

# UCUENCA

Facultad de Ciencias Químicas

Carrera de Ingeniería Química

Aprovechamiento de la carnaza de la Industria de Curtiembres en la alimentación de cerdos en la etapa de crecimiento.

Trabajo de titulación previo a la obtención  
del título de Ingeniero Químico

Autores:

Paola Estefanía García Quito

CI: 1900714369

Correo electrónico: estefani\_gar@hotmail.com

Luis Miguel Suárez Guzmán

CI: 0106269145

Correo electrónico: lucho.suarez364@gmail.com

Directora:

Ing. Quím. Diana Jesús Andrade Muñoz.

CI: 0301665378

Cuenca – Ecuador

09 de junio de 2022

## RESUMEN

La buena gestión de residuos permite al campo industrial disminuir el impacto ambiental y reducir los costos de gestión en disposición final de desechos. Actualmente, las industrias buscan un desarrollo sostenible como una oportunidad de cambio, cuya finalidad es fomentar la valoración eficiente de los residuos industriales. Por tal motivo es necesario que las investigaciones actuales estén enfocadas en buscar alternativas para conseguirlo. En la industria de curtiembres, los residuos orgánicos dan paso a una amplia gama de productos alimenticios debido al alto contenido de proteína que posee. Sin embargo, existen pocos estudios sobre la factibilidad técnica para gestionarlos sosteniblemente. El objetivo del presente proyecto es elaborar un alimento balanceado para cerdos en etapa de crecimiento empleando carnaza generada en la empresa Curtiembre Renaciente S.A. que cumpla con los requisitos nutricionales según la National Research Council (1998). Para producir este producto, se obtuvo harina de carnaza mediante procesos de desencalado, blanqueado, hidrólisis térmica, molienda y secado. También, se procedió a caracterizar propiedades físicas, químicas y bromatológicas de la harina de carnaza para conocer su pH, tamaño de partícula, concentración de proteína bruta, extracto etéreo, aminoácidos presentes, calcio, magnesio, energía digestible y metabolizable. Con los datos obtenidos se elaboró el alimento balanceado a base de 4 formulaciones con 0% carnaza, 1% carnaza, 3% carnaza y 5% carnaza utilizando programación lineal. El proceso de manufactura del balanceado implicó la recepción de materias primas, tamizado, pesaje, mezclado, pelletizado, secado, enfriado y almacenaje. Finalmente, se realizó una caracterización de concentración de proteína y calcio total en el balanceado para evaluar estadísticamente la influencia de la incorporación de la harina de carnaza en dichos parámetros nutricionales. En las tres formulaciones la adición de harina de carnaza no influyó en el porcentaje de proteína y calcio presente en el balanceado, sin embargo, la incorporación de 5% de carnaza se asemeja más al valor teórico establecido en las restricciones.

**Palabras claves:** Carnaza. Alimento balanceado. Hidrólisis. Porcino. Harina.

## ABSTRACT

Good waste management allows the industrial field to reduce the environmental impact and reduce management costs in final disposal of waste. Currently, industries seek sustainable development as an opportunity for change, whose purpose is to promote the efficient assessment of industrial waste. For this reason it is necessary that current research is focused on finding alternatives to achieve it. In the tannery industry, organic waste gives way to a wide range of food products due to its high protein content. However, there are few studies on the technical feasibility to manage them sustainably. The objective of this project is to develop a balanced feed for pigs in the growth stage using meat generated in the company Curtiembre Renaciente S.A. that meets the nutritional requirements according to the National Research Council (1998). To produce this product, meat flour was obtained through delimiting, bleaching, thermal hydrolysis, grinding and drying processes. Also, we proceeded to characterize physical, chemical and bromatological properties of the meat flour to know its pH, particle size, concentration of crude protein, ether extract, amino acids present, calcium, magnesium, digestible and metabolizable energy. With the data obtained, the balanced feed was prepared based on 4 formulations with 0% meat, 1% meat, 3% meat and 5% meat using linear programming. The balanced manufacturing process involved the reception of raw materials, sifting, weighing, mixing, pelletizing, drying, cooling and storage. Finally, a characterization of protein concentration and total calcium in the balance was carried out to statistically evaluate the influence of the incorporation of meat meal on said nutritional parameters. In the three formulations, the addition of meat meal did not influence the percentage of protein and calcium present in the balance, however, the incorporation of 5% meat meal is more similar to the theoretical value established in the restrictions.

**Keywords:** Bait. Balanced meal. Hydrolysis. Porcine. Flour.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	2
ABSTRACT.....	3
LISTA DE TABLAS, FIGURAS Y ANEXOS .....	7
DEDICATORIA .....	12
AGRADECIMIENTOS .....	13
1. INTRODUCCIÓN .....	15
1.1 Objetivo general .....	16
1.2 Objetivos específicos .....	16
1.3 Justificación .....	16
2. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 Industria de curtiembres.....	18
2.1.1 Descripción de la industria de curtiembre en Cuenca .....	18
2.2 Composición de la piel bovina.....	19
2.3 Obtención de carnaza en el curtido de pieles bovinas .....	20
2.3.1 Recepción de materia prima .....	20
2.3.2 Etapa de conservación o secado. ....	21
2.3.3 Remojo .....	21
2.3.4 Pelambre-Calero .....	21
2.3.5 Descarne, corte y dividido .....	23
2.4 Carnaza.....	23
2.4.1 Propiedades nutricionales de la carnaza .....	24
2.5 Alimento para animales .....	26
2.5.1 Balanceado o pienso .....	27
2.5.2 Balanceado para porcinos.....	27
2.6 Animales porcinos.....	27
2.6.1 Requerimientos nutricionales para cerdos en etapa de crecimiento .....	28
2.7 Formulación .....	30
2.7.1 Prueba y Error.....	30
2.7.2 Cuadrado de Pearson .....	31
2.7.3 Programación Lineal .....	31
2.8 Materia Primas para la elaboración de balanceado.....	31

2.8.1	Harina de carnaza .....	32
2.8.2	Maíz amarillo.....	37
2.8.3	Torta de soya. ....	37
2.8.4	Afrecho de trigo.....	37
2.8.5	Polvillo de arroz. ....	38
2.8.6	Melaza. ....	38
2.8.7	Aceite de palma. ....	38
2.8.8	Cloruro de sodio. ....	38
2.8.9	Núcleo.....	38
3.	METOGOLOGÍA .....	38
3.1	Proceso de obtención de harina de carnaza.....	38
3.1.1	Recepción de materia prima .....	39
3.1.2	Lavado .....	39
3.1.3	Desencalado.....	39
3.1.4	Blanqueado .....	39
3.1.5	Hidrolizado ácido y neutralizado.....	39
3.1.6	Cortado .....	40
3.1.7	Cocción.....	40
3.1.8	Molido .....	40
3.1.9	Secado.....	40
3.1.10	Pulverizado .....	40
3.1.11	Almacenado .....	41
3.2	Caracterización de la harina de carnaza .....	42
3.2.1	Determinación del contenido de proteína bruta.....	42
3.2.2	Determinación del contenido de extracto etéreo .....	43
3.2.3	Determinación del contenido de humedad .....	43
3.2.4	Determinación del contenido de cenizas .....	43
3.2.5	Determinación del contenido de minerales: calcio, magnesio, sodio y potasio.....	44
3.2.6	Determinación de energía digestible y metabolizable.....	45
3.2.7	Determinación de granulometría .....	45
3.2.8	Determinación de pH.....	46
3.3	Formulación mediante Programación Lineal.....	46

3.4	Proceso de manufactura de alimentos balanceados .....	47
3.5	Diseño experimental y procesamiento estadístico .....	49
3.5.1	Determinación de la muestra .....	49
3.5.2	ANOVA.....	49
3.5.3	Análisis económico. ....	50
4.	RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	50
4.1	Harina de carnaza.....	50
4.1.1	Análisis bromatológico de la harina de carnaza .....	50
4.1.2	Propiedades físico-químicas de harina de carnaza .....	53
4.2	Formulación de balanceado .....	56
4.3	Análisis de balanceado.....	60
4.3.1	Análisis bromatológico del balanceado para porcinos .....	60
4.3.2	Verificación de hipótesis .....	62
4.3.3	Aceptación de la formulación.....	64
4.3.4	Análisis económico del balanceado para porcinos.....	66
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	67
5.1	Conclusiones .....	67
5.2	Recomendaciones.....	68
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
7.	ANEXOS .....	84

## LISTA DE TABLAS, FIGURAS Y ANEXOS

### ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Caracterización de la carnaza.....	84
<b>Anexo 2</b> Costo de Materia prima para elaborar harina de carnaza.....	85
<b>Anexo 3</b> Evidencia fotográfica .....	86

### ÍNDICE DE DIAGRAMAS

<b>Diagrama 1</b> Proceso de ribera para el curtido de pieles. ....	20
<b>Diagrama 2</b> Obtención de harina de carnaza .....	33
<b>Diagrama 3</b> Obtención de Harina de carnaza. ....	41
<b>Diagrama 4</b> Obtención de alimento balanceado para cerdos en etapa de crecimiento..	48
<b>Diagrama 5</b> Balance de masa para producir harina de carnaza .....	55

### ÍNDICE DE IMÁGENES

<b>Imagen 1</b> Corte transversal de la piel bovina.....	19
<b>Imagen 2</b> Ruptura de enlaces por hinchamiento liotrópico de la piel.....	22

### ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Composición de la piel bovina.....	19
<b>Tabla 2</b> Requerimientos nutricionales para porcinos en etapa de crecimiento Ad Libitum (90% materia seca).....	28
<b>Tabla 3</b> Modelo del diseño experimental comparativo.....	49
<b>Tabla 4</b> Datos bromatológicos de la harina de carnaza.....	50
<b>Tabla 5</b> Datos físico-químicos de la harina de carnaza.....	53
<b>Tabla 6</b> Balance de tamices de la granulometría de la harina de carnaza. ....	53
<b>Tabla 7</b> Datos bromatológicos de las materias primas utilizados como restricciones en Solver.....	56
<b>Tabla 8</b> Formulación T0: basada en maíz con concentración al 0% de carnaza.....	56
<b>Tabla 9</b> Formulación T1: adicionando el 1% de harina de carnaza. ....	57
<b>Tabla 10</b> Formulación T2: adicionando el 3% de harina de carnaza. ....	58
<b>Tabla 11</b> Formulación T3: adicionando el 5% de harina de carnaza. ....	58
<b>Tabla 12</b> Resultados del % de proteína y % de calcio respecto a los tratamientos realizados. ....	60
<b>Tabla 13</b> Valores descriptivos del % de proteína.....	62
<b>Tabla 14</b> Valores descriptivos del % de calcio. ....	63
<b>Tabla 15</b> Resultados ANOVA de un factor para % de proteína. ....	63
<b>Tabla 16</b> Resultados ANOVA de un factor para el % de calcio.....	63
<b>Tabla 17</b> Comparaciones múltiples. Método LSD para porcentaje de proteína. ....	64
<b>Tabla 18</b> Comparaciones múltiples. Método DMS para porcentaje de calcio.....	64
<b>Tabla 19</b> Comparación de costos de materias primas.....	66

## Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Paola Estefanía García Quito, autora del trabajo de titulación "Aprovechamiento de la carnaza de la industria de Curtiembres en la alimentación de cerdos en la etapa de crecimiento", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 09 de junio de 2022



---

Paola Estefanía García Quito

C.I: 1900714369

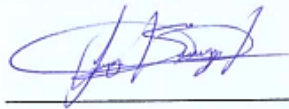


## Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Luis Miguel Suárez Guzmán, autor del trabajo de titulación "Aprovechamiento de la carnaza de la Industria de Curtiembres en la alimentación de cerdos en la etapa de crecimiento", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 09 de junio del 2022.



---

Luis Miguel Suárez Guzmán

C.I: 0106269145

## Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

---

Paola Estefanía García Quito en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Aprovechamiento de la carnaza de la industria de Curtiembres en la alimentación de cerdos en la etapa de crecimiento", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 09 de junio de 2022



---

Paola Estefanía García Quito

C.I: 1900714369

## Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

---

Luis Miguel Suárez Guzmán en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Aprovechamiento de la carnaza de la Industria de Curtiembres en la alimentación de cerdos en la etapa de crecimiento", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 09 de junio del 2022



---

Luis Miguel Suárez Guzmán

C.I: 0106269145

## **DEDICATORIA**

### **Paola García**

Dedico con todo mi corazón esta tesis a mi mamá María, quien me ha apoyado en cada uno de mis pasos enseñándome que la bondad es un acto de amor. Ella es la persona más importante en mi vida, ya que me ha dado motivación constante y su amor incondicional que me permitió ser la persona que soy. Tu bendición diaria en mi vida me protege y me inspira a continuar cumpliendo mis sueños, por ello este trabajo de titulación te lo dedico, te amo.

### **Luis Suárez**

Dedico la presente tesis con mucho amor a mi querida madre, hermana y mis abuelitos; por forjar la persona que hoy en día soy. Su apoyo incondicional, sus consejos y sanciones me han dado un enfoque para siempre direccionarme a una superación personal constante, por ser un claro ejemplo de valentía y humildad, este trabajo es para ustedes.

