



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

### CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

#### INCIDENCIA DE LOS RESIDUOS DE PAPA CAPIRA *Solanum tuberosum* Y PLÁTANO BARRAGANETE *Musa paradisiaca* EN EL PROCESO Y CALIDAD DEL BALANCEADO PELETIZADO PARA CERDOS EN LA ETAPA DE ENGORDE

#### TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

**Autor: Ruiz Rivera Franklin Alonzo**

**Director: Ing. Ángel Edmundo Satama Tene MSc.**

**Ibarra – Ecuador**

**2022**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN  
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES  
CARRERA DE INGENIERÍA EN AGROINDUSTRIAS

## “INCIDENCIA DE LOS RESIDUOS DE PAPA CAPIRA *Solanum tuberosum* Y PLÁTANO BARRAGANETE *Musa paradisiaca* EN EL PROCESO Y CALIDAD DEL BALANCEADO PELETIZADO PARA CERDOS EN LA ETAPA DE ENGORDE”

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como requisito para obtener el Título de:

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**APROBADO:**

Ing. Ángel Edmundo Satama MSc.  
DIRECTOR

  
FIRMA

Ing. Rosario Espín MBA.  
MIEMBRO TRIBUNAL

  
FIRMA

Ing. Jimmy Cuarán MgI.  
MIEMBRO TRIBUNAL

  
FIRMA



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003972237		
APELLIDOS Y NOMBRES:	RUIZ RIVERA FRANKLIN ALONZO		
DIRECCIÓN:	URCUQUI – TUMBABIRO – CALLE SUCRE		
EMAIL:	afrank.ruiz42@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	2 934 236	TELÉFONO MÓVIL:	0959235629

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	INCIDENCIA DE LOS RESIDUOS DE PAPA CAPIRA <i>Solanum tuberosum</i> Y PLÁTANO BARRAGANETE <i>Musa paradisiaca</i> EN EL PROCESO Y CALIDAD DEL BALANCEADO PELETIZADO PARA CERDOS EN LA ETAPA DE ENGORDE
AUTOR (ES):	Ruiz Rivera Franklin Alonzo
FECHA: DD/MM/AAAA	26 /09/2022
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agroindustrial
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Ángel Edmundo Satama MSc.

#### 2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 26 días del mes de septiembre de 2022

EL AUTOR:

Franklin Alonzo Ruiz Rivera

## CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por **Franklin Alonzo Ruiz Rivera**, bajo mi supervisión.

Ibarra, 22 de septiembre del 2022

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and strokes, positioned above a dashed horizontal line.

Ing. Ángel Satama MSc.  
DIRECTOR DE TRABAJO DE TESIS

## TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO .....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	iv
INDICE DE FOTOGRAFÍAS .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vi
ÍNDICE DE ANEXOS .....	vi
RESUMEN .....	vii
SUMMARY .....	ix
DEDICATORIA .....	xi
AGRADECIMIENTO .....	xii
CAPÍTULO I .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. PROBLEMA .....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	2
1.3. OBJETIVOS .....	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
1.4. HIPÓTESIS .....	3
1.4.1. HIPÓTESIS NULA .....	3
1.4.2. HIPÓTESIS ALTERNATIVA .....	3
CAPÍTULO II .....	4
MARCO TEÓRICO .....	4
2.1. PAPA CAPIRA ( <i>SOLANUM TUBEROSUM</i> ) .....	4
2.1.1. TAXONOMÍA DE LA PAPA .....	4
2.1.2. VARIEDADES DE PAPA DESTACADAS EN ECUADOR .....	5
2.1.3. PRODUCCIÓN, RENDIMIENTO Y SUPERFICIE DE CULTIVO EN EL ECUADOR .....	6
2.1.4. NUTRIENTES DE LA PAPA .....	7

2.2.	PLÁTANO BARRAGANETE ( <i>MUSA PARADISIACA</i> ).....	7
2.2.1.	TAXONOMIA DEL PLÁTANO BARRAGANETE .....	8
2.2.2.	SUPERFICIE, PRODUCCIÓN Y VENTAS DEL CULTIVO DEL PLÁTANO BARRAGANETE EN EL ECUADOR .....	8
2.2.3.	NUTRIENTES DEL PLÁTANO BARRAGANETE .....	8
2.3.	BIOMASA RESIDUAL UTILIZADA EN LA INDUSTRIA DE BALANCEADOS .....	9
2.3.1.	BIOMASA RESIDUAL DE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA PAPA Y PLÁTANO.....	10
2.4.	ACTIVIDAD PORCÍCOLA.....	11
2.4.1.	TAXONOMÍA DEL CERDO.....	12
2.4.2.	PRINCIPALES RAZAS DE CERDOS .....	12
2.4.3.	ETAPAS FISIOLÓGICAS DEL CERDO .....	13
2.4.3.	REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LOS CERDOS EN CRECIEMINTO Y ENGORDE .....	14
2.4.4.2.	REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES EN LA ETAPA DE ENGORDE	14
2.5.	ALIMENTACIÓN DE CERDOS .....	15
2.5.1.	DESCRIPCIÓN DE PRINCIPALES MATERIAS PRIMAS A UTILIZAR PARA LA ELABORACIÓN DE UN BALANCEADO.....	15
2.6.	PROCESAMIENTO DE ALIMENTO BALANCEADO .....	17
2.6.1.	TIPOS DE MEZCLAS PARA ALIMENTOS BALANCEADOS DE CERDOS .....	18
2.6.2.	ALIMENTO BALANCEADO PELETIZADO .....	18
2.6.3.	PROCESO DE PELETIZADO .....	19
2.6.4.	PRINCIPALES PARÁMETROS EN EL PROCESO DE PELETIZADO.....	20
2.6.5.	VENTAJAS DEL ALIMENTO PELETIZADO.....	24
2.6.6.	TECNOLOGÍA DEL PELETIZADO .....	25
2.7.	ASPECTOS DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD.....	26
2.7.1.	CALIDAD DE LOS INGREDIENTES .....	27
2.8.	REQUISITOS BROMATOLÓGICOS Y DE CALIDAD EN BALANCEADOS PARA CERDOS .....	27
	CAPÍTULO III .....	29

MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
3.1. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO .....	29
3.2. MATERIAS PRIMAS Y TECNOLOGÍA .....	30
3.2.1. INSUMOS Y REACTIVOS .....	30
3.2.2. MAQUINARIA Y EQUIPOS .....	30
3.3. MÉTODOS .....	30
3.3.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LA BIOMASA RESIDUAL DE PAPA CAPIRA Y PLÁTANO BARRAGANETE.....	30
3.3.2. FORMULACIÓN DE LA MEJOR DIETA ALIMENTICIA PARA CERDOS EN LA ETAPA DE ENGORDE CON RESPECTO A SUS REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES Y RESTRICCIONES ALIMENTICIAS.....	31
3.3.3. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE PELETIZADO EN RELACIÓN A LA CALIDAD Y RENDIMIENTO DEL PRODUCTO FINAL. ....	31
3.3.3.1. Factores y niveles en la evaluación de la calidad y rendimiento del balanceado peletizado en cerdos de engorde.....	32
3.3.3.2. Tratamientos resultantes .....	32
3.3.3.3. Repeticiones.....	32
3.3.3.4. Tipo de diseño .....	33
3.3.3.5. Análisis estadístico y nivel de significancia.....	33
3.3.4. ANÁLISIS DE COSTO BENEFICIO DEL BALANCEADO PELETIZADO DE CERDOS ENGORDE.....	33
3.6. MANEJO DEL EXPERIMENTO .....	35
3.6.1. DIAGRAMA DE BLOQUES PARA ACONDICIONAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE PAPA. ....	35
3.6.1.1. Descripción del proceso para acondicionamiento de los residuos de papa	36
3.6.2. DIAGRAMA DE BLOQUES PARA ACONDICIONAMIENTO DE RESIDUOS DE PLÁTANO.....	37
3.6.2.1. Descripción del proceso para acondicionamiento de los residuos de plátano .....	38
3.6.3. DIAGRAMA DE BLOQUES PARA ELABORACIÓN DE BALANCEADO. 39	
3.6.4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESAMIENTO DE ALIMENTO BALANCEADO PELETIZADO.....	40

CAPÍTULO IV .....	44
RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	44
4.1.    CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LA BIOMASA RESIDUAL DE PAPA CAPIRA Y PLÁTANO BARRAGANETE.....	44
4.1.1    ANÁLISIS BROMATOLÓGICO.....	45
4.2.    FORMULACIÓN DE LA MEJOR DIETA BALACEADA PARA CERDOS ENGORDE .....	46
4.3.    DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE PELETIZADO EN RELACIÓN A LA CALIDAD Y RENDIMIENTO DEL PRODUCTO FINAL.....	48
4.3.1.    HUMEDAD DEL PELLET.....	48
4.3.1.1.    Efecto de los factores sobre la humedad del pellet.....	50
4.3.2.    DUREZA DEL PELLET.....	52
4.3.2.1.    Efecto de los factores sobre la dureza del pellet.....	54
4.3.3.    DENSIDAD DEL PELLET.....	56
4.3.4.    RENDIMIENTO DEL BALANCEADO PELETIZADO.....	57
4.3.4.1.    INFLUENCIA DE LAS DIETAS FORMULADAS SOBRE EL RENDIMIENTO DEL PRODUCTO FINAL. ....	59
4.4.    CARACTERÍSTICAS DEL PELET OBTENIDO .....	60
4.5.    ANÁLISIS DEL COSTO BENEFICIO DEL PRODUCTO FINAL .....	60
CAPÍTULO V.....	62
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	62
5.1    CONCLUSIONES.....	62
5.2    RECOMENDACIONES .....	63
BIBLIOGRAFÍA .....	64

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Taxonomía de la papa.....	5
<b>Tabla 2.</b> Variedades de papa cultivada en Ecuador .....	5
<b>Tabla 3.</b> Producción, superficie cosechada y ventas de papa en el Ecuador. ....	6
<b>Tabla 4.</b> Principales componentes nutricionales de la papa porción comestible.....	7
<b>Tabla 5.</b> Clasificación taxonómica del plátano barraganete. ....	8
<b>Tabla 6.</b> Superficie, producción y ventas del cultivo de plátano en Ecuador. ....	8
<b>Tabla 7.</b> Principales componentes nutricionales del plátano porción comestible. ....	8
<b>Tabla 8.</b> Caracterización de la cáscara de papa. ....	10
<b>Tabla 9.</b> Caracterización de la cáscara de plátano. ....	10
<b>Tabla 10.</b> Composición nutricional de harina de papa en 100 gramos de porción comestible.....	10
<b>Tabla 11.</b> Composición química de la harina de plátano verde con o sin cáscara y de maduro sin cáscara.....	11
<b>Tabla 12.</b> Producción porcina en Ecuador.....	11
<b>Tabla 13.</b> Taxonomía del cerdo .....	12
<b>Tabla 14.</b> Principales razas de cerdos .....	12
<b>Tabla 15.</b> Etapas de alimentación de cerdos. ....	14
<b>Tabla 16.</b> Requerimientos nutricionales del cerdo en la etapa de engorde.....	15
<b>Tabla 17.</b> Valor nutritivo de los alimentos para cerdos. ....	16
<b>Tabla 18.</b> Valor nutritivo de los alimentos para cerdos. ....	17
<b>Tabla 19.</b> Porciones de alimento a suministrar a cerdos.....	17
<b>Tabla 20.</b> Tipo de mezclas para alimentos balanceados .....	18
<b>Tabla 21.</b> Especificaciones de una peletizadora convencional .....	21
<b>Tabla 22.</b> Características físicas de los pellets.....	22
<b>Tabla 23.</b> Requisitos bromatológicos para alimento balanceado de cerdo.....	28
<b>Tabla 24.</b> Localización del experimento.....	29
<b>Tabla 25.</b> Materia prima .....	30
<b>Tabla 26.</b> Métodos utilizados en la caracterización de la biomasa residual de papa y plátano. ....	30
<b>Tabla 27.</b> Composición de las tres dietas a evaluar. ....	31
<b>Tabla 28.</b> Tratamientos en la evaluación de los balanceados de cerdos de engorde. ....	32

<b>Tabla 29.</b> Análisis de varianza para alimento balanceado peletizado. ....	33
<b>Tabla 30.</b> Matriz de identificación de costos de producción del balanceado peletizado experimental y un testigo.....	34
<b>Tabla 31.</b> Análisis proximal de la biomasa residual de papa y plátano.....	44
<b>Tabla 32.</b> Requerimientos nutricionales para cerdos de engorde .....	46
<b>Tabla 33.</b> Composición de la Dieta 1 formulada para cerdos engorde.....	47
<b>Tabla 34.</b> Composición de la Dieta 2 formulada para cerdos engorde.....	47
<b>Tabla 35.</b> Composición de la Dieta 3 formulada para cerdos engorde.....	47
<b>Tabla 36.</b> Análisis de varianza de la humedad del pellet.....	48
<b>Tabla 37.</b> Prueba de Tukey al 5% para tratamientos de la variable humedad.....	48
<b>Tabla 38.</b> Prueba DMS para factores de la humedad del pellet.....	49
<b>Tabla 39.</b> Análisis de varianza dureza del pellet.....	53
<b>Tabla 40.</b> Prueba de Tukey variable dureza del pellet.....	53
<b>Tabla 41.</b> Prueba DMS para los factores de dureza del pellet.....	54
<b>Tabla 42.</b> Análisis de varianza para la variable densidad.....	56
<b>Tabla 43.</b> Análisis de varianza del rendimiento del producto final.....	58
<b>Tabla 44.</b> Prueba de Tukey para el rendimiento del producto final.....	58
<b>Tabla 45.</b> Análisis DMS para factores variable rendimiento del producto final.....	59
<b>Tabla 46.</b> Resultado de las variables de respuesta en los seis tratamientos.....	60
<b>Tabla 47.</b> Cálculo del costo beneficio del balanceado.....	61

## **INDICE DE FOTOGRAFÍAS**

<b>Fotografía 1.</b> Bandejas de secado de la biomasa de papa.....	36
<b>Fotografía 2.</b> Envasado de harina de biomasa de papa .....	36
<b>Fotografía 3.</b> Tamizado de la harina de biomasa de plátano.....	38
<b>Fotografía 4.</b> Envasado harina de biomasa de plátano.....	38
<b>Fotografía 5.</b> Análisis fisicoquímicos a la materia prima.....	40
<b>Fotografía 6.</b> Pesado y dosificación .....	41
<b>Fotografía 7.</b> Mezcla manual de la materia prima.....	41
<b>Fotografía 8.</b> Peletizado.....	42
<b>Fotografía 9.</b> Enfriamiento de los pellets .....	42
<b>Fotografía 10.</b> Empacado de producto peletizado.....	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Planta de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> ).....	4
<b>Figura 2.</b> Porcentaje de participación por provincias en cultivo de papa.....	6
<b>Figura 3.</b> Planta de plátano barraganete .....	7
<b>Figura 4.</b> Principales razas de cerdos domésticos .....	13
<b>Figura 5.</b> Diagrama de proceso de balanceado peletizado .....	20
<b>Figura 6.</b> Máquina peletizadora.....	22
<b>Figura 7.</b> Matriz peletizadora .....	23
<b>Figura 8.</b> Rodillos .....	24
<b>Figura 9.</b> Proceso de peletizado industrial.....	26
<b>Figura 10.</b> Comparación de medias variable humedad del pellet.....	49
<b>Figura 11.</b> Efecto del factor aglutinante sobre la humedad del pellet. ....	50
<b>Figura 12.</b> Efecto de las dietas sobre el porcentaje de humedad del pellet. ....	52
<b>Figura 13.</b> Comparación de medias variable dureza del pellet.....	54
<b>Figura 14.</b> Efecto del porcentaje de aglutinante sobre la dureza del pellet. ....	55
<b>Figura 15.</b> Influencia de las dietas sobre la dureza del pellet. ....	56
<b>Figura 16.</b> Resultados de la densidad de los tratamientos.....	57
<b>Figura 17.</b> Comparación de medias del rendimiento.....	58
<b>Figura 18.</b> Efecto de las dietas sobre el rendimiento.....	59

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Formulación de dietas con biomasa de papa .....	71
<b>Anexo 2.</b> Formulación de la dieta con biomasa de plátano.....	71
<b>Anexo 3.</b> Formulación de la dieta con biomasa de papa y plátano .....	72

## RESUMEN

En el proceso de elaboración de frituras de papa y plátano llevado a cabo por las empresas de snacks, existen desperdicios conformados por las cáscaras de las materias primas utilizadas, los cuales no son utilizados, desaprovechando este recurso y generando una acumulación en los sitios de recolección, al no existir un adecuado manejo se genera un alto índice de contaminación ambiental y visual en las cercanías de las empresas.

El sector porcícola en Ecuador tiene un ritmo de crecimiento dinámico y acelerado, de acuerdo a los datos proporcionados por la Asociación de Porcicultores del Ecuador (ASPE) del 2007 al 2013 esta actividad incrementó el 63.63 % de la producción nacional, siendo una actividad económica importante, según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) dentro de esta actividad la alimentación animal representa del 80 al 85 % de los costos totales de producción, el elevado costo de producción de balanceado animal dentro del país conlleva a que los micro emprendedores no puedan competir con el mercado industrial.

La búsqueda de oportunidades de aplicación para dichos residuos requiere del conocimiento de su composición química, las propiedades de sus componentes y los grupos funcionales que los constituyen. Partiendo de esta base pueden desarrollarse tecnologías apropiadas para lograr una mayor efectividad en su aprovechamiento. La presente investigación tuvo como principal objetivo evaluar la incidencia de los residuos de papa Capira *Solanum tuberosum* y plátano Barraganete *Musa paradisiaca* en el proceso y calidad del balanceado peletizado para cerdos en la etapa de engorde. La metodología empleada en esta investigación fue experimental empleando un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo factorial A x B, estudiando el efecto de dos factores: porcentaje de aglutinante y la incorporación de la biomasa de papa y plátano sobre tres indicadores de calidad del pellet: densidad, humedad y dureza.

Como resultado de esta investigación mediante el análisis proximal realizado a los residuos de papa y plátano determinó que estos dos elementos cumplen con los requisitos mínimos para ser empleados dentro de la formulación de un alimento balanceado. Posterior a la operación de peletizado se obtuvo que los tratamientos T2 (A1: 5% de melaza y D2: Dieta con biomasa de plátano) y T6 (A2: 8% de melaza y D3: Dieta con biomasa de papa y plátano) fueron los únicos tratamientos que cumplieron con el valor de humedad máximo permitido por la norma NTE INEN 1829. Al analizar el costo de producción del balanceado para cerdos

con residuos de papa y plátano a nivel experimental resultó que producir un saco de 40 kg del T2 (5% de malaza y dieta de plátano) costó \$24,88 y del T6 (8% de melaza y dieta de papa y plátano) de \$23,68, siendo un precio competitivo en el mercado tomando en cuenta que el costo de un saco de alimento peletizado comercial actualmente es de \$26,50.

### **PALABRAS CLAVES**

Biomasa residual, peletizado, calidad, balanceado, porcinos

## SUMMARY

In the process of elaboration of potato and banana fry carried out by the snack companies, there are wastes formed by the shells of the raw materials used, which are not used, taking advantage of this resource and generating an accumulation in the collection sites, in the absence of adequate management, a high rate of environmental and visual pollution is generated in the vicinity of companies.

The porcicola sector in Ecuador has a dynamic and accelerated growth rate, according to data provided by the Association of Porcicultors of Ecuador (ASPE) From 2007 to 2013, this activity increased 63.63 % of the national production, being an important economic activity. According to the Ministry of Agriculture and Livestock (MAG) in this activity, animal feeding accounts for 80 to 85 % of the total production costs, the high cost of animal balanced production within the country means that micro-entrepreneurs cannot compete with the industrial market.

The search for application opportunities for such residues requires knowledge of their chemical composition, the properties of their components and the functional groups that constitute them. On this basis appropriate technologies can be developed to achieve greater effectiveness in their use. The main objective of the present investigation was to evaluate the incidence of potato residues *Solanum tuberosum* and banana *Musa paradisiaca* in the process and quality of pelletized balancing for pigs in the fattening stage. The methodology used in this research was experimental using a fully random block design (BSCA) with a factorial arrangement A x B, studying the effect of two factors: Percentage of binder and the incorporation of potato and plantain biomass on three pellet quality indicators: density, humidity and hardness.

As a result of this investigation, through the proximal analysis of potato and plantain residues, it determined that these two elements meet the minimum requirements to be used within the formulation of a balanced food. After the pelletizing operation, it was obtained that the treatments T2 (A1: 5% of molasses and D2: Diet with banana biomass) and T6 (A2: 8% of molasses and D3: Diet with potato and banana biomass) were the only treatments that met the maximum humidity value allowed by the NTE INEN 1829 standard.

