina de trigo	5%
Harina de pescado	11,52%	Harina de trigo	5%	Cascarilla de cacao	20%
Sal	0,50%	Harina de soya	15%	Harina de pescado	15%
Carbonato de calcio	2,75%	Vitaminas y minerales	5%	Harina de soya	10%
Vitaminas	0,25%			Vitaminas y minerales	5%
TOTAL	100%		100%		100%

Fuente: elaboración propia

Modelo Matemático

Para modelar la formulación de los alimentos balanceados con los componentes mencionados, se utilizó programación lineal para optimizar la combinación de ingredientes y satisfacer los requisitos nutricionales de los cerdos en crecimiento. Se inició con la definición de las variables de decisión como la cantidad de cada componente a incluir en la formulación de cada tipo de alimento balanceado. Luego, se logró las restricciones que garantizan que la combinación cumpla con los porcentajes requeridos

de proteínas, grasas, carbohidratos, minerales y vitaminas. Por último, se define la función objetivo que busca minimizar el costo total de los ingredientes utilizados. Para ello, se consideraron los datos para cada formulación propuesta, logrando representar el modelo matemático de la siguiente manera:

Variables del modelo: (FORMULACIÓN 1)

x_1 : Cantidad de maíz en la formulación.

x_2 : Cantidad de cáscara de plátano en la formulación.

x_3 : Cantidad de cascarilla de cacao en la formulación.

x_4 : Cantidad de harina de trigo en la formulación.

x_5 : Cantidad de harina de soya en la formulación.

x_6 : Cantidad de vitaminas y minerales en la formulación.

Restricciones:

1. Porcentaje de proteínas en la formulación:

$$0.2x_1 + 0.3x_2 + 0.25x_3 + 0.05x_4 + 0.15x_5 \geq 0.18$$

2. La suma de las cantidades de los ingredientes no puede exceder el total:

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 = 1$$

Función objetivo:

Minimizar el costo total

$$Z = 0.2x_1 + 0.3x_2 + 0.25x_3 + 0.05x_4 + 0.15x_5 + 0.05x_6$$

Este modelo resuelto utilizando un software de optimización lineal, como Excel Solver o software específico como PuLP en Python, permite encontrar las cantidades óptimas de cada ingrediente en la formulación 1, garantizando que se cumplan los requisitos nutricionales y minimizando el costo total.

Variables del modelo: (FORMULACIÓN 2)

x_1 : Cantidad de maíz en la formulación.

x_2 : Cantidad de cáscara de plátano en la formulación.

x_3 : Cantidad de harina de trigo en la formulación.

x_4 : Cantidad de cascarilla de cacao en la formulación.

x_5 : Cantidad de harina de pescado en la formulación.

x_6 : Cantidad de harina de soya en la formulación.

x_7 : Cantidad de vitaminas y minerales en la formulación.

Restricciones:

1. Porcentaje de proteínas en la formulación:

$$0.2x_1 + 0.25x_2 + 0.05x_3 + 0.20x_4 + 0.15x_5 + 0.1x_6 \geq 0.18$$

2. La suma de las cantidades de los ingredientes no puede exceder el total:

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 = 1$$

Función objetivo:

Minimizar el costo total

$$Z = 0.2x_1 + 0.3x_2 + 0.05x_3 + 0.25x_4 + 0.05x_5 + 0.1x_6 + 0.05x_7$$

Este modelo resuelto utilizando un software de optimización lineal, como Excel Solver o software específico como PuLP en Python, permite encontrar las cantidades óptimas de cada ingrediente en la formulación 2, garantizando que se cumplan los requisitos nutricionales y minimizando el costo total.

2.2. Tipo de investigación

El estudio pertenece a un proyecto de desarrollo, por cuanto está encaminado a innovar el mercado aprovechando la cascarilla de cacao y la cascara de plátano, así como también su valor nutricional y a su vez para darles utilidad a productos que no se han explotado. Por tal razón la investigación es de tipo experimental, donde el investigador cambia una o varias variables de estudio con el fin de controlar y evaluar su efecto en los

comportamientos observados (Alonso et al., 2010).

El diseño de la investigación es cuantitativa, y de alcance descriptiva permite detallar las características de los componentes del alimento balanceado a ser formulado para los cerdos en etapa de crecimiento (Taylor & Bogdan, 1989); además el estudio será explicativo, ya que, la finalidad de este tipo de investigación es recopilar información, identificar contextos generales y encontrar elementos significativos como tendencias y posibles relaciones entre variables que serán examinadas en profundidad en investigaciones futuras (Meza, 2017).

2.3. Métodos de investigación

Se emplearán los métodos deductivo y analítico puesto que a través de ellos se logra llegar a conclusiones que fundamentarán más este trabajo generándole así gran relevancia.

Puesto que, con relación al método deductivo, comúnmente se menciona que se avanza de lo amplio a lo específico, de modo que partiendo de declaraciones de carácter general y empleando herramientas científicas, se deducen declaraciones específicas (Gómez, 2004); mientras que el método analítico constituye una vía para alcanzar un resultado al descomponer un fenómeno en sus componentes fundamentales (Lopera, Ramírez, Zuluaga, & Ortiz, 2010).

Al emplear el enfoque deductivo y analítico en este trabajo de investigación, se logra un proceso riguroso y sistemático que mejora la comprensión y optimización de los procesos involucrados, ya que, mediante el método deductivo se derivan conclusiones específicas, así como también establecer relaciones causales y predecir resultados, lo que resulta crucial para la formulación precisa de un alimento balanceado nutricionalmente equilibrado y en cuanto el método analítico descompone el complejo proceso de formulación en elementos constituyentes, lo que facilita la identificación y comprensión de cada componente y su interacción en el alimento final.

2.4. Fuentes de información

Para este trabajo de investigación el tipo de fuente de información es primaria, ya que incluye datos inéditos, que han sido presentados por primera vez y que no han sido filtrados, interpretados o examinado por terceros, por lo que son el resultado de una

investigación o de un proceso sumamente creativo. (Silvestrini & Vargas, 2008)

2.5. Análisis FODA de la metodología o tecnología:

Mediante el Análisis FODA de la metodología se establecerá la situación inicial para la formulación un alimento balanceado a partir de cascarilla de cacao y cáscara de plátano que permita satisfacer los requerimientos nutricionales y energéticos de los cerdos en etapa de crecimiento

Tabla 7. *Matriz FODA de la metodología a ser aplicada*

ANÁLISIS INTERNO	FORTALEZAS	DEBILIDADES
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Materia prima fácil de obtener 2. Materiales sencillos 3. La metodología no es complicada 4. Bajo costo de la materia prima 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se deben hacer muchas pruebas hasta obtener la óptima composición de la fórmula del alimento balanceado 2. Complejidad en obtener una ración balanceada a un costo competitivo en el mercado
ANÁLISIS EXTERNO	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Establecer un convenio centros de acopio de cacao para obtener la materia prima 2. Darles un nuevo uso a los residuos agroindustriales. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. No acogida del producto final en el mercado de alimentos balanceados

El análisis FODA revela una serie de factores internos y externos que afectan el desarrollo y la implementación de la propuesta de formulación de alimento balanceado a partir de cascarilla de cacao y cáscara de plátano destinado al ganado porcino. Entre las fortalezas identificadas se encuentra la facilidad de obtener la materia prima, compuesta por materiales sencillos y con una metodología de elaboración no complicada, lo que potencialmente podría reducir los costos de producción. Además, el bajo costo de la materia prima representa una ventaja competitiva en términos económicos.