## AGRADECIMIENTOS

### **Paola García**

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena de luz siempre mi vida. Agradezco a mi mamá María, ya que sus esfuerzos y su amor para mi son invaluable, me ha apoyado en cada peldaño de mi vida universitaria. Su ayuda fue fundamental para la culminación de mi tesis.

Agradezco a mis hermanos Edison y Lorena, ya que han sido el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, ya que me han dado ejemplo de responsabilidad y deseos de superación, son el espejo de valores en el cual me quiero reflejar. En mi corazón siempre estarán presentes. Es una bendición haber tenido el apoyo de Leo, quien me ha apoyado a lo largo de mi vida universitaria con sus muestras de afecto y aliento para alcanzar mis metas. Muchas gracias por tu constante motivación y paciencia para culminar mi carrera universitaria.

Agradezco a mi directora de tesis Ing. Diana Andrade quien con su experiencia, conocimiento y motivación me oriento en la investigación. Con sus virtudes, paciencia y habilidades, este trabajo se realizó de manera mucho más amena. Usted formó parte importante de esta historia con sus aportes profesionales que la caracterizan.

Mi profundo agradecimiento a todo el personal que conforman la Universidad de Cuenca, por confiar en mí, abrirme las puertas y permitir realizar todo el proceso investigativo dentro de los laboratorios requeridos. Es oportuno agradecer a todos los docentes que han quedado grabados en mi corazón, quienes, con sus palabras me impartieron enseñanzas no solo intelectuales sino para la vida. Donde quiera que vaya, los llevaré conmigo en mi transitar profesional. Quiero agradecer al Ing. Pedro Rodas, quien me ha apoyado en la realización de la tesis, me ha brindado su apoyo, solidaridad y consejos.

A mis amigos y compañeros de viaje, no puedo dejar de recordar cuantas tardes y horas de trabajo nos juntamos a lo largo de nuestra formación. A Luis, Pablo y Renata agradezco su apoyo y constancia, al estar en las horas más difíciles, por compartir horas de estudio. Gracias por ser como familia con esta foránea. Los guardaré siempre en mi memoria. Agradezco a todas las personas que directa o indirectamente me han apoyado en la culminación de mi trabajo de titulación.

## **Luis Suárez**

En primer lugar, quiero dar gracias a Dios por la sabiduría, ciencia, inteligencia y fortaleza a lo largo de mi carrera universitaria. A mi madre Julia por el apoyo y comprensión en mi formación estudiantil desde mi niñez, por luchar día a día y tomar la batuta de una madre y un padre a la vez.

Gracias a mis abuelos, tíos y primos, en general a toda mi familia por estar en los momentos de cansancio y fatiga, pero que con sus palabras de aliento me ayudaron a nunca rendirme y salir adelante. De manera especial, una profunda gratitud a mi hermana, quien a la distancia ha sido ese pilar de amor y comprensión para darme la motivación que necesitaba, siempre recordándome lo valioso e importante que es la superación personal. Eres esa persona que en la que me reflejo y me inspiro para nunca darme por vencido.

Gracias a todos quienes intervinieron para que esta investigación se lleve a cabo. Agradezco a mi directora de tesis, Ing. Diana Andrade por ser la guía que con sus conocimientos consiguió que este trabajo culminara de la mejor manera. A todo el personal docente de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca, a esos profesores que fueron claro ejemplo de profesionalismo y responsabilidad para enseñar con pasión la química y sus aplicaciones prácticas. Agradezco a la empresa Curtiembre Renaciente S.A. por abrir su puertas y disponibilidad para que se pueda realizar este proyecto. Al Ing. Gabriel Ayavaca por su buena voluntad y apoyo a nuevas ideas de gestión dentro de la organización.

Agradezco a mis amigos y compañeros de estudio que supieron compartir momentos de alegría y momentos de frustración. Gracias a Paola, Pablo, Renata, Natasha y Edison; personas que dejaron una marca imborrable en mi vida, de inicio a fin de esta carrera universitaria. A todos quienes olvidé mencionar, pero formaron parte importante para que este trabajo se lleve a cabo.

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente las empresas buscan fomentar y ser parte de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas, este concepto que surgió con el Informe Brundtland en 1987, es entendido como aquel desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras a satisfacer sus propias necesidades (Legasa Semhan, 2017). En este marco, el ámbito del desarrollo sostenible implica involucra aspectos ambientales, económicos y sociales, ya que, es la relación entre el bienestar social con el medio ambiente y rentabilidad económica, es decir, implica un crecimiento económico acompañado de una mejora para las organizaciones y la calidad de vida de la ciudadanía.

A nivel industrial el aprovechamiento de subproductos aparece como un tema transversal que atraviesa la Agenda 2030. De manera explícita, la gestión de residuos es abordado en el ODS número 12: Consumo responsable y producción, donde se establece como meta hacia el 2030 la reducción de la generación de desechos mediante la prevención, reducción, reciclado y reutilización. Para alcanzar este ODS, también se alienta a “lograr una gestión ecológicamente racional de los subproductos y de todos los desechos a lo largo de su ciclo de vida, de conformidad con los marcos internacionales convenidos, y reducir significativamente su liberación a la atmósfera, el agua y el suelo a fin de minimizar sus efectos adversos en la salud humana y medio ambiente” (Legasa Semhan, 2017).

A nivel nacional, en el Ecuador la producción de cuero alcanza alrededor de 350 mil pieles tratadas por año, de las cuales las provincias de Tungurahua y Azuay concentran la mayor producción de esta materia prima. De esta excesiva cantidad se estima que en la industria de la tenería el 37,7% de la piel termina como subproductos o residuos que se usan para la elaboración de gelatina, y en la mayoría de los casos se desechan como basura en rellenos sanitarios, desperdiciándose sin el uso adecuado (Salinas Vásquez, 2014). La dermis de la piel que generalmente se desecha, se caracteriza por su alto contenido de colágeno de tipo fibroso que tratado bajo condiciones óptimas puede ser apto para la alimentación animal (Gonzales Sáez, 1998).

En la nutrición animal, las proteínas son de vital importancia para un aprovechamiento óptimo del alimento en el rendimiento de corrales, porquerizas, camaroneras o haciendas;

por lo que las proteínas de origen animal, tales como la carnaza, deben ser de alto valor nutritivo para ser incorporados en la manufactura de alimentos balanceados para animales, el cual es el punto de partida para la presente investigación.

Cada día las necesidades ecológicas a nivel mundial obligan a las industrias a crear nuevas alternativas que den uso correcto a sus desechos y subproductos obtenidos a lo largo de sus procesos de manufactura. Por lo tanto, es fundamental establecer procesos de producción limpia y nuevas tecnologías orientadas a la transformación de residuos en productos para beneficio económico y social, a fin de armonizar el sector industrial con el medio ambiente generando un desarrollo sostenible para la sociedad.

## **1.1 Objetivo general**

Elaborar una formulación balanceada para cerdos en etapa de crecimiento empleando carnaza de animales bovinos generada en la empresa Curtiembre Renaciente S.A., que cumpla los requisitos nutricionales según National Research Council (NCR) (1983).

## **1.2 Objetivos específicos**

- Obtener harina de carnaza que cumpla con los parámetros físicos y nutricionales establecidos en la normativa NTE INEN 472 para ser aplicada como materia prima en la elaboración de un alimento balanceado.
- Proponer la dosificación de las materias primas mediante programación lineal, para la elaboración de un alimento balanceado según la composición nutricional requerida y verificar que la cantidad de proteína y calcio total se mantenga en el balanceado obtenido según el requerimiento nutricional del cerdo.
- Realizar un análisis económico de materias primas empleadas en la producción de balanceado a base de harina de carnaza.

## **1.3 Justificación**

Actualmente, la industria de curtido de pieles de animales forma parte activa de la contaminación ambiental, debido a la gran cantidad de residuos orgánicos generados principalmente por procesos mecánicos de dividido y cortado necesarios para alcanzar el calibre especificado que requiere el cuero. El residuo más representativo de dichos procesos es la carnaza que corresponde aproximadamente el 45% de la piel vacuna inicial. La cantidad de carnaza obtenida en la curtiembre Renaciente S.A. está alrededor de las 30 toneladas por mes y actualmente no se gestiona como desecho ya que implicaría



una pérdida económica; por lo que la empresa se convierte en proveedor de carnaza como materia prima para empresas dedicadas a la producción de gelatina, debido a la alta concentración de colágeno que posee. Sin embargo, con la finalidad de aumentar su rentabilidad, la empresa ha evaluado la posibilidad de abrir una nueva línea de producción en alimentos balanceados para cerdos a partir de los residuos generados en sus procesos de corte y dividido.

Un alimento balanceado para animales también denominado pienso permite suplir las necesidades nutricionales de mantenimiento y crecimiento óptimo, formulado a base de ingredientes de origen animal, mineral, vegetal o sintético. Según la Association of American Feed Control Officials (AAFCO), la composición nutricional porcentual mínima y máxima de proteína, fibra y grasa debe ser específica para cada especie animal y su estado fisiológico. Además, Urrutia (2016) destaca la importancia de la proteína en la alimentación animal, resaltando el interés actual de usar la proteína de origen animal en vez de la proteína vegetal, principalmente por su beneficio sobre la conservación de la masa muscular, la condición corporal y el estatus de salud general del animal. En este sentido, la carnaza al ser una materia prima altamente rica en proteína permite poder aprovecharla en un proceso de elaboración de balanceados para cerdos. Otro de los componentes importantes en un alimento balanceado es el calcio, el cual permite que un animal tenga una normal coagulación de la sangre, mantener activas las enzimas y además formar y desarrollar en óptimas condiciones los huesos, dientes y leche materna (Mufarrege, 2002). En este aspecto se debe evaluar que, al incorporar carnaza, el balanceado contenga las proporciones de calcio adecuadas; ya que este residuo de tenería se obtiene luego de un proceso de calero, la carnaza puede contener varias trazas de calcio, que modifiquen la composición nutricional de un alimento balanceado; ya que un exceso de calcio en la alimentación porcina en la fase de crecimiento puede ocasionar paraqueratoris, debido a que este mineral en altas cantidades inhibe la absorción de los demás minerales, tales como el zinc.

Mediante la presente investigación, se obtendrá una formulación de alimento balanceado para cerdos en etapa de crecimiento que cumpla con los requerimientos nutricionales correspondientes, utilizando residuos sólidos de la industria de curtiembres conocidos como carnazas.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Industria de curtiembres

La industria de curtiembres es la encargada del proceso de manufactura del curtido de pieles animales para obtener cuero comercial. Este proceso consiste en emplear agentes químicos en pieles de animales bovinos, porcinos, ovinos, etc., para conseguir mejoras en la resistencia, flexibilidad y conservación a lo largo del tiempo.

A lo largo de la historia la piel de los animales ha sido aprovechada para la vestimenta, marroquinería, calzado, tapicería, mueblería, entre otros. Los antepasados prehistóricos ya conocían técnicas de conservación de pieles animales tales como el curtido con el humo del hogar que evitaba que se deteriore la piel y no desprenda malos olores. Con el tiempo se descubrió el curtido vegetal, que involucra el uso de extractos en disolución que actúan como conservantes y curtientes de las pieles. Con los avances en el campo de la química, se desarrolló el curtido al cromo, donde se emplea sales de cromo para impregnar en la piel y proporcionar mejoras en propiedades de resistencia, durabilidad e imputrescible (Escribano, 2013).

Los métodos de curtido son diversos y depende de las propiedades de la piel y los agentes químicos utilizados, así como las condiciones del proceso. A nivel mundial, el 90% del cuero producido utiliza el método de curtido al cromo, ya que ofrece un curtido uniforme y excelentes propiedades conservantes (Zhu et al., 2020). Para el proceso se utilizan sales de cromo trivalente  $Cr^{3+}$ , que es el agente curtidor y reacciona con el grupo carboxilo del colágeno de la piel para formar fuertes enlaces de coordinación forzando a llevarse a cabo la reticulación de las fibras colagénicas transformando la piel en bruto en un cuero estable. (Wu et al., 2009)

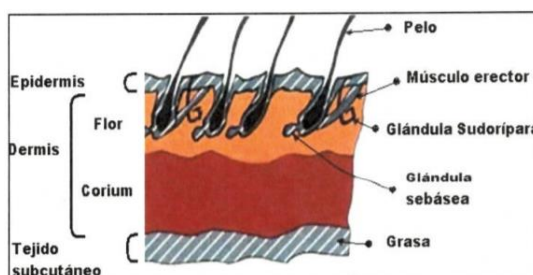
#### 2.1.1 Descripción de la industria de curtiembre en Cuenca

A nivel nacional, la mayor producción de cuero se concentra en el cantón de Ambato, Ecuador (Masabanda et al., 2017). Sin embargo, por la rentabilidad que representa existen varias curtiembres a lo largo de la zona andina del país, donde muchas de ellas no poseen la licencia ambiental para operar. Actualmente, en el cantón Cuenca existen 2 empresas certificadas para trabajar en la industria de cuero a nivel industrial. Una de ellas es la curtiembre “San Luis Cia Ltda.” que opera desde 1981, se dedica principalmente a la producción de pieles finas adobadas y sin depilar (EcuadorNegocios, 2020). De igual

forma, la curtiembre “Renaciente S.A.,” está presente en el mercado desde 1949 y actualmente es líder a nivel nacional en la producción de cueros de calidad con puntos de venta en Quito, Guayaquil y Machala. Se destaca por la exportación de cuero fino y sin depilar, pero además ofrece productos terminados de cuero como sofás, sillas, comedores, tapicería automotriz, camas, paneles de pared, pisos, mesas de centro, entre otros productos (Narváez Calle, 2011) (Renaciente S.A., 2022).