On analyzing the cost of production of balanced pigs with potato and plantain residues at the experimental level, it was found that producing a 40 kg sack of T2 (5% of malseed and

banana diet) cost 24.88 and T6 (8% of molasses and potato and plantain diet). of \$23.68, being a competitive market price considering that the cost of a sack of commercial pelletized food is currently \$26.50.

## **KEYWORDS**

Residual biomass, pelletized, quality, balanced, pigs.

## **DEDICATORIA**

*A mis padres y hermanos que me han guiado siempre; por estar en cada paso que he dado para superarme en la vida. Gracias por su ayuda, paciencia y comprensión porque su presencia y persona han forjado la persona que hoy en día soy.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Mi más sincero agradecimiento está dedicado a mis padres, hermanos, docentes, compañeros de clase y a todas las personas que me guiaron y aportaron con un granito de arena para realizar esta investigación.*

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1. PROBLEMA**

Las pérdidas y desperdicios de alimentos se originan en el campo hasta su transformación y consumo, generando un impacto negativo en los recursos naturales y pérdida de nutrientes (energía y proteína). Estos desperdicios o biomasa según Ramírez, Peñuela & Pérez (2017) se pueden emplear en la alimentación animal mediante su transformación y enriquecimiento, favoreciendo la conservación ambiental. En el proceso de elaboración de frituras de papa y plátano llevado a cabo por las empresas de snacks, existen desperdicios conformados por las cáscaras de las materias primas utilizadas, Victores (2016) estima que estos desperdicios corresponden a un 10% del peso de la materia prima los mismos que no son utilizados, desaprovechando este recurso y generando una acumulación en los sitios de recolección al no existir un adecuado manejo se genera un alto índice de contaminación ambiental y visual en las cercanías de las empresas.

El sector porcícola en Ecuador tiene un ritmo de crecimiento dinámico y acelerado, de acuerdo a los datos proporcionados por la Asociación de Porcicultores del Ecuador (ASPE) del 2007 al 2013 esta actividad incrementó el 63.63 % de la producción nacional, siendo una actividad económica importante, según el Ministerio de agricultura y ganadería (MAG) dentro de esta actividad la alimentación animal representa del 80 al 85 % de los costos totales de producción, el elevado costo de producción de balanceado animal dentro del país conlleva a que los micro emprendedores no puedan competir con el mercado industrial, en peores casos terminando con sus negocios o microempresas ya

que uno de los principales inconvenientes son el alto valor de los balanceados y las materias primas para su formulación.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

El desarrollo de un nuevo producto a partir de subproductos que las procesadoras de alimentos generan a diario, es de suma importancia ya que existe un beneficio económico adicional, reducción de residuos y variedad en sus productos generados. En el país existen pocas empresas que se dedican al procesamiento de residuos biodegradables, por lo que se ha visto importante aprovechar estos recursos, ya que son residuos en los cuales existe un gran aporte nutricional. Por otra parte, las industrias de alimentos concentrados y balanceados para animales se ven afectadas por la disponibilidad de materias primas energéticas para las dietas, dependiendo cada vez más de productos o insumos importados que a la final elevan los precios de producción, para el abastecimiento de soya y trigo Ecuador realiza importaciones que según información del MAG (2016) fueron de 918 millones de toneladas de soya de las cuales el consumo de la industria de balanceados es el 50% y 936 millones de toneladas de trigo de las cuales la industria consume un 20%.

Con la elaboración de un balanceado para el consumo animal teniendo como base los desprecios orgánicos generados por las empresas productoras de snack se optimizará el uso de todos los recursos de la empresa y la generación de un nuevo producto diversificando su oferta e incursionando en el posicionamiento de nuevos mercados, así también influyendo con la disminución de los gastos de producción y contribuyendo con el desarrollo de la matriz productiva y cadenas de mercado a nivel internacional del país.

Por ello, la búsqueda de oportunidades de aplicación para dichos residuos requiere del conocimiento de su composición química, las propiedades de sus componentes y los grupos funcionales que los constituyen. Partiendo de esta base pueden desarrollarse tecnologías apropiadas para lograr una mayor efectividad en su aprovechamiento.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la incidencia de los residuos de papa Capira *Solanum tuberosum* y plátano Barraganete *Musa paradisiaca* en el proceso y calidad del balanceado peletizado para cerdos en la etapa de engorde.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar la biomasa residual de papa Capira *Solanum tuberosum* y plátano Barraganete *Musa paradisiaca* mediante análisis fisicoquímico.
- Formular la mejor dieta alimenticia para cerdos en la etapa de engorde con respecto a sus requerimientos nutricionales y restricciones alimenticias.
- Determinar los parámetros de peletizado en relación a la calidad y rendimiento del producto final.
- Analizar el costo beneficio del balanceado peletizado de cerdos engorde.

### **1.4. HIPÓTESIS**

#### **1.4.1. Hipótesis nula**

Ho: La incidencia de residuos de papa Capira *Solanum tuberosum* y plátano Barraganete *Musa paradisiaca* no influyen en el proceso y calidad del balanceado peletizado para cerdos en la etapa de engorde.

#### **1.4.2. Hipótesis alternativa**

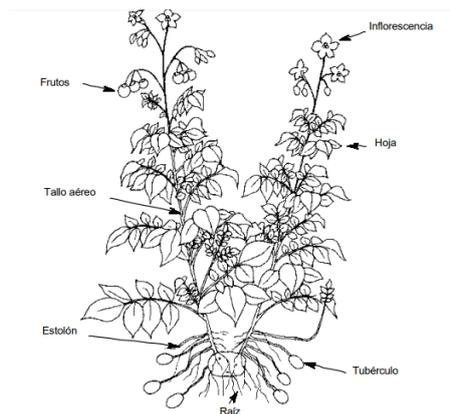
Ha: La incidencia de residuos de papa Capira *Solanum tuberosum* y plátano Barraganete *Musa paradisiaca* influyen en el proceso y calidad del balanceado peletizado para cerdos en la etapa de engorde.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. PAPA CAPIRA (*Solanum tuberosum*)

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) a lo largo de la historia ha ocupado un lugar trascendental en la alimentación humana, tuvo su origen en Perú y Bolivia, con el tiempo se extendió hasta la región andina, ocupando las regiones altas de Colombia, Ecuador, Bolivia y Chile. La papa era producida y consumida por los habitantes de los Andes mucho antes de la llegada de los europeos (Pumisacho & Sherwood, 2002).



**Figura 1.** Planta de papa (*Solanum tuberosum*)

**Fuente:** (INIAP, 2016)

#### 2.1.1. TAXONOMÍA DE LA PAPA

De acuerdo con Toledo (2016) la clasificación botánica de la papa es:

**Tabla 1.** Taxonomía de la papa

<b>NOMBRE CIENTÍFICO</b>	<i>Solanum tuberosum</i>
<b>REINO</b>	Plantae
<b>DIVISIÓN</b>	Magnoliophyta
<b>CLASE</b>	Magnoliopsida
<b>ORDEN</b>	Solanales
<b>FAMILIA</b>	Solanaceae
<b>GÉNERO</b>	Solanum
<b>ESPECIE</b>	Tuberosum

Fuente: (Toledo, 2016)

### 2.1.2. VARIEDADES DE PAPA DESTACADAS EN ECUADOR

De acuerdo a la investigación realizada por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador-INIAP (2016), cada zona del país produce distintas variedades de papa que pueden ser clasificadas en dos grupos: nativas y mejoradas. Las primeras corresponden a cultivares locales que han sido sometidos a un proceso de selección empírica por parte de los agricultores y presión de la naturaleza.

**Tabla 2.** Variedades de papa cultivada en Ecuador

<b>Zona de cultivo</b>	<b>Variedad</b>
<b>Norte:</b> provincia del Carchi	Chola
	Superchola
	Gabriela
	Esperanza
	María
	Fripapa 99
	Ica- capiro
	Margarita
	Ormus
	Yema de huevo (Chauchas)
<b>Centro:</b> Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar y Chimborazo	Chola
	Uvilla
	Santa Catalina
	Esperanza
	Gabriela
	María
	Margarita
	Rosita
	Santa Isabel
	Super chola
	Yema de huevo
	Fripapa
	Cecilia-Leona
<b>Sur:</b> Cañar, Azuay y Loja	Uvilla
	Bolona
	Santa Catalina
	Esperanza
	Solead cañari
	Gabriela

Fuente: (Pumisacho & Sherwood, 2002)

### 2.1.3. PRODUCCIÓN, RENDIMIENTO Y SUPERFICIE DE CULTIVO EN EL ECUADOR

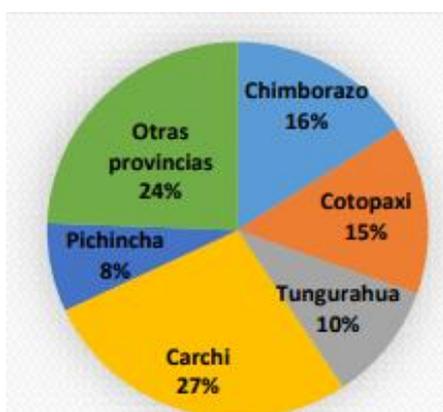
En el Ecuador de acuerdo con datos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP (2016) la producción de papa es uno de los principales cultivos con más de 82.000 agricultores involucrados, esta producción se orienta principalmente para consumo interno, aproximadamente el 81% se comercializa para consumo en fresco y las industrias utilizan el resto para procesamiento. Los datos obtenidos por la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC (2021) indican datos importantes a nivel nacional sobre superficie, producción y ventas.

**Tabla 3.** Producción, superficie cosechada y ventas de papa en el Ecuador.

Región y Provincia	SUPERFICIE (Has.)		PRODUCCIÓN (Tm.)	VENTAS (Tm.)
	Sembrada	Cosechada		
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>20.951</b>	<b>19.089</b>	<b>244.749</b>	<b>219.550</b>
Región sierra	20.790	18.940	244.396	219.370
Región costa	155	143	325	158
Región amazónica	6	6	28	22

Fuente: ESPAC 2021

De acuerdo con los datos obtenidos por el ESPAC (2021), la superficie cosechada ronda las 20 mil hectáreas, siendo la provincia del Carchi la principal productora de este tubérculo, teniendo un porcentaje de participación del 27% Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2019).



**Figura 2.** Porcentaje de participación por provincias en cultivo de papa  
Fuente: INEC 2019

#### 2.1.4. NUTRIENTES DE LA PAPA

El contenido de nutrientes de cada 100 gramos de papa cruda con cascara es: 80 kilocalorías; 19% de carbohidratos totales de los cuales, el 79% son almidones; 12.1% de proteína; 75% de humedad además de que contiene una gran cantidad de vitaminas de complejo B (tiamina, riboflavina, niacina); vitamina C; y diversos minerales (calcio, magnesio, fosforo y potasio); la papa tiene almidones de fácil digestión que la hacen una excelente fuente energética para la alimentación animal; en comparación con otras raíces y tubérculos (INIAP, 2002).

**Tabla 4.** Principales componentes nutricionales de la papa porción comestible.

COMPONENTES	PORCENTAJE (%)
Humedad	75.00
Proteína	12.10
Carbohidratos	79.00
Vitamina B1 tiamina(mg)	0.11
Vitamina B2 Riboflavina (mg)	0.05
Niacina (mg)	1.70
Vitamina B6 Piridoxina (mg)	0.31
Ácido Fólico (µg)	22.00
Vitamina C (Ácido Ascórbico) (mg)	17.00
Carotenoides (B carotenos) (µg)	5.20
Vitamina A (Retinol) (µg)	0.87
Vitamina E (Tocoferoles) (µg)	0.05

Fuente: (INIAP, 2002)

#### 2.2.PLÁTANO BARRAGANETE (*Musa paradisiaca*)

En los últimos años el plátano ha adquirido importancia comercial, especialmente para el mercado colombiano. Por otra parte, las pequeñas industrias que se dedican a la elaboración de derivados de este producto para el consumo humano y la alimentación de animales menores, han acrecentado la difusión de este cultivo (INIAP, 2001).



**Figura 3.** Planta de plátano barraganete

Fuente: (Guía Banascopeio, 2013)

### 2.2.1. TAXONOMIA DEL PLÁTANO BARRAGANETE

De acuerdo con Hernandez & Vit (2009) la clasificación botánica del plátano es:

**Tabla 5.** Clasificación taxonómica del plátano barraganete.

<b>NOMBRE CIENTÍFICO</b>	<i>Musa paradisiaca</i>
<b>REINO</b>	Plantae
<b>DIVISIÓN</b>	Tracheophyta
<b>CLASE</b>	Liliopsida
<b>ORDEN</b>	Zingiberales
<b>FAMILIA</b>	Musaceae
<b>GÉNERO</b>	Musa
<b>ESPECIE</b>	paradisiaca L.

Fuente: (Hernández & Vit, 2009)

### 2.2.2. SUPERFICIE, PRODUCCIÓN Y VENTAS DEL CULTIVO DEL PLÁTANO BARRAGANETE EN EL ECUADOR

El cultivo de plátano, hoy en día es considerado un importante ingreso económico del sector agrícola, como cultivo de exportación representa un importante puntal para el florecimiento económico del sector (Tigasi, 2017). En el Ecuador de acuerdo con los datos obtenidos por el INEC (2021), se registraron 128,861 hectáreas del cultivo de banano a nivel nacional. Dentro de los cultivos en el Ecuador el plátano ocupa el cuarto puesto entre los productos más cultivados con 195.259 hectáreas predominando las diversidades como Cavendish, Orito y Rojo.

**Tabla 6.** Superficie, producción y ventas del cultivo de plátano en Ecuador.

Región y Provincia	SUPERFICIE (Has.)		PRODUCCIÓN (Tonelada métrica)	VENTAS (Tonelada métrica)
	Plantada	Cosechada		
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>128.861</b>	<b>112.045</b>	<b>763.455</b>	<b>680.161</b>
REGIÓN SIERRA	30.810	26.414	170.229	155.690
REGIÓN COSTA	78.509	68.995	520.560	476.416
REGIÓN AMAZÓNICA	19.542	16.636	72.666	48.055

Fuente: ESPAC 2021

### 2.2.3. NUTRIENTES DEL PLÁTANO BARRAGANETE

En la siguiente tabla se indican los valores de composición del plátano barraganete, donde resalta su elevado contenido de agua y carbohidratos, junto con los micronutrientes potasio, vitamina A y C.

**Tabla 7.** Principales componentes nutricionales del plátano porción comestible.

COMPONENTES	% por 100 gramos
-------------	------------------

Agua	74.20
Energía (Kcal)	92.00
Grasa	0.48
Proteína	1.03
Carbohidrato	23.43
Fibra	2.40
Potasio (mg)	396.00
Fosforo	20.00
Hierro	0.31
Sodio	1.00
Magnesio	29.00
Calcio	6.00
Zinc	0.16
Selenio	1.10
Vitamina C (mg)	9.10
Vitamina A (I.U)	81.00
Vitamina B1 (mg)	0.05
Vitamina B2 (mg)	0.10
Vitamina E (mg)	0.27
Niacina (mg)	0.54

**Fuente:** (Hernandez & Vit, 2009)

### **2.3. BIOMASA RESIDUAL UTILIZADA EN LA INDUSTRIA DE BALANCEADOS**

Para la alimentación animal se pueden utilizar la biomasa residual obtenida de alimentos destinados al consumo humano teniendo en cuenta algunas consideraciones para evitar daño en los animales, se debe seleccionar el material a suministrar para eliminar elementos que puedan causar daño a los animales; restos de huesos, maderas, papel, metal, plástico según el Instituto Nacional Tecnológico (INATEC, 2016).

En varias investigaciones (Álvarez et al 2000; Suthar & Singh, 2015) concuerdan con que la generación de residuos orgánicos urbanos se ha convertido en una problemática mundial que afecta la biodiversidad, la economía y la seguridad alimentaria de los países.

Las pérdidas y desperdicios de alimentos se originan en el campo hasta su transformación y consumo, generando un impacto negativo en los recursos naturales (agua y suelo) y pérdida de nutrientes (energía y proteína). Estos residuos pueden emplearse en la alimentación animal mediante su transformación y enriquecimiento, favoreciendo la conservación ambiental y conduciendo a una producción orgánica (Ramirez, Peñuela, & Perez, 2017).

Se han realizado estudios caracterizando nutricionalmente estas biomazas ofrecidas en distintas formas, proporción y mezcla, así como, su relación con el desempeño animal,

obteniendo resultados alentadores de conversión, ganancia de peso y desempeño reproductivo (Centro de información de actividades porcinas, 2010).

### 2.3.1. Biomasa residual de la industrialización de la papa y plátano

De acuerdo con Prada (2008) los residuos generados por la industrias de snacks son considerados como un sustituto técnica y económicamente viable de las fuentes energéticas utilizadas en la fabricación de alimentos para consumo animal, por lo tanto, de acuerdo con Ramos , Aguilera, & Ochoa (2014) en la industria alimentaria, el proceso de transformación de la papa y plátano arroja diferentes tipos de residuos biológicos, los cuales no se aprovechan y se descartan sin obtener de ellos beneficios, por lo que se recomienda optar por reprocesarlos como subproductos, generando a mediano plazo una posible nueva línea de producción y de divisas para las compañías.

**Tabla 8.** Caracterización de la cáscara de papa.

<b>Componentes</b>	<b>Cáscara (% de la Materia seca)</b>
Extracto libre de nitrógeno	78.85
Proteína	2.50
Extracto Etéreo	13.40
Fibra	2.20
Cenizas	4.76

Fuente: (Valdivié, 2008)

**Tabla 9.** Caracterización de la cáscara de plátano.

<b>Componentes</b>	<b>Cáscara Verde (% de la Materia seca)</b>	<b>Cáscara Madura (% de la Materia seca)</b>
Extracto libre de nitrógeno	33.50	67.70
Proteína	9.50	7.00
Extracto Etéreo	8.30	7.00
Fibra	26.70	5.07
Cenizas	22.00	12.60

Fuente: (Valdivié, 2008)

**Tabla 10.** Composición nutricional de harina de papa en 100 gramos de porción comestible.

<b>Componentes</b>	<b>Contenido / 100g</b>
Agua (%)	6.52
Energía (kcal)	357.00
Proteína (%)	6.90
Fibra (%)	5.90
Ceniza (%)	3.14
Calcio (mg)	65.00
Fósforo (mg)	168.00

Fuente: (INCAP, 2012)

**Tabla 11.** Composición química de la harina de plátano verde con o sin cáscara y de maduro sin cáscara.

<b>Componentes</b>	<b>Plátano Verde con cáscara</b>	<b>Plátano Verde sin cáscara</b>	<b>Plátano Maduro sin cáscara</b>
Materia seca (%)	84.80	88.60	90.80
Extracto libre de Nitrógeno (%)	69.90	76.90	79.30
Extracto etéreo (%)	1.60	0.60	0.20
Proteína (%)	3.90	2.90	3.00
Cenizas (%)	4.00	4.90	4.40
Fibra (%)	5.40	3.70	3.90

Fuente: (Bendaña, 2004)

## 2.4. ACTIVIDAD PORCÍCOLA

El sector porcícola en Ecuador tiene un ritmo de crecimiento dinámico, los criadores de cerdo tras patio y los industriales están incrementando el hato mediante la aplicación genética, el mismo que ha permitido aumentar la productividad para cubrir la demanda nacional. De acuerdo a los datos proporcionados por la Asociación de Porcicultores del Ecuador (ASPE), este desarrollo de la industria se viene dando desde el 2007, año en el que la producción tecnificada y semi tecnificada se encontraba en 43.500 Toneladas métricas/año y en 2013 este mismo indicador llegó a 74.908 Tm/año equivalente al 63.63 % de la producción nacional y 42 800 toneladas métricas se produjeron en grajas familiares o traspatio equivalente al 36.36 % de la producción nacional (ASPE, 2016).

De acuerdo con los datos de obtenidos de la página del INEC para el 2021 se establece una cantidad de 1.053.923 cabezas de ganado porcino.