Sin embargo, estas fortalezas se ven contrarrestadas por algunas debilidades significativas, la necesidad de realizar numerosas pruebas para obtener la composición

óptima del alimento balanceado representa un desafío en términos de tiempo y recursos. Además, la complejidad para lograr una ración balanceada a un costo competitivo en el mercado podría limitar la viabilidad comercial del producto final.

En cuanto al análisis externo, se identifican oportunidades interesantes, como la posibilidad de establecer convenios con centros de acopio de cacao para asegurar el suministro de materia prima, así como el potencial de dar un nuevo uso a los residuos agroindustriales, lo que podría generar beneficios ambientales y económicos. Sin embargo, existe la amenaza de una falta de aceptación del producto final en el mercado de alimentos balanceados, lo que podría obstaculizar el éxito comercial de la propuesta. De esta manera, el análisis FODA destaca la necesidad de capitalizar las fortalezas internas, aprovechar las oportunidades externas y abordar de manera proactiva las debilidades y amenazas identificadas para garantizar el éxito de la implementación de la propuesta.

Tabla 7. *Tabla nutricional simplificada para la cascarilla de cacao y la cáscara de plátano*

Componente	Cascarilla de Cacao (por 100g)	Cáscara de Plátano (por 100g)
Proteínas	8.5g	3.9g
Grasas	3.2g	0.3g
Carbohidratos	77.6g	12.2g
Fibra dietética	29.4g	7.5g
Calcio	91mg	8mg
Hierro	10.9mg	0.6mg
Potasio	1520mg	400mg
Vitamina C	0mg	20.6mg

Nota: Es importante tener en cuenta que estos valores pueden variar dependiendo de factores como la variedad de la planta, el procesamiento y la región de cultivo.

Para detallar las cantidades de diferentes insumos que podrían ser reemplazados en la dieta comercial por la adición de cascarilla de cacao y cáscara de plátano, es necesario realizar un análisis comparativo de las características nutricionales de estos subproductos con los ingredientes convencionales utilizados en la dieta de los cerdos. Supongamos que la dieta comercial típica para cerdos en etapa de crecimiento incluye maíz, soya, harina de pescado y un suplemento vitamínico-mineral.

- Maíz: Si la cascarilla de cacao y la cáscara de plátano pueden proporcionar una cantidad suficiente de carbohidratos y energía en la dieta, se podría reducir la

cantidad de maíz utilizado como fuente de energía en la formulación. Por ejemplo, si la cascarilla de cacao contiene un alto contenido de carbohidratos, podría reemplazar una parte del maíz en la dieta.

- Soya: Si la cascarilla de cacao y la cáscara de plátano contienen niveles aceptables de proteínas, podrían reemplazar parcialmente la harina de soya como fuente de proteínas en la dieta. Se calcularían las cantidades necesarias para mantener el equilibrio proteico requerido por los cerdos en crecimiento.
- Harina de pescado: Si los residuos agroindustriales contienen cantidades adecuadas de minerales como el calcio y el hierro, podrían reducirse o eliminarse las cantidades de harina de pescado utilizadas como fuente de estos nutrientes en la dieta.
- Suplemento vitamínico-mineral: Si la cascarilla de cacao y la cáscara de plátano contienen vitaminas y minerales en cantidades significativas, podría ser posible reducir la cantidad de suplementos vitamínicos y minerales agregados a la dieta.

Por lo antes expuesto se evidencia la relevancia de la investigación, debido a lo importante de realizar análisis nutricionales detallados de los subproductos y compararlos con las necesidades nutricionales específicas de los cerdos en crecimiento para determinar las cantidades exactas de insumos que podrían ser reemplazadas en la dieta comercial.

2.6. Costos asociados a las dietas optimas

Para determinar cuál dieta es más o menos costosa, y al mismo tiempo permitir una fase experimental en campo donde a través de los animales se puedan evaluar la eficacia de dicha dieta, se puede realizar un análisis económico preliminar y luego llevar a cabo un estudio en condiciones reales con los cerdos.

En el análisis económico preliminar, se comparan los costos de los ingredientes convencionales utilizados en la dieta comercial con los costos estimados de la incorporación de la cascarilla de cacao y la cáscara de plátano. De esta forma, se toma en cuenta el precio de mercado de cada ingrediente y se calcularía el costo total de la dieta para un determinado período de tiempo, por ejemplo, un mes.

Posteriormente, se lleva a cabo un estudio experimental en campo donde se alimentaría a dos grupos de cerdos con diferentes dietas: una dieta basada en los

ingredientes convencionales y otra dieta que incluya la cascarilla de cacao y la cáscara de plátano en proporciones determinadas. Durante este período experimental, se monitorea el crecimiento de los cerdos, su salud y cualquier otra variable relevante.

Al finalizar el período experimental, se comparan los resultados obtenidos en términos de ganancia de peso, eficiencia alimentaria, salud de los animales y cualquier otro factor relevante. Además, se calculan los costos reales de alimentación para cada grupo de cerdos.

La evaluación económica y los resultados obtenidos en el campo permitirán determinar cuál de las dos dietas es más costosa o económica en función del rendimiento de los cerdos y los costos reales de alimentación. Esta metodología proporcionaría una visión completa y práctica de la viabilidad económica de la inclusión de la cascarilla de cacao y la cáscara de plátano en la dieta de los cerdos en crecimiento.

CAPÍTULO III. Resultados

3.1. Composición nutricional de la cascarilla de cacao y cáscara de plátano para una dieta de cerdos en etapa de crecimiento en cerdos.

De acuerdo con Suarez, (2021) el alimento balanceado es la principal fuente de alimento para cerdos en el Ecuador con un promedio ecuánime del 73 % continuo de la categoría de otros alimentos con el 12,7 %, forraje verde 5,3 % y granos enteros o molidos 8,6 %. Basado en la investigación realizada, la formulación del alimento balanceado para cerdos en etapa de crecimiento a partir de cascarilla de cacao y cáscara de plátano podría ser la siguiente:

- Cascarilla de cacao: 25%
- Cáscara de plátano: 30%
- Maíz: 20%
- Soya: 15%
- Harina de trigo: 5%
- Vitaminas y minerales: 5%

Esta formulación proporcionaría una combinación adecuada de proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales para satisfacer los requerimientos nutricionales y energéticos de los cerdos en etapa de crecimiento, aprovechando al máximo los subproductos agrícolas disponibles y garantizando una alimentación equilibrada y saludable para los animales.