## 2.2 Composición de la piel bovina

La piel bovina hace referencia a la dermis del grupo de los rumiantes, generalmente de la vaca, el toro o el buey, o relacionado con ellos (ASALE & RAE, 2013). Es considerada la principal materia prima para la producción de cuero por sus propiedades de flexibilidad, ligereza y a la vez dureza y resistencia (CENIDA, 2007). En la imagen 1, se visualiza la estructura transversalmente una piel bovina, de la cual únicamente el lado flor de la dermis es utilizado para transformarse en cuero (Rivera, 2018).



**Imagen 1** Corte transversal de la piel bovina.

Fuente: (Rivera, 2018).

La composición aproximada de una piel bobina recién desollada se detalla en la tabla 1.

**Tabla 1** Composición de la piel bovina

Componente	Proporción (%)
Agua	64
Proteína	33
Grasa	2
Sustancias minerales	0,5
Otras	0,5

Fuente: (Morera, 2007).

Dentro de la composición química de la piel aproximadamente el 95% de la proteína de la piel es colágeno. Otras proteínas presentes son la elastina, la queratina, las albúminas y las globulinas (Artigas, 1987).

## 2.3 Obtención de carnaza en el curtido de pieles bovinas

En la producción de cuero, se debe seguir una secuencia de etapas por las que las pieles bovinas atraviesan para convertirse en cuero; a continuación, se nombran aquellas etapas previas a la obtención de los residuos sólidos (carnaza) en la industria de curtiembres, conocido generalmente como etapa de ribera.



**Diagrama 1** Proceso de ribera para el curtido de pieles.

Fuente: autores.

### 2.3.1 Recepción de materia prima

Este proceso implica una verificación de la calidad de las pieles que llegan de los camales donde se realizó el faenamiento a los animales. La calidad va a diferir mucho de una piel a otra incluso siendo de la misma especie por factores como el clima, alojamiento, raza, alimentación, edad, sexo, pelaje, etc. Además, la temperatura donde crecieron produce diferencias considerables, para animales criados a la intemperie proporcionan pieles de estructura compacta; en cuanto a los que son criados en climas templados o bajo cubierta

dan pieles delgadas y menos compactas. Se debe hacer una separación según la finalidad que tendrá el cuero y de mejorar el rendimiento de los productos químicos que se utilizarán en el proceso (Quipo Muñoz, 2020). Generalmente, pieles delgadas se destinan a mueblería y vestimenta, mientras que las pieles gruesas son para tapicería, cuero de piso o marroquinería.

### **2.3.2 Etapa de conservación o secado.**

En la industria de curtiembres existen pocos casos donde la piel apenas extraída pasa directamente al proceso, por tal motivo, se debe asegurar la conservación de la piel con el objetivo de detener o reducir al máximo la degradación microbiana provocada por retrasos en la recolección, clasificación, o por distancia de los camales donde se receptan las pieles. Industrialmente se prefiere la conservación por secado en caso de que las pieles lanares provengan del campo; mientras que se emplea la conservación por salado cuando las pieles vienen de frigoríficos o mataderos. Lo más común es el salado en pila con sal en grano donde se extiende la sal sobre el lado de la carne de la piel fresca y se deja que se disuelva al interior de la piel por difusión, se clasifican en lotes no muy altos formando una pila donde se debe esperar a que haya alcanzado el equilibrio, generalmente después de 30 días (Cordero, 2010).

### **2.3.3 Remojo**

Este proceso involucra el empleo de gran cantidad de agua, por ello, es denominado como trabajo de ribera. Fontalvo (2009), expone 2 objetivos importantes del remojo: rehidratar la piel y eliminar sangre, suciedades o grasas que acompañan a la piel, mediante el empleo como producto principal agua, tensoactivos, bactericidas, opcionalmente enzimas, y bajas concentraciones de álcali.

### **2.3.4 Pelambre-Calero**

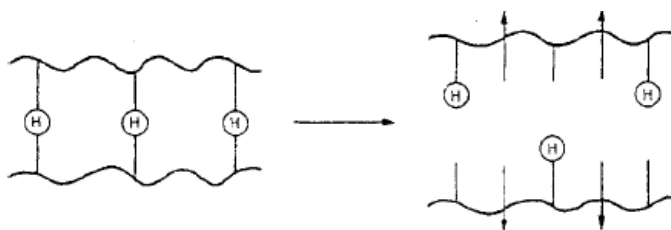
Cuando las pieles están hidratadas y limpias se procede al calero, conocido comúnmente como encalado, con el fin de eliminar el pelo o lana; y además producir un aflojamiento de la estructura fibrosa del colágeno para el curtido. Para apelarbrar es necesario la mezcla con productos químicos alcalinos (generalmente cal y sulfuro de sodio), que atacan las queratinas de la piel en el folículo consiguiendo que, por eliminación de las proteínas, se destruya la unión natural entre el corium y la epidermis; ablandando la raíz del pelo y produciendo que se desprenda fácilmente. (Cordero, 2010)

Este proceso, a más de eliminar la epidermis, también produce la hidrólisis del colágeno, la saponificación parcial de la grasa natural, desdoblamiento de las fibras en fibrillas aumentando el espesor de la piel para poder ser descarnada y dividida. (CAR/PL, 2000)

## Hinchamiento de la piel

La estructura de la piel atraviesa una secuencia de procesos para ser transformado en cuero, y donde el encalado es determinante para obtener un producto final de calidad. Al encalar, se produce un hinchamiento de la piel cuando ésta se sumerge en soluciones básicas o ácidas; debido a que las proteínas que son solubles (elastina, proteoglicano y mucopolisacárido) se disuelven y producen la apertura de los haces de fibra de colágeno (Liu et al., 2019). Según Cordero (2010), el hinchamiento puede ser de tipo liotrópico o hidroptrópico y osmótico.

**Hinchamiento liotrópico:** Es provocado por sales liotrópicas o neutras tales como el calcio, el cloro, y el sulfocianuro de sodio. Estas sales se encargan de romper puentes de hidrógeno en las cadenas del colágeno por lo que su estructura se debilita y hace que las proteínas se vuelvan solubles y liberen fácilmente la capa denominada epidermis. Si la sustancia liotrópica actúa en el tiempo necesario, una vez eliminada, la piel permanece algo hinchada debido a una hidrólisis de grupos peptídicos, que harán que posteriormente los agentes curtientes reaccionen mejor con la piel (Cordero, 2010) (Quipo Muñoz, 2020).



**Imagen 2** Ruptura de enlaces por hinchamiento liotrópico de la piel.

**Fuente:** (Cordero, 2010).

**Hinchamiento osmótico:** se produce cuando se sumerge la piel en diluciones de ácidos o álcalis minerales, de tipo ácido clorhídrico (HCl) o hidróxido de sodio (NaOH), en ausencia de sales neutras. La piel que es hinchada osmóticamente es translúcida, elástica y turgente; además es reversible cuando es neutralizada y lavada, recuperando su estado primitivo (Cordero, 2010).

## **Desnaturalización de proteína**

La desnaturalización es un proceso de modificación estructural, donde implica la pérdida parcial o total de la conformación original que tienen las proteínas. Al momento de que se da una modificación en la estructura molecular, también se producen cambios en las propiedades de tipo reversibles e irreversibles, generalmente pérdida de solubilidad (Cordero, 2010). En el caso de la desnaturalización del colágeno, puede ser térmica o química; y se produce el desdoblamiento de la triple hélice y se forma la gelatina, es decir, se desmorona la estructura rígida de la protofibrilla y se transforma en una mezcla compleja de cadenas flexible en forma de ovillo, por lo que ocurre una disociación de las moléculas en componentes más pequeños.

La desnaturalización se produce por procesos de hidrólisis, donde ocurre la destrucción de los enlaces de hidrógeno y los enlaces hidrófobos. Los enlaces peptídicos se hidrolizan y rompen los enlaces covalentes cruzados permitiendo que el colágeno desnaturalizado tenga una estructura de cadena ramificada, que depende mucho de la edad y origen del animal (Quipo Muñoz, 2020).

### **2.3.5 Descarne, corte y dividido**

Lampartheim (2008) indica que el principal objetivo de esta operación es la limpieza de la piel eliminando el tejido subcutáneo y adiposo. Dichos tejidos deben quitarse en las primeras etapas de la fabricación con el fin de facilitar la penetración de los productos químicos aplicados en fases posteriores y tener un espesor lo más regular posible para la adecuada realización de las operaciones posteriores. Con el descarnado se obtiene la carnaza, que es un subproducto que contiene proteínas y grasas (en mayor cantidad en el caso de pieles de cordero).

El proceso de dividido se efectúa por efecto mecánico; donde se produce la separación de la piel y el serraje. La finalidad principal es darle a la piel el grueso solicitado. Esta operación es una operación absolutamente mecánica (Libreros, 2003).

## **2.4 Carnaza**

La carnaza es un residuo de tenerías proveniente de los procesos de descarnado y dividido, en la estructura de la piel es parte de la dermis (corium), que ocasionalmente contiene residuos de la hipodermis o tejido subcutáneo de la piel (Rivera, 2018). Según National

Research Council (1983), el 45 % del peso de la piel es desperdiciado en el proceso de curtido, y el 25% llega a ser carnaza.

## 2.4.1 Propiedades nutricionales de la carnaza

### Proteína

Las proteínas son biopolímeros formados por polipéptidos, donde se agrupa una secuencia de L-alfa-aminoácidos específica para dar lugar a una estructura definida y con una función diferencial de cualquier otra estructura. Son fundamentales para la vida de todo organismo y su variedad y complejidad hacen el estudio de proteínas muy diversa respecto a sus funciones (Pollock, 2007). La proteína juega un papel muy importante en la piel bovina, ya que según Beghetto (2013) su composición es 64% agua, 33% de proteínas tanto estructurales y no estructurales; 2% de grasa y otras sustancias (0,5% de componentes inorgánicos, 0,5% de pigmentos, etc.). En particular, las proteínas estructurales son colágeno (29%), queratina (2%), elastina (0,3%) mientras que las proteínas no estructurales son albúminas, globulinas (1%), mucinas y mucoides (0,7%). La proteína de la piel bovina ayuda al animal con la regulación de la temperatura corporal, la protección, la eliminación de productos de desecho, la detección sensorial, etc. (Beghetto, 2013).

El colágeno representa la proteína más abundante en todos los animales, se encuentra principalmente en el tejido conectivo, tiene una estructura de triple hélice con tres cadenas alfa y generalmente está involucrado en la formación de redes supramoleculares, para su formación se da la repetición de tripletes Glicina-Xaa-Yaa y se denomina dominio colagenoso o motivo de triple hélice (Exposito et al., 2010). La forma hidrolizada de colágeno se denomina gelatina, se consigue tras su desnaturalización y es ampliamente utilizada en el campo farmacéutico y de alimentos. En varios trabajos se ha investigado las propiedades funcionales de la gelatina de varias fuentes animales; Kaewruang et al., (2013) evaluó el colágeno obtenido de los peces *unicorn leatherjacket*; Stainsby (1987) estudió la estabilidad térmica de la gelatina obtenida de animales bovinos, además Slade & Levine (1987) estudiaron las propiedades polimérico-químicas de la gelatina obtenida de porcinos.



## **Grasa y Fibra cruda**

El contenido de grasa, también denominado extracto etéreo o grasa cruda de los alimentos, está constituido por lípidos libres que pueden ser extraídos por los disolventes poco polares como las fracciones ligeras del petróleo y éter dietílico, además existen lípidos combinados que requieren disolventes más polares como alcoholes para su extracción. Las uniones de los lípidos pueden romperse por hidrólisis o algún otro tratamiento químico, para producir lípidos libres y poder realizar su cuantificación. Otro requerimiento nutricional es la fibra cruda que representa el contenido de celulosa, pentosas, ligninas y otros componentes indigeribles presentes en los alimentos (Colindres Alvarado & Recinos Ramos, 2017).

## **Minerales y Vitaminas**

Los micronutrientes (minerales y vitaminas) en la producción animal tiene efecto directo sobre la ruta metabólica, regulación del ciclo celular y moduladores de los procesos de replicación y diferenciación celular; sobre todo en la integración de tejidos en el sistema inmunológico para prevenir enfermedades (Campos, 2015). Según Waldron (2013) para mantener la funcionalidad del sistema inmune, este requiere de requerimientos nutricionales tanto energéticos, de proteína, grasa, carbohidratos, pero principalmente vitaminas y minerales; propios para cada especie animal.

## **Energía**

La energía puede provenir de los carbohidratos, las proteínas y las grasas. La energía se presenta en forma de energía digestible o metabolizable, la cual se ve afectada por la cantidad de alimento consumido, ya que cuanto más consume un animal más rápido es el paso por el tracto digestivo (Campabadal, 2009). Las necesidades de energía están influenciadas por la edad, la actividad del animal, estado fisiológico, nivel de producción y temperatura ambiental (Valerio Calderón, 2015). Todas las dietas deben tener un contenido óptimo de energía que se expresa en términos de kilocalorías o megacalorías por kilogramo de dieta (Campabadal, 2009).