**Tabla 12.** Producción porcina en Ecuador

Región y Provincia	GANADO PORCINO					
	TOTAL	EXISTENCIA (Machos y Hembras)		TOTAL	VENTAS (Machos y Hembras)	
		Menores de 2 meses de edad	Mayores de 2 meses de edad		Menores de 2 meses de edad	Mayores de 2 meses de edad
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>1.053.923</b>	<b>302.122</b>	<b>751.801</b>	<b>455.638</b>	<b>112.296</b>	<b>343.343</b>
REGIÓN SIERRA	636.335	178.891	457.445	262.586	69.564	193.022
REGIÓN COSTA	381.283	113.968	267.315	183.761	40.459	143.302
REGIÓN AMAZÓNICA	36.305	9.263	27.041	9.292	2.273	7.018

Fuente: (ESPAC, 2021)

### 2.4.1. TAXONOMÍA DEL CERDO

Los cerdos destinados al consumo humano según Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA & la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO (2010) corresponden a la siguiente clasificación taxonómica:

**Tabla 13.** Taxonomía del cerdo

<b>NOMBRE CIENTÍFICO</b>	<i>Sus scrofa</i>
<b>REINO</b>	Animalia
<b>DIVISIÓN</b>	Chordata
<b>CLASE</b>	Mamíferos
<b>ORDEN</b>	Artiodáctyla
<b>FAMILIA</b>	Suidos
<b>GÉNERO</b>	Sus
<b>ESPECIE</b>	<i>Sus scrofa</i>

Fuente: (INTA & FAO, 2010)

### 2.4.2. PRINCIPALES RAZAS DE CERDOS

Según indica INTA e INATEC (2010), las razas de cerdos más comerciales y destinadas a la producción de carne son: Duroc Jersey, Landrace, Yorkshire y Hampshire, las cuales se describen en la siguiente tabla:

**Tabla 14.** Principales razas de cerdos

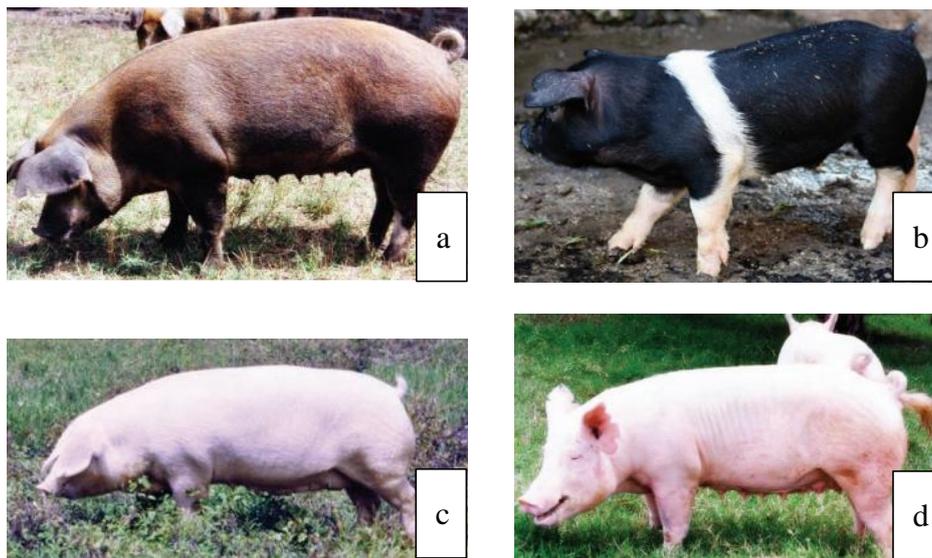
Raza	Característica
<b>Duroc-Jersey o Duroc.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cerdos grandes de capa roja (rojo cereza o rojo ladrillo); para otros autores los colores de la capa varían desde el amarillo al rojo oscuro.</li><li>• Posee buena rusticidad y adaptabilidad.</li><li>• Su prolificidad es media (9 a 10 crías por parto) otros autores (7 a 12/partos) con manadas de gran vitalidad. Producen gran cantidad de leche y poseen buen instinto materno.</li><li>• Temperamento nervioso, poco dóciles, agresivos al parto y durante la lactancia. Otros autores reportan tener un temperamento apacible.</li><li>• Peso de las hembras adultas promedian 340 Kg. y de los machos 435 Kg.</li></ul>
<b>Landrace</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Primera raza mejorada mediante métodos científicos.</li><li>• Constituye una de las razas más seleccionadas y magras del mundo.</li><li>• Capa blanca con piel blanca y rosada, cerdas blancas y lisas; mucosas despigmentadas.</li><li>• Cabeza un poco alargada, fina y poco compacta con perfil recto o subcóncavo, orejas grandes dirigidas hacia delante sin tapar completamente la vista (orejas célticas.)</li><li>• Excelente prolificidad de 11 a 13 crías por parto. Muy buena aptitud materna y temperamento dócil.</li><li>• Reconocida por sus cualidades reproductivas, carácter tranquilo y buena producción de leche.</li></ul>
<b>Yorkshire</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cerdo de capa blanca, piel rosada, fina y sin pliegues con cerdas finas y mucosas despigmentadas.</li><li>• Su capa sufre con la exposición al sol.</li><li>• Presentan baja rusticidad, pero en adecuadas condiciones de explotación se adapta a diferentes ambientes.</li></ul>

- Temperamento dócil, aunque se torna nervioso y activo durante la lactancia y parición.
- Peso promedio de la hembra adulta es de 280 Kg. y los machos hasta 390Kg.

**Hampshire**

- Fue la primera raza porcina que recibió un trabajo de selección orientado a la producción de carne.
- Capa negra con cerdas lisas, finas, negras a excepción de la espalda y extremidades anteriores donde son blancos, a manera de cinchada.
- Capa de color negro, con una franja blanca que rodea a todo el tórax, llegando a veces hasta el abdomen.
- Paren camadas de 9 a 10 crías, muy precoces y vigorosas en la primera etapa de vida.
- Alcanzan rápidamente los 95 Kg. de peso en menos de 6 meses de edad. Hembras adultas promedian 320 Kg. y los machos hasta los 400 Kg.
- Posee carne de buen color y moderado contenido de grasa intramuscular.

Fuente: (INTA e INATEC, 2010)



**Figura 4.** Principales razas de cerdos domésticos

(a)Duroc Jersey (b) Hampshire (c) Landrace (d) Yorkshire

Fuente: (INTA e INATEC, 2010)

**2.4.3. ETAPAS FISIOLÓGICAS DEL CERDO**

Según Alarcón (2005), las etapas del cerdo se clasifican de la siguiente manera:

Etapa	Periodo	Descripción
<b>Gestación</b>	3 semanas y 3 días	En esta etapa las hembras aumentan de peso, a causa del crecimiento de los lechones y la capacidad de guardar reservas para dar de lactar.
<b>Lactancia</b>	Entre 28 y 42 días	En esta etapa la cría tiene que aplicar mecanismos de supervivencia para adaptarse en el menor tiempo posible. Apenas nace la cría, es necesario que ingieran calostro
<b>Levante</b>	Peso comprendido desde los 25 a 30 kg hasta los 50 a 55 kg.	Comprende el crecimiento y desarrollo. En esta etapa se debe mantener los pesos corporales de los cerdos llevando un control del suministro de alimentos.
<b>Engorde o terminación</b>	El peso del porcino se da entre los 50-55 kg hasta los 105-110 kg (26 a 28 semanas).	En esta etapa es permitido la ingesta de alimentos a voluntad, con un contenido menor de proteínas que el de crecimiento.

Fuente: (Alarcón, 2005)

De la misma manera de acuerdo con información de la FAO (2020), se establece una relación de alimento con la ganancia de peso que los cerdos incrementarían en cada una de las etapas.

**Tabla 15.** Etapas de alimentación de cerdos.

<b>Etapas</b>	<b>Comienza</b>	<b>Finaliza</b>	<b>Duración (días)</b>	<b>Suministro Kg/día</b>	<b>Ganancia</b>
Iniciador	Destete	12 kg	15 a 21	0.300	4-6 kg
Iniciador II	12 kg	18 kg	15	0.600	6 kg
Crecimiento	18 kg	25-30 kg	30	0.900	7-12 kg
Desarrollo	30 kg	50-60 kg	30	2-2.5	20-30 kg
Terminación	50 kg	+90 kg	50-60	3-3.5	+40 kg

Fuente: FAO (2020)

### **2.4.3. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LOS CERDOS EN CRECIMIENTO Y ENGORDE**

En general, según Alarcón (2005) el periodo de crecimiento y engorde tiene una duración aproximada de tres a cuatro meses, estas dos etapas son muy importantes en la vida productiva del animal, el alimento que consume está entre el 75% y el 80% que es necesario en su vida productiva. Los pesos que comprenden en esta etapa son: crecimiento 30- 50 kg y engorde 50 kg -130 kg (Astudillo & Sánchez, 2019).

#### **2.4.4.2. Requerimientos nutricionales en la etapa de engorde**

Para el inicio de esta etapa los cerdos deben ser de buena calidad y tener un peso inicial de 20 kg para la obtención de buenos resultados en el momento de la venta. Se deben realizar controles diarios en cuanto al estado sanitario y el monitoreo de la actitud, apetito y condición corporal del animal (Carrero, 2005), de esa manera la práctica de pesaje y registro deben realizarse una vez por mes para determinar la ganancia de peso. Las porquerizas deben ser homogéneas y que los comederos correspondan a evitar al máximo la competencia por alimento.

En el año 2010, Demetrio explica las razones de manejo de engorda, divide en dos periodos de cerca de 10 semanas cada uno, el primer periodo suele llamarse periodo de crecimiento, termina cuando el animal ha alcanzado un peso vivo de 60 kg y el siguiente

periodo denominado de finalización, termina cuando el animal ha logrado un peso vivo de unos 100 kg.

**Tabla 16.** Requerimientos nutricionales del cerdo en la etapa de engorde.

<b>Componente</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Requerimiento mínimo</b>	<b>Requerimiento máximo</b>
Proteína bruta	%	13.00	16.00
Energía	kcal/kg	2250	3200
Fibra Bruta	%	3.00	6.50
Calcio	%	0.45	0.80
Lisina	%	0.60	0.74
Metionina	%	-	0.23
Triptófano	%	0.10	0.14
Treonina	%	0.34	0.47
Fósforo	%	0.20	0.50
Magnesio	ppm	390	410
Sodio	%	0.16	-
Potasio	%	0.24	1.10

**Fuente:** (FEDNA, 2016)

## **2.5. ALIMENTACIÓN DE CERDOS**

De acuerdo a Campabadal (2009), la alimentación eficiente de los cerdos es una de las prácticas más importantes de una granja porcina, ya que de ella dependen no solo los rendimientos productivos de los cerdos, sino también la rentabilidad de la granja.

La alimentación de los cerdos representa el 80 - 85 % de los costos totales de producción, se basa en dietas con los nutrientes requeridos y equilibrados, tomando en cuenta la etapa, edad, salud, época del año. Según Guachamín, (2016) se considera que el consumo de alimento del cerdo es aproximado a 2.5 kg de materia seca por día, lo que equivale 10 kg de materia verde, con una conversión alimenticia de 3.5 kg de alimento por cada kg de peso ganado.

### **2.5.1. Descripción de principales materias primas a utilizar para la elaboración de un balanceado**

De acuerdo con la investigación realizada por Alarcón (2005) para elaborar raciones con una cierta composición, se mezclan varios alimentos disponibles, al respecto se distinguen:

- Alimentos ricos en energía

- Alimentos ricos en proteínas
- Alimentos ricos en energía y proteínas
- Alimentos ricos en vitaminas y minerales

Los alimentos ricos en vitaminas y minerales son en particular los forrajes desecados artificialmente y los forrajes verdes. Las harinas de carne y huesos se conocen por su alto contenido de minerales.

**Tabla 17.** Valor nutritivo de los alimentos para cerdos.

<b>Alimento</b>	<b>MS g/kg alimento</b>	<b>ED kcal/kg</b>	<b>PD g /kg</b>	<b>FC g/kg</b>	<b>Ca g /kg</b>	<b>P g/kg</b>
Heno de alfalfa	220	2500	132	314	32	5
Heno de gramíneas	260	2500	58	408	8	4
Harina de alfalfa	930	2387	135	217	16	3
Cebada	890	3461	92	56	1	4
Maíz	860	4058	81	23	1	3
Sorgo	890	3831	89	22	1	3
Trigo	890	3955	131	34	1	4
Camote seco	900	2888	9	97	3	6
Raíz de yuca seca	890	3461	6	34	1	1
Harina de plátano	900	3589	38	9	1	2
Salvado de arroz	910	3582	112	121	1	20
Salvado de trigo	890	2820	137	112	1	13
Harina de ajonjolí	930	3796	484	54	22	14
Harina de algodón	940	3128	372	128	2	13
Harina de cacahuete	920	4098	467	120	2	7
Harina de coco	930	3613	160	129	2	6
Gluten de maíz	910	3780	405	44	2	4
Harina de lino	910	3725	349	99	4	10
Harina de soya	900	3733	451	67	3	8
Harina de residuos de yuca	900	2911	10	144	1	1
Harina de carne y huesos	940	3043	479	23	113	54
Harina de huesos	950	695	99	21	305	143
Harina de sangre	910	2945	685	11	3	2
Harina de pescado	920	3707	608	11	7	8
Residuos de cervecera	920	2054	222	163	3	5
Melaza de caña de azúcar	750	3280	23	0	12	1
Leche fresca	120	5500	250	0	8	8
Suero seco de leche	940	3649	134	0	10	9
Desperdicios domésticos	300	5600	67	33	0	
Caliza molida	1000	0	0	0	330	0
Fosfato de sodio mono sódico	970	0	0	0	0	225

**Dónde:** MS: materia seca ED: energía digestible PD: proteína digestible FC: fibra cruda Ca: calcio, P: fósforo

**Fuente:** (Alarcón, 2005)

### 2.5.1.1. Contenido de nutrientes en dietas de engorde.

Es muy importante tener en cuenta la etapa fisiológica en la que se encuentre el cerdo y las cantidades nutricionales que éste requiere al momento de la elaboración de la dieta. Dicha formulación debe ser fácil de conservar y suministrar en la explotación porcina, además que represente bajos precios en su preparación debido a que los costos de alimentación representan el 65% de toda la producción (García & De Loera, 2012).

**Tabla 18.** Valor nutritivo de los alimentos para cerdos.

<b>Nutriente</b>	<b>Cerdos Engorde</b>
Proteína (%)	13-16
Fibra (%)	3- 6.5
Lisina (%)	0.75
Calcio (%)	0.60
Fósforo aprovechable (%)	0.30
Energía digestible (Mcal/ kg)	3.30
Energía metabolizable (Mcal/ kg)	3.25

**Fuente:** (Campabadal, 2009)

Hay que tener en cuenta en la producción del ganado porcino, que una de las ventajas al formular una ración alimenticia es que no existe restricciones en la utilización de variedad de insumos o materias primas provenientes de la industria alimentaria para ser claros los residuos que se generan en las mismas (Blair, 2018).

**Tabla 19.** Porciones de alimento a suministrar a cerdos.

<b>Peso del cerdo (Kg)</b>	<b>Cantidad alimento (Kg/día)</b>
30 – 40	1.80
40 – 50	2.20
50 – 60	2.60
60 – 70	2.80
70 – 80	3.10
80 – 90	3.50

**Fuente:** (Campabadal, 2009)

## 2.6. PROCESAMIENTO DE ALIMENTO BALANCEADO

En el año 2013, Palomo definió a una planta de balanceados como un espacio que cuenta con la infraestructura y los dispositivos que se requieren para producir determinados bienes o transformar una fuente energética, necesaria para el crecimiento y desarrollo de animales. Por lo tanto, una planta de alimentos concentrados se dedica a la transformación de alimento, del sector agrícola generando productos para animales, contiene áreas

asignadas para todos los procesos que ocurren en ella, cuenta con personal capacitado, equipos y maquinaria.

De acuerdo al MAGAP (2009) todos los productores y consumidores de alimentos de origen animal, tienen la responsabilidad de asegurarse que los mismos sean aptos para el consumo, deben aplicarse principios desde la producción primaria hasta el consumidor final, mediante el concepto de la finca a la mesa.

En fin, la productibilidad y rentabilidad de una granja porcina dependerá de una serie de factores nutricionales, de manejo y reproductivos que deberán manejarse como un conjunto para poder tener éxito en la crianza de cerdos.

### 2.6.1. Tipos de mezclas para alimentos balanceados de cerdos

Existen en el mercado diferentes tipos de mezclas de alimentos balanceados, los cuales difieren desde los costos hasta el empleo de maquinaria, infiriendo así en sus costos, en la siguiente tabla se resume las principales características de las diferentes mezclas, poniendo en evidencia sus ventajas y desventajas frente a las otras.

**Tabla 20.** Tipo de mezclas para alimentos balanceados

<b>Descripción</b>	<b>Harina</b>	<b>Peletizado</b>	<b>Extrusión</b>
<b>Procesamiento</b>	En seco	Húmedo	En seco y húmedo
<b>Temperatura (°C)</b>	Ambiente	60 - 90	70 - 160
<b>Humedad (%)</b>	En seco	15.5 - 17	Hasta 30
<b>Adición grasa (%)</b>	En seco	20	30
<b>Máquina</b>	Manual	Peletizadora	Extrusores
<b>Costos</b>	Bajos	Normales	Costosos
<b>Esterilidad</b>	Nula	Buena	Excelente
<b>Forma del producto</b>	Harina	Cilíndrica	Matrices
<b>Agglutinantes</b>	No	Si	No
<b>Digestibilidad</b>	Normal	Buena	Excelente

**Fuente:** (Salazar, 2008)

### 2.6.2. Alimento balanceado peletizado

Si una empresa avícola o porcina quiere mejorar sus parámetros productivos y su rentabilidad, tiene que optimizar la utilización del alimento. Por este motivo, la utilización de alimento peletizado en la industria animal, ha tomado mucha importancia en las últimas décadas, pues los estudios indican que lleva a una mejor eficiencia alimentaria (Loor, 2016).

En el año 2013, Bolaños define al peletizado como un proceso que utiliza presión, humedad y calor, para lograr que pequeñas partículas de alimento sean forzadas a

aglomerarse una con otra para formar un gránulo o “pellet” de mayor tamaño, logrando que se vuelva lo suficientemente moldeable para compactarse hasta obtener una mayor densidad. El peletizado es un proceso costoso en términos tanto de capital como costos variables, pero el gasto generalmente se justifica por el mejoramiento de las utilidades de la planta, así como del desempeño animal.

### **2.6.3. Proceso de peletizado**

Según Chachapoya (2014), la elaboración de un alimento balanceado se describe de la siguiente manera:

**Recepción de materia prima:** Este proceso incluye la aceptación de los insumos e ingredientes sean sólidos o líquidos, deben cumplir con los estándares de calidad establecidos de acuerdo a normas, por el contrario, son rechazados.

**Almacenamiento:** Se refiere a la agrupación ordenada los ingredientes, resguardando calidad física y nutricional.

**Pesaje:** Los ingredientes a usar en la formulación se pesan por medio de balanzas colgantes, móviles o fijas dependiendo de la cantidad o volumen que se vaya a elaborar.

**Molienda:** Este paso es necesario para las materias primas que requieren ser trituradas. La función de la molienda es reducir el tamaño de partícula de los insumos a utilizar.

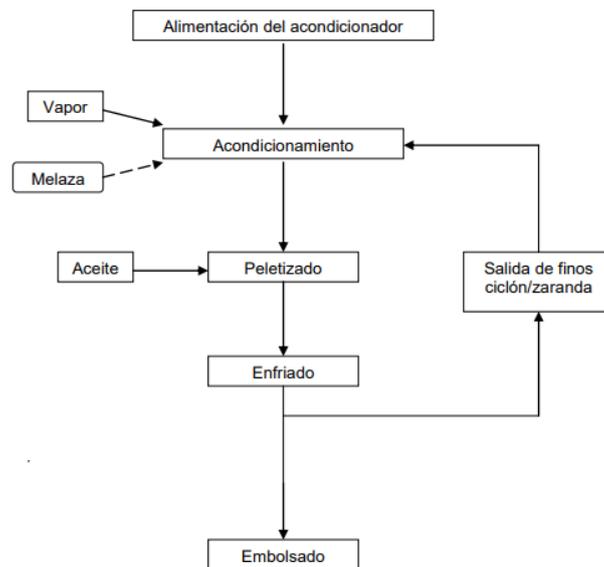
**Mezclado:** proceso por la cual se va a introducir los ingredientes, aditivos y pre mezclas, para ser mezclados durante un tiempo determinado.

**Peletización:** la materia prima ya mezclada, en este paso recibe un proceso de precocción, mediante el cual, la mezcla es transformada a través de un molde o matriz con orificios que le va a otorgar forma cilíndrica llamado pellet.

**Enfriado:** consiste en reducir de 1 a 3 °C la temperatura del producto terminado en relación a la temperatura ambiente, se lo puede realizar mediante tambores rotatorios o mediante flujo de aire frío, provocando un choque térmico que reduce la humedad de los pellets.

**Empacado:** En este paso, se procede a empacar al alimento balanceado en bolsas o sacos, para después sellarlos correctamente y así evitar la contaminación del producto.