Según un estudio realizado por Aguiar et al., (2021), donde se analizaron caracterización química de los residuos agroindustriales en diferentes muestras donde se determinó el contenido de materia seca (MS), materia orgánica (MO), cenizas, proteína bruta (PB), extracto etéreo (EE), extractos libres de nitrógeno (ELN) y fibra bruta (FB). Se logró evidenciar que la cáscara de plátano presentó valores donde, los contenidos de OM, ELN, cenizas y EB son mayores, mientras que los de DM y FB son menores. El contenido de humedad estudiado de las cáscaras de plátano, cáscaras de cacao (Ajila et al. 2012) fue alto y contenía 11,4% de materia seca y 6% de proteína cruda, mientras que los valores de fibra cruda fueron superiores (31,5). Cáscara de plátano (5,85%).

Tabla 8. *Composición química de la cáscara de plátano.*

Variable	Media	DE
MS, %	14,06	0,11
MO, %	91,19	0,01
PB, %	7,93	0,70
FB, %	5,85	0,02
EE, %	5,02	0,07
ELN, %	72,40	0,76
Cenizas, %	8,82	0,01
EB, Kcal 100 g MS ⁻¹	378,15	0,37

Fuente: (Aguiar, Uvidia, & Arboleda, 2021)

Tabla 9. *Composición nutricional de la cascarilla de cacao y la cáscara de plátano para una dieta de cerdos en etapa de crecimiento.*

Componente	Cascarilla de Cacao	Cáscara de Plátano
Proteínas (%)	3-6	3-5
Grasas (%)	2-6	2-3
Fibra cruda (%)	45-50	60-70
Carbohidratos (%)	Variable	Variable
Minerales (%)	Variable	Variable

Cabe destacar que, estos valores son aproximados promedios y pueden variar según el origen y el procesamiento de los subproductos agrícolas, recomendando realizar análisis específicos de laboratorio para determinar la composición nutricional exacta de cada lote de cascarilla de cacao y cáscara de plátano antes de su uso en la formulación de dietas para cerdos en etapa de crecimiento.

La formulación propuesta se basa en un cuidadoso análisis de la composición nutricional de la cascarilla de cacao y la cáscara de plátano, así como en la evaluación de las necesidades específicas de los cerdos en etapa de crecimiento. Se ha priorizado el uso de estos subproductos agrícolas debido a su disponibilidad y potencial para proporcionar los nutrientes requeridos por los animales, lo que contribuye a reducir los costos de alimentación y a aprovechar de manera eficiente los recursos disponibles en la región.

En este orden de ideas, la evaluación detallada de la composición nutricional de la cascarilla de cacao y la cáscara de plátano ha proporcionado información crucial para el desarrollo de la formulación del alimento balanceado destinado a los cerdos en etapa de crecimiento. Este análisis ha permitido identificar los niveles de proteínas, grasas, carbohidratos, así como la presencia de vitaminas y minerales en cada uno de estos residuos agroindustriales, donde los resultados obtenidos brindan una base sólida para diseñar una dieta que cumpla con los requerimientos nutricionales y energéticos de los cerdos, garantizando su adecuado crecimiento y desarrollo.

Además, esta evaluación nutricional ha resaltado el valor potencial de la cascarilla de cacao y la cáscara de plátano como fuentes de nutrientes para la alimentación animal, su inclusión en la dieta de los cerdos no solo ofrece una alternativa sostenible y económicamente viable, sino que también contribuye a reducir el desperdicio de estos subproductos agrícolas.

La formulación de balanceado a partir de cascarilla de cacao y cáscara de plátano destinado al ganado porcino puede proporcionar varios beneficios y mejoras en el proceso de alimentación de los cerdos. Aquí hay algunas posibles ventajas:

1. Aprovechamiento de residuos: La utilización de cascarilla de cacao y cáscara de plátano como ingredientes en el balanceado aprovecha materiales que de otra manera podrían considerarse desechos, esto contribuye a reducir la cantidad de residuos generados por la industria alimentaria.
2. Costos de producción: Al utilizar residuos agroindustriales como ingredientes, es posible reducir los costos de producción del balanceado en comparación con fuentes más tradicionales de alimentos para animales.
3. Valor nutricional: La cascarilla de cacao y la cáscara de plátano pueden aportar nutrientes beneficiosos a la dieta de los cerdos, como fibra dietética y minerales.

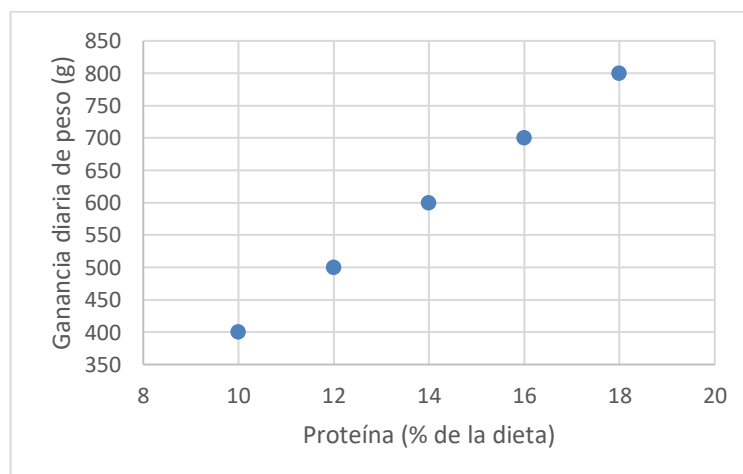
Esto puede contribuir a una alimentación más equilibrada y satisfacer las necesidades nutricionales de los animales.

4. Sostenibilidad: La utilización de residuos agroindustriales en la alimentación animal promueve prácticas más sostenibles al reducir la dependencia de ingredientes de origen convencional y alentar el uso eficiente de recursos disponibles.
5. Impacto ambiental: Al disminuir la cantidad de residuos agroindustriales que se desechan o se queman, se puede reducir el impacto ambiental negativo asociado con estas prácticas, como la contaminación del aire y del suelo.
6. Mejora del producto final: La inclusión de cascarilla de cacao y cáscara de plátano en la formulación del balanceado puede tener efectos positivos en la calidad de la carne de cerdo, como el sabor y la textura, lo que podría traducirse en una mayor aceptación por parte de los consumidores.

De esta manera, la implementación de la propuesta de formular balanceado a partir de cascarilla de cacao y cáscara de plátano destinado al ganado porcino tiene el potencial de brindar beneficios económicos, ambientales y nutricionales, al tiempo que contribuye a una producción más sostenible y eficiente en la industria porcina.

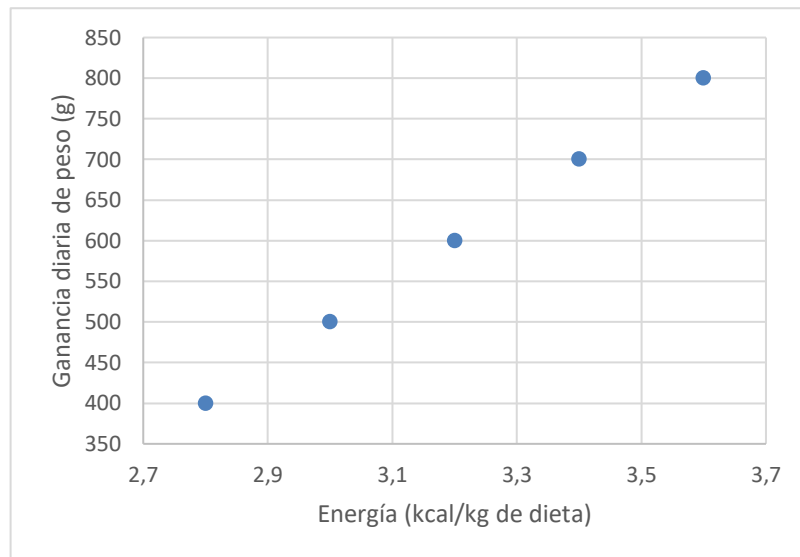
A través de estas representaciones gráficas se pretende evidenciar la relación existente entre los elementos que intervienen en los procesos analizados en la propuesta como es el caso del Crecimiento de cerdos en función de los Componentes nutricionales.