## **Energía Digestible**

La energía digestible aparente (ED) se define como la energía consumida menos la energía en heces del animal. Los factores dietéticos y ambientales en la alimentación de

los animales que afectan la digestibilidad, van a impactar el consumo de energía digestible (Mendoza Martínez et al., 2008)

## **Energía Metabolizable**

En los alimentos la energía metabolizable (EM), es la fracción de la energía de la dieta que los tejidos del organismo pueden usar para mantener los procesos metabólicos. Químicamente, la energía metabolizable comprende los productos finales de la digestión, tales como glucosa, ácidos grasos, aminoácidos, etc. Por lo tanto, esta energía proporciona una medida adecuada del valor nutritivo de los alimentos (Zamora Zamora, 2006)

### **2.5 Alimento para animales**

Según la normativa ecuatoriana NTE INEN 1643 (2013) hace referencia a *“la mezcla de nutrientes elaborados en forma tal que responden a requerimientos de cada especie, edad, condición o sistema de producción a que se destina el animal, bien sea suministrándolos como única fuente de alimento, como suplemento o complemento de otras fuentes nutricionales. Estos alimentos se presentan en forma sólida, líquida o sus combinaciones. Se considera dentro de esta categoría a los aditivos”*

En la alimentación animal, es muy relevante factores conjugantes de ácido en la formulación de dietas balanceadas debido a la fisiología de la digestión de cada especie. En alimentos para cerdos el balanceado debe lograr un equilibrio electrolítico negativo y tener capacidad amortiguante para establecer y mantener el pH=4 en el contenido estomacal (Tilley, 2010). En los procesos digestivos intervienen una serie de enzimas como amilasas, sucrasas, proteasas y lipasas que hidrolizan los nutrientes de los alimentos; estas enzimas consiguen dichas transformaciones químicas cuando existe un pH óptimo que favorezca la digestibilidad, por ello es relevante conocer y regular el pH de los alimentos para obtener mejores rendimientos (Cunningham et al., 1962). Cuando el pH del alimento es demasiado alto, hay una reducción de la producción de pepsina, enzima degradadora de proteínas, proporcionando así las condiciones adecuadas para la multiplicación de organismos patógenos.

Además, según Sotillo (2019) existe un gran riesgo de producción de micotoxinas en criaderos de ganado porcino cuando el pH de los alimentos balanceados está entre 6-7, si

la concentración de oxígeno supera al 20%, humedad de grano superior al 3% y una temperatura mayor de 20 °C. Estas micotoxinas son metabolitos producidos por hongos toxigénicos, provocan efectos nocivos sobre la salud animal ya que sus afecciones denominadas micotoxicosis producen la muerte del animal en la mayoría de los casos (Sotillo, 2019).

## **2.5.1 Balanceado o pienso**

Según la normativa ecuatoriana NTE INEN 1643 (2013) hace referencia a “ *la mezcla de alimentos simples, de acuerdo a una fórmula específica, para ser suministrada como la única ración destinada al mantenimiento y/o producción, sin consumir ninguna otra sustancia, a excepción del agua*”.

Agro-calidad define a un alimento balanceado como “ *la mezcla de ingredientes de origen vegetal, animal, mineral, biotecnológico o sintético y los productos resultantes de su procesamiento, de acuerdo a una fórmula específica, que es suministrada a un animal por vía oral, destinada a suplir sus necesidades nutricionales, de mantenimiento y/o producción, sin consumir ninguna otra sustancia, a excepción del agua*”. Por ello la formulación balanceada se puede lograr grandes producciones según el potencial genético de cada especie (Agrocalidad, 2020).

## **2.5.2 Balanceado para porcinos**

Los alimentos para la nutrición de cerdos deben estar diseñados para brindarles a los cerdos los nutrientes indispensables para cada una de las fases de producción, con la finalidad de lograr los mejores beneficios económicos en la explotación porcina, siguiendo las reglas de sanidad y manejo (Herrera Paredes, 2010).

## **2.6 Animales porcinos**

El cerdo cuyo nombre científico es *Sus Scrofa Doméstica*, es un animal utilizado en la reproducción y producción de carne para la alimentación humana. A los cerdos se los clasifica por sus diferentes tipos de razas basándose en el color, forma de su cráneo y orejas, también por su tipo de comportamiento y el rendimiento que posee el animal porcino (Espinosa, 2013).

## 2.6.1 Requerimientos nutricionales para cerdos en etapa de crecimiento

Un cerdo requiere de un suministro dietético adecuado de energía, aminoácidos, minerales, vitaminas y agua para que tenga un crecimiento, reproducción y lactancia en óptimas condiciones. Existen varias tablas sobre los requerimientos nutricionales para porcinos, sin embargo, desde 1944, NRC ha publicado *Nutrient Requirements of Swine*, que ha resultado una guía para los nutricionistas veterinarios para crear programas balanceados de alimentación porcina (National Research Council, 1983a). Los valores se han determinado bajo diferentes condiciones de alimentación, cruzamiento racial y tenencia de los animales, por lo que no coinciden unos con otros, por ello Velásquez & Medrano (2013) recomiendan realizar evaluaciones del peso corporal, conversión alimenticia y rendimiento a la canal de las formulaciones dietéticas realizadas ya que existen varios factores influyentes propios de cada granja que pueden alterar las necesidades de nutrientes.

Según Campabadal (2009) de una división de 5 etapas de alimentación de las fases productivas, la etapa de crecimiento está en la fase III y comprende los periodos de los 18 a 30 kg de peso, con una duración promedio de 30 días. Cada línea genética porcina tiene su propia división reproductiva, sin embargo, se debe considerar tener dietas bien balanceadas para una mayor conversión del alimento en la etapa de crecimiento, ya que es aquí donde existe una mayor síntesis de tejido magro.

En la tabla 2 se enlista los requerimientos de energía, aminoácidos, minerales, vitaminas y ácido linoléico que deben tener las dietas de piensos para alimentar ganado porcino, expresados sobre una base digestible ideal verdadera.

**Tabla 2** Requerimientos nutricionales para porcinos en etapa de crecimiento (90% materia seca).

<b>Peso Vivo (Kg)</b>	<b>[3-5]</b>	<b>(5-10)</b>	<b>(10-20)</b>	<b>(20-50)</b>	<b>(50-80)</b>	<b>(80-120)</b>
Peso Promedio (kg)	4	7.5	15	35	65	100
ED en la dieta (Kcal/kg)	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
EM en la dieta (Kcal/kg)	3.265	3.265	3.265	3.265	3.265	3.265
Ingesta estimada (g/día)	250	500	1000	1855	2575	3075
Proteína Cruda (%)	26	23.7	20.9	18	15.5	13.2

<b>Peso Vivo (Kg)</b>	<b>[3-5]</b>	<b>(5-10)</b>	<b>(10-20)</b>	<b>(20-50)</b>	<b>(50-80)</b>	<b>(80-120)</b>
<b>Aminoácidos</b>	<b>Requisito (%)</b>					
Arginina	0.59	0.54	0.46	0.37	0.27	0.19
Histidina	0.48	0.43	0.36	0.30	0.24	0.19
Isoleucina	0.83	0.73	0.63	0.51	0.42	0.33
Leucina	1.50	1.32	1.12	0.90	0.71	0.54
Lisina	1.50	1.35	1.15	0.95	0.75	0.60
Metionina	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20	0.16
Metionina + cistina	0.86	0.76	0.65	0.54	0.44	0.35
Fenilalanina	0.90	0.80	0.68	0.55	0.44	0.34
Fenilalanina + Tirosina	1.41	1.25	1.06	0.87	0.70	0.55
Treonina	0.98	0.86	0.74	0.61	0.51	0.41
Triptófano	0.27	0.24	0.21	0.17	0.14	0.11
Valina	1.04	0.92	0.79	0.64	0.52	0.40
<b>Minerales</b>	<b>Requisito (% / Kg de dieta)</b>					
Calcio	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.45
Fósforo Total	0.70	0.65	0.60	0.50	0.45	0.40
Potasio	0.30	0.28	0.26	0.23	0.19	0.17
Sodio	0.25	0.20	0.15	0.10	0.10	0.10
Cloro	0.25	0.20	0.15	0.08	0.08	0.08
Magnesio	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Cobre	6.00	6.00	5.00	4.00	3.50	3.00
Hierro	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
Zinc	100	100	80	60	50	50
<b>Vitaminas</b>	<b>Requisito (% / Kg de dieta)</b>					
Vitamina A, UI	2200	2200	1750	1300	1300	1300
Vitamina D3, UI	220	220	200	150	150	150
Vitamina E, UI	16.00	16.00	11.00	11.00	11.00	11.00
Vitamina K (mg)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Niacina (mg)	20.00	15.00	12.50	10.00	7.00	7.00

<b>Peso Vivo (Kg)</b>	<b>[3-5]</b>	<b>(5-10]</b>	<b>(10-20]</b>	<b>(20-50]</b>	<b>(50-80]</b>	<b>(80-120]</b>
Ac. Pantoténico (mg)	12.00	10.00	9.00	8.00	7.00	7.00
Riboflamina (mg)	4.00	3.50	3.00	2.50	2.00	2.00
Vitamina B6 (mg)	2.00	17.50	15.00	10.00	5.00	5.00
Vitamina B12 (ug)	20.00	17.50	15.00	10.00	5.00	5.00

**Fuente:** National Research Council, 1983a

## 2.7 Formulación

Las raciones para la alimentación animal, al presentar el mayor porcentaje en los costos en la producción animal, debe ser calculada con la mayor exactitud posible a los requerimientos nutricionales que se requiera por unidad de peso para cada animal. Para ello se necesita balancear las raciones a través de cálculos y procedimientos matemáticos para conseguir un equilibrio nutritivo y aporte de nutrientes adecuado; es por ello que para balancear se necesita conocer las necesidades nutricionales del animal que está tabuladas en base a experimentos, además de los alimentos disponibles, el tipo de ración y el consumo esperado.

En la alimentación para cerdos se debe tomar en cuenta los requerimientos mencionados en la tabla 2, de tal manera que las mezclas de los ingredientes para la dieta se seleccionen en base a su disponibilidad y precio, pero sobre todo cantidad y calidad de nutrientes que contiene. Según National Research Council (1983a), el maíz, el sorgo en grano, la cebada y el trigo son los principales ingredientes que aportan la suficiente energía para las dietas de los cerdos que pesan 10 kg o más; sin embargo, estas tienen gran deficiencia de aminoácidos, minerales y vitaminas esenciales, por lo que las harinas de proteína animal se agregan como fuente de aminoácidos suplementarios.

Los métodos de formulación en el campo veterinarios han sido muy estudiando y hay gran variedad desde los más simples a los más tecnificados (Núñez González et al., 2020). Lo más conocido son: prueba y error, cuadrado de Pearson y programación lineal.

### 2.7.1 Prueba y Error

Es conocido también que el método de tanteo es muy empleado en porquerizas, camaroneras, avicultores pequeños y medianos debido a su facilidad en el planteamiento y operación de resultados. Se necesita conocer del porcentaje de requerimiento de un

nutriente para el animal y su energía metabolizable, generalmente está planteado para pocos alimentos, pero cuando se trabaja en Microsoft Excel permite involucrar entre 10 a 15 alimentos, y ajustar incluso 6 nutrientes (Maglietti & Flores, 2013).

### **2.7.2 Cuadrado de Pearson**

El método consiste en combinar los alimentos que entrar en la ración de dos en dos, uno en cada extremo para que en el centro esté el valor requerido. Se realiza la resta en diagonal, los resultados se suman y constituye el 100%, entonces se calcula el % relativo de cada valor y resulta la partición que tendrán en la mezcla. El método permite combinar de 2, 4 y hasta 6 alimentos y balancear hasta 2 nutrientes (Chachapoya, 2014).

### **2.7.3 Programación Lineal**

La programación lineal es un método para formulación de dietas en la alimentación animal, ya que es una herramienta para la resolución de problemas de optimización. En el ámbito empresarial tiene gran aplicabilidad por permitir planear actividades entre varias alternativas de solución para lograr mejores resultados, es decir, busca optimizar una función objetivo sujeta a diversas restricciones (Paute Riofrío & Gavilánez Alvarez, 2018) (Marín Ángel & Maya Duque, 2016).

Para solucionar modelos de programación lineal se utiliza el método simplex, escrito por George Dantzing en 1947. Es un procedimiento matricial iterativo fundamentado en la metodología de solución de matrices de Gauss Jordan, se parte de una solución a la función objetivo por medio de iteraciones matriciales hasta encontrar una solución óptima inmejorable al modelo matemático propuesto (Izar Landeta, 2012).

## **2.8 Materia Primas para la elaboración de balanceado**

Un alimento balanceado está constituido por varias materias primas, que aportan energía al animal por su contenido de carbohidratos, grasas y proteínas; generalmente la alimentación porcina demanda un alto contenido de proteína y carbohidratos como: torta de soya, carnaza, afrecho de trigo, polvillo de arroz y maíz amarillo. Aunque también se utilizan alimentos complementarios para mejorar palatabilidad y textura, por lo que se añade sal, aceite de palma y carbonato de calcio. De igual forma se debe contener insumos que aporten aminoácidos y vitaminas necesarios para su óptimo desarrollo, por ello se adiciona una premezcla con la cantidad requerida para cada etapa.