**Almacenado:** Se almacena el producto terminado en lugares acondicionados, para luego distribuirlos y venderlos.



**Figura 5.** Diagrama de proceso de balanceado peletizado  
**Fuente:** (Caballero, 2010)

#### 2.6.4. Principales parámetros en el proceso de peletizado

Es fundamental llevar un control estricto en el acondicionamiento, peletizado y posterior enfriado a fin de obtener un producto peletizado íntegro y estable, de acuerdo a la revisión bibliográfica se considera como principales parámetros a tomar en consideración al momento de peletizar los siguientes:

- **Acondicionamiento**

El correcto acondicionamiento de la mezcla antes de entrar al proceso de peletizado o extrusión es de vital importancia para garantizar la calidad del alimento. Es en ésta fase donde se inicia la cocción o gelatinización de almidones y la plastificación de la proteína que van a garantizar un buen producto, un mayor grado de expansión en el caso de alimento extruido y un mejor aprovechamiento del alimento por parte de la especie alimentada. En el acondicionador también se produce cierto grado de esterilización del producto (Instituto Colombiano Agropecuario, 2007)

De acuerdo con Piedrafita (2006) entre los principales aspectos a tomar en cuenta en el acondicionado de la mezcla para su posterior peletización se encuentran:

- Tiempo de acondicionamiento mínimo 90 segundos, pero es preferible 270 a 350 segundos dependiendo de los ingredientes que se incorporan en la fórmula. El tiempo de residencia se puede ajustar cambiando el ángulo de las paletas y/o disminuyendo la velocidad del acondicionador.
- Aplicar vapor saturado de 1-2 bar (15-30 psi) de presión. Los puntos de inyección de vapor deben ser a la parte inicial del acondicionador para permitir más tiempo de contacto con la mezcla.
- La temperatura de la mezcla acondicionada debe ser no menor a 90 °C. La humedad de la mezcla a la salida del acondicionador debe estar entre 16-18%.
- A medida que la humedad incrementa se corre el riesgo de causar atascaduras en el dado.

### **Maquina peletizadora**

La peletizadora consta de una cámara de peletizado, esta es de forma circular, compuesta por un dado con orificios de determinado diámetro y grosor; esto lo define las características del producto que se esté sacando. Dentro del dado están los rodillos que ejercen presión a la mezcla cuando entra en la cámara de peletizado de tal forma que la obliga a salir por los agujeros, al salir por estos huecos el producto peletizado es cortado por las cuchillas que están en la periferia del dado y las sostiene la chaqueta que cubre la cámara. El resultado es el pellet con las características correspondientes a las requeridas y que fueron predeterminadas (Riaño, 2002).

**Tabla 21.** Especificaciones de una peletizadora convencional

<b>Descripción elementos</b>	<b>Material</b>
Tolva de Alimentación	Acero galvanizado
Matriz y rodillos de compresión	Acero inoxidable AISI 304 Acero al carbón AISI 7210
Poleas de transmisión	Aluminio 6061
Estructura	Acero al carbón AISI 1018
<b><i>Característica técnica</i></b>	
Dimensiones del pellet (diámetro mm * largo mm )	6 * 10
Producción	1qq/hora
Potencia	3hp

**Fuente:** (Albán & Arias, 2019)



**Figura 6.** Máquina peletizadora  
Fuente: Leenztools, 2010

- **Tamaño del pellet**

Generalmente el tamaño del pellet comercial para dietas de primeras fases es de 2-3 mm, esto se debe a que el lechón presenta una dentadura poco desarrollada y pequeña, sin embargo, luego de su etapa de crecimiento se recomienda aumentar el tamaño de pellet de 4-5 mm ya que su dentadura se ha desarrollado por completo (Albán & Arias, 2019).

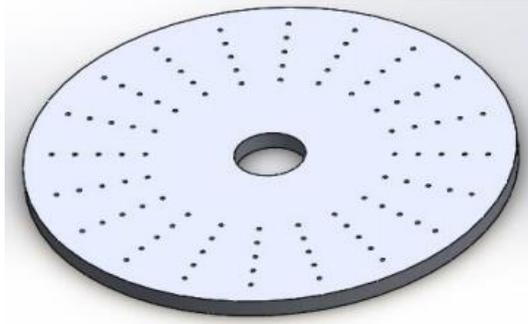
**Tabla 22.** Características físicas de los pellets

Tipo ganado	Largo (mm)	Diámetro (mm)	Peso (g)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Humedad (%)
<b>Aves</b>	4 - 8	4	0.005	650 – 700	<10
<b>Vacas</b>	10 – 15	8	0.008	700 – 750	<15
<b>Cerdos</b>	5 – 10	6	0.008	700 – 750	<15
<b>Conejos</b>	5 - 10	5	0.009	600 – 650	<8

Fuente: (Albán & Arias, 2019).

- **Matriz Peletizadora**

Básicamente está formada por un disco formado con rodillo en donde ingresa el balanceado y por la presión que ejerce estos son expulsados del disco formándose los pellets. Las matrices siempre han sido y aun representan el repuesto principal de la prensa, A lo largo de los años las matrices anulares se han envuelto en la forma y en el tamaño de base. Inicialmente fabricadas en acero común templado y cementado (Granda, 2012).



**Figura 7.** Matriz peletizadora  
**Fuente:** (Gómez, 2019)

- **Dados**

Los dados para fabricar alimentos balanceados deben ser de acero inoxidable altos en cromo. Esto se debe a que algunas fórmulas bastante acidas lo que podría causar la corrosión. Si no se puede lograr la calidad del pellet con este tipo de dados la segunda opción es utilizar dados de acero inoxidable carburizado. Por el tipo de aleación el coeficiente de fricción es mayor que el de acero al cromo lo que produce una mayor resistencia a la mezcla que se está peletizando (Henaó, 2016). El espesor efectivo de los dados debe ser de 45 a 50 mm, Este es lo que se conoce como espesor efectivo o área de trabajo y no se le debe confundir con los alivios. Por lo general, los alimentos se peletizan en dados con agujeros de 1.8 a 2.2 mm de diámetro (Romero N. , 2021).

- **Rodillos**

El aspecto más importante de los rodillos es su relación con el dado. Cualquier cosa que le suceda al rodillo también afectara al dado. La función del rodillo es proporcionar la fuerza de compresión entre el alimento y el dado. El dado ofrece la fuerza de resistencia que depende de su espesor (área de trabajo efectivo), coeficiente de fricción, y diámetro del orificio (Albán & Arias, 2019).



**Figura 8.** Rodillos  
**Fuente:** (Gómez, 2019)

- **Enfriamiento del producto peletizado**

El secado o enfriamiento debe realizarse lentamente, permitiendo el flujo de humedad desde la parte interna del producto hacia afuera, y evitando choques térmicos que puedan crear fisuras en el producto. Se recomienda secar o enfriar el producto hasta una humedad no inferior a 11 o 12%, pues ésta es considerada como un nivel “seguro”, y el remover mayor cantidad de humedad causa grandes perjuicios económicos (Ralston Purina, 2018).

- **Uso de melaza como aglutinante**

La melaza es un concentrado de hidratos de carbonos y los azúcares representan un alto porcentaje de su materia seca. Es un producto apetecible por las especies animales y al ser añadido a la dieta en niveles bajos (5-10%), incrementa su palatabilidad y reduce pérdidas por polvo, sin embargo, en países productores de azúcar la usan en niveles superiores (Poballe 2004).

Escobar, Macías, & Rogel (2006) pudieron establecer con su investigación que el costo de alimentación se puede reducir hasta un 22% en la etapa de crecimiento y un 24% en la de engorde, con dietas con hasta el 15% de melaza. Sin embargo, el mayor margen sobre el costo de alimentación encontrado fue con dietas con 10% de melaza.

### **2.6.5. Ventajas del alimento Peletizado**

En la alimentación de cerdos se corrobora que los animales deben consumir 3.27 kg de alimento en harina para aumentar 1 kg de peso; en comparación consumirá 2.87 kg de pellets para incrementar 1 kg. La conversión a carne mejora y se realiza en menor tiempo. Dentro de la planificación del alimento en harina, peletizado o extrusión, el extruido es de mayor calidad dependiendo del tipo de animal al que se destina el alimento balanceado.

En el caso de los cerdos regularmente se propende a seleccionar el alimento compuesto en harina o pellet (Salazar, 2008).

- **Gelatinización de los Almidones** Los almidones de los granos están compuestos de tres estructuras constituidas por unidades de glucosa: amilasa, amilopectina y amilosa ramificada. La gelatinización se produce cuando se aplica suficiente energía para romper los enlaces de hidrógeno intermoleculares que se encuentran en el área cristalina, compuesta principalmente por amilopectina. Durante este proceso los gránulos de almidón absorben agua, se expanden linealmente y destilan parte de su fase de gel (amilosa), por lo que se hacen más susceptibles a la degradación enzimática y aumentan su digestibilidad (Granda, 2012).
- **Plastificación de las Proteínas** La plastificación es una propiedad de algunos cuerpos, al adquirir determinada forma por efecto de alguna fuerza. En el caso de las proteínas, al aplicarse calor, se desnaturalizan y las moléculas que resultan de la polimerización forman cadenas de aminoácidos paralelas unidas por enlaces transversales poco numerosos, los cuales son fáciles de romper aumentando su digestibilidad y absorción en el tracto digestivo.

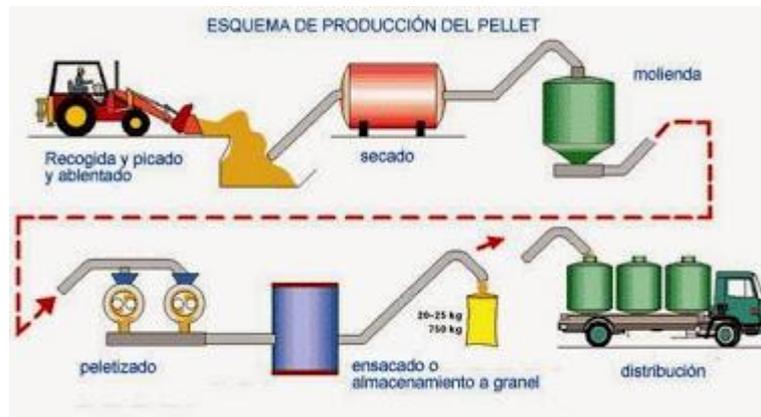
Así también se describen en la investigación de Astudillo & Sánchez (2019) ciertas ventajas de los alimentos balanceados peletizados:

- Digestibilidad de los nutrientes.
- Digestibilidad de las grasas.
- Reducción de uso de energía durante el consumo de alimento.
- Eliminación de contaminación microbiana.
- Evita la selección de ingredientes.
- Mejora en la retribución económica y parámetros productivos.

#### **2.6.6. Tecnología del Peletizado**

González (2011), menciona que una peletizadora es una máquina que tiene como trabajo o actividad trasforma y/o convertir la materia prima en pellet, que son piezas más pequeñas más o menos esféricas de material, aunque no es necesario esto es básicamente de lo que se encarga una peletizadora, los tipos de peletizadora que podemos encontrar son de hilo, disco y en contra flujo.

Entonces la peletización, es el proceso que nos permite moldear la mezcla de los ingredientes, los cuales son compactados a través de orificios del dado para convertirla en cilindros o esferas. Se logra mediante un proceso mecánico con humedad, presión y temperatura.



**Figura 9.** Proceso de peletizado industrial.  
**Fuente:** (Henao, 2016)

Gonzalo (2011) encontró lo siguiente:

El proceso de peletización se puede esbozar, que una vez que el alimento es fabricado en harina, se lleva al proceso de peletización en donde se agrega vapor de agua, para lograr una hidratación a temperaturas que oscilan entre los 60 y los 75 grados Celsius. Con lo anterior se logra una masa caliente, a partir de la cual se forman pequeñas estructuras cilíndricas, que según sea el tipo de alimento que se esté fabricando, tendrán diferente diámetro y longitud. Terminado el proceso de peletización, el producto final se enfría y se pasa por una zaranda para luego ser ensacado. Un buen proceso de peletizado, ensacado y almacenamiento, nos asegurará un vencimiento en el alimento más prolongado, de por lo menos dos meses.

En concordancia con lo anterior, existen requisitos que se deben de tener en cuenta en el proceso de peletizado: tipo de formulación o ingredientes usados, requisitos de capacidad, requisitos de calidad de pellets, tamaño de las corridas.

## **2.7.ASPECTOS DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD**

El aseguramiento de la calidad es un aspecto importante de las operaciones de fabricación de alimentos balanceados. Es en los años veinte cuando se consolidaría el término. El aseguramiento de la calidad se puede definir como el esfuerzo total para plantear, organizar, dirigir y controlar la calidad en un sistema de producción con el objetivo de dar al animal productos con la calidad adecuada.

### **2.7.1. Calidad de los Ingredientes**

Dado que la composición de los alimentos para animales son materias primas provenientes de procesos agrícolas (granos o cereales) y de procesos industriales (pastas de oleaginosas, harina de subproductos de origen animal, etc.), es importante el conocer y clasificar cada una de estas de acuerdo a su perfil nutricional (aminoácidos, energía, vitaminas, minerales) y a sus características físicas, de origen o proveedor, para ser incluidas en la dieta de los cerdos y así obtener los mejores resultados económicos posibles. Los ingredientes de un alimento terminado representan de un 70% a un 90% del costo de la dieta. Es más, a medida que una planta se vuelve más grande y eficiente en sus procesos, el porcentaje del costo total de los ingredientes tiende a subir (Alarcón, 2005). Por lo tanto, para poder comprender el concepto de calidad, es necesario el priorizar el conocimiento sobre las materias primas empleadas en la elaboración de alimentos terminados. No solo el conocimiento relacionado a los aspectos de composición química (perfil nutricional) y física (densidad, tamaño de partícula, fluidez, características de color y sensoriales, etc.), sino una definición de la calidad de ese ingrediente y los límites de aceptación o rechazo.

La descripción física y sensorial ya no basta para la determinación de los aspectos de calidad de ingredientes. Es necesario el uso de técnicas de laboratorio, que nos den los parámetros necesarios en un tiempo corto. Este es un dilema en muchas empresas, dado que se usan datos de laboratorios externos, para la determinación de un análisis químico bromatológico, de aminoácidos, vitaminas o minerales, u otras variables como bacteriología o toxicología (Henao, 2016).

### **2.8. REQUISITOS BROMATOLÓGICOS Y DE CALIDAD EN BALANCEADOS PARA CERDOS**

Una de las normas ecuatorianas que se toma como referencia para determinar los parámetros de calidad de alimentos balanceados para animales es la INEN 1829 que hace referencia a “la producción alimentos balanceados de consumo animal”, esta norma establece los requisitos físicos, químicos y microbiológicos que deben cumplir los alimentos balanceados, garantizando un pienso de calidad, así mismo se toma como referencia la investigación realizada por Romero (2021) y se establece la siguiente tabla de requisitos:

**Tabla 23.** Requisitos bromatológicos para alimento balanceado de cerdo

<b>Requisito</b>	<b>Mínimo (%)</b>	<b>Máximo (%)</b>	<b>Método de ensayo</b>
Humedad	-	13	INEN 540
Proteína cruda	8	24	INEN 543
Fibra cruda	-	10	INEN 542
Grasa cruda	8	24	INEN 541
Calcio	-	-	INEN 544
Cenizas	0.8	1.0	INEN 546
Fosforo total	0.6	-	INEN 547

**Fuente:** INEN 1829, (Romero, 2021)

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

La fase experimental del proyecto de investigación se realizó en las Unidades Eduproductivas de la carrera de Agroindustria, la obtención de los residuos de papa y plátano se realizó en la Procesadora de Alimentos “Delicias de mi Tierra” ubicada en Av. 13 de Abril S /N y Quito, 100150, Ibarra, Imbabura, posteriormente la caracterización de las materias primas se realizó en el INIAP, D. Mejía, cantón Quito, provincia Pichincha y la fase experimental en las Unidades Eduproductivas de la carrera de Ingeniería Agroindustrial.

**Tabla 24.** Localización del experimento

	<b>Obtención de residuos</b>	<b>Caracterización de materias primas</b>	<b>Fase experimental</b>
<b>Provincia:</b>	Imbabura	Pichincha	Imbabura
<b>Cantón:</b>	Ibarra	Mejía	Ibarra
<b>Parroquia:</b>	El Sagrario	Cutuglahua	El Sagrario
<b>Sitio:</b>	Procesadora de Alimentos “Delicias de mi Tierra”	INIAP. Santa Catalina.	Unidades Eduproductivas de la carrera de Ingeniería Agroindustrial
<b>Altitud:</b>	2222 m.s.n.m	3058 m.s.n.m.	2222 m.s.n.m
<b>Temperatura media:</b>	18.5°C	13.3°C	18.5°C
<b>Humedad relativa:</b>	84%	76.4 %	84%
<b>Precipitación media:</b>	550.3 mm	1477.3 mm	550.3 mm

**Fuente:** (INIAP, 2012), (Instituto Geofísico Militar)

## 3.2. MATERIAS PRIMAS Y TECNOLOGÍA

### 3.2.1. Insumos y reactivos

Tabla 25. Materia prima

MATERIA PRIMA	ORIGEN	APORTE
Biomasa residual de papa	Vegetal	Energía y fibra
Biomasa residual de plátano	Vegetal	Energía, proteína y fibra
Afrechillo de trigo	Vegetal	Energía
Torta de soya	Vegetal	Proteína, fibra
Maíz amarillo	Vegetal	Energía
Melaza	Vegetal	Palatibilidad
Sal	Mineral	Sodio
Aceite rojo de palma	Vegetal	Energía y Palatibilidad
Fosfato di cálcico	Mineral	Fósforo y Calcio
Mezcla Vitaminas -Minerales	Industrial	Vitaminas y minerales

### 3.2.2. Maquinaria y equipos

- Peletizadora semi industrial de 2kg de capacidad
- Molino de 5kg de capacidad
- Tamizador manual
- Secador de bandejas
- Sacos de polipropileno
- Balanza electrónica de 5kg de capacidad

## 3.3 MÉTODOS

### 3.3.1. Caracterización físico química de la biomasa residual de papa Capira y plátano Barraganete.

Las muestras de biomasa residual, empleada en este estudio como materia prima fueron tomadas de la Procesadora de Alimentos “Delicias de mi Tierra” de la ciudad de Ibarra, la cual se dedica a la elaboración de snacks la papa Capira y plátano Barraganete.

Tabla 26. Métodos de análisis utilizados en la caracterización de la biomasa residual de papa y plátano.

Análisis	Método	Unidad
Humedad	INEN ISO 712 / Gravimetría	%
Proteína	INEN ISO 20483 / Kjeldahl	%
Grasa	INEN ISO 11085 / Gravimetría	%
Ceniza	INEN ISO 520 / Gravimetría	%
Fibra	INEN 522 / Gravimetría	%
Energía	Cálculo	Kcal/kg
Minerales (Ca, P, Na)	Espectrofotometría	ppm

Los datos proporcionados por los respectivos análisis realizados, fueron ingresados al programa Zootec 3.0 para la formulación de las dietas correspondientes a este estudio. Dentro del análisis de minerales se tomó en cuenta solo los macronutrientes más importantes para la dieta que son los siguientes: fósforo (P), calcio (Ca) y sodio (Na); ya que estos nutrientes tienen mayor importancia en la dieta balanceada.

### **3.3.2. Formulación de la mejor dieta alimenticia para cerdos en la etapa de engorde con respecto a sus requerimientos nutricionales y restricciones alimenticias.**

Para la formulación de las raciones alimenticias se utilizará Zootec 3.0 programa en Excel que permite formular raciones de mínimo costo para animales de granja, basado en la técnica de Programación Lineal (PL) implementada en el complemento Solver de Excel. En el modelo PL se puede establecer restricciones de alimentos y nutrientes en mínimo, máximo, igual e informe de sensibilidad y límites.

**Tabla 27.** Composición de las tres dietas a evaluar.

<b>DIETA 1</b>	<b>DIETA 2</b>	<b>DIETA 3</b>
Biomasa residual de papa	Biomasa residual de plátano	Biomasa residual papa
Afrechillo de trigo	Afrechillo de trigo	Harina de residuos de plátano
Maíz amarillo	Maíz amarillo	Afrechillo de trigo
Torta de soya	Torta de soya	Maíz amarillo
Sal	Sal	Torta de soya
Melaza	Melaza	Sal
Fosfato di cálcico	Fosfato di cálcico	Melaza
Mezcla vitaminas – minerales	Mezcla vitaminas - minerales	Fosfato di cálcico
Aceite rojo de palma	Aceite rojo de palma	Mezcla vitaminas - minerales
		Aceite rojo de palma

### **3.3.3. Determinación de los parámetros de peletizado en relación a la calidad y rendimiento del producto final.**

En la presente investigación se tomó en cuenta dos factores: porcentaje de aglutinante y las dietas con la finalidad de analizar el comportamiento del pellet tomando en cuenta tres indicadores de calidad: densidad, humedad y dureza.