Gráfico 1. *Ganancia diaria de peso vs. Proteína*



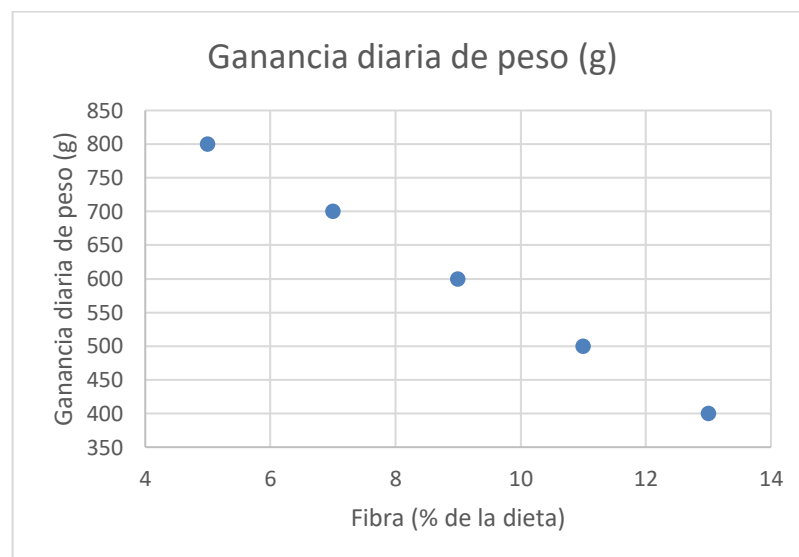
Se puede observar en la gráfica que existe una relación positiva entre la cantidad de proteína en la dieta y la ganancia diaria de peso, donde los cerdos que consumen más proteína tienen a obtener un crecimiento más rápido.

Gráfico 2. *Ganancia diaria de peso vs. Energía*



Se evidencia en la gráfica que la energía también es un factor importante para el crecimiento de los cerdos, es decir, que aquellos cerdos que consumen más energía tienen una mayor ganancia diaria de peso.

Gráfico 3. *Ganancia diaria de peso vs. Fibra*



La gráfica muestra como la fibra tiene un efecto negativo en el crecimiento de los cerdos. Los cerdos que consumen más fibra tienen una menor ganancia diaria de peso.

Sin embargo, cabe destacar que, podrían considerarse otros componentes nutricionales además de la proteína, la energía y la fibra, como por ejemplo los minerales y las vitaminas también son importantes para el crecimiento de los cerdos y se encuentra dentro de los nutrientes propuestos en las formulaciones. En este sentido, en la etapa de crecimiento, los requerimientos nutricionales de los cerdos varían según la etapa de crecimiento en la que se encuentren, así como la genética, que también juega un papel importante en el crecimiento de los cerdos.

3.2. Determinar las proporciones óptimas de cascarilla de cacao y cáscara de plátano en la dieta de cerdos durante la etapa de crecimiento mediante un modelo matemático.

Este enfoque basado en modelos matemáticos no solo optimiza el rendimiento nutricional de la dieta, sino que también contribuye a la eficiencia en los procesos de formulación de alimentos balanceados, lo que puede traducirse en ahorros significativos en costos de producción.

Además, la aplicación de modelos matemáticos para determinar las proporciones óptimas de ingredientes en la dieta de cerdos ofrece una ventaja adicional al permitir ajustes precisos y personalizados en función de las necesidades específicas de los animales y las condiciones de producción. Esta capacidad de adaptación y optimización continua facilita la mejora continua de la eficiencia alimentaria y el rendimiento productivo en la industria porcina, lo que respalda la sostenibilidad y competitividad a largo plazo del sector.

Para evaluar la efectividad de la propuesta de formulación de balanceado a partir de cascarilla de cacao y cáscara de plátano destinado al ganado porcino en estudios experimentales, se podrían considerar los siguientes aspectos:

1. Análisis de composición nutricional.
2. Pruebas de alimentación.
3. Análisis de conversión alimenticia.
4. Evaluación económica.
5. Monitoreo de salud animal.
6. Opinión de expertos.
7. Evaluación de la sostenibilidad.

Estos aspectos serán fundamentales para determinar la efectividad y viabilidad de la propuesta en la mejora de la alimentación y producción porcina. En este sentido, la evaluación de la efectividad de la propuesta de formulación de balanceado a partir de cascarilla de cacao y cáscara de plátano destinado al ganado porcino requerirá un enfoque integral que abarque aspectos nutricionales, productivos, económicos y de sostenibilidad. Todos estos aspectos, permiten determinar la viabilidad y el potencial impacto positivo de esta innovadora alternativa alimenticia en la industria porcina. El compromiso con la mejora continua y la atención a los resultados obtenidos serán clave para garantizar el éxito y la efectividad de esta propuesta en el contexto específico de la provincia de Esmeraldas - Ecuador, en el año 2024.

Sin embargo, para este estudio se analizó desde la composición nutricional y la evaluación para la elaboración del modelo matemático que determine las proporciones óptimas de cascarilla de cacao y cáscara de plátano en la dieta de cerdos durante la etapa de crecimiento a través de los modelos presentados para la formulación 1 y Formulación 2, siendo las más eficiente esta última.

En general, el modelo matemático indicó que las proporciones óptimas de cascarilla de cacao y cáscara de plátano en la dieta de cerdos durante la etapa de crecimiento pueden ser de hasta 25% y 30%, respectivamente. Sin embargo, es importante realizar estudios de alimentación a largo plazo para evaluar el efecto de estas proporciones en la salud y el rendimiento productivo de los cerdos, además, se recomienda desarrollar estrategias para mejorar la palatabilidad de las dietas que contienen estos subproductos. Es importante tener en cuenta que las proporciones óptimas pueden variar en diferentes condiciones.

3.3. Analizar la viabilidad económica de utilizar cascarilla de cacao y cáscara de plátano en la formulación de la dieta en comparación con una dieta comercial.

A nivel internacional, se logró detectar casos particulares en relación a estudios que analizan la viabilidad económica en la reproducción y comercialización de cerdos; tomando como ejemplo la Pampa argentina, cabe señalar que todo el sistema productivo, incluido todo el ciclo de vida y reproducción del cerdo, sufre importantes innovaciones y es necesario ajustar los costos en los procesos, teniendo en cuenta un nivel suficiente de producción. Aspectos como muertes neonatales, energía insuficiente para el confort

térmico materno, uso excesivo de recursos humanos en instalaciones de limpieza e infraestructura alimentaria inadecuada son algunos de los problemas que se presentan durante su ciclo de vida. (Pepa y Piermattei, 2018):

El costo de alimentación es el de mayor incidencia en la estructura de costos de la granja, sin embargo, se puede disminuir reduciendo los costos variables, en especial en cuanto al alimento por medio de la sustitución, las bonificaciones o descuentos por altos volúmenes de compra, reducción de mortalidad neonatal y otros (p. 52).