## 2.8.1 Harina de carnaza

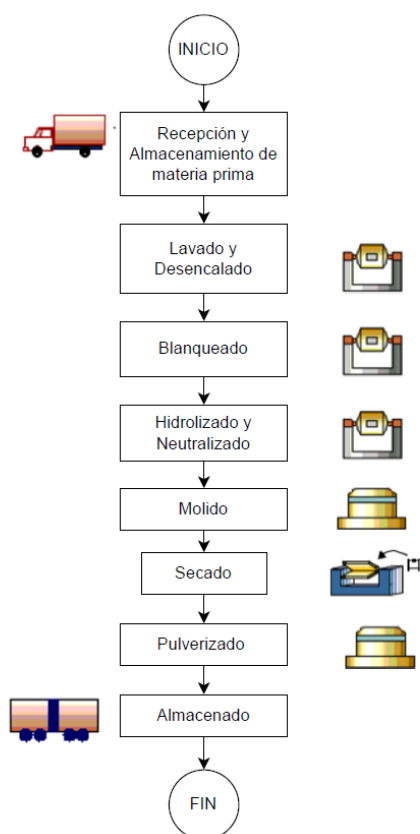
Según Gonzales (1998), la harina de carnaza es principalmente colágeno fibroso que tiene potenciales usos en la industria por su bajo costo y su alto contenido de aminoácidos. Siendo fuente de proteína puede emplearse como complementos alimenticios en forma de aminoácidos e hidrolizados, suplementos o potenciadores de sabor; y como productos no alimenticios se elabora fertilizantes, adhesivos o productos farmacéuticos. Según los resultados de aminoácidos presentes en este subproducto de tenería, la proteína presente es en su mayoría colágeno por poseer los mismos aminoácido y en las mismas cantidades, y según Henrickson (1984), a pesar de ser deficiente en triptófano y lisina puede ser utilizado como materia prima para el proceso de manufactura de alimentos balanceados en la alimentación animal bajo regulaciones nutricionales que cada especie lo necesite (Gonzales Sáez, 1998).

La composición según Wisman & Engel (1961) de una harina elaborada a base de carnaza hidrolizada como subproducto de curtiduría, contiene 93.5% de materia seca, de la cual 68.3% es proteína cruda, 1.52% de extracto etéreo y 23.2% cenizas. La proteína de la harina obtenida contiene 8.1% de lisina, 20.9% de glicina, 0.13% de triptófano y 2.4% de metionina. Basándose en el alto contenido proteico de la carnaza, varios investigadores probaron sustituirlo en las dietas animales, Beltrán (2012) recomendó utilizar carnaza natural para la premiación a caninos; Wisman & Engel (1961) probaron la carnaza como sustituto de hasta el 75% de proteína vegetal para dietas de aves de corral. Además, García & Lezcano (1987) evaluaron el uso de carnaza en la alimentación de cerdos en crecimiento.

### Proceso de obtención de harina de carnaza

En el diagrama 2, se presenta de manera simplificada las operaciones y procesos físico-químicos que los residuos de tenerías atraviesan para obtener harina de carnaza como materia prima para la alimentación animal.





**Diagrama 2** Obtención de harina de carnaza

(Fuente: Autores)

La materia prima proviene de la última etapa del proceso de rivera en el descarnado, cortado y dividido; luego se somete a varios procedimientos para eliminar proteínas no colagénicas, tenga buena presentación y esté en condiciones de tal forma que sea asimilable y digestible para la nutrición animal.

### ***Desencalado***

El desencalado es la operación que permite eliminar la cal u otros productos alcalinos que se ha unido químicamente o fue absorbida en los capilares de la piel, y además suprimir el hinchamiento alcalino de la piel apelmbrada (Cordero, 2010). Con lavados previos al desencalado se consigue eliminar el sulfuro por ser muy soluble, sin embargo, la cal está como álcali libre relleno de espacios interfibrilares y en forma de álcali combinado por enlaces salinos con los grupos carboxílicos del colágeno o en forma de jabones cálcicos formados por la saponificación de las grasas de la piel (Campos Fabregat, 2008).

Es indispensable utilizar agentes descalcantes para eliminar la cal combinada con grupos carboxílicos del colágeno, para que se formen compuestos solubles que pueden ser eliminados con lavados posteriores y no produzcan efecto de hinchamiento liotrópico sobre la piel. Industrialmente se utiliza sales orgánicas (Decaltal N) o amónicas en forma de sulfatos o cloruros, también bases fuertes (hidróxido de sodio), ácidos inorgánicos u orgánicos (ácido sulfúrico, clorhídrico, láctico, glicólico, fórmico y bórico) e incluso dióxido de carbono. En caso de utilizar sulfato amónico, se produce un descalcado leve y se forma sulfato de calcio que queda en solución de forma insoluble por un largo tiempo (Campos Fabregat, 2008; Cordero, 2010).

### *Hidrólisis de proteína*

Cuando las proteínas se someten a tratamiento térmico o entran en contacto con ácidos o bases; y bajo cierta acción de enzimas, sus moléculas se desdoblán y ocurre una ruptura de enlaces peptídicos llegando a formar aminoácidos (Quipo Muñoz, 2020). En la hidrólisis se interrumpe la estructura primaria al romperse los enlaces amida covalentes que unen los aminoácidos en una estructura proteica (Timberlake, 2013). Naturalmente este proceso se da lugar en el estómago por acción de enzimas y así las células aprovechen los aminoácidos para sintetizar nuevas proteínas, sin embargo, este proceso se puede replicar a nivel práctico mediante los siguientes métodos:

**Hidrólisis ácida:** Con la hidrólisis ácida se consigue degradar las proteínas en corto plazo, ya que se rompen las cadenas polipeptídicas en desorden, por ello, el gran inconveniente con este tipo de metodología es su bajo grado de hidrólisis por la generación de sales y cloruros (30-40%). Resulta ser un tratamiento agresivo, de tal forma que produce la destrucción total de triptófano, pérdida de cistina y en menor cantidad de serina y treonina. Además se obtiene la forma ácida de la asparagina y glutamina (Simbaña Camino, 2011). Según varios estudios, lo que generalmente se utiliza es ácido clorhídrico a 6M a 110°C, en atmósferas de nitrógeno por 24h (Gonzales Sáez, 1998; Goldnik & Gajewska, 1983).

**Hidrólisis enzimática:** Para la hidrólisis enzimática se realiza normalmente en un reactor, con control de agitación, pH, temperatura y tiempo del proceso. Se aprovecha la acción que tienen las enzimas proteolíticas para obtener péptidos o aminoácidos, lo que es

fundamental controlar es el pH en el óptimo de la enzima para que su actividad no se vea disminuida, mediante la adición de base diluida (Benítez et al., 2008). Este tipo de hidrólisis tiene la gran ventaja de que no se pierden aminoácidos, sin embargo, la adquisición de enzimas eficientes es muy limitada (Quipo Muñoz, 2020).

**Hidrólisis térmica:** La hidrólisis térmica origina que los polímeros de cadena larga como proteínas, almidón y celulosa se descompongan mediante la adición de moléculas de agua a partir de sus constituyentes como azúcares y aminoácidos (Cascallana, 2017). La temperatura es un parámetro que produce la desnaturalización de la proteína produciendo su hidrólisis, depende del contenido de agua, el grado de reticulación y el contenido de hidroxiprolina de la proteína. De esta forma, al aumentar la temperatura el colágeno se descompone en pequeños fragmentos, siendo un proceso económico y sencillo (Quipo Muñoz, 2020).

### *Extrusión*

El proceso de extrusión es una operación de moldeo de una masa que es forzada a atravesar una matriz. Una extrusora puede ser utilizada para cocción, mezclar, moldear, y texturizar productos alimenticios permitiendo alta productividad y bajo costo (Maverik, 2019). Bajo esta metodología se obtiene harinas directamente expandidas, por lo que la carnaza por sus propiedades aglutinantes, se puede texturizar fácilmente mediante extrusión para poder pasar a ser harina. Según García, (2017) la extrusión genera cambios en la fracción proteica de los alimentos, por un lado, favorece a la digestibilidad por la desnaturalización de la proteína que se produce; sin embargo, Anuonye et al., (2012) estudiaron que existe una reducción de hasta el 50% en algunos aminoácidos esenciales cuando la harina ha sido extruida.

### *Secado*

El proceso de secado, según Boulogne et al., (2008) es la operación en la cual se elimina el agua de una materia húmeda por evaporación mediante la aplicación de calor. En el campo alimenticio, generalmente se utiliza este método para disminuir la actividad acuosa del alimento para que sea estable o poco perecedero, aunque se debe tener precaución por el riesgo de alteración en la textura, calidad nutricional o propiedades organolépticas del producto. Algunas proteínas o aminoácidos pueden ser desnaturalizados según las

condiciones y el tiempo de secado que se utilice, por ello, es importante realizar ensayos de velocidad de secado del material para identificar los mejores parámetros de secado (Suárez Hernández et al., 2016).

El secado puede realizarse mediante varios métodos sean mecánicos, físico o químicos; de los cuales se destacan los secadores directos, que utilizan gases calientes que suministran el calor y arrastran el líquido vaporizado; los secadores indirectos donde el calor se transmite al sólido húmedo a través de la pared que lo contiene; secadores por radiación que usan energía radiante producida eléctricamente o por refractarios para evaporar la humedad; y también existen los secadores dieléctricos que generan calor en el interior de propio sólido mediante fricción de las moléculas polares provocada por un campo eléctrico de alta frecuencia (Maupoey, 2001).

Para el procesamiento de harina de carnaza, sobre todo en el contexto a la etapa de secado, la información disponible es muy limitada. Sin embargo, existen varios estudios referentes a harinas de procedencia animal con alto contenido de proteína y varios autores reportan como temperatura óptima de secado 70 °C, ya que por encima de ésta temperatura se empiezan a desnaturalizar las proteínas (Boulogne et al., 2008); (Bou-Maroun et al., 2014); (Suárez Hernández et al., 2016). Además, Gonzales Sáez (1998) evaluó el valor nutritivo de la carnaza y recomienda un secado en estufa de aire a 65°C; Quijo Muñoz (2020) que obtuvo una base proteica de subproductos de curtiembre llevó a cabo un secado constante en un secador por convección por 6 horas.

## **Propiedades físico-químicas de la harina de carnaza**

### ***Granulometría***

El análisis granulométrico y propiedades físicas y funcionales en las harinas son primordiales para la industria de las pastas alimenticias, ya que facilitan la estandarización y proceso de productos, también permiten identificar los requisitos de la materia prima y los parámetros legales respecto al tamaño de las partículas (Dussán-Sarria et al., 2019). Según Rosentrater & Evers (2017), para cumplir con los requisitos en la elaboración de pastas alimenticias, las harinas deben presentar una granulometría de tamaños entre 150  $\mu\text{m}$  y 425  $\mu\text{m}$ , es decir, entre tamices ASTM N°100 y N° 40 respectivamente.

## *pH*

Es importante controlar el pH en las harinas, ya que este factor influye en la vida útil del producto, si se obtiene un valor menor a 5 indica que la materia prima usada para su elaboración como piel, huesos y restos de carne, tiene un grado de degradación elevado (LABOMERSA, 2020).

## *Humedad*

La humedad es determinante para conocer la vida útil de un producto, ya que si un producto tiene más agua en su interior, el crecimiento de microorganismos es directamente proporcional. Un contenido alto de humedad puede provocar interferencias en la calidad del producto final, incrementar su peso provocando mayor precio de compra o deteriorar el producto en menor tiempo, debido a la generación de microorganismos (Tesfaye et al., 2017). El rango de humedad en las harinas según la (INEN, 1988) está en el rango de 6 – 10 %. Valores similares han sido reportados por Vázquez et al., (2008) para pelo porcino de 3.2 % y en harina de plumas hidrolizadas valores en el rango de 6.8 y 8,20 % (Mora Maldonado et al., 2020)

### **2.8.2 Maíz amarillo.**

Es el principal insumo para la formulación y elaboración de alimentos balanceados en el país, debido a su costo y al aporte nutricional que otorga como carotenos que actúan como antioxidantes y pigmentos, llegando a ser usado hasta un 61 % en la formulación de la dieta. (Chachapoya Rivas, 2013).

### **2.8.3 Torta de soya.**

Es una de las materias primas de mayor demanda para la elaboración de alimento balanceado, dentro de la formulación se ocupa entre el 15 - 30 % en la dieta y es apreciado por su elevado contenido proteico que alcanza un 48 %. (Chachapoya Rivas, 2013).

### **2.8.4 Afrecho de trigo.**

Es el resultado de una parte de la molienda de los granos de trigo, su contenido proteico oscila entre los 10-15 %, contiene cantidades considerables de fósforo y vitaminas del grupo "B".(Chachapoya Rivas, 2013).

## **2.8.5 Polvillo de arroz.**

Es el resultado de la molienda de dicho grano hasta reducirlo a un polvo fino que permite ser digerido con mayor facilidad que el grano en sí mismo. Promueve una buena digestibilidad por su alto contenido de fibra y sílice lo que determina su bajo nivel nutritivo (Chachapoya Rivas, 2013).