### 3.3.3.1. Factores y niveles en la evaluación de la calidad y rendimiento del balanceado peletizado en cerdos de engorde.

#### Factores controlables:

##### A: % Aglutinante

A1= 5 % Melaza

A2= 8% Melaza

##### D: Dietas

D1= Dieta con contenido de biomasa residual de papa.

D2= Dieta con contenido de biomasa residual de plátano.

D3= Dieta con contenido de biomasa residual de papa y plátano.

**Factores no controlables:** Ninguno

**Variables Dependientes:** Densidad (kg/m<sup>3</sup>)

Humedad (%)

Dureza (N)

Rendimiento (%)

### 3.3.3.2. Tratamientos resultantes

Una vez realizadas las combinaciones se obtuvo como resultado seis tratamientos detallados en la siguiente tabla:

**Tabla 28.** Tratamientos en la evaluación de los balanceados de cerdos de engorde.

Símbolo Tratamientos	Código de factores	Detalle
T1	A1D1	A1= 5%; D1= Dieta con contenido de biomasa residual de papa.
T2	A1D2	A1= 5%; D2= Dieta con contenido de biomasa residual de plátano.
T3	A1D3	A1= 5%; D3= Dieta con contenido de biomasa residual de papa y plátano.
T4	A2D1	A2= 8%; D1= Dieta con contenido de biomasa residual de papa.
T5	A2 D2	A2= 8%; D2= Dieta con contenido de biomasa residual de plátano.
T6	A2D3	A2= 8%; D3= Dieta con contenido de biomasa residual de papa y plátano.

### 3.3.3.3. Repeticiones

Se realizó tres repeticiones por cada tratamiento.

### 3.3.3.4. Tipo de diseño

Para la investigación se aplicará un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) dispuesto en arreglo Factorial A x B.

Número de tratamientos = 6

Repeticiones= 3

Unidades experimentales= 18

Bloques= 3

Unidad experimental = 1 kilogramo

### 3.3.3.5. Análisis estadístico y nivel de significancia.

Los datos obtenidos se realizarán un análisis de variancia de acuerdo al diseño de bloques completamente al azar (DBCA) dispuesto en arreglo factorial A x B.

**Tabla 29.** Análisis de varianza para alimento balanceado peletizado.

<b>Fuente de variación (FV)</b>	<b>Grados de libertad (GL)</b>
Total	17
Tratamientos	5
Bloques	2
Factor A (Aglutinante)	1
Factor B (Dietas)	2
Interacción A x B	2
E. Experimental	10

Si existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos se realizará la prueba Tukey al 5%.

### 3.3.4. Análisis de costo beneficio del balanceado peletizado de cerdos engorde.

El análisis de costos se realizó tomando en cuenta los costos de producción de las materias primas de los tratamientos para cada dieta, para determinar que el tratamiento es económicamente rentable con relación a un testigo.

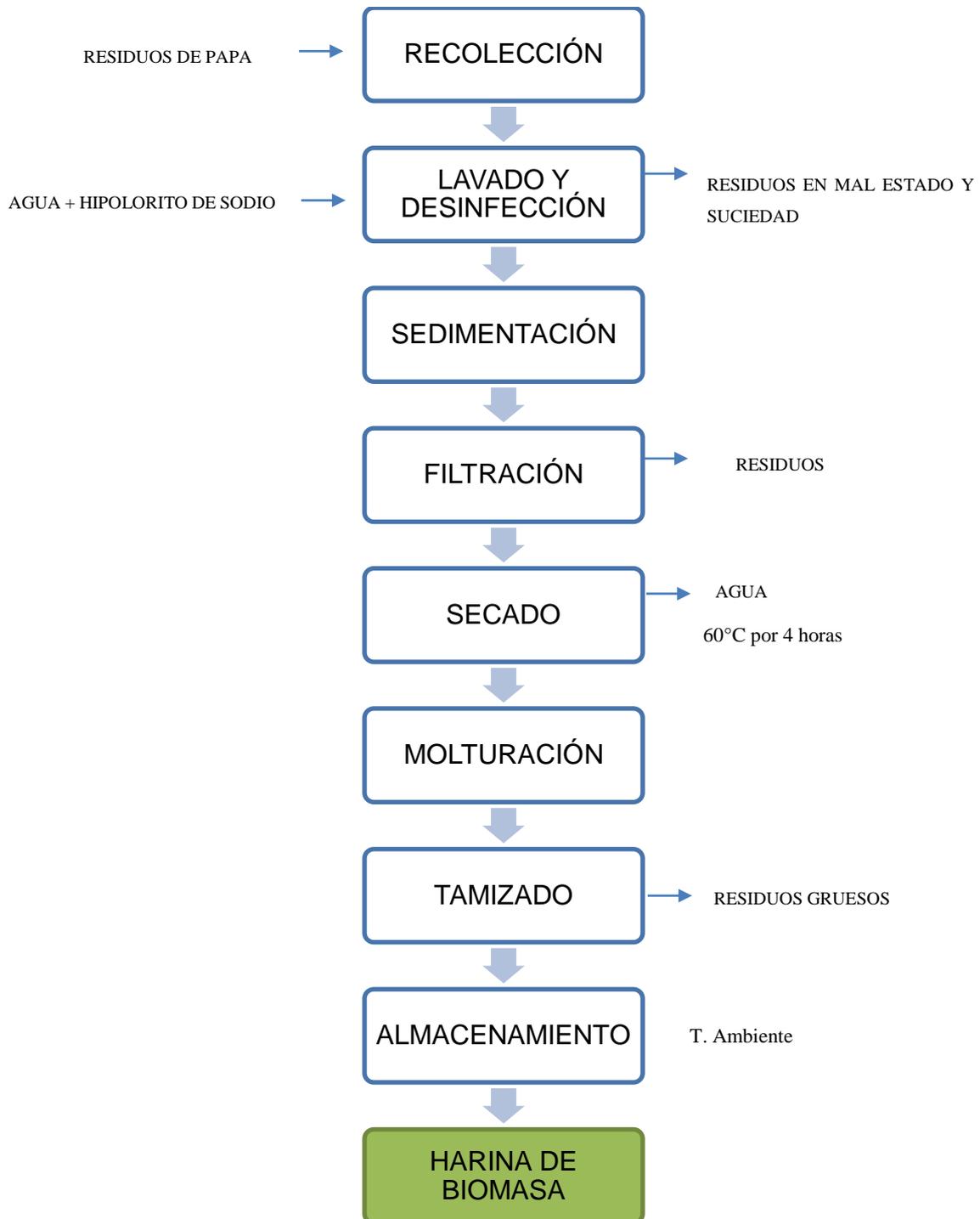
**Tabla 30.** Matriz de identificación de costos de producción del balanceado peletizado experimental y un testigo.

<b>Descripción</b>	<b>Costos de Producción (\$)</b>	<b>Peso (kg)</b>
<b>Dieta balanceada</b>	D1= Dieta con contenido de biomasa residual de papa. D2= Dieta con contenido de biomasa residual de plátano. D3= Dieta con contenido de biomasa residual de papa y plátano.	40

Para el análisis del costo beneficio se determinará la diferencia de precios de producción en función de 40kg de peso del balanceado que equivale a una presentación en el mercado, así conocer si existe una diferencia de precios y la dieta balanceada evaluada sea rentable a la dieta balanceada testigo en producto final.

### 3.6 MANEJO DEL EXPERIMENTO

#### 3.6.1 DIAGRAMA DE BLOQUES PARA ACONDICIONAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE PAPA.



### 3.6.1.1. Descripción del proceso para acondicionamiento de los residuos de papa

- **Recepción de materia prima:** Se recibió la biomasa residual, empleada en este estudio como materia prima de la procesadora de alimentos “Delicias de mi Tierra” de la ciudad de Ibarra.
- **Lavado y desinfección:** Se procedió a realizar un lavado a las cáscaras de papa con abundante agua e hipoclorito de sodio con una concentración de 100 ppm, para eliminar la suciedad de las cáscaras.
- **Secado:** Se realizó el secado en secador de bandejas, alrededor de 4 horas a 60 °C.



**Fotografía 1.** Bandejas de secado de la biomasa de papa

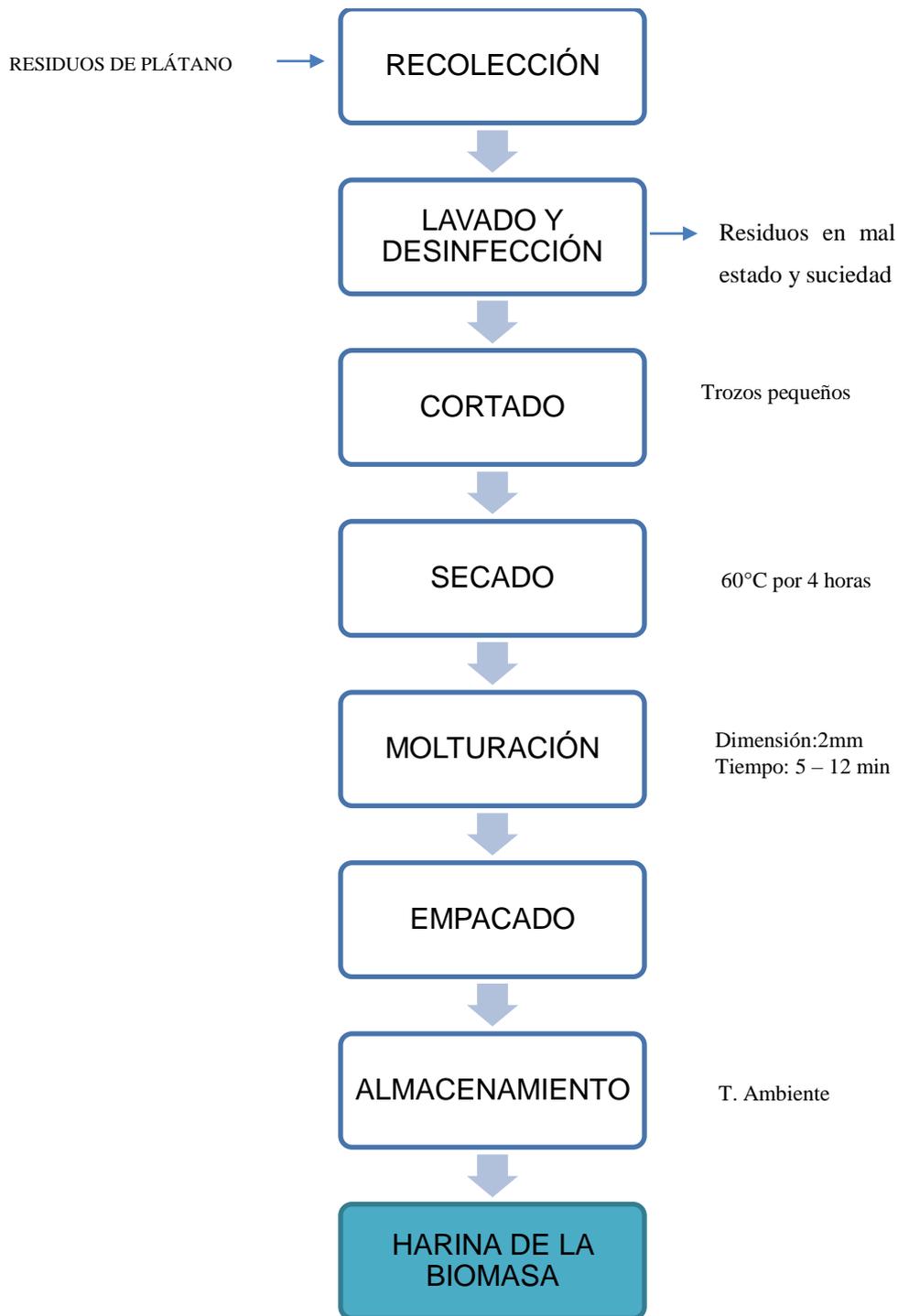
- **Molienda:** Las cáscaras totalmente secas se procedieron a moler con la ayuda de un molino.
- **Tamizado:** El tamizado se realizó con la finalidad de retirar partículas gruesas y obtener una harina fina.
- **Envasado:** El producto obtenido se almacenó en sacos de polipropileno de 1 kg.



**Fotografía 2.** Envasado de harina de biomasa de papa

- **Almacenado:** El producto obtenido fue almacenado en un lugar fresco y seco a temperatura ambiente (21°C).

### 3.6.2 DIAGRAMA DE BLOQUES PARA ACONDICIONAMIENTO DE RESIDUOS DE PLÁTANO.



### 3.6.2.1. Descripción del proceso para acondicionamiento de los residuos de plátano

- **Recepción de materia prima:** Se recibió la biomasa residual, empleada en este estudio como materia prima de la procesadora de alimentos “Delicias de mi Tierra” de la ciudad de Ibarra.
- **Lavado y desinfección:** Se procedió a realizar un lavado a las cáscaras de plátano con abundante agua e hipoclorito de sodio con una concentración de 100 ppm, para eliminar la suciedad de las cáscaras.
- **Cortado:** Las cáscaras de plátano fueron cortadas en pequeños trozos cuadrados de aproximadamente 5cm de dimensión previo al proceso de secado.
- **Secado:** Se realizó el secado en secador de bandejas, alrededor de 4 horas a 60 °C.
- **Molienda:** Las cáscaras totalmente secas se procedieron a moler en un molino.
- **Tamizado:** El tamizado se realizó con un tamiz de 2mm con el fin de retirar partículas gruesas y obtener una harina muy fina.



**Fotografía 3.** Tamizado de la harina de biomasa de plátano

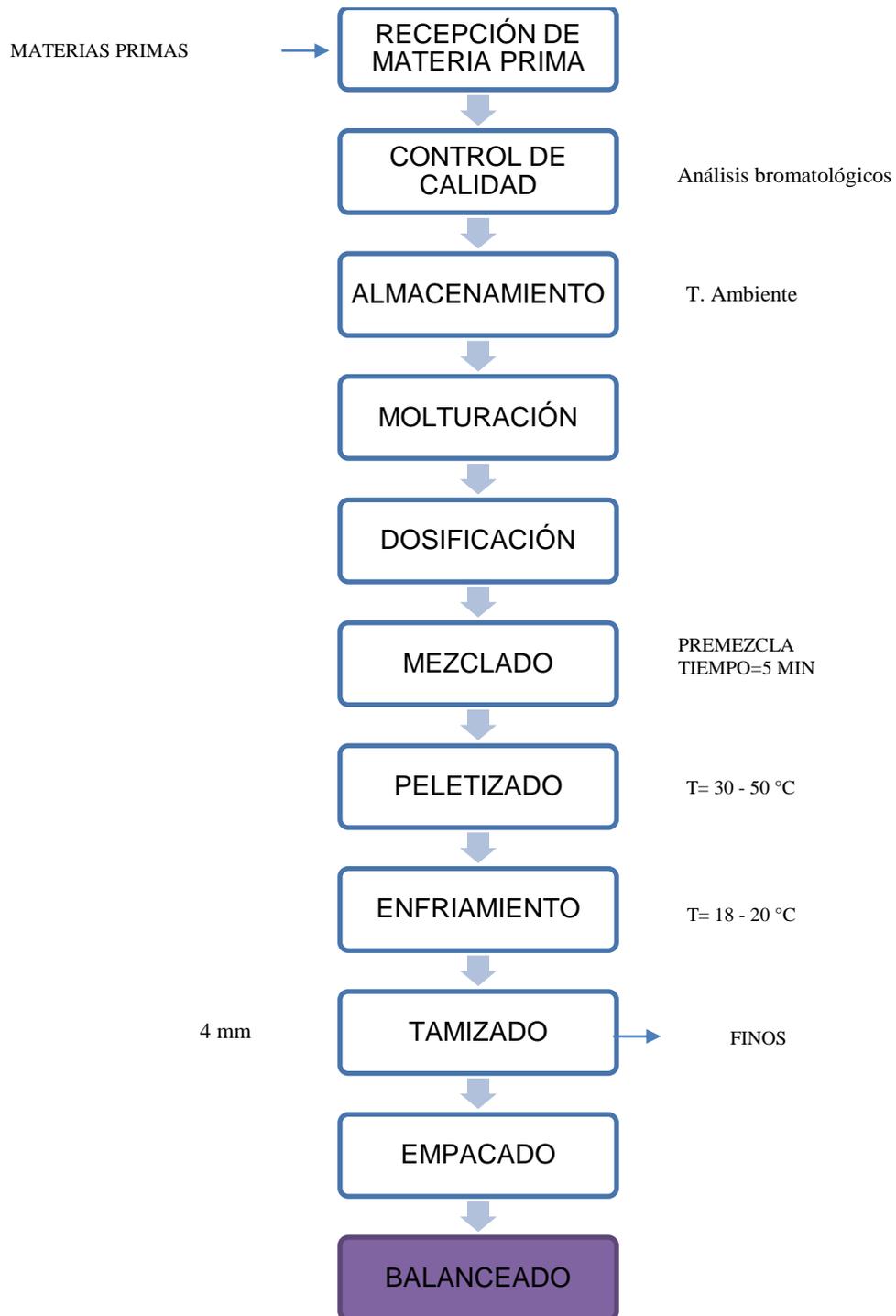
- **Envasado:** El producto obtenido se almacenó en sacos de polipropileno de 1 kg.



**Fotografía 4.** Envasado harina de biomasa de plátano

- **Almacenado:** Se obtuvo una harina de textura fina, para la formulación de un alimento balanceado que fue almacenado a temperatura ambiente.

### 3.6.3 DIAGRAMA DE BLOQUES PARA ELABORACIÓN DE BALANCEADO.



### 3.6.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESAMIENTO DE ALIMENTO BALANCEADO PELETIZADO.

- **Recepción Materia Prima**

La biomasa residual de papa y plátano fue recolectada directamente en la planta productora de snacks, ubicada en la ciudad de Ibarra y tratada posteriormente hasta obtener una harina anteriormente descrita, los componentes restantes para la formulación de las dietas fueron obtenidos directamente por productores de la zona y/o adquiridos en casas comerciales de la ciudad.

- **Control de calidad**

Dado que la composición de los alimentos para animales son materias primas provenientes de procesos industriales es importante el conocer y clasificar cada una de estas de acuerdo a su perfil nutricional, para lo cual se realizaron análisis bromatológicos de estas materias primas (materia seca, energía, proteína, fibra, grasa, calcio, fósforo y sodio).



**Fotografía 5.** Análisis fisicoquímicos a la materia prima

- **Almacenamiento**

La materia prima proveniente en sacos, se apila sobre pallets de madera, en un lugar fresco y seco, evitando el contacto directo con el sol, a fin de evitar alteraciones en sus componentes nutricionales, hasta su posterior empleo.

- **Dosificación**

Una vez obtenidos los datos para la formulación de las dietas, empleado en programa Zootec 3.0, se procedió a pesar cada una de las materias llevándolas al área de dosificación, la adición de los ingredientes se realizó de manera manual.



**Fotografía 6.** Pesado y dosificación

- **Mezclado**

Es una de las operaciones básicas, puesto que es la base del éxito del producto terminado, donde se realiza la combinación de varios ingredientes para lograr una masa uniforme, para este paso se realizó la mezcla manual teniendo en cuenta la apariencia de la mezcla, esperando hasta obtener una mezcla lo más homogénea posible. Para mezcladoras industriales se maneja con un tiempo de 5min de mezclado a 25rpm (Engormix, 2016).



**Fotografía 7.** Mezcla manual de la materia prima

- **Peletizado**

La materia prima seleccionada de acuerdo con la formulación de dietas fue sometida a la acción de la temperatura (60°C) mediante la fricción que se genera entre la matriz y el dado, lo que provoca la gelificación de los carbohidratos y plastificación de la proteína, haciendo que el alimento sea de mejor manera aprovechado por el animal.



**Fotografía 8.** Peletizado

- **Enfriamiento**

El porcentaje de humedad de la mezcla aumenta entre 5 y 8% debido a los componentes húmedos, por efecto de la fuerza de cizalla entre el dado y la matriz se genera rozamiento y por ende calor, el cual hace que el producto elimine humedad, teniendo un producto con un promedio de 12%, al ser una peletizadora con matriz plana no se realiza ningún pre acondicionamiento, por lo que, la temperatura de ingreso fue de 21°C, posterior al proceso de peletizado el producto obtenido resulto con una temperatura de 25° a 30°C, por lo cual se procedió al enfriado en condiciones ambientales normales (21°C, 70%HR).