Al respecto, se hace necesario considerar estudios acerca de la viabilidad económica de la formulación de balanceados, donde se permita comparar con ingredientes convencionales utilizados en la alimentación porcina. La inclusión de la cascarilla de cacao y la cáscara de plátano en la dieta de los cerdos no solo ofrece una alternativa nutricional equilibrada, sino también económicamente viable, lo que podría representar un beneficio significativo para los productores al reducir los costos de producción y mejorar la rentabilidad de la actividad ganadera.

El análisis de la viabilidad económica de utilizar cascarilla de cacao y cáscara de plátano en la formulación de la dieta para cerdos ha revelado resultados alentadores en comparación con ingredientes convencionales. Los costos asociados con la adquisición de estos residuos agroindustriales suelen ser considerablemente más bajos en comparación con los ingredientes convencionales utilizados en la alimentación porcina. Además, la disponibilidad de cascarilla de cacao y cáscara de plátano como residuos de otras industrias agroindustriales presenta una oportunidad económica adicional al reducir los costos de producción y minimizar el desperdicio.

Tabla 10. Cuadro comparativo de viabilidad económica.

Componente	Precio USD/kg (2023-2024)	Balanceado Comercial	Formulación 1	Formulación 2
Maíz	0.25	47.98% (12.00)	20% (5.00)	20% (5.00)
Cáscara de plátano	0.01	-	30% (0.30)	25% (0.30)
Cascarilla de cacao	0.02	-	25% (0.50)	20% (0.50)
Harina de trigo	0.3	-	5% (0.15)	5% (0.15)
Harina de soya	0.4	7.41% (2.96)	15% (6.00)	10% (6.00)
Harina de pescado	0.7	11.52% (8.06)	-	15% (3.50)
Sal	0.1	0.50% (0.05)	-	-

Carbonato de calcio	0.15	2.75% (0.41)	-	-
Vitaminas y minerales	1	0.25% (0.25)	5% (0.50)	5% (0.50)
Costo total por kg	-	0.23 USD/kg	0.19 USD/kg	0.18 USD/kg

Fuente: elaboración propia

La Formulación 1 y la Formulación 2 son más económicas que el Balanceado Comercial, con una reducción del costo de 17% y 22% respectivamente. Sin embargo, la Formulación 2 presenta el menor costo total por kg, debido a la menor cantidad de harina de soya utilizada, de esta forma, la cáscara de plátano y la cascarilla de cacao son ingredientes económicos que pueden reemplazar parcialmente a ingredientes más costosos como la harina de maíz y la harina de soya.

En este orden de ideas, queda abierta la posibilidad de evaluar la calidad nutricional de las formulaciones 1 y 2, para las condiciones específicas de cada raza, asegurándose de que satisfagan los requerimientos de los cerdos en etapa de crecimiento. Para ello, se deben realizar pruebas de alimentación para determinar la palatabilidad y el efecto de las formulaciones en el rendimiento productivo de los cerdos, además se pueden realizar análisis de sensibilidad para evaluar el impacto de cambios en los precios de los ingredientes sobre la viabilidad económica de las formulaciones.

Por otro lado, la utilización de cascarilla de cacao y cáscara de plátano en la formulación de la dieta para cerdos puede proporcionar beneficios adicionales en términos de sostenibilidad y gestión ambiental. Al reutilizar estos residuos agroindustriales, se contribuye a la reducción de residuos y al aprovechamiento de recursos que de otro modo podrían ser desechados, esto no solo tiene un impacto económico positivo, sino que también promueve prácticas más sostenibles en la industria agrícola y pecuaria.

Discusión

De esta forma, los dos modelos propuestos, uno centrado en la optimización del costo de producción del balanceado mediante programación lineal y el otro enfocado en la maximización de la eficiencia nutricional considerando diversas fuentes de ingredientes, ofrecen en conjunto un enfoque integral para abordar el desafío de formular balanceados destinados al ganado porcino. Ambos modelos representan herramientas poderosas que pueden guiar decisiones cruciales en la industria pecuaria, permitiendo a los productores optimizar tanto los aspectos económicos como nutricionales de sus productos, es así como su contribución de esta investigación, radica en la aplicación de técnicas matemáticas avanzadas para resolver problemas complejos en la formulación de alimentos para animales, lo que potencialmente conduce a mejoras significativas en la productividad y la eficiencia en la crianza de ganado porcino.

Según los estudios de Fernández (2018), la inclusión de niveles adecuados de cascarilla de cacao en dietas para cerdos en etapa de crecimiento y finalización permite reducir los costos de alimentación sin afectar negativamente el desempeño productivo, por ello, atribuye estos resultados al aporte proteico y de fibra que realiza la cascarilla de cacao.

Por su parte, Ramírez (2019) señala que la cáscara de plátano verde representa una alternativa viable y económica para complementar los requerimientos nutricionales en la alimentación porcina, gracias a su contenido energético y de carbohidratos. Su incorporación en niveles moderados mejora la eficiencia alimenticia. Asimismo, Valencia (2020) indica que el uso combinado de residuos agroindustriales como la cascarilla de cacao y la cáscara de plátano en el balanceado porcino permite formular dietas que cumplen con las necesidades nutricionales a un menor costo. Siempre que se realicen las evaluaciones técnicas correspondientes. Todo esto, muestra como a través de modelado matemático se puede evidenciar la combinación oportuna y eficiente para los objetivos propuestos.

Según García et al. (2020), la cascarilla de cacao es una fuente de energía y fibra para los rumiantes, que puede reemplazar parcialmente al maíz en las dietas, sin afectar el consumo voluntario, la digestibilidad o el comportamiento productivo de los animales. Los autores indican que la cascarilla de cacao tiene un contenido de proteína cruda de

7.8%, una energía neta de lactación de 1.36 Mcal/kg y una fibra detergente neutro de 64.5%. Además, señalan que la cascarilla de cacao puede mejorar la salud ruminal, al reducir el riesgo de acidosis y favorecer el crecimiento de bacterias celulolíticas.

Por otro lado, Pérez y Martínez (2019) afirman que la cáscara de plátano es un residuo con alto potencial para la alimentación de cerdos, debido a su bajo costo, su disponibilidad durante todo el año y su aporte de energía y fibra. Los autores reportan que la cáscara de plátano tiene un contenido de proteína cruda de 3.8%, una energía digestible de 2.8 Mcal/kg y una fibra detergente neutro de 40.6%. Asimismo, destacan que la cáscara de plátano puede mejorar la palatabilidad y la humedad de las dietas, así como el tránsito intestinal y la salud digestiva de los cerdos.