## **2.8.6 Melaza.**

La melaza o miel de caña es un producto líquido y espeso derivado de la caña de azúcar. Se la utiliza en la alimentación como saborizante; no es prudente incluir cantidades excesivas en la dieta debido a su efecto laxante. (Chachapoya Rivas, 2013).

## **2.8.7 Aceite de palma.**

Es muy utilizado en dietas por su alto contenido energético que provee, se le conoce como aceite rojo debido a su alto contenido de betacarotenos. (Chachapoya Rivas, 2013).

## **2.8.8 Cloruro de sodio.**

Es un potenciador de sabor, el exceso produce problemas como la retención de líquidos, pero también es necesario para el organismo porque contiene calcio, magnesio y manganeso. La sal no contiene calorías, su función principal es la que va ligada al paladar, acentúa el sabor de los alimentos y actúa como conservante (Chachapoya Rivas, 2013).

## **2.8.9 Núcleo.**

Es una mezcla que aporta vitaminas, minerales, aminoácidos esenciales, antimicóticos, compuestos medicinales y promotores de crecimiento para mejorar o completar la ración que debe contener el paquete nutricional (Chachapoya Rivas, 2013).

## **3. METODOLOGÍA**

### **3.1 Proceso de obtención de harina de carnaza**

Para el proceso productivo de obtención de harina se empleó carnaza proveniente de la etapa de descarnado y dividido del procesamiento de pieles bovinas, de la empresa Curtiembre Renaciente S.A., con una producción mensual aproximada de 30 toneladas.

Se utilizó como base los procedimientos de la producción de snacks de carnaza para alimentación canina, misma que era utilizada en una línea productiva de la empresa hace 15 años atrás. A partir de este procedimiento y con las condiciones propuestas en las

investigaciones de Rivera et al. (2020) para el proceso de desencalado y Casa (2021) para el proceso de hidrólisis se propone la siguiente metodología para obtener harina de carnaza para ser utilizada como materia prima en la manufactura de alimentos balanceados.

### **3.1.1 Recepción de materia prima**

El proceso empieza con la recepción de carnaza, seleccionando adecuadamente según su grado de encalado, para ello se llevó a cabo un control de pH con el indicador de fenolftaleína, aplicando 2 gotas directamente sobre la carnaza para visualizar el viraje a color rosado, lo que indica que el proceso de encalado de la piel fue completado y en la carnaza no existe restos de pelaje en su estructura.

### **3.1.2 Lavado**

A continuación, se debe lavar con abundante agua y tensoactivo para eliminar la suciedad y asegurar inocuidad en procesos posteriores. Para ello se introdujo la carnaza en bombos giratorios de madera conocidos como fulones a fin de conseguir por acción mecánica el mayor efecto del agua y reactivos utilizados. La duración de este proceso fue de 30 minutos.

### **3.1.3 Desencalado**

Continuando en los fulones, para que la carnaza pueda ser utilizada como alimento para animales, es necesario una estabilidad de pH en un rango de 4 – 6, lo que se consigue a través de un desencalado con sulfato de amonio para disminuir la alcalinidad. Con la finalidad de asegurar que haya alcanzado un pH ácido, se empleó rojo de metilo como indicador, asegurándose que tenga tonalidad rojiza para asegurar un pH inferior a 6,3.

### **3.1.4 Blanqueado**

Este proceso se realizó en el mismo fulón, para mejorar la apariencia amarillenta que deja el desencalado, se realizó un proceso de blanqueado con agua oxigenada en proporción 1: 0,017 respecto a la carnaza. Al final se debe proceder con un remojo utilizando abundante agua para retirar exceso de reactivo que no se haya incorporado.

### **3.1.5 Hidrolizado ácido y neutralizado**

Seguidamente, se procede con la hidrólisis ácida adicionando ácido acético 0.7 M para efectuar la ruptura de uniones covalentes y obtener partículas fibrosas de menor proporción de colágeno, se dejó en rotación durante una hora y luego en reposo durante las 23 horas restantes. A continuación, luego de un proceso de remojo con agua, se realizó

el neutralizado con hidróxido de sodio 0,7 M durante un periodo de 24 horas; para determinar la cantidad de sosa a utilizar, se realizó una prueba de reacción ácido-base con el agua residual de la hidrólisis ácida. Este proceso también se llevó a cabo en el mismo fulón.

### **3.1.6 Cortado**

Luego, se retiró la carnaza de los fulones y se procede con el escurrido en una maquina escurridora de correas de fieltro y felpa, para retirar el exceso de agua y facilitar la reducción de tamaño a 2 x 2 cm aproximadamente para aumentar el área superficial, utilizando una maquina cortadora de espuma/esponja eléctrica marca Hercules modelo 1575H.

### **3.1.7 Cocción**

Posteriormente, para obtener una textura suave y moldeable para el proceso de molido se aplicó calor por 30 minutos, utilizando una cocineta industrial y una proporción de agua a ebullición 0,5:1 respecto a la carnaza. Aquí se produjo una hidrólisis térmica y se continúa con la desnaturalización de la proteína.

### **3.1.8 Molido**

Luego de este proceso, aun estando la carnaza caliente se realizó una molienda en húmedo con un molino industrial de carne (Marca OMEGA M32 con un motor de 1,5 HP, cuya abertura de orificio de disco fue de 3mm).

### **3.1.9 Secado**

Seguidamente, se realizó un secado a 68°C por 6 horas en un deshidratador de alimentos para eliminar en su mayor proporción el agua libre. Para realizar este proceso se utilizó mallas para que exista mejor homogenización en el secado.

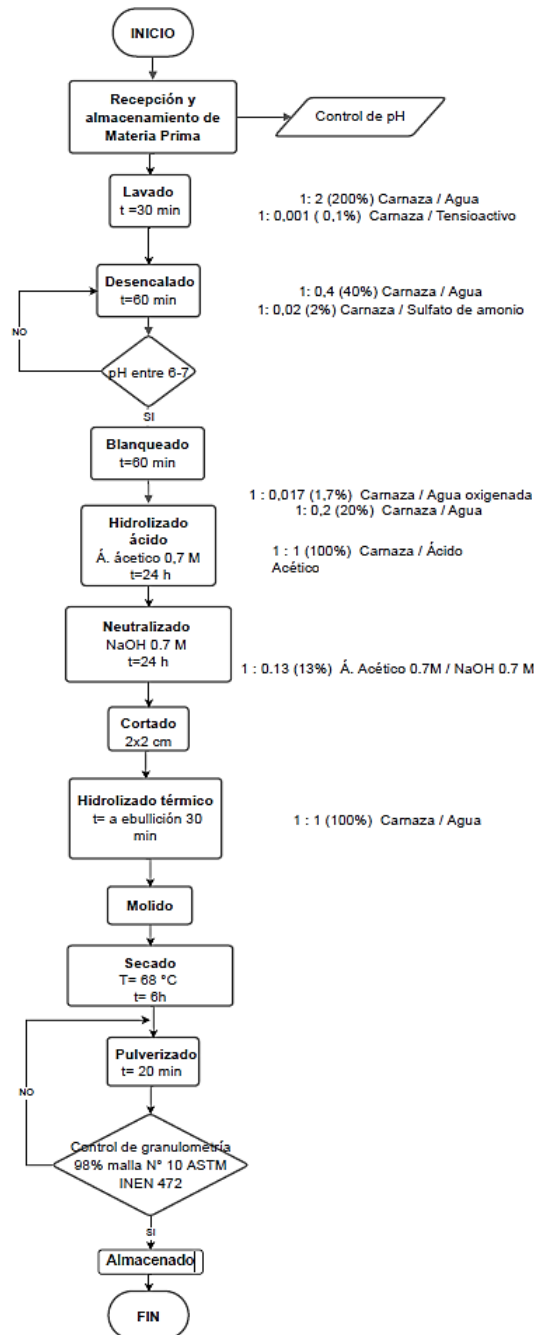
### **3.1.10 Pulverizado**

Finalmente, como en el secado las partículas se sobrepone y se mantienen unidas unas a otras, se procede a reducir el tamaño empleando una licuadora industrial (modelo JR LP-12 con un motor de 1 HP), a fin de obtener una granulometría adecuada según la normativa INEN (1988) “Harina de pescado para consumo animal. Requisitos”. Se realizó un control de granulometría utilizando tamices ASTM, asegurándose de que el 98% atraviese la malla N° 8.



### 3.1.11 Almacenado

Una vez obtenida la harina, se procedió a almacenarla en fundas zipper para su conservación y proceder a realizar los análisis nutricionales paulatinamente. En el siguiente diagrama de flujo se detalla el proceso productivo aplicado, para obtener harina de carnaza:



**Diagrama 3** Obtención de Harina de carnaza.

(Fuente: Autores)

## 3.2 Caracterización de la harina de carnaza

Actualmente no existe normativa INEN ni reglamento técnico que regulen los requisitos físicos, químicos, bromatológicos o microbiológicos que deben cumplir la harina de carnaza ya que nadie la produce. Por ello, se analiza los requisitos de la normativa INEN 472 correspondiente a la harina de pescado para consumo animal por tener la similitud de ser de origen animal y poseer principalmente proteína en su composición nutricional.

### 3.2.1 Determinación del contenido de proteína bruta

Se utilizó el método descrito por la normativa ecuatoriana NTE INEN 465, edición 1980-09. Tiene como finalidad determinar la cantidad de nitrógeno total para ser expresado convencionalmente como contenido de proteína, basándose en la metodología Kjeldahl. Para determinar la proteína en una harina, se debe realizar una digestión de la muestra para que el nitrógeno de las proteínas y de otros compuestos se transformen en sulfato de amonio por utilizando como medio ácido sulfúrico a ebullición. El residuo se enfrió, se diluyó con agua y se neutralizó con hidróxido de sodio, para que los iones amonio se transformen en amoniaco. La solución es sometida a ebullición y se destila únicamente el amoniaco presente, el cual se recibe en una solución ácida (ácido sulfúrico) para obtener iones de sulfato amónico (proporcional a la cantidad de nitrógeno en la muestra), luego estos aniones se titulan con hidróxido de sodio. La cantidad de proteína fue calculada utilizando factores de conversión para alimentos, en este caso, fue 6,25 para cereales y semillas oleaginosas (Hayes, 2020; INEN, 1980b)

El porcentaje de proteína fue calculado mediante la siguiente expresión:

$$\%P = 6,25 * \frac{(V_1N_1 - V_2N_2) - (V_3N_1 - V_4N_2)}{m} * meqN * 100$$

P= contenido de proteínas en harina para consumo animal, en porcentaje de masa.

$V_1$  = volumen de la solución de ácido sulfúrico empleado para recoger el destilado de la muestra, en  $cm^3$ .

$N_1$  = normalidad de la solución de ácido sulfúrico.

$V_2$  = volumen de la solución de hidróxido de sodio empleado en la titulación, en  $cm^3$ .

$N_2$  = normalidad de la solución de hidróxido de sodio.

$V_3$  = volumen de la solución de ácido sulfúrico empleado para recoger el destilado del blanco, en  $cm^3$ .

$V_4$  = volumen de la solución de hidróxido de sodio empleado en la titulación del ensayo en blanco, en  $cm^3$ .

m= masa de la muestra, en g.

meqN= miliequivalentes de Nitrógeno = 0.014 meq

(INEN, 1980b)

### 3.2.2 Determinación del contenido de extracto etéreo

Se aplicó el método descrito en la normativa ecuatoriana INEN 466, 2013b “Harina de pescado. Determinación de la materia grasa”, donde la determinación del contenido de materia grasa se realizó extrayendo la muestra mediante éter de petróleo con un aparato de extracción soxhlet de 250ml. El análisis se realizó por duplicado. La diferencia entre los resultados de una determinación efectuada por duplicado no debe exceder de 0,2%; en caso contrario, se debe repetir la determinación.

El contenido de grasa se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$G = \frac{m_1 - m_2}{m} * 100$$

G= contenido de grasa en la harina, en porcentaje en masa.

m= masa del material, tomada en el ensayo, g.

m<sub>1</sub>= masa del matraz de extracción, con grasa extraída, en g.

m<sub>2</sub>= masa del matraz vacío, en g.

### 3.2.3 Determinación del contenido de humedad

Para determinar el contenido de humedad de la carnaza se utilizó un medidor digital de humedad halógena (halogen moisture meter), modelo YT-SF110. El equipo permite eliminar la humedad presente de forma sencilla, rápida y uniforme. Su principio de funcionamiento se basa en la medición de contenido de agua presente en un alimento a través de la inducción electromagnética de alta frecuencia, mediante el calentamiento a 105°C de la lámpara halógena de anillo y mediante gravimetría se obtiene el porcentaje preciso de contenido de agua.

El procedimiento se basa en la metodología descrita en la norma NTE INEN 464:1980, donde se encendió el equipo y se aseguró de que esté tarado, se introdujo aproximadamente 2,00 g de muestra en el plato de recepción y se procedió a la medición. Según el contenido de humedad que posea la muestra, va a ir variando el tiempo que el equipo tarda en arrojar el valor del contenido de agua presente automáticamente (INEN, 1980a).