**Fotografía 9.** Enfriamiento de los pellets

- **Tamizado**

Esta operación consiste en la separación de los pellets y de finos generados en el proceso, los mismos que se almacenan para ser ingresados a un reproceso de peletizado. Con el fin de no desperdiciar y utilizar todos los recursos, de acuerdo con la revisión bibliográfica los pellets tuvieron un largo de 8 a 10 mm de largo y un diametro de 6 mm, por lo cual se

empleo una malla metálica con espacios de 4 mm a fin de separar los productos finos del balnaceado.

- **Empacado**

El producto final fue puesto en sacos de polipropileno de 5 kg, para éstos se contó con una báscula ensacadora, el tener el producto en sacos, facilitará su maniobrabilidad y su control en el almacén.



**Fotografía 10.** Empacado de producto peletizado

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LA BIOMASA RESIDUAL DE PAPA CAPIRA Y PLÁTANO BARRAGANETE.

Una vez obtenidas las harinas a partir de la biomasa de papa y plátano, se procedió a realizar los análisis bromatológicos, caracterizando la materia prima para su posterior formulación y dosificación en las dietas a estudiar. Los análisis se realizaron en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), en el departamento de nutrición y calidad, los resultados se detallan en la siguiente tabla.

**Tabla 31.** Análisis proximal de la biomasa residual de papa y plátano.

Muestra	Materia Seca (%)	Energía (Mcal/kg)	Proteína (%)	Fibra (%)	Grasa (%)	Calcio (Ca)	Fósforo (P)	Sodio (Na)
<b>Biomasa residual</b>								
Papa	85.07±0.52	3.30±0.08	5.25±1.0	0.25±0.01	0.45±0.004	0.07	0.05	0.10
Plátano	89.18±2.1	3.15±0.05	6.27±1.2	11.75±0.2	3.38±0.2	0.06	0.09	0.01
<b>Insumos</b>								
Soya	90.03±2.5	3.35±0.5	48.85±1.2	6.05±0.5	1.55±0.2	0.40	0.62	0.01
Afrechillo de trigo	86.76±1.8	3.00±0.2	16.92±3.2	9.75±0.03	3.37±0.02	0.07	0.20	0.01
Maíz amarillo	88.73±0.5	3.42±0.1	9.48±2.2	2.35±0.25	3.70±0.14	0.02	0.10	0.02
Melaza	70.25±3.2	2.54±0.05	5.54±0.5	0.00	0.15±0.001	0.74	0.02	0.16
Aceite de Palma Rojo	95.30±1.1	8.60±0.03	0.00	0.00	99.00±1.2	0.00	0.00	0.00

#### **4.1.1 Análisis bromatológico**

Como resultado de la caracterización de la harina de la biomasa de papa y plátano se obtuvo que la harina de papa presenta un porcentaje de proteína del  $5.25 \pm 1.0\%$  y la de plátano un porcentaje de  $6.27 \pm 1.2\%$ , que de acuerdo con la investigación de Mendoza (2014) estas dos materias primas pueden ser empleadas como suplemento nutricional para alimentación animal, en su investigación obtuvo una harina de papa con un porcentaje de proteína del  $6.79\%$  que representa, según este autor una opción viable como suplemento de alimentación animal.

Así también Isique y Sing (2017), indican que obtuvieron harina de papa con un porcentaje de proteína de  $11.4\%$ , energía de  $3146$  Kcal/kg y  $18.78\%$  de materia seca, estos autores consideran que la papa tiene un bajo costo de adquisición y que permite obtener buenos resultados nutricionales disminuyendo los costos de alimentación en los animales.

Con respecto al empleo de las cáscaras de papa, de acuerdo con la investigación de Ricaurte (2014), recomienda realizar un secado por horno o deshidratador, debido a que, a su alto contenido de solanina, la cual reacciona generando un color verde y un sabor amargo, transfiriendo estas características no deseadas al balanceado resultante influyendo en la aceptación del producto.

Romero (2021) concluye en su investigación que la harina de papa puede remplazar fácilmente al maíz, debido a su similar nivel energético, pero también encontró que el aporte de esta harina no es el adecuado en la etapa de crecimiento debido al insuficiente nivel de proteínas, pero con respecto a la etapa de engorde se observan mejores resultados debido a que la harina de papa tiene buen nivel de energía lo que ayuda en la ganancia de peso, concluyendo que la harina de papa debe ser utilizada en la etapa de engorde.

Finalmente, con respecto al uso de la harina de plátano Rangel (2021) determinó un mayor rendimiento con un porcentaje de inclusión del  $15\%$  de harina de plátano verde. En su estudio implementó a la dieta de pollos de engorde harina de plátano verde, la cual fue aceptada de forma positiva, generando el resultado esperado al finalizar su etapa productiva a los 42 días, recomendando este suplemento para mejorar la ganancia de peso y abaratar los costos productivos.

Otro punto importante, es que la biomasa residual tanto como de papa y plátano, no contienen un elevado porcentaje de extracto etéreo, si se hace referencia al requerimiento en la alimentación de cerdos, esta especie no necesita un elevado porcentaje de grasa, pues lo que se necesita es un buen rendimiento en la canal tras el sacrificio de los mismos.

Por lo tanto, las dos materias primas incluidas en la ración alimenticia para cerdos engorde, es muy rentable por ser subproductos obtenidos en el procesamiento de snacks de papa y plátano, además de que no es costoso su tratamiento previo, esta inclusión en la elaboración de balanceados hace que disminuya la utilización de materias primas habituales que elevan el costo de producción del balanceado.

#### **4.2.FORMULACIÓN DE LA MEJOR DIETA BALACEADA PARA CERDOS ENGORDE**

Considerando los valores obtenidos del análisis fisicoquímico realizados a la biomasa e insumos, se puede afirmar que la materia prima empleada en esta investigación presenta características básicas y elementales para la elaboración de balanceados, debido a que los valores obtenidos tanto en proteína y energía y fibra cruda cumplen con los requisitos mínimos para cerdos en etapa de engorde.

El balanceado fue formulado de acuerdo con los requerimientos nutricionales de los cerdos haciendo referencia a las tablas FEDNA (2013), en la etapa engorde o finalizadora ya que se debe conocer a fondo los requerimientos nutricionales y las restricciones en la alimentación para que el animal asimile de mejor manera el balanceado.

**Tabla 32.** Requerimientos nutricionales para cerdos de engorde

<b>Nutrientes</b>	<b>Unidad</b>	<b>Requerimiento mínimo</b>	<b>Requerimiento máximo</b>	<b>Valor recomendado</b>
Materia Seca	%		85.70	<b>85.70</b>
Energía diaria	Mcal/kg		3.15	<b>3.15</b>
Proteína Cruda	%	13.20	17.00	<b>15.12</b>
Fibra Cruda	%	3.70	6.50	<b>4.66</b>
Extracto Etereo	%	4.00	8.00	<b>4.00</b>
Calcio	%	0.56	0.80	<b>0.56</b>
Fósforo Disponible	%	0.23		<b>0.41</b>
Sodio	%	0.15		<b>0.15</b>
Arginina	%		0.80	<b>0.80</b>
Lisina	%	0.75		<b>1.03</b>
Metionina	%	0.24		<b>0.63</b>
Treonina	%	0.46		<b>0.46</b>

Elaboración: FEDNA (2013)

Se llevó a cabo la respectiva formulación, con ayuda del programa Zootec 3.0 programa en Excel que permite formular raciones de mínimo costo para animales de granja, basado en la técnica de Programación Lineal (PL), las dietas obtenidas se detallan a continuación:

**Tabla 33.** Composición de la Dieta 1 formulada para cerdos engorde.

<b>MATERIAS PRIMAS</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	<b>Aporte de energía (Mcal/kg)</b>
Maíz amarillo	20.00	3.37
Afrechillo de trigo	30.00	2.64
Melaza caña azúcar	5.00	1.94
Harina de soya 48%	15.00	2.50
Fosfato di cálcico	2.00	-
DL-Metionina 99%	0.45	-
L-Lisina HCL 78%	0.50	-
Sal común	0.30	-
Premezcla Vit-Min Cerdos	0.60	-
<b>Biomasa residual de papa</b>	<b>18.26</b>	3.30
Aceite de palma rojo	4.00	8.35

**Tabla 34.** Composición de la Dieta 2 formulada para cerdos engorde.

<b>MATERIAS PRIMAS</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	<b>Aporte de energía (Mcal/kg)</b>
Maíz amarillo	25.00	3.37
Afrechillo de trigo	25.00	2.64
Melaza caña azúcar	5.00	1.94
Harina de soya 48%	15.00	2.50
Fosfato di cálcico	2.00	-
DL-Metionina 99%	0.45	-
L-Lisina HCL 78%	0.50	-
Sal común	0.30	-
Premezcla Vit-Min Cerdos	0.60	-
<b>Biomasa residual de plátano</b>	<b>21.68</b>	3.15
Aceite de palma rojo	2.79	8.35

**Tabla 35.** Composición de la Dieta 3 formulada para cerdos engorde.

<b>MATERIAS PRIMAS</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	<b>Aporte de energía (Mcal/kg)</b>
Maíz amarillo	25.00	3.37
Afrechillo de trigo	11.39	2.64
Melaza caña azúcar	5.00	1.94
Harina de soya 48%	16.00	2.50
Fosfato di cálcico	1.50	-
DL-Metionina 99%	0.45	-
L-Lisina HCL 78%	0.50	-
Sal común	0.30	-
Premezcla Vit-Min Cerdos	0.60	-
<b>Biomasa residual de papa</b>	<b>17.00</b>	3.30
<b>Biomasa residual de plátano</b>	<b>18.51</b>	3.15
Aceite de palma rojo	1.75	8.35

Fuente: El Autor

### 4.3. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE PELETIZADO EN RELACIÓN A LA CALIDAD Y RENDIMIENTO DEL PRODUCTO FINAL.

Se realizó el análisis estadístico empleando un diseño completamente al azar, con arreglo factorial AxB, con el cual se pudo determinar el efecto de los factores A (porcentaje de aglutinante) y D (Dieta) sobre las características de humedad, dureza, densidad y rendimiento en la producción de un alimento peletizado para cerdos en la etapa de engorde.

#### 4.3.1. Humedad del pellet

Posterior al análisis estadístico se determinó que los valores de p-valor para los factores porcentaje de aglutinante (A) y Dietas formuladas a base de biomasa residual de papa y plátano (D) son significativos ( $p < 0,05$ ) y la interacción de los factores aglutinante \* dieta (A\*D) indican una alta significancia estadística para la variable humedad del pellet.

**Tabla 36.** Análisis de varianza de la humedad del pellet.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	21,65	7	3,09	147,77	<0,0001	**
A: Aglutinante	0,93	1	0,93	44,40	0,0001	*
D: Dietas	0,75	2	0,38	17,95	0,0005	*
BLOQUES	0,04	2	0,02	0,94	0,4227	ns
AGLUTINANTE*DIETA	19,93	2	9,97	476,11	<0,0001	**
Error	0,21	10	0,02			
Total	21,86	17				

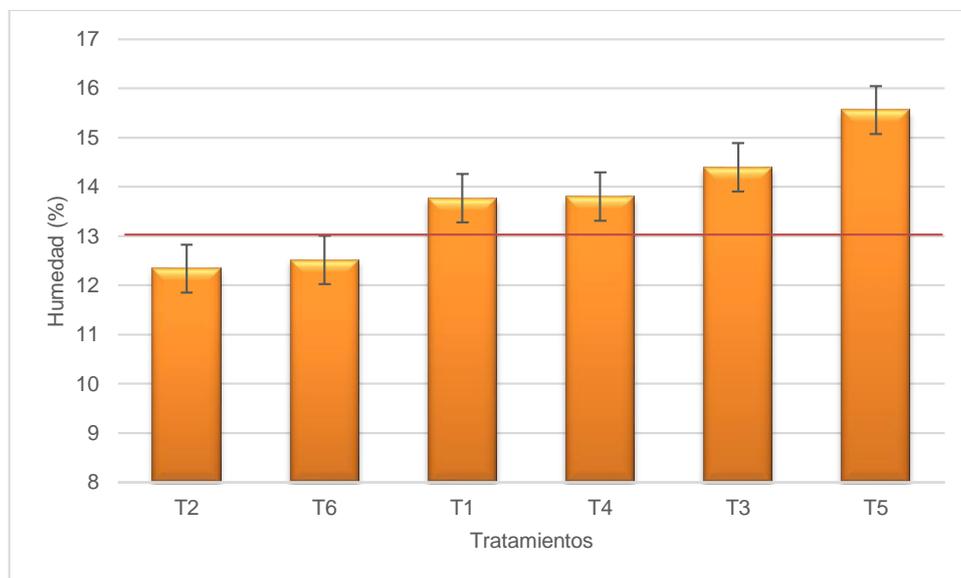
**Simbología:** F.V: fuente de variación, SC: suma de cuadrados, GL: grados de libertad, CM: cuadrado medio \*: significativo, \*\*: altamente significativo, ns: no significativo

Al existir diferencia significativa en el modelo realizado, se procedió con el respectivo análisis de comparación de valores medios de humedad mediante la prueba de Tukey al 5%, con la cual se determinó los mejores tratamientos para la humedad del pellet.

**Tabla 37.** Prueba de Tukey al 5% para tratamientos de la variable humedad

Tratamiento	Aglutinante	Dietas	Medias Humedad (%)	Rango
T2	A1	D2	12,34	A
T6	A2	D3	12,52	A
T1	A1	D1	13,77	B
T4	A2	D1	13,80	B
T3	A1	D3	14,40	C
T5	A2	D2	15,56	D

En la Figura 10 se representan los valores medios de humedad de los tratamientos, de acuerdo con la norma NTE INEN 1829 el límite máximo de humedad permitido para balanceados es del 13%, los tratamientos T2 (A1: 5% de melaza y D2: Dieta con biomasa de plátano) y T6 (A2: 8% de melaza y D3: Dieta con biomasa de papa y plátano) fueron los únicos tratamientos que cumplieron con este requisito.



**Figura 10.** Comparación de medias variable humedad del pellet.

Mediante el análisis DMS se determinó que existen diferencias estadísticas entre los factores, siendo los niveles A1 (5% de melaza) y D3 (dieta con biomasa de papa y plátano) los niveles que más bajo porcentaje de humedad obtuvieron, tomando en cuenta el límite máximo permitido por la NTE INEN 1829.

**Tabla 38.** Prueba DMS para factores de la humedad del pellet.

Factores	Medias Humedad (%)	Rango
<b>Aglutinante (%)</b>		
A1 (5%)	13,51	A
A2 (8%)	13,96	B
<b>Dietas</b>		
D3	13,46	A
D1	13,79	B
D2	13,95	B

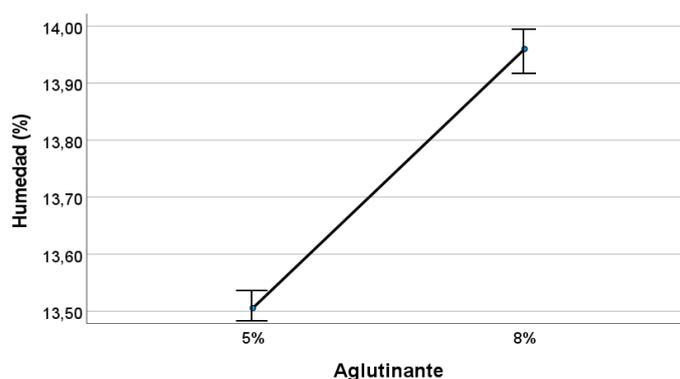
#### 4.3.1.1. Efecto de los factores sobre la humedad del pellet

##### *Influencia del porcentaje de aglutinante sobre la humedad del pellet.*

De acuerdo con la revisión bibliográfica uno de los principales factores a tomar en cuenta en la producción de balanceado peletizado es el contenido final de humedad del pellet, ya que este es clave desde el punto de vista económico y de calidad (Van der Heijden, 2012) debido a que altos niveles de humedad, llevan rápidamente al desarrollo indeseable de hongos y levaduras. De acuerdo con la norma INEN 1829, que hace referencia a los requisitos para alimentos balanceados el límite máximo de humedad es el 13%, por su parte, Berman (2007) y Martínez (2004), indican que el contenido de humedad de los pellets para consumo animal no debe superar el 13,5%.

En este estudio se evaluó la incidencia del porcentaje de melaza empleado como aglutinante sobre la humedad, tomando en cuenta que según Salgado & Moreno (2021) adicionar melaza como ingrediente energético en alimentos comerciales es común debido a su bajo costo, además, es un elemento energético que aporta un olor dulce característico que ayuda a mejorar la palatabilidad, además que reduce la pérdida de alimento por polvo mejorando la granulometría del pellet.

En la Figura 10 se puede evidenciar que al aumentar el porcentaje de aglutinante del 5% al 8% el valor de humedad aumenta, debido al aporte de agua proveniente de la melaza y las dietas, según Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA) (2013) la melaza posee una humedad del 26%, a medida de que se incorpore mayor cantidad de melaza se incrementará de igual manera más humedad a la mezcla.



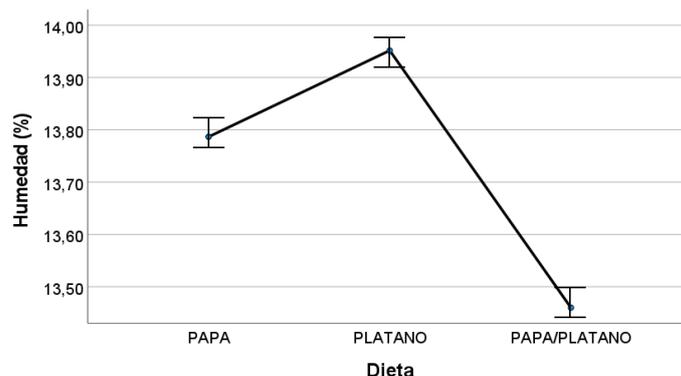
**Figura 11.** Efecto del factor aglutinante sobre la humedad del pellet.

De acuerdo con Plattner (2007) la peletización con bajo contenido de humedad tiende a producir un producto denso sin expandir, a medida que se aumenta el contenido de humedad se producirá una mayor expansión debido a la cocción del almidón lo que genera un pellet más ligero, pero a medida de que la humedad aumenta a un nivel alto, se reduce la viscosidad del material y hace que sea más difícil expandir el producto, por lo cual el contenido de humedad de las materias primas es uno de los principales factores a tomar en cuenta en la producción de balanceado peletizado. Singh et al. (2007), afirman que el contenido de humedad de la materia prima durante el proceso de peletizado y la dureza del alimento, influyen tanto en la calidad nutricional de los pellets como en el consumo voluntario de éstos.

### ***Influencia de las dietas formuladas sobre la humedad***

Tomando como referencia la investigación de Buenaño (2015) la adición de harina de papa en la dieta alimenticia de cerdos en dosis de 20 % a 30 % mejoró su peso final debido a que este alimento tiene mejor digestibilidad y permite que los animales tengan un mejor desarrollo, esto debido a que el almidón de papa es mucho más pequeño que el almidón de arroz, maíz y trigo haciendo que sea más fácil su asimilación, incluso en lechones donde las condiciones del tracto gastrointestinal son más difíciles.

Como resultado de esta comparación se puede observar en la Figura 11 que el producto obtenido a base de biomasa de papa obtuvo un valor inferior de humedad en comparación con el producto obtenido de la biomasa de plátano, debido a la alta presencia de almidón en la papa, de acuerdo con Uitgeverij (2021) la harina de papa resultó ser un buen aglutinante natural, el almidón que posee la papa dio lugar a una mejor distribución de la humedad y a un color más claro, debido a un nivel bajo oxidación de los azúcares presentes en la formulación lo que indica menos efectos de la reacción de Maillard (daños por calor) durante el proceso de peletizado.



**Figura 12.** Efecto de las dietas sobre el porcentaje de humedad del pellet.

De La Cruz (2020) concluyó en su investigación que la inclusión de la cáscara de plátano en la elaboración de un balanceado para cerdos enriquece y mejora el aprovechamiento de la dieta, ya que la cáscara de plátano complementa la cantidad y tipo de grasa; así mismo, la cantidad de minerales favoreciendo el desarrollo del animal.

Los resultados obtenidos por Buchanan & Moritz (2009) en su trabajo indican que adicionar altos porcentajes de proteína suplementaria incrementan el contenido de humedad del pellet. En el presente estudio se obtuvo que la harina obtenida de la biomasa de papa posee un porcentaje de proteína bajo (5,25%) en comparación con la harina de la biomasa de plátano (6,27%), debido a esta diferencia en el porcentaje proteína de la materia prima se obtuvo un incremento en la humedad final del pellet en los tratamientos que fueron elaborados con la biomasa de plátano, pero al mezclar estas dos harinas se obtiene una mezcla con alto contenido de fibra (>11%), según este mismo autor, al tener una alto contenido de fibra la humedad disminuye debido a la absorción de agua por parte de la fibra presente.