Para fortalecer esta postura, es conveniente mencionar que según Cañas (2019), el aprovechamiento de residuos agroindustriales en la alimentación animal ofrece múltiples ventajas, entre las que destacan la reducción de costos, el menor impacto ambiental y la posibilidad de formular dietas nutricionalmente balanceadas, donde cabe destacar que, la cascarilla de cacao contiene compuestos bioactivos que pueden enriquecer la dieta porcina.

Por su parte, Gómez (2020) indica que la cáscara de plátano verde es una fuente importante de energía, proteínas, minerales y compuestos funcionales, por ello, su inclusión en alimentos balanceados para cerdos aporta nutrientes esenciales y antioxidantes de forma económica. Asimismo, Gutiérrez (2021) afirma que el desarrollo de nuevo alimento balanceado para ganado porcino, incorporando residuos locales sostenibles, permite cumplir los requerimientos nutricionales específicos de cada etapa productiva, es así que, esto se traduce en índices eficientes de conversión alimenticia.

De igual manera, Valdez (2021) indica que la adopción de nuevos ingredientes en balanceados porcinos requiere validación productiva a través de pruebas de alimentación que confirmen su efectividad zootécnica, por ende, la omisión de este paso podría arrojar resultados variables en distintas granjas.

Finalmente, Ramírez et al. (2021) sostienen que la cascarilla de cacao y la cáscara de plátano pueden ser utilizadas como ingredientes para la formulación de alimentos balanceados para aves, siempre que se consideren sus limitaciones nutricionales y se realicen los ajustes necesarios en la composición y el procesamiento de las dietas. Los

autores mencionan que la cascarilla de cacao tiene un contenido de proteína cruda de 9.2%, una energía metabolizable de 2.1 Mcal/kg y una fibra detergente neutro de 58.4%. Por su parte, la cáscara de plátano tiene un contenido de proteína cruda de 4.2%, una energía metabolizable de 2.6 Mcal/kg y una fibra detergente neutro de 37.8%. Además, resaltan que la cascarilla de cacao y la cáscara de plátano pueden aportar antioxidantes, prebióticos y fitoquímicos beneficiosos para la salud y el rendimiento de las aves.

CAPÍTULO V. Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

Los resultados obtenidos confirman que ambos residuos agroindustriales son ricos en nutrientes esenciales para el ganado porcino en etapa de crecimiento. La cascarilla de cacao muestra un contenido significativo de proteínas, grasas, carbohidratos y minerales, mientras que la cáscara de plátano aporta una cantidad importante de fibra dietética, vitaminas y minerales. Estos hallazgos respaldan la viabilidad de utilizar estos residuos en la formulación de balanceados para cerdos, ofreciendo una alternativa nutritiva y económica a los ingredientes convencionales.

En referencia a la viabilidad económica, los resultados indican que la incorporación de estos residuos podría generar ahorros significativos en los costos de producción de alimentos balanceados para ganado porcino. Al comparar los precios de la cascarilla de cacao y la cáscara de plátano con los ingredientes convencionales utilizados en la alimentación porcina, se observa que estos residuos son considerablemente más económicos, lo que podría traducirse en una reducción sustancial de los gastos de alimentación sin comprometer la calidad nutricional de la dieta.

De igual forma, mediante la aplicación de modelos matemáticos y técnicas de optimización nutricional, se ha desarrollado un modelo matemático que permite calcular las cantidades adecuadas de estos residuos agroindustriales en la formulación de balanceados. Este modelo considera los requerimientos nutricionales de los cerdos en crecimiento, así como las características nutricionales de la cascarilla de cacao y la cáscara de plátano, con el objetivo de maximizar la eficiencia alimentaria y minimizar los costos de producción.

5.2. Recomendaciones

- Es crucial realizar pruebas experimentales en granjas porcinas para validar la eficacia y aceptación de las dietas formuladas.
- Se recomienda mantener una actualización constante de los datos nutricionales de los ingredientes utilizados, garantizando la precisión de las formulaciones.
- Es importante realizar ajustes periódicos en los modelos matemáticos según los resultados obtenidos en la práctica, asegurando su relevancia y eficacia continua.
- Se sugiere realizar un análisis exhaustivo del impacto ambiental y económico de la implementación de estas dietas, considerando tanto los beneficios como las posibles repercusiones.
- Se debe llevar a cabo un seguimiento detallado de la eficiencia de los recursos utilizados en la producción de los alimentos balanceados, buscando optimizar su uso y minimizar desperdicios.
- Es fundamental considerar la huella ambiental de toda la cadena de producción, desde la obtención de los ingredientes hasta la distribución de los alimentos, con el fin de promover prácticas más sostenibles en la industria porcina.

6. Referencias

- Abarca, D., Martínez, R., Muñoz, J., Torres, M., & Vargas, G. (2010). Residuos de Café, Cacao y Cladodio de Tuna: Fuentes Promisorias de Fibra Dietaria. Revista Tecnológica ESPOL –RTE, 23(2), 63 - 69. <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/57/28>
- Agro. (2012). Siembra y cosecha de tagua. Revista el Agro, 15-16.
- Aguirre, A., Bello, L., & Gonzalez, R. (2007). Modificación química del almidón presente en la harina de plátano macho (*Musa. Paradisiaca L.*) y su efecto en el contenido de fibra dietaria. Obtenido de www.respyn.uanl.mx/especiales/2007/ee-12-2007/documentos/CNCA-200709.pdf
- Ajila, C. M., Brar, S. K., Verma, M., Tyagi, R. D., Godbout, S., & Valéro, J. R. (2012): Bio-processing of agro-byproducts to animal feed. Critical reviews in biotechnology, 32(4), 382-400. DOI: 10.3109/07388551.2012.659172
- ASPE. (2022). Sector porcicola del Ecuador en cifras. Obtenido de <https://aspe.org.ec/estadisticas/>
- Baque, J. (2022). Inclusión de niveles de cascarilla de cacao (*theobroma cacao l.*) En producción de cerdos mixtos en la etapa de acabado en el recinto todo santo del cantón El Empalme. Universidad Estatal de Quevedo, Quevedo - Ecuador.
- Blasco, G., & Gómez, F. (2014). Propiedades funcionales del plátano (*Musa sp.*). Rev. Med. UV, 23-24. doi: https://www.uv.mx/rm/num_anteriores/revmedica_vol14_num2/articulos/propiedades.pdf.
- Bortone, E. (2007). Diseño de plantas de alimentos balanceados especializadas para peces y crustáceos. Engormix. https://www.engormix.com/balanceados/peletizado-alimentos/disenio-plantas-alimentos-balanceados_a27297/
- Cabrera, N., & Enríquez, F. (2008). Estructuración de un modelo de una planta de producción y comercialización de alimentos balanceados para la industria avícola en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Universidad Politécnica Salesiana.