### 3.2.4 Determinación del contenido de cenizas

Para el análisis de cenizas se empleó la metodología descrita en la norma INEN, 1980 “Harina de pescado. Determinación de las Cenizas”. Para ello se realizó un pretratamiento de la muestra que consiste en realizar una molienda hasta obtener un tamaño de partícula

menor a 1 mm. Una vez realizado este procedimiento, se colocó la muestra en el crisol y luego en la mufla a  $530^{\circ} \pm 20^{\circ} \text{C}$  hasta obtener cenizas libres de partículas de carbón. Repetir la incineración por periodos de 30 min, enfriando y pesando hasta que no haya disminución en la masa.

El contenido de cenizas se calculó mediante la ecuación:

$$C = \frac{m_2 - m}{m_1 - m} * 100$$

C= Contenido de cenizas en la harina, en porcentaje de masa.

m= masa del crisol vacía, en g.

m<sub>1</sub>= masa del crisol con muestras (antes de incineración), en g.

m<sub>2</sub>= masa del crisol con las cenizas (después de la incineración), en g.

### **3.2.5 Determinación del contenido de minerales: calcio, magnesio, sodio y potasio.**

Para determinar la concentración de sodio, potasio, calcio y magnesio en muestras de alimentos con bajo contenido de grasa se aplicó el método AOAC 985.35 utilizando espectrofotometría de absorción atómica (Instituto de Salud Pública de Chile, 2009). El equipo empleado fue SPECTRA VARIAN, modelo 55A que es utilizado para cereales, fórmulas infantiles y alimento para animales. El principio de funcionamiento se basa en la absorción de radiación electromagnética (REM) por parte de los átomos cuando están en estado fundamental o basal y en estado gaseoso, según la ley de Beer Lambert cuando absorben energía pasan a un estado inestable por lo que regresan a su estado inicial emitiendo energía atómica; para cuantificar analíticamente se seleccionó una sola longitud de onda que un elemento en específico puede absorber y mediante un detector se recibe la REM emitida de dicho elemento que se está cuantificando. El equipo utiliza una mezcla de gas oxidante para la atomización de aire-acetileno.

El procedimiento consistió en preparar muestras estándar de cada metal que se vaya a medir, se tiene que preparar una curva de calibración del equipo a partir de una solución madre de diferentes concentraciones entre 0 y 4 ppm (rangos de sensibilidad del equipo), se debe leer la absorbancia y se realiza una gráfica con el fin de obtener una recta de calibración.

Para el pretratamiento de la muestra se realizó una digestión ácida a las cenizas que se obtuvieron en la determinación del apartado 3.2.4, colocando 5 ml de HNO<sub>3</sub> 1M sobre

las cenizas y se llevó a calentamiento de 2 a 3 min, luego se adicionó nuevamente 5 ml de HNO<sub>3</sub> 1M hasta que deje de burbujear. Se aforó con agua destilada en un balón de 50 ml. Finalmente se filtró y se preparó diluciones tomando alícuotas de 10 ml en 100 ml hasta que ingrese en el rango de medición del equipo. Los resultados se obtienen en ppm, y se expresan en % por cada 100 g de muestra (Barba & Figueroa, 2017).

### 3.2.6 Determinación de energía digestible y metabolizable

Kuhlman, citado por Laflamme (2001), estableció la fórmula de estimación basada solamente en el extracto etéreo que contiene el alimento para la energía metabolizable.

$$EM \left( \frac{Kcal}{Kg} \right) = [(0.075 * g \text{ ExtractoEtéreo}) + 2.766] * 4.184$$

(Kuhlman et al., 1993)

La energía digestible se obtuvo mediante la fórmula propuesta por Noblet & Perez (1993) específicamente para alimentar cerdos.

$$ED \left( \frac{Kcal}{Kg} \right) = 4151 - (12.2 * \%C) + (2.3 * \%PC) + (3.8 * \%EE) - (6.4 * \%FC)$$

%C= cenizas

%PC= Proteína cruda

%EE= extracto etéreo

%FC= Fibra cruda

### 3.2.7 Determinación de granulometría

El análisis granulométrico se realizó de acuerdo a la normativa INEN 462, 2013c “Harina de pescado. Determinación del residuo sobre tamiz” con los tamices ASTM de mallas N° 6, 8 y 12, en los cuales se tamizó la muestra hasta no obtener residuo en el tamiz de 4 mm y un residuo menor al 2% en el tamiz de 2 mm.

El contenido del residuo sobre el tamiz se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$C = \frac{M_1}{m} * 100$$

Siendo:

R = residuo sobre tamiz, en porcentaje de masa.

m = masa de la muestra, en g.

M<sub>1</sub> = masa del residuo sobre el tamiz, luego del tamizado, en g.

### 3.2.8 Determinación de pH

Conocer el pH en una harina es de suma importancia porque es un índice proporcional a la proliferación de microorganismos en el alimento. A nivel nacional, para harinas de origen animal no está normalizado, sin embargo, se tomó como guía la normativa NTE INEN 526:2013 para la “Determinación de la concentración de ión hidrógeno o pH” en harinas de origen vegetal. (INEN, 2013; Valdiviezo, 2019)

Para determinar el pH de una harina, según la norma INEN 526, se pesó 10 g de muestra y se colocó en un vaso de precipitación, se añadió 100 ml de agua destilada previamente hervida y enfriada, con agitación suave para que queden las partículas suspendidas uniformemente se agitó durante 30 min a 25°C; para que se mantenga la harina en suspensión se dejó en reposo por 10 min hasta que el líquido decante. Se extrajo el líquido sobrenadante, sobre el cual se introdujo los electrodos del potenciómetro para hacer la determinación de pH por medición directa. (INEN, 2013d)

### 3.3 Formulación mediante Programación Lineal

La precisión en la formulación de raciones es importante para lograr un balance adecuado de los nutrientes en la fabricación de alimentos concentrados al menor costo posible, con el fin de obtener un buen rendimiento productivo y reproductivo (Solano et al., 2011). En la actualidad, existen numerosos programas de formulación de raciones, de las cuales la herramienta SOLVER de Microsoft Excel resulta ser de más fácil y flexible manejo. Esta herramienta permitió realizar paso a paso la construcción del modelo y las ecuaciones que dan lugar a la formulación de una ración para cerdos en etapa de crecimiento.

Luego de la obtención de los datos que caracterizaron a la harina de carnaza, se buscó en referencias bibliográficas los datos de proteína, energía metabolizable y digestible, calcio, magnesio, % lisina y % metionina para todas las materias primas que entran en las raciones. Además, se consideró el valor comercial de cada uno de los insumos en el mercado para obtener el balanceado con el menor costo posible. De acuerdo al objetivo planteado, para elaborar un alimento balanceado a partir de la carnaza, se realizaron 4 formulaciones que se detallan a continuación:

- T0: Formulación testigo con concentración al 0% de harina carnaza.
- T1: Formulación adicionando el 1% de harina de carnaza.
- T2: Formulación adicionando el 3% de harina de carnaza.

- T3: Formulación adicionando el 5% de harina de carnaza.

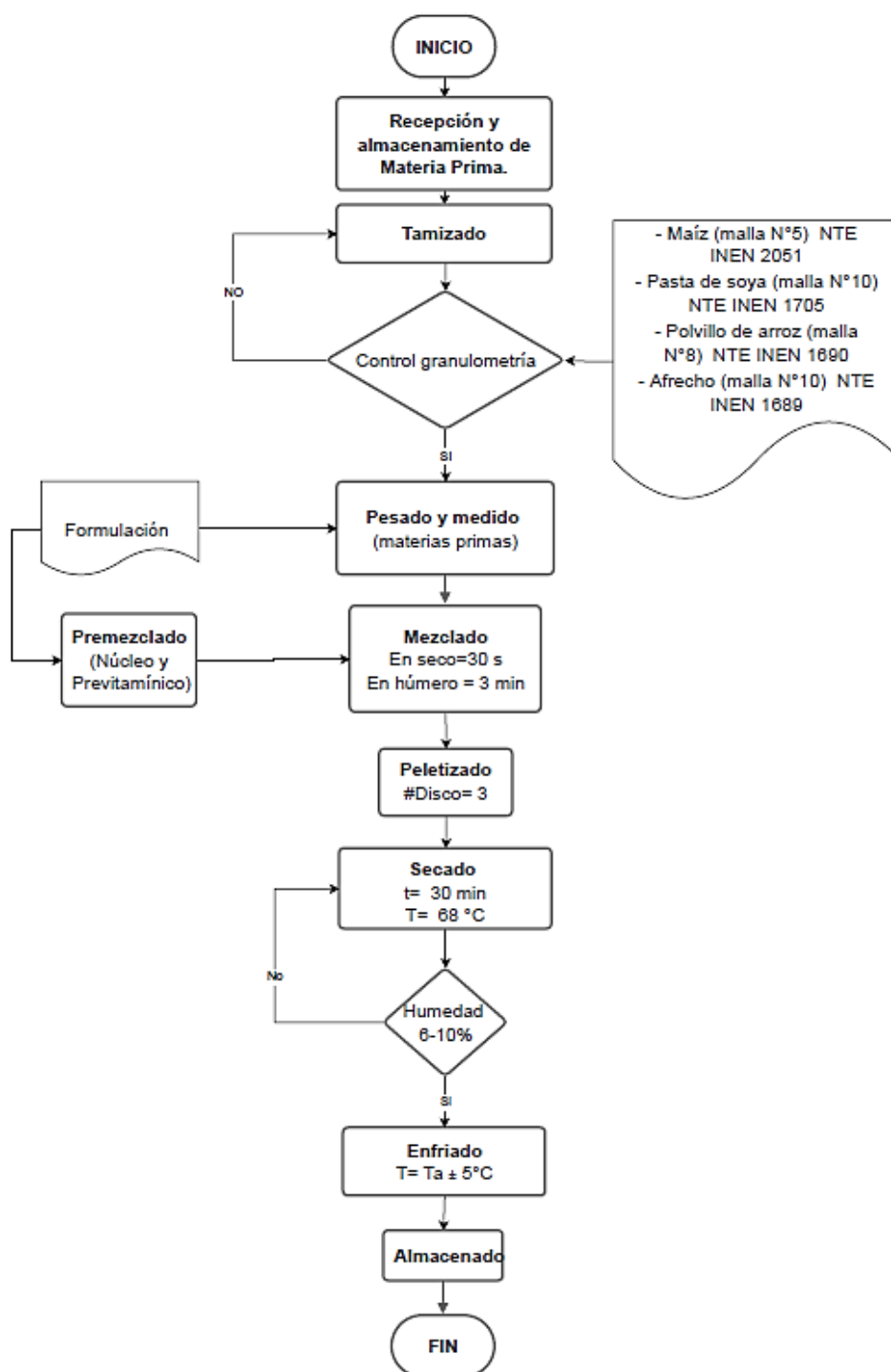
Se escogió estos valores de porcentaje de harina de carnaza con el fin de no elevar los precios de las formulaciones planteadas y se pueda cumplir con las restricciones que tienen el resto de materias primas. Además, se aseguró de que los valores de proteína y calcio estén en proporciones iguales en las 4 formulaciones para que se pueda proceder a la evaluación estadística en base de análisis químicos de estos parámetros.

### **3.4 Proceso de manufactura de alimentos balanceados**

En la manufactura de un alimento balanceado para porcinos se tomó en consideración la investigación realizada por Chachapoya (2014), en la cual se planteó una formulación balanceada a base de cereales para la etapa de crecimiento de cerdos.

Para proceder con la elaboración del balanceado, se usó los datos obtenidos en la programación lineal y se procedió al pesaje de las materias primas, inmediatamente para el proceso de mezclado se colocó en primer lugar las materias secas seguido de las líquidas, y posterior la premezcla de correctores (vitaminas y minerales). Luego de ello, se agregó agua potable con relación 1/3 respecto a la mezcla. Inmediatamente se hizo pasar la mezcla por un molino de carne con un disco de 3 mm. Posteriormente se utilizó un deshidratador comercial de alimentos Gander Mountain CD80 que utiliza aire caliente para reducir la humedad entre 6 - 10%, seguidamente se enfriará hasta conseguir como mínimo una temperatura  $\pm 2$  °C a la temperatura ambiente. Finalmente se almacena el producto terminado disponible para realizar las pruebas experimentales.

En el siguiente diagrama de flujo se detalla el proceso productivo para obtener balanceado:



**Diagrama 4** Obtención de alimento balanceado para cerdos en etapa de crecimiento

(Fuente: Autores)



## 3.5 Diseño experimental y procesamiento estadístico

### 3.5.1 Determinación de la muestra

El número de repeticiones de cada formulación fue 4, dato obtenido mediante el software STATGRAPHICS realizado para 4 tratamientos con dos variables de salida y 3 grados de libertad. Los tratamientos fueron conformados de la siguiente manera:

**Tabla 3** Modelo del diseño experimental comparativo.

Observaciones (Corridas)	TRATAMIENTOS			
	T0	T1	T2	T3
1	T0-M1	T1-M5	T2-M9	T3-M13
2	T0-M2	T1-M6	T2-M10	T3-M14
3	T0-M3	T1-M7	T2-M11	T3-M15
4	T0-M4	T1-M8	T2-M12	T3-M16

T0: Formulación base (Testigo), T1: 1% de harina de camaza, T2: 3% de harina de camaza y T3: 5% de harina de camaza.