#### **4.3.2. DUREZA DEL PELLETT**

Como resultado del análisis estadístico se obtuvo que los valores de p-valor para el factor porcentaje de aglutinante (A) fueron no significativos, para el factor dietas (D) altamente significativos ( $p < 0,05$ ) y la interacción de los factores aglutinante \* dietas (A\*D) no presenta significancia estadística, por lo cual el único factor que influyó sobre la dureza del pellet fue el tipo de dieta.

**Tabla 39.** Análisis de varianza dureza del pellet.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Significancia</b>
Modelo	246,34	7	35,19	4,93	0,01	*
A: Aglutinante	10,73	1	10,73	1,50	0,25	ns
D: Dietas	229,97	2	114,98	16,10	0,00	**
BLOQUES	5,61	2	2,80	0,39	0,69	ns
AGLUTINANTE*DOSIS	0,03	2	0,02	0,00	1,00	ns
Error	71,40	10	7,14			
Total	317,74	17				

**Simbología:** **F.V:** fuente de variación, **SC:** suma de cuadrados, **GL:** grados de libertad, **CM:** cuadrado medio \*: significativo, \*\*: altamente significativo, **ns:** no significativo

Al existir significancia estadística en el modelo realizado, se procedió con análisis de comparación de medias mediante la prueba de Tukey al 5%, con la cual se determinó los mejores tratamientos para la dureza.

**Tabla 40.** Prueba de Tukey variable dureza del pellet.

<b>Tratamiento</b>	<b>Aglutinante</b>	<b>Dietas</b>	<b>Medias Dureza (N)</b>	<b>Rango</b>
T5	A2	D2	52,23	A
T2	A1	D2	50,73	B
T6	A2	D3	46,20	C
T3	A1	D3	44,73	C
T4	A2	D1	43,80	C
T1	A1	D1	42,13	C

En la Figura 13 se puede visualizar que el tratamiento T5 (8% de melaza y Dieta con biomasa de plátano) obtuvo el valor más alto en dureza, estadísticamente siendo el mejor tratamiento.



**Figura 13.** Comparación de medias variable dureza del pellet.

Mediante el análisis DMS se determinó que estadísticamente no existe diferencias significativas entre los niveles del factor aglutinante (A), con respecto al factor dietas (D) existe diferencia significativa entre sus niveles siendo la dieta con biomasa de plátano (D2) el nivel con el que se obtiene mayor dureza en el pellet.

**Tabla 41.** Prueba DMS para los factores de dureza del pellet.

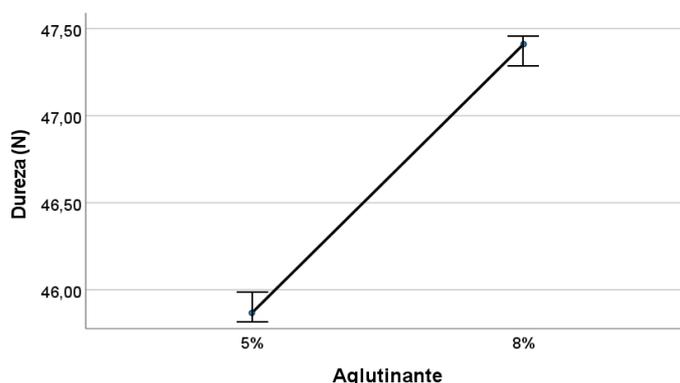
Factores	Medias Dureza (N)	Rango
<b>Aglutinante (%)</b>		
A2 (8%)	47,41	A
A1 (5%)	45,87	A
<b>Dietas</b>		
D2	51,48	A
D3	45,47	B
D1	42,97	B

#### 4.3.2.1. Efecto de los factores sobre la dureza del pellet.

##### *Influencia del porcentaje de aglutinante sobre la dureza del pellet.*

En referencia a la influencia de la melaza sobre la dureza del pellet, la investigación de Hoyos, Villada, Fernández, y Ortega, (2017) determinó que los aglutinantes presentes en la mezcla previa al peletizado promueven la afinidad entre los diferentes componentes de las formulaciones, en el caso de la melaza al poseer un alto contenido de glucosa y fructosa puede incrementar las interacciones moleculares como puentes de hidrogeno, mejorando la compactación entre los componentes de la formulación. En la presente investigación no existió una incidencia significativa desde el punto de vista estadístico,

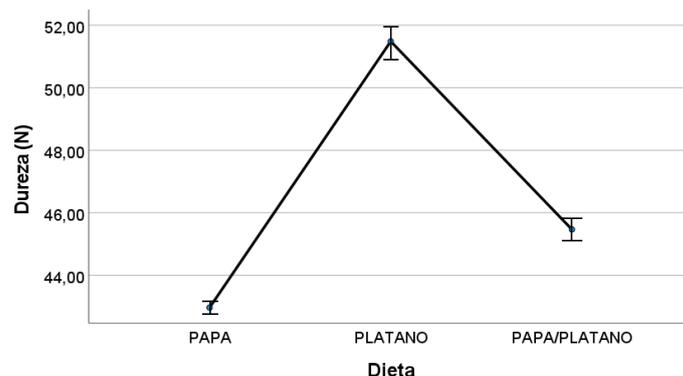
como resultado del análisis del comportamiento de los factores se pudo evidenciar que al incrementar el porcentaje de aglutinante del 5 al 8% la dureza de pellet incremento debido a la acción integradora de la melaza.



**Figura 14.** Efecto del porcentaje de aglutinante sobre la dureza del pellet.

### ***Influencia de las dietas formuladas sobre la dureza del pellet.***

La influencia del tipo de materia prima sobre la dureza es reportada por Ravindran, Abdollahi, & Wester (2012) tomando en cuenta que la inclusión de materiales fibrosos, ha demostrado que mejoran la dureza del pellet y por ende su calidad. Sin embargo, estos autores sugirieron niveles de inclusión de máximo el 25%, dados los problemas asociados con los polisacáridos no amiláceos y los factores antinutritivos (alcaloides, flavonoides, cumarinas y antraquinonas) en la digestión del balanceado, en el presente estudio se obtuvo como resultado que el mayor valor de dureza se obtuvo con la harina de la biomasa de plátano la cual posee un 11,75% de fibra, lo que concuerda con la investigación anteriormente citada, de la misma manera se puede afirmar que la dieta formulada con harina de biomasa de papa, presenta un nivel bajo de fibra (0,25%) por lo cual va a existir un decrecimiento en la dureza del pellet, además Sørensen (2009) concluyó en su investigación que el tipo de almidón influye en la dureza del pellet, en su estudio determinó que el almidón del trigo es el más indicado para la elaboración de balanceados peletizados frente a el maíz, la soya y fécula de papa, debido a poseer un alto contenido de gluten que lo convierte en una excelente ayuda para la granulación debido al alto nivel de expansión del almidón.



**Figura 15.** Influencia de las dietas sobre la dureza del pellet.

Ruiz, Cuadros, & López (2012) reportaron menores valores de dureza de los pellets elaborados con cáscaras y semillas de tomate al incrementar el porcentaje de humedad previo al peletizado, por lo que al emplear una materia prima u obtener una mezcla con elevado contenido de humedad para el peletizado provocará una disminución en la dureza del pellet, la biomasa de papa contiene un nivel de humedad de 14,93% siendo superior a la de la haría de plátano, que posee 10,48% de humedad, partiendo de la investigación citada los datos obtenidos de dureza concuerdan ya que con la harina de papa se obtuvieron valores bajos de dureza.

#### 4.3.3. DENSIDAD DEL PELLET

Posterior al análisis estadístico al que se sometió los datos de densidad de los pellets, se determinó que no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos, factores ni la interacción de los mismos, pese a que no se encontraron diferencias estadísticas, la tendencia a incrementar los valores de densidad, está condicionada al porcentaje de aglutinante.

**Tabla 42.** Análisis de varianza para la variable densidad

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	10672,30	7	1524,61	0,41	0,87	ns
A: Aglutinante	592,37	1	592,37	0,16	0,70	ns
D: Dietas	2096,37	2	1048,19	0,28	0,76	ns
BLOQUES	4648,14	2	2324,07	0,63	0,55	ns
AGLUTINANTE*DOSIS	3335,42	2	1667,71	0,45	0,65	ns
Error	36880,40	10	3688,04			
Total	47552,70	17				

**Simbología:** F.V: fuente de variación, SC: suma de cuadrados, GL: grados de libertad, CM: cuadrado medio \*: significativo, \*\*: altamente significativo, ns: no significativo

#### 4.3.3.1. Efecto de los factores sobre la densidad del pellet.

Los principales factores que influyen sobre la densidad de los pellets son el porcentaje de proteína y la humedad de la materia prima, según Ravindran, et.al, (2012) los ingredientes con un mayor contenido en proteínas muestran un grado limitado de expansión debido a la formación de material plástico fundido y a la desnaturalización de proteínas, un mayor contenido de almidón de amilosa hace que el material peletizado se expanda más en el momento de salir de la matriz generando pellets con una baja densidad. La diferencia en los valores de proteína entre la harina de la biomasa de papa (5,25%) y la biomasa de plátano (6,27%) no tienen una marcada diferencia, por lo que los resultados de dureza no muestran una diferencia significativa. En la Figura 15 se comparan los valores de densidad de los seis tratamientos resultantes, estos valores están comprendidos entre los 598,75 y 652,65 Kg/m<sup>3</sup>, Tumuluru (2019) obtuvo pelets con una densidad de 399 a 626 Kg/m<sup>3</sup>, en los cuales pudieron constatar que los tratamientos con mayor densidad, se obtuvo un mayor rendimiento y durabilidad, siendo la densidad un parametro de calidad.

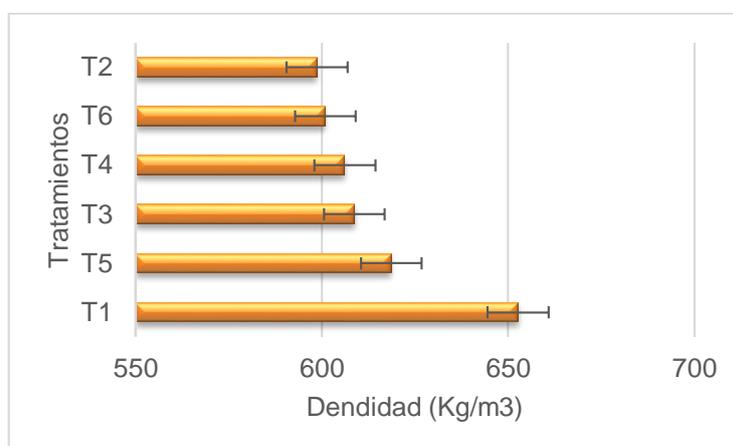


Figura 16. Resultados de la densidad de los tratamientos.

#### 4.3.4. RENDIMIENTO DEL BALANCEADO PELETIZADO.

Una vez realizado el análisis estadístico se determinó que los valores de p-valor para los factores porcentaje de aglutinante (A) no es significativo estadísticamente, los valores para el factor Dietas (D) son altamente significativos ( $p < 0,05$ ) y la interacción de los factores aglutinante \* dieta (A\*D) no indican una significancia estadística para la variable rendimiento.

**Tabla 43.** Análisis de varianza del rendimiento del producto final.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	50,48	7	7,21	11,55	0,00	**
A: Aglutinante	1,84	1	1,84	2,94	0,12	ns
D: Dietas	45,41	2	22,71	36,37	0,00	**
Bloques	0,87	2	0,43	0,69	0,52	ns
Aglutinante*Dietas	2,36	2	1,18	1,89	0,20	ns
Error	6,24	10	0,62			
Total	56,72	17				

**Simbología:** F.V: fuente de variación, SC: suma de cuadrados, GL: grados de libertad, CM: cuadrado medio \*: significativo, \*\*: altamente significativo, ns: no significativo

Al existir significancia estadística en el modelo realizado, se procedió con análisis de comparación de medias mediante la prueba de Tukey al 5%, con la cual se determinó los mejores tratamientos para el rendimiento.

**Tabla 44.** Prueba de Tukey para el rendimiento del producto final.

Tratamiento	Aglutinante	Dietas	Medias Rendimiento (%)	Rango
T3	A1	D3	94,46	A
T6	A2	D3	94,34	B
T5	A2	D2	93,52	C
T2	A1	D2	93,09	C
T4	A2	D1	91,43	D
T1	A1	D1	89,81	D

En la Figura 17 se puede visualizar que el tratamiento T3 (5% de melaza y Dieta con biomasa de papa y plátano) obtuvo el rendimiento más alto de todos los tratamientos, siendo estadísticamente el mejor tratamiento.



**Figura 17.** Comparación de medias del rendimiento

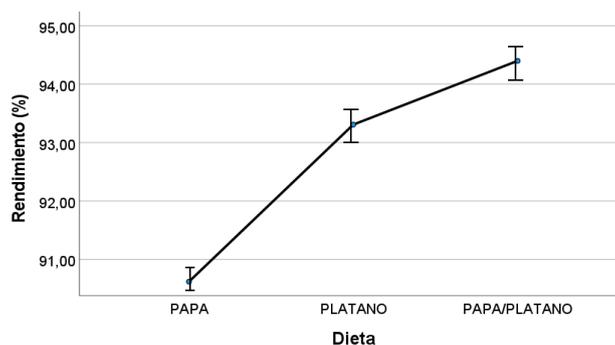
Mediante el análisis DMS se determinó que existe diferencias significativas entre los niveles del factor aglutinante (A), siendo el nivel de 8% de aglutinante (A2) con el que se obtuvo mayor rendimiento, con respecto al factor dietas (D) existe diferencia significativa entre sus niveles siendo la dieta con biomasa de papa y plátano (D3) el nivel con el que se obtiene mayor rendimiento.

**Tabla 45.** Análisis DMS para factores variable rendimiento del producto final.

<b>Factores</b>	<b>Medias Rendimiento (%)</b>	<b>Rango</b>
<b>Aglutinante (%)</b>		
A2 (8%)	93,09	A
A1 (5%)	92,46	A
<b>Dietas</b>		
D3	94,40	A
D2	93,31	B
D1	90,62	B

#### 4.3.4.1. Influencia de las dietas formuladas sobre el rendimiento del producto final.

El factor dietas (D) es el que influye de manera significativa en el rendimiento de los pelets obtenidos, Tumuluru (2019) en su investigación concluyó que los pelets con mayor densidad (>450 Kg/m<sup>3</sup>) presentaron un mayor rendimiento y durabilidad, de la misma manera Ravindran, Abdollahi, & Wester (2012) determinaron que el empleo de materiales fibrosos, mejoran la dureza del pellet y por ende mejoran su rendimiento al presentar bajos porcentajes de materiales finos, en la Figura 17 se evidencia que el porcentaje más alto de rendimiento (94,46%) se obtuvo con la harina de la biomasa de papa y plátano la cual posee más del 12% de fibra, la presencia de fibra en la elaboración de pellets mejora la distribución de humedad en el pellet evitando la formación de vacíos que bajan la densidad y calidad del balanceado.



**Figura 18.** Efecto de las dietas sobre el rendimiento

Tetlow & Wilkins (2017) determinaron la importancia de la densidad en el consumo voluntario del pellet, en su investigación los pellets con una densidad inferior a 400 Kg/m<sup>3</sup> obtuvieron un bajo nivel de aceptación, en esta investigación también se evidenció una relación entre la dureza y el rendimiento, ya que al generarse pellets con baja resistencia mecánica, el porcentaje de finos aumentó haciendo que el animal no consuma todo el alimento.

#### 4.4. CARACTERÍSTICAS DEL PELET OBTENIDO

El balanceado peletizado obtenido en los diferentes tratamientos establecidos para esta investigación obtuvo los siguientes valores medios en humedad, densidad, dureza y rendimiento, que son las características que definen la calidad del pellet.

**Tabla 46.** Resultado de las variables de respuesta en los seis tratamientos

Tratamiento	Factores	Humedad (%)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Dureza (N)	Rendimiento (%)
T1	Aglutinante 1= 5% Dieta 1 = biomasa residual de papa.	13,77 <sup>NC</sup>	652,65	42,10	89,81
T2	Aglutinante 1= 5% Dieta 2 = biomasa residual de plátano.	12,34	598,74	50,72	93,09
T3	Aglutinante 1= 5% Dieta 3 = biomasa residual de papa y plátano.	14,40 <sup>NC</sup>	608,71	44,74	94,46
T4	Aglutinante 2= 8% Dieta 1 = biomasa residual de papa.	13,80 <sup>NC</sup>	606,14	43,80	91,43
T5	Aglutinante 2= 8% Dieta 2 = biomasa residual de plátano.	15,56 <sup>NC</sup>	618,61	52,23	93,52
T6	Aglutinante 2= 8% Dieta 3 = biomasa residual de papa y plátano.	12,48	600,92	46,18	94,34

**Simbología:** NC= no cumple con la norma INEN 1829

#### 4.5. ANÁLISIS DEL COSTO BENEFICIO DEL PRODUCTO FINAL

Tomando en cuenta los análisis fisicoquímicos de los tratamientos resultantes, se obtuvo que los tratamientos T2 (5% de melaza y dieta de plátano) y T6 (8% de melaza y dieta de papa y plátano) fueron los únicos que cumplieron con el requisito de humedad establecido en la norma NTE INEN 1829, se procedió a realizar el análisis y comparación de costos de estos dos tratamientos.

El cálculo del costo del balanceado peletizado obtenido se realizó tomando en consideración que en el mercado la presentación de balanceado es en sacos de 40 Kg y tiene un costo promedio de \$26,50, por lo que en esta investigación se obtuvo que el costo de producir un saco del T2 (5% de melaza y dieta de plátano) es de \$24,88 y del T6 (8% de melaza y dieta de papa y plátano) \$23,68, resultando en una relación costo beneficio de 1,07 y 1,12 respectivamente en los tratamientos obtenidos.

**Tabla 47.** Cálculo del costo beneficio del balanceado.

<b>INDICADORES</b>	<b>T2 (USD)</b>	<b>T6 (USD)</b>
Materia prima	20	18,8
Mano de Obra	1,56	1,56
Servicios básicos	0,82	0,82
Complementos	2,5	2,5
Total	24,88	23,68
Venta Comercial	26,5	26,5
B/C	1,07	1,12

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- El análisis proximal realizado a los residuos de papa y plátano determinó que estos dos elementos cumplen con los requisitos mínimos para ser empleados dentro de la formulación de un alimento balanceado, con niveles de proteína de entre 5,25% a 6,27%, alto contenido de fibra y un aporte calórico similar al de materias primas convencionales, mismos que favorecen a la calidad del pellet.
- Mediante programación lineal y tomando en cuenta los requerimientos nutricionales del cerdo en la etapa de engorde se formuló tres dietas, en las que el porcentaje de harina de la biomasa de papa recomendado es del 18,26%, de plátano del 21,68% y en la mezcla de las dos biomásas de 17% y 18,51% respectivamente. Siendo las dietas con plátano y la dieta mixta de papa y plátano con las que se obtuvo un pellet que cumple el requisito de humedad de la norma NTE INEN 1829.
- La humedad, densidad y dureza son los principales parámetros de calidad del pellet, la cantidad de aglutinante añadido y el tipo de dieta influyen en estas variables dependientes, de esta manera se acepta la hipótesis alternativa planteada en esta investigación.
- Posterior a la operación de peletizado utilizando residuos de papa y plátano como materias primas en la formulación del balanceado se obtuvo que los tratamientos T2 (A1: 5% de melaza y D2: Dieta con biomasa de plátano) y T6 (A2: 8% de melaza y D3: Dieta con biomasa de papa y plátano) fueron los únicos tratamientos que cumplieron con el valor de humedad máximo permitido por la norma NTE INEN 1829.