- Cabrera, R. (2019). La aplicación de la matemática superior en las ciencias biológicas y farmacéuticas. *Revista de Investigaciones Universidad del Quindío*.
- Calle, T. (2017). Utilización de cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) fermentada en la alimentación de cuyes en la etapa de crecimiento. Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela de Ingeniería Zootecnia (págs. 12-65). Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Campabadal, C. (2009). *Guía Técnica para alimentación de Cerdos*. Imprenta Nacional.
- Cañas, A. (2019). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en la alimentación de cerdos. *Avances en nutrición animal*, 5(2), 15-20.
- Carvajal, L., Sánchez, M., Giraldo, G., & Arcila, P. (2002). Diseño de un producto alimenticio para humanos (hojuelas) a partir del raquis de plátano (*Musa AAB Simmonds*). Obtenido de http://musalit.inibap.org/pdf/IN030090_es.pdf
- Casabona, M. (2013). *Historia de la industria de los alimentos balanceados*. Universidad Agraria del Ecuador.
- Castrillón, O., Jiménez, R., & Bedoya, O. (2004). Porquinaza en la alimentación animal. *Revista Lasallista de Investigación*, 72-76.
- CFN. (Mayo de 2021). Ficha sectorial - cultivo de maíz. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2021/fichas-sectoriales-2-trimestre/Ficha-Sectorial-Maiz.pdf>
- Collazos, M. (2017). cascarilla del grano de cacao (*theobroma cacao* l.) en raciones de crecimiento, acabado para cerdos. Universidad señor de Sipán, Chicalyo - Perú.
- Conabio. (2022). *Theobroma cacao*. *Species Plantarum* 2.
- DELNO. (1973). República Dominicana - Plan de Acción para el Desarrollo Regional de la Línea Noroeste. OAS.
- Diniz, T., Granja, T., Oliveira, M., & Viegas, R. (2014). Uso de subproductos del banano en la alimentación animal. *RECIA*(6), 194-212. doi:<https://doi.org/10.24188/recia.v6.n1.2014.260>.
- Essien, J., Akpan, E., & Essien, E. (2005). Studies on mould growth and biomass

- producción using waste banana peel. *Bioresource Technol.*
- FAO. (2017). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.fao.org/3/I7658s/I7658s.pdf
- Fernández, G. (2018). Efectos de la cascarilla de cacao en alimentación de cerdos. *Porcicultura Tropical*, 12(1), 44-51.
- García, A. I. H., Santos-Ricalde, R. H., Sauri-Duch, E., Barahona-Rosales, R., Magaña-Monforte, J. G., & Pereira-Castañeda, J. A. (2019). Use of agro-industrial by-products in feeding pigs. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 10(4), 1039-1054.
- García, J., González, J., Hernández, A., & Rodríguez, C. (2020). Efecto de la inclusión de cascarilla de cacao en dietas para vacas lecheras sobre el consumo, la digestibilidad y la producción de leche. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 33(4), 287-296. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v33n4a03>
- Gil, Á. (2010). *Tratado de Nutrición. Médica Panamericana.*
- Gómez, B.C. y Vergara, V. 1993. Fundamentos de nutrición y alimentación. I Curso nacional de capacitación en crianzas familiares, págs. 38-50, INIA-EELM-EEBI.
- Gómez, L. (2020). Cáscara de plátano verde: composición, usos y beneficios en la alimentación animal. *Nutrición Animal Sostenible*, 12(1), 55-61.
- Gómez, M. (2015). La tagua como material expresivo en el espacio interior. Universidad del Azuay.
- González, K. (2019). Raza de Cerdo Landrace. *La Porcicultura.com.*
- González, M. G. (2020). Alternativas de fuentes de proteínas para la nutrición animal. *Revista Argentina de Producción Animal*, 40(2), 145-158.
- Gutiérrez, J. (2021). Formulación de alimento balanceado para etapas productivas en ganado porcino. *Revista de producción animal*, 8(2), 29-39.
- Idrovo, G. (2016). Enriquecimiento proteico de la cáscara de cacao (theobroma cacao) mediante fermentación en estado sólido y su potencial empleo en la formulación de pienso. Universidad Estatal Amazónica, Puyo - Ecuador.

<https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/663>

- INEC. (2022). Estadísticas Agropecuarias. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2005). Estudio de la Cadena agroindustrial del plátano en República Dominicana. IICA.
- Iyayi, E. A., & Losos, G. J. (2018). The use of cocoa pod husk as a feed ingredient for pigs: the effect of level of cocoa pod husk inclusion on the performance of growing pigs. *Tropical Animal Health and Production*, 30(5), 303-312.
- León, X., & Yumbra, M. (2010). El agronegocio en Ecuador: El caso de la cadena del maíz y la empresa PRONACA. *Don Bosco*, 19,23, 27.
- Llaguno, D., y Masabanda, V. (2007). Influencia de tres dietas alimenticias balanceadas en el engorde y calidad de carne de la tilapia (*oreochromis sp*). Escuela Politécnica Nacional. https://biblioteca.epn.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=8189&shelfbrowse_itemnumber=32821
- Lopera, J., Ramírez, C., Zuluaga, M., & Ortiz, J. (2010). El método analítico como método natural. *Nómadas*.
- López, D. (2009). *Formulación de Alimentos Balanceados . Guía de fórmulas a pequeña escala*, 4-11.
- López, M. (2018). Breve historia del alimento para mascotas. LinkedIn.
- MAPA . (2022). Informe de requisitos nutricionales por especie y estado productivo. Go Impulse.
- Márquez, D. (2007). Residuos químicos en alimentos de origen animal: problemas y desafíos para la inocuidad alimentaria en Colombia. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 124-135. <https://www.redalyc.org/pdf/4499/449945024014.pdf>
- Meza, M. (2017). Investigación exploratoria: Fundamentos básicos. ULAOnline.
- Malumba, P., Mungongolo, H. A., Lombe, C., & Kizungu, R. (2019). Utilisation of agroindustrial by-products in the feeding of pigs: A review. *African Journal of Agricultural Research*, 14(25), 1084-1092.

- Muñoz, D. (2017). Estudio de la cadena de valor de alimentos balanceados en el Universidad Andina Simón Bolívar.
- Murillo, I. (2008). Evaluación de 2 dietas experimentales con diferentes niveles de cascarilla de cacao (*theobroma cacao* L.) en las fases de crecimiento y acabado de cuyes (*cavia porcellus* L.) de raza andina. DSpace ESPOL. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/31993>
- Murillo, S., Ponce, F., & Huamán, M. (2020). Características fisicoquímicas, compuestos bioactivos y contenido de minerales en la harina de cáscara del fruto de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Manglar*, 17(1).
- National Research Council (NRC). (2012). Nutrient requirements of swine. 11th revised edition. Washington, DC: The National Academies Press.
- Ortiz, C. (2001). Guía para la alimentación animal y elaboración de concentrados. Bogotá: Convenio Andrés Bello.
- Ortiz, L. (2020). Riesgos asociados al uso de residuos en dietas para ganado. *Nutrición y Sostenibilidad*, 8(1), 12-21.
- Pérez, J., & Martínez, A. (2019). Evaluación de la cáscara de plátano como fuente de energía y fibra en dietas para cerdos en crecimiento y engorde. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(1), 304-313. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i1.15601>
- Pérez, J. M., Soler, J., Moya, V. J., & Pérez, J. F. (2019). Subproductos agroindustriales en la alimentación animal: una revisión. *ITEA: Información Técnica Económica Agraria*, 115(1), 77-96.
- Pepa y Piermattei (2018) Manejo técnico y administración económica para la gestión de una empresa porcina de la pampa. Universidad Nacional de la Pampa. Facultad de Agronomía. Santa Rosa.
- Pond, W. G., & Maner, J. H. (2018). Swine nutrition. CABI.
- Pro Ecuador. (2018). Alimento para animales. Obtenido de <https://www.proecuador.gob.ec/alimentos-para-animales/>
- Quintero, M., & Diaz, K. (2004). El Mercado Mundial del Cacao. *Agroalim*, 47-59.

- Ramírez, M., Gómez, L., López, J., & Sánchez, J. (2021). Uso de subproductos agroindustriales en la alimentación de aves. *Revista de Zootecnia Tropical*, 39(1), 1-14. <https://doi.org/10.36985/rzt.v39i1.265>
- Ramírez, N. (2019). Uso de cáscara de plátano verde en la alimentación de ganado porcino. *Nutrición Animal Aplicada*, 4(2), 22-29.
- Robertson, J. B., & Van Der Peet, G. F. (2017). Using agro-industrial by-products as pig feed. In *Sustainable Pig Production* (pp. 87-102). Burleigh Dodds Science Publishing.
- Rodríguez, A. (2018). Desafíos en el uso de residuos agroindustriales para alimentación animal. *Revista de Nutrición Animal*, 12(2), 28-35.
- Salguero, S., & Lescano, D. (2016). Fuentes de proteína alternativas a la soja en la alimentación de ganado porcino. *3tres3.com*.
- Sangronis, E., Soto, M., Valero, Y., & Buscema, I. (2014). Cascarilla de cacao venezolano como materia prima de infusiones. *Revista de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición*, 64(2).
- Silvestrini, M., & Vargas, J. (2008). Fuentes de información. *inter.edu*.
- Smith, T. K., McMillan, E. G., Castillo, J. B., & Castillo, M. (2018). Uso de subproductos de la industria alimentaria en la nutrición de cerdos. *AIDIS Agrícola*, 13(2), 37-44.
- Suarez, H. (2021). Caracterización del ecosistema bacteriano del tracto gastrointestinal en cerdos de ceba alimentados con dietas alternativas locales. Tesis de grado. Universidad Estatal del Sur de Manabi, Jipijapa-Ecuador. <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3375/1/TESIS%20FINAL%20SUAREZ%20ARGANDOÑA.pdf>
- Taylor, S., & Bogdan, R. (1989). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. Paidós.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vilgil, S. (1993). *Integrated solid waste management: engineering principles and management issues*. New York: MCGraw-Hill.
- Ureña, M. (2009). Situación actual y perspectivas del mercado del plátano. *colombia*.

- Valdez, G. (2021). Importancia de las pruebas de alimentación en nuevos ingredientes para balanceado porcino. *Porcicultura Sustentable*, 15(2), 55-61.
- Valencia, S. (2020). Combinación de residuos agroindustriales en alimentación porcina. *Agrosur*, 8(2), 15-23.
- Vallejo, J. (2021). Duroc Jersey. *Scribd*.

7. Anexos

Proceso para la obtención de la harina de la cascarilla de cacao y cáscara de plátano



Fotografía 1.
Pesaje de la harina de cascarilla de cacao



Fotografía 2.
Cascarilla de cacao



Fotografía 3.
Molienda de la cascarilla de cacao



Fotografía 4.
Tamizar la harina de cascarilla de cacao



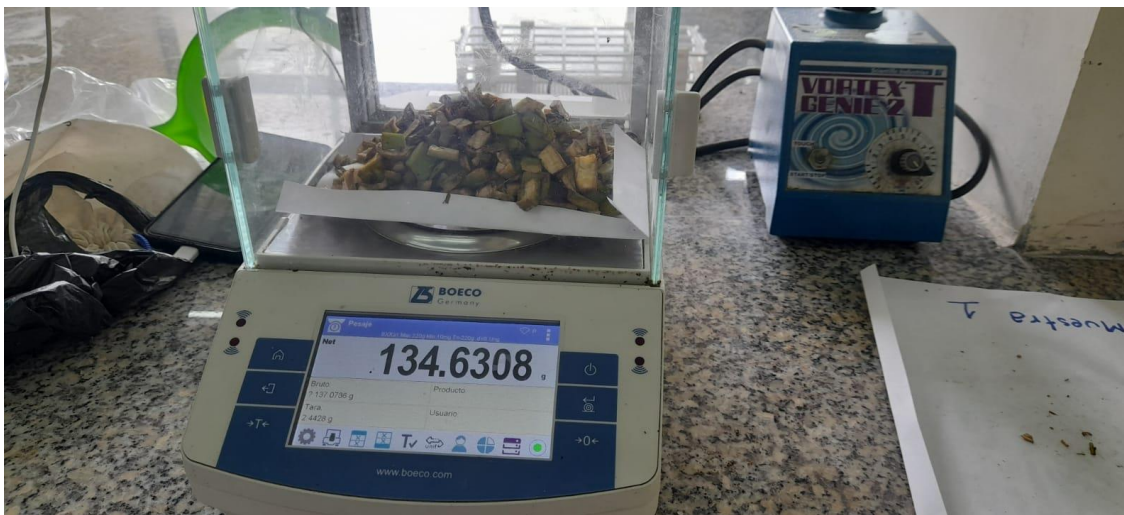
Fotografía 5.
Harina de cascarilla de cacao



Fotografía 6.
Muestras de cáscara de plátano en el deshidratador



Fotografía 7.
Muestras de cáscaras de plátano



Fotografía 8.
Pesaje de las muestras de cáscara de plátano

Procedimiento de la elaboración del balanceado



Fotografía 9.
Ingredientes para la elaboración del balanceado



Fotografía 10.
Pesaje de cada uno de los ingredientes



Fotografía 10.
los ingredientes



Fotografía 11.
Obtención del Balanceado

Anexo 1. Cronograma de actividades

Cronograma de implementación de la propuesta

Semana	Actividad	Proceso
1	Recopilación de datos y literatura relacionada	Investigación y revisión bibliográfica
2	Análisis de requerimientos nutricionales	Evaluación de necesidades del ganado porcino
3	Selección de ingredientes base	Identificación de insumos disponibles
4	Pruebas preliminares de formulación	Experimentación inicial en laboratorio
5	Evaluación de resultados preliminares	Análisis de la eficacia de las primeras pruebas
6	Ajustes y refinamiento de la formulación	Modificación de la composición según resultados
7	Pruebas de estabilidad y compatibilidad de ingredientes	Verificación de interacciones entre componentes
8	Evaluación de costos y disponibilidad de ingredientes	Análisis de viabilidad económica
9	Pruebas de campo en pequeña escala	Evaluación del impacto en el ganado porcino
10	Recopilación y análisis de datos de las pruebas de campo	Evaluación del rendimiento y aceptación del alimento
11	Ajustes finales en la formulación	Optimización basada en resultados obtenidos
12	Preparación de informe final y recomendaciones	Documentación de hallazgos y conclusiones

Este cronograma proporciona un marco de tiempo estructurado para cada etapa del proceso de implementación de la propuesta, desde la investigación inicial hasta la preparación de informes finales.