Para el análisis de datos experimentales se empleó ANOVA que es la técnica central utilizada para comparar las varianzas entre las medias de diferentes tratamientos. La idea general de esta técnica es separar la variación total en las partes con las que contribuye cada fuente de variación en el experimento. Se empleó el software IBS SPSS STATISTICS, el cual arrojó datos que permiten aceptar o rechazar la hipótesis nula mediante comparación de las varianzas entre los 4 tratamientos respecto a las variables de salida, ya que se realizó 2 análisis ANOVA unidireccionales.

### 3.5.2 ANOVA

Para el procesamiento estadístico se analizaron 2 variables de salida o variables respuestas (concentración de proteína y concentración de calcio) al modificar una variable de entrada (concentración de camaza), y con el fin de comparar estadísticamente las medias aritméticas de los resultados obtenidos se aplicaron un análisis de varianza (ANOVA). Se decidió por este método, ya que es empleado para determinar cuál es la probabilidad de que las diferencias en las medias cuando se modifica alguna variable se deba únicamente a un error maestro y no a un error aleatorio experimental (Padilla, 2008). Además, lo que se pretende con el presente estudio es corroborar que la concentración de los nutrientes

que se establecieron en las formulaciones de forma teórica para la alimentación porcina, se esté cumpliendo de forma práctica cuando se ha realizado el balanceado. Por ello, se planteó las siguientes hipótesis para ser evaluadas estadísticamente mediante ANOVA:

*Hipótesis nula (Ho):* Las medias de la concentración de proteína y calcio total en el alimento balanceado son las mismas al variar la cantidad de harina de carnaza en la formulación.

*Hipótesis alternativa (Hi):* Las medias de la concentración de proteína y calcio total en el alimento balanceado varían con el cambio de la cantidad de harina de carnaza en la formulación.

- Variable de entrada: Concentración de harina de carnaza.
- Niveles: 4
- Variables de salida: % de proteína en el balanceado (determinada mediante ISO 4583-1) y % calcio total (determinada mediante ISO 6490-1).

### 3.5.3 Análisis económico.

Para efectuar el análisis económico se realizó una comparación del costo de materias primas para la elaboración tanto del balanceado a base de maíz como para el balanceado a base de carnaza. La comparación se realizó analizando los costos de diferentes proveedores de la ciudad de Cuenca para tener una apreciación mayor del precio del producto final. Los costos indirectos de elaboración no se analizaron ya que para obtener balanceado de maíz o de carnaza se realiza el mismo procedimiento solo cambian las materias primas.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1 Harina de carnaza

#### 4.1.1 Análisis bromatológico de la harina de carnaza

En la tabla 4 se muestran los resultados de la caracterización bromatológica de la harina de carnaza, los datos se toman del promedio de los análisis realizados por duplicado.

**Tabla 4** Datos bromatológicos de la harina de carnaza.

Requisito	Método de ensayo	Mín.	Max	Resultado
Proteína bruta	INEN 465	60	-	89.250%
Extracto Etéreo	INEN 466	-	10	1.516%

Requisito	Método de ensayo	Mín.	Max	Resultado
Humedad	INEN 464	6	10	8.178%
Cenizas	INEN 467	-	16	0.460%
Calcio (Ca)	AOAC 985.35			0.450%
Magnesio (Mg)	AOAC 985.35			0.025%
Sodio (Na)	AOAC 985.35			0.200%
Potasio (K)	AOAC 985.35			0.025%
Energía Metabolizable	Fórmula experimental			3264.430 kcal/kg
Energía Digestible	Fórmula experimental			4356.400 kcal/kg

En el presente trabajo se obtuvo una harina a partir de carnaza como subproducto de tenería, cuya composición contiene principalmente proteína con un valor promedio de 89.25%, varios autores reportan valores aproximados. Por ejemplo, Gonzales Sáez (1998) reportó un valor promedio de 77.62% de proteína luego de una hidrólisis ácida y recomienda producir alimentos balanceados con esta harina por su bajo costo y alto rendimiento proteico en la alimentación de animales de engorde y lecheros. En otro estudio, Bajza & Vrček (2001), encontraron que la piel hidrolizada térmica y enzimáticamente tiene un 79.4% de proteína, en la cual el colágeno representa su mayor proporción. Por lo que, el proceso de manufactura al que se sometió los desechos de tenería resultaron ser también un mecanismo de extracción y concentración del contenido de proteína. Esto se debe a que cuando se somete a tratamientos ácidos se eliminan los compuestos no colagenosos y se concentra los colágenos para producir una fracción proteica con alto contenido proteico. Así lo explica la investigación de Dalev & Simeonova (1992), quienes luego de una triple extracción de residuos de tenería usando biotecnología enzimática consiguieron reutilizar completamente estos desechos obteniendo un concentrado proteico soluble con 91-93% de proteína.

Si bien es cierto, la literatura reporta que la piel contiene un 60-80% de proteínas contabilizadas en peso seco (Bajza & Vrček, 2001); pero también se debe entender que se puede concentrar mucho más este valor cuando se somete a tratamientos ácidos de extracción, ya que se debilitan las uniones de las cadenas proteicas y ruptura de enlaces covalentes de los monómeros de colágeno, pero manteniendo su elevado peso molecular (Casa, 2021).

El contenido de extracto etéreo presente en la harina de carnaza está dentro del rango requerido en la normativa INEN, cuyo valor es 1.516 % que es adecuado para este tipo de producto, ya que evita el enrancimiento de la grasa de la harina y por lo tanto disminuye el riesgo de contaminación microbiana. Un bajo contenido de grasa permite usarla como materia prima para la elaboración de un alimento balanceado, ya que evita problemas de apelmazamiento es decir la dificultad de fluides por tolvas en el proceso productivo.

Las cenizas representan el contenido total de minerales presentes en los alimentos. El valor obtenido en la harina de carnaza es 0.46% y está dentro de los requerimiento de la normativa ecuatoriana. En el caso de la harina de trigo integral contiene aproximadamente 2% de cenizas; mientras que la harina proveniente del endospermo tiene un contenido de cenizas de 0,3%. Según Arismendy (2017) se puede esperar un contenido de cenizas constante en productos animales, pero de fuentes vegetales, este puede ser variable. Por lo tanto, las cenizas de la harina de carnaza van a permitir que la formulación del balanceado no varíe en gran proporción.

En cuanto al contenido de minerales, los valores obtenidos para Ca, Mg, Na y K son cercanos a los valores mínimos que requiere un animal porcino en la etapa de crecimiento según la NRC, sin embargo, según los resultados la harina de carnaza no puede ser utilizada como alimento completo y eficiente para cerdos ya que es insuficiente en Ca, Na y K en su composición, necesitando de otros insumos que complementen para obtener una fórmula balanceada. De los datos recopilados de estos minerales, para Ca y K (0.475%) los valores son cercanos a los reportados por National Research Council, (1983b) que obtuvo valores alrededor de 0,5% (Ca y K). Del mismo modo, según los cálculos de energía, la harina de carnaza no alcanza lo mínimos requeridos de EM para alimentación porcina; además aunque la ED sea considerablemente superior a la requerida por los cerdos en crecimiento, no es un valor crítico para medir la calidad de la dieta sino, como recomienda (Osorio et al., 2012), es indispensable conocer la digestibilidad de cada nutriente para evaluar la capacidad nutricional de un alimento.

## 4.1.2 Propiedades físico-químicas de harina de carnaza

**Tabla 5** Datos físico-químicos de la harina de carnaza.

Requisito	Resultado
pH	5.49
% Humedad	8.178

Inicialmente se realizó la medición de pH en la carnaza fresca usando fenolftaleína como indicador, dando un viraje de color rosado (pH=8.2-10) por el proceso de encalado previo. Al finalizar el procesamiento de la harina de carnaza, se obtuvo un pH ácido (5,49) debido al proceso de transformación utilizado y la naturaleza que tiene el colágeno hidrolizado, ya que en la desnaturalización de la proteína desamina la glutamina en ácido glutámico y la asparagina en ácido aspártico (Hattrem et al., 2015). Otros autores reportan en sus estudios valores muy similares, por ejemplo, Aykın-Dinçer et al. (2017) obtuvo un valor de 5,73 para colágeno hidrolizado bovino comercial; y Bhaskar et al. (2007) midió un valor de 6.1 para la proteína hidrolizada. Por lo que el valor de pH obtenido es adecuado para la alimentación porcina según expresa Sotillo (2019) ya que es inferior al pH que se producen micotoxinas; además es un valor cercano al contenido estomacal lo que permitirá tener una capacidad amortiguante en la alimentación animal (Tilley, 2010).

El valor de humedad es 8,178 % cumpliendo con el requerimiento de la normativa INEN 472, este valor al igual que el contenido de extracto etéreo debe ser mínimo para no tener problemas de apalmezamiento en las máquinas de trabajo. Además, un valor bajo de humedad inhibe la proliferación de microorganismos provocando una mayor vida útil del producto.

**Tabla 6** Balance de tamices de la granulometría de la harina de carnaza.

Malla	Masa retenida (g)	% Retención	$\Delta X_i$	Abertura del tamiz	$Dp_i$ medio (mm)	Fracción acumulada pasante	fracción acumulada retenida	$\frac{\Delta X_i}{Dp_1}$
5	0	0	0	4.00	3.675	1	0	0
6	0	0	0	3.35	2.855	1	0	0
8	30.50	1.90	0.0187	2.36	2.030	1.0000	0.0000	0.0079
12	923.30	56.60	0.5661	1.70	1.440	0.9813	0.0187	0.3330
16	157.3	9.6	0.0964	1.18	0.59	0.4152	0.5848	0.0817
ciego	520	31.9	0.3188	-	-	0.3188	0.6812	0.3188

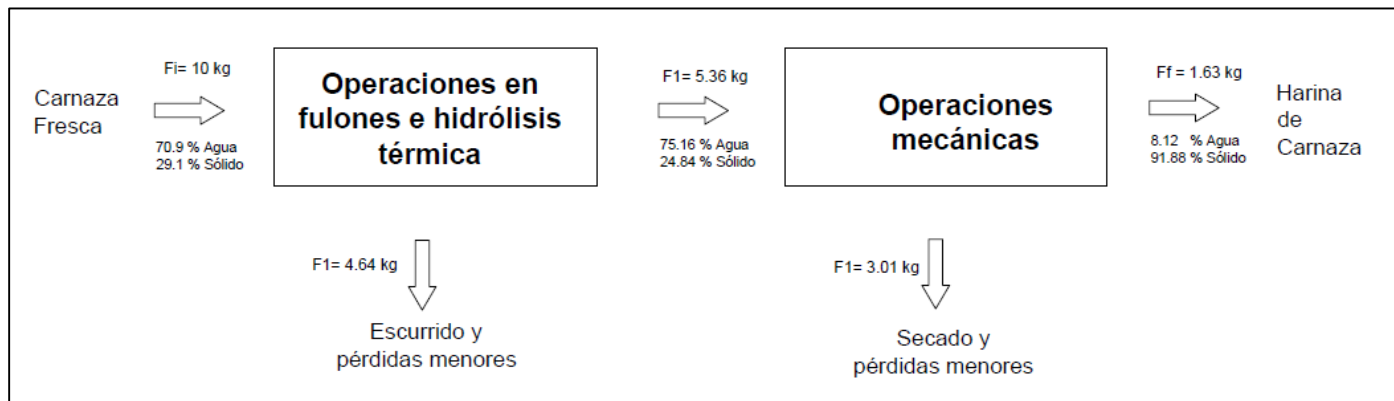
Malla	Masa retenida (g)	% Retención	$\Delta X_i$	Abertura del tamiz	$Dp_i$ medio (mm)	Fracción acumulada pasante	fracción acumulada retenida	$\frac{\Delta X_i}{Dp_1}$
<b>Total</b>	<b>1631.1</b>		1			0	1	<b>0.7414</b>

La cantidad de carnaza recuperada en forma de harina y la que se empleó en el análisis granulométrico fue de 1631,1g. Según normativa INEN 472, la granulometría de la harina debe tener un porcentaje de retención menor a 2% en un tamiz de 2mm. Al no disponer de un tamiz con ese tamaño específico se compara con el tamiz de malla 8 cuya abertura de diámetro es 2.36mm, en la tabla 6 se observa que en este tamiz queda 1,9% de material retenido, lo cual indica que el producto cumple con los requisitos granulométricos para poder comercializarlo como una harina para la alimentación animal. En la caracterización de la harina del subproducto de tenería realizado por Gonzales Sáez (1998), obtuvo un tamaño de partícula de 2mm con la finalidad de obtener un molido que sea el apropiado para una harina que sea fácilmente mezclada, dicho valor es similar al obtenido en la presente investigación.

Los autores recomiendan que las bases proteicas deben ser lo más digerible posible para que la especie animal que la consuma tenga un rendimiento óptimo en aumento de peso y producción de huevo o leche (Quipo Muñoz, 2020).

La harina de carnaza puede ser utilizada en la formulación de un alimento balanceado, ya que la digestibilidad de un alimento constituye una medida de la calidad nutritiva de la proteína; a mayor digestibilidad, mayor es el aprovechamiento de un alimento en el organismo y la reducción de tamaño de las partículas favorece la digestibilidad del producto (Quipo Muñoz, 2020). En el caso de la harina de carnaza obtenida, el valor medio de tamaño de