- Al analizar el costo de producción del balanceado para cerdos con residuos de papa y plátano a nivel experimental resultó que producir un saco de 40 kg del T2 (5% de malaza y dieta de plátano) costó \$24,88 y del T6 (8% de melaza y dieta de papa y plátano) de \$23,68, siendo un precio competitivo en el mercado tomando en cuenta que el costo de un saco de alimento peletizado comercial actualmente es de \$26,50.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Se recomienda un control del acondicionamiento de humedad de la mezcla previo al proceso de peletizado para evitar el atascamiento de los rodillos y el dado de la peletizadora.
- En futuras investigaciones se recomienda tomar en cuenta la dureza del pellet para estas especies animales en la etapa de engorde para evitar el desperdicio.
- Evaluar el rendimiento productivo de las dietas diseñadas en este estudio, continuando con el ensayo experimental mediante la alimentación directa en esta especie.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, G. (2005). Valor nutricional de alimentos para cerdos. En *PRODUCCIÓN DE CERDOS* (págs. 1-83). Tabasco: Colegio de Postgraduados.
- Albán, E., & Arias, A. (2019). *DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA PELETIZADORA DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA EL SECTOR PECUARIO CON CAPACIDAD DE 100 kg/h*. Quito: Trabajo de Titulación previa a la obtención del Título de Ingenieros Mecánicos.
- ASPE. (2016). *Asociación de Porcicultores del Ecuador*. Obtenido de Asociación de Porcicultores del Ecuador: <https://www.aspe.org.ec/index.php/informacion/12-estadisticas>
- Astudillo, L., & Sánchez, A. (2019). *Extracción de Almidón a partir del banano (plátano) de categoría II (Musa paradisiaca) en estado verde, para la elaboración de colada instantánea fortificada y utilización de su fibra para balanceado de ganado porcino*. Cuenca: Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniera Química.
- Banoscopio, G. (2013). *Guia Banascopeio* . QUITO : CAMPOEDITORIAL.
- Bedoya, D. (2020). *EFECTO DE CUATRO NIVELES (5, 10, 15 Y 20%) DE HARINA DE PAPA (Solanum tuberosum) EN LA ALIMENTACIÓN DE POLLOS DE ENGORDE EN LA FASE DE CRECIMIENTO Y ACABADO EN EL CEASA*. Latacunga: Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Médico Veterinario.
- Berman, A. (2007). *Optimización del proceso de extrusión para la elaboración de pellets para alimentación de tilapia (Oreochromis niloticus) en Zamorano*. Francisco Morazán, Honduras.: Trabajo de grado, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano.
- Blair, R. (2018). *Nutricion y alimentacion en cerdos organicos*. Boston: CABI.
- Bolaños, A. (29 de Noviembre de 2013). *Efecto del peletizado en la dieta, en los costos de producción y desempeño animal*. Obtenido de <http://www.actualidadavipecuaria.com/articulos/efecto-del-peletizado.html>
- Buchanan, N., & Moritz, J. (2009). *Principales efectos e interacciones de la formulación variable de proteínas, fibra y humedad en la fabricación de piensos y la calidad de los pellets*. Journal of Applied Poultry Research.
- Buenaño, C. (2015). *FORMULACIÓN DE DIETAS ALIMENTICIAS UTILIZANDO HARINA DE PAPA CHINA (Colocasia esculenta L.) EN LA ALIMENTACIÓN DE CERDOS (Sus scrofa) EN LA ETAPA DE POS DESTETE*. Ambato: Trabajo

de investigación estructurado de manera independiente como requisito para optar al título de ingeniero agrónomo.

Campabadal, C. (2009). Guía Técnica. *Guía Técnica para la alimentación de cerdos*. Costa Rica: Imprenta Nacional.

Carrero. (2005). *Manual de producción porcícola*. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos-pdf2/>

Centro de información de actividades porcinas. (2010). *Centro de información de actividades porcinas*. Obtenido de <http://www.ciap.org.ar/ciap/Sitio/Archivos/Alimentacion%20Requerimientos%20Nutricionales%20y%20Aportes%20Alimenticios.pdf>

Chachapoya. (2014). *Producción de alimentos balanceados en una planta procesadora en el cantón Cevallos*. Quito: Escuela politécnica nacional, Tesis de pre grado.

CIMBIA. (2015). Conveying Equipment links key machinesrm to form well-functioning industrial plants. *Cimbia*, 12.

De La Cruz, C. (2020). *Evaluación nutricional de la cáscara de plátano Tabasco y su efecto productivo en la alimentación de conejos Nueva Zelanda*. EDUCATECONCIENCIA.

Demetrio, F. (2010). Producción y manejo de cerdos. *IPADE*, 19.

Engormix. (26 de Junio de 2016). *Balanceados Peletizados*. Obtenido de <https://www.engormix.com/balanceados/foros/mezcladoras-proceso-mezclado-t4403/p2.htm>

Escobar, J., Macías, M., & Rogel, M. (2006). *Evaluación del Uso de Melaza en Dietas Para Cerdos en Crecimiento y Engorde*. Honduras: Ceiba. Volumen 47(1-2):3-9.

ESPAC. (25 de 05 de 2021). *ESTADISTICAS AGROPECUARIAS*. Obtenido de INEC: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>

FEDNA . (2013). *Tablas de ingredientes para piensos*. España: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal.

FEDNA. (2016). REQUERIMEINTOS NUTRICIONALES DE PORCINOS. En *Normas FEDNA* (págs. 10-11).

García, C., & De Loera, O. (2012). Alimentación práctica del cerdo. *Revistas Científicas Complutenses*, 30.

- Gómez, N. (2019). *Diseño de una maquina peletizadora de residuos de cacao*. Bucaramanga: FACULTA DE INGENIERIA MECANICA. TESIS DE PREGRADO.
- Gonzalo, A. (Noviembre de 29 de 2011). *Proceso de peletizacion*. Obtenido de Universidad Agraria del Ecuador Facultad de Ciencias Agrarias mención Agroindustrial: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Proceso-De-Peletizacion/2214536.html>
- Granda, E. (2012). *REDISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA PELETIZADORA PARA LA PLANTA DE BALANCEADOS ESPEJO*. Ibarra: TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN MECATRÓNICA.
- Guachamín, D. (2016). *Evaluación de tres complementos alimenticios en la crianza de cerdos (Sus scrofa domestica) en crecimiento y engorde, Nanegal- Pichincha*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Henao, S. M. (2016). *Procesos de Producción de Alimentos balanceados*. Caldas.
- Hernandez, L., & Vit, L. (2009). *EL PLÁTANO Un cultivo tradicional con importancia nutricional*. Venezuela: Revista del Colegio de Farmacéuticos del Estado Mérida.
- Hoyos, J., Villada, H., Fernández, H., & Ortega, T. ( 2017). *Parámetros de Calidad y Metodologías para Determinar las Propiedades Físicas de Alimentos Extruidos para Peces*. Santiago de Cali. Colombia: Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería de Alimentos. Universidad del Valle.
- INCAP. (2012). *TABLA DE COMPOSICIÓN DE ALIMENTOS DE CENTROAMÉRICA*. Guatemala: Serviprensa, S.A.
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. (2007). *Buenas prácticas de manufactura de alimentos balaceados*. Bogotá: ICA.
- INTA, & FAO. (2010). *Manejo sanitario eficiente de los cerdos*. Nicaragua: FAO.
- INTA, & INTEC. (2010). *Manejo sanitario eficiente de los cerdos*. Nicaragua : Comercial 3H.
- Isique, M., & Sing, J. (2017). *Influencia de la hidrólisis química en las* . Perú: Universidad Nacional del Santa.
- Kamperidou, V. (2022). *Análisis de calidad de pellets de madera disponibles comercialmente y correlaciones entre las características de los pellets*. <https://doi.org/10.3390/en15082865>: Energies 2022, Vol.15, 2865.

- Loor, N. (2016). Fundamentos de los alimentos peletizados en la nutrición animal. *Dominio de las Ciencias*, 11.
- MAGAP. (2009). BUENAS PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN EN GRANJAS PROCINAS . *Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca*, 23.
- Martínez, M. (2004). *Metodología de valoración nutritiva de materias primas mediante ensayos de digestibilidad en conejos*. . Valencia, España.: Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia.
- Mendoza, Á. (2014). . *Elaboración de harina de papa china (Colocasia esculenta) y banano (musa paradisiaca) como suplemento nutricional para alimentación animal*. Quevedo: tesis de pregrado Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Palomo, D. A. (2013). *Veterinaria*. Obtenido de [http://axonveterinaria.net/web\\_axoncomunicacion/criaysalud/1/cys\\_1\\_Necesidades\\_nutricionales.pdf](http://axonveterinaria.net/web_axoncomunicacion/criaysalud/1/cys_1_Necesidades_nutricionales.pdf)
- Parzanese, T. M. (09 de 06 de 2012). *Tecnologías para la Industria Alimentaria*. Obtenido de *Tecnologías para la Industria Alimentaria* : [www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha\\_03\\_Liofilizados.pdf](http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_03_Liofilizados.pdf)
- Pérez, & Gasa. (2002). Importancia de los carbohidratos en la dieta porcina. *Avances en Nutrición y Alimentación Animal*, 53-70.
- Peter L . King, J. S. (2013). *El Manual De La Rueda Del Producto*. New York: CRC Press.
- Piedrafita, R. (2006). *Ingeniería de la automatización industrial*. Mexico: Editorial Alfaomega.
- Plattner, B. (2007). *Materias primas y su impacto en la extrusión de alimentos acuícolas en procedimientos*. South Dakota: *Journal of Aquaculture Feed Science and Nutrition* 1 (1): 6-21.
- Prada, R. (2008). Alternativa de aprovechamiento eficiente de residuos biodegradables: El caso del almidón residual derivado de la industrialización de la papa. *Casos Empresariales*, 180-192.
- Publications, U. N. (2006). *La Calidad en Alimentos*. Buenos Aires: CEPAL.
- Pumisacho, E., & Sherwood, S. (2002). *El cultivo de la papa en Ecuador*. Quito: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).
- Ralston Purina. (2018). *Manual de peletizado y extruido*. Colombia.

- Ramirez, V., Peñuela, L., & Perez, M. (2017). Los residuos orgánicos como alternativa para alimentación de porcinos . *REVISTA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS*, 107-124.
- Ramos , V., Aguilera, A., & Ochoa, E. (2014). *Residuos de cáscara de plátano (Musa paradisiaca L.) para obtener pectinas útiles en la industria alimentaria*. Bolivia: Revista de Simulación y Laboratorio. Vol.3 No 9. 22-29.
- Rangel, R. (2021). *Efecto de la Inclusión de Harina de Plátano Verde en la Dieta para Pollos de Engorde de la Línea ROSS 308*. Pamplona: Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de Zootecnista. Universidad de Pamplona.
- Ravindran, V., Abdollahi, M., & Wester, T. (2012). *Efecto de la mejora de la calidad de los pellets a partir de la adición de un aglutinante de pellets y/o humedad a una dieta a base de trigo condicionada a dos temperaturas diferentes sobre el rendimiento, la energía metabolizable aparente y la digestibil.* 10.1016/j.anifeedsci.2012.05.001: Animal Feed Science and Technology.
- Retrepo, L. F. (2014). *Plan de mercadeo*. Obtenido de Estrategias de mercadeo: <http://www.camaramedellin.com.co/site/Portals/0/Documentos/memorias%20random/Plan%20de%20Mercadeo%20%20CCMA.pdf>
- Riaño, S. (2002). *Modelo de parámetros para el diseño de una planta de alimentos balanceados*. Bogotá: [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_alimentos/709?utm\\_source=ciencia.lasalle.edu.co%2Fing\\_alimentos%2F709&utm\\_medium=PDF&utm\\_campaign=PDFCoverPages](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/709?utm_source=ciencia.lasalle.edu.co%2Fing_alimentos%2F709&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages).
- Ricaurte, F. (2014). *La yuca como alternativas de alimentación de cerdos en la etapa de ceba* . Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia, tesis de pregrado.
- Romero, N. (2021). *ELABORACIÓN DE DOS HARINAS A PARTIR DE CÁSCARAS DE YUCA (Manihot esculenta Crantz) Y PAPA (Solanum tuberosum L.) EN LA FORMULACIÓN DE UN ALIMENTO BALANCEADO PARA PORCINOS EN ETAPA DE CRECIMIENTO*. GUAYAQUIL – ECUADOR: UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR.
- Ruiz, A., Cuadros, F., & López, R. (2012). *Caracterización de pellets a partir de residuos industriales de tomate*. Food and Bioproducts Processing. Volume 90, Issue 4.
- Salazar. (2008). *Montaje y puesta en marcha de una planta de alimento balanceado con capacidad de 3 tn/h*. Lima: Tesis de grado Pontificia Universidad Católica de Perú.

- Salgado, S., & Moreno, A. (2021). *Uso de melaza o aceite de soya con dos niveles de vitaminas en la elaboracion de balanceado para cuyes*. Mexico: Tesis previa a la obtencion del titulo de ingeniero zootecnista.
- Sánchez, R., Najul, M., Ortega, E., & Ferrara, G. (2009). *El manejo de los residuos en la industria de agroalimentos en Venezuela*. Obtenido de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442009000200005](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009000200005)
- Sherwood, S. (2002). *Cultivo de granos andinos en Ecuador*. Quito-Ecuador: Editorial Abya Yala.
- Sørensen, M. (2009). *La harina de soja mejora la calidad física de los piensos extruidos para peces*. Anim. Feed Sci. Technol., 149, 149–161.
- Tetlow, R., & Wilkins, R. (2017). *La influencia del tamaño y la densidad de los pellets en la ingesta por parte de los terneros de pellets de hierba seca dados como suplementos al heno*. doi:10.1017/S0003356100036187: Animal Science, 27(3), 293-302.
- Tumuluru, J. (2019). *Efecto de las variables de proceso en la densidad y durabilidad de los pellets hechos de rastrojo de maíz de alta humedad*. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2013.11.012>.: Biosystems Engineering.
- Uitgeverij, M. (2021). *La fécula de patata se convierte en un nuevo y versátil aglutinante de pellets*. All about food, 452 482.
- UNICEM. (2016). *Universidad Comunal Intercultural del Cempoaltépetl* . Obtenido de [http://www.vet.unicen.edu.ar/ActividadesCurriculares/AlimentosAlimentacion/images/CLASE\\_7\\_-\\_TABLAS\\_REQUERIMIENTOS\\_NUTRICIONALES\\_CERDOS\\_Y\\_AVES\\_-\\_2016.pdf](http://www.vet.unicen.edu.ar/ActividadesCurriculares/AlimentosAlimentacion/images/CLASE_7_-_TABLAS_REQUERIMIENTOS_NUTRICIONALES_CERDOS_Y_AVES_-_2016.pdf)
- Van der Heijden, M. (2012). *Optimización de la Humedad del Alimento Manteniendo su Calidad*. Mexico: Feed Additives Trouw Nutrition.
- Victores, J. (2016). *Estudio de prefactibilidad para la creación de una microempresa elaboradora de snacks de papa en la ciudad de Manta*. Manta: Tesis previa a la obtencion del titulos de Ingeniero Industrial .
- Villón, E. (2017). *EVALUACIÓN DE DIETAS BALANCEADAS EN CERDOS DE ENGORDE EN LA COMUNA BELLAVISTA DEL CERRO, PARROQUIA JULIO MORENO, PROVINCIA DE SANTA ELENA*. Santa Elena: Universidad Estatal Península de Santa Elena. TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO.

Yepes, S., Montoya, L., & Sánchez, F. (2008). *Valorización de residuos agroindustriales*.  
Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1799/179914077018.pdf>

## Anexo 1. Formulación de dietas con biomasa de papa

ZOOTEC						FORMULACIÓN DE RACIONES DE MÍNIMO COSTO					
						88,73	3,42	9,48	Zootec 3.0 © 2005 Elmer Quispe elmerzinho@yahoo.com elmerzinho.blogspot.com		
Granja o Nombre del productor: Franklin Ruiz											
Descripción de la ración: Cerdos Engorde											
Especie animal: Cerdos											
Cod.	Ingredientes	Solución	Mín.	Máx.	Igual	Nutrientes	Solución	Mín.	Máx.	Igual	
1	Maíz amarillo	20,00	20,00	35,00		Weight, kg	1,00			1,00	
7	Afrechillo de trigo	22,21	20,00	25,00		Materia Seca, %	85,50				
8	Melaza caña azucar	5,00			5,00	EM Cerdos, Mcal/kg	3,15			3,15	
11	Harina de soya 48%	15,00	15,00	20,00		Proteína Cruda, %	15,57	13,20	17,00		
18	Fosfato dicalcico	2,00			2,00	Fibra Cruda, %	3,64	3,70	6,50		
21	DL-Metionina 99%	0,45			0,45	Ext. Etereo, %	4,00	4,00	8,00		
22	L-Lisina HCL 78%	0,50			0,50	Calcio, %	0,62	0,52	0,80		
23	Sal común	0,30			0,30	Fosf. Disp., %	0,49	0,23			
34	Premezcla Vit-Min Cerdos	0,60			0,60	Sodio, %	0,16	0,15			
37	Biomasa residual de papa	30,00	30,00	35,00		Arginina, %	0,85				
39	Aceite de palma rojo	2,16	2,00	4,00		Lisina, %	1,06	0,75			
		0,00				Metionina, %	0,63	0,24			
		0,00				Met+Cis, %	0,80	0,46			
		0,00				Treonina, %	0,48	0,46			
		0,00				Triptofano, %	0,18	0,16			
		0,00				<b>Mínimo Costo = S/</b>	<b>0,47</b>				
		1,78									
		100,00									

## Anexo 2. Formulación de la dieta con biomasa de plátano

ZOOTEC						FORMULACIÓN DE RACIONES DE MÍNIMO COSTO					
						88,73	3,42	9,48	Zootec 3.0 © 2005 Elmer Quispe elmerzinho@yahoo.com elmerzinho.blogspot.com		
Granja o Nombre del productor: Franklin Ruiz											
Descripción de la ración: Cerdos Engorde											
Especie animal: Cerdos											
Cod.	Ingredientes	Solución	Mín.	Máx.	Igual	Nutrientes	Solución	Mín.	Máx.	Igual	
1	Maíz amarillo	25,00	25,00	35,00		Weight, kg	1,00			1,00	
7	Afrechillo de trigo	20,00	20,00	25,00		Materia Seca, %	84,98				
8	Melaza caña azucar	8,00			8,00	EM Cerdos, Mcal/kg	3,15			3,15	
11	Harina de soya 48%	15,00	15,00	20,00		Proteína Cruda, %	15,57	13,20	17,00		
18	Fosfato dicalcico	2,00			2,00	Fibra Cruda, %	5,92	3,70	6,50		
21	DL-Metionina 99%	0,45			0,45	Ext. Etereo, %	6,51	4,00	8,00		
22	L-Lisina HCL 78%	0,50			0,50	Calcio, %	0,65	0,52	0,80		
23	Sal común	0,30			0,30	Fosf. Disp., %	0,50	0,23			
34	Premezcla Vit-Min Cerdos	0,60			0,60	Sodio, %	0,14	0,13			
38	Biomasa residual de plátano	20,80	15,00	30,00		Arginina, %	0,85				
39	Aceite de palma rojo	4,00	2,00	4,00		Lisina, %	1,06	0,75			
		0,00				Metionina, %	0,64	0,24			
		0,00				Met+Cis, %	0,81	0,46			
		0,00				Treonina, %	0,49	0,46			
		0,00				Triptofano, %	0,18	0,16			
		0,00				<b>Mínimo Costo = S/</b>	<b>0,53</b>				
		100,00									

### Anexo 3. Formulación de la dieta con biomasa de papa y plátano

Granja o Nombre del productor:		Franklin Ruiz				Elmer Quispe <a href="mailto:elmerzinho@yahoo.com">elmerzinho@yahoo.com</a> <a href="http://elmerzinho.blogspot.com">elmerzinho.blogspot.com</a>				
Descripción de la ración:		Cerdos Engorde								
Especie animal:		Cerdos								
Cod.	Ingredientes	Solución	Mín.	Máx.	Igual	Nutrientes	Solución	Mín.	Máx.	Igual
1	Maíz amarillo	25,00	25,00	30,00		Weight, kg	1,00			1,00
7	Afrechillo de trigo	11,20	10,00	15,00		Materia Seca, %	85,08			
8	Melaza caña azucar	8,00			8,00	EM Cerdos, Mcal/kg	3,15			3,15
11	Harina de soya 48%	16,00	16,00	20,00		Proteína Cruda, %	15,06	13,20	17,00	
18	Fosfato dicalcico	1,50			1,50	Fibra Cruda, %	4,13	3,70	6,50	
21	DL-Metionina 99%	0,45			0,45	Ext. Etereo, %	4,23	4,00	8,00	
22	L-Lisina HCL 78%	0,50			0,50	Calcio, %	0,56	0,56	0,80	
23	Sal común	0,30			0,30	Fosf. Disp., %	0,41	0,23		
34	Premezcla Vit-Min Cerdos	0,60			0,60	Sodio, %	0,16	0,15		
37	Biomasa residual de papa	20,00	17,00	20,00		Arginina, %	0,80			
38	Biomasa residual de plátano	11,95	10,00	20,00		Lisina, %	1,02	0,75		
39	Aceite de palma rojo	2,20		4,00		Metionina, %	0,63	0,24		
		0,00				Met+Cis, %	0,79	0,46		
		0,00				Treonina, %	0,46	0,46		
		0,00				Triptofano, %	0,16	0,16		
		0,00								
		0,00								
		0,00								
		0,00								
		0,00								
		100,00								
							<b>Mínimo Costo =</b>	S/	0,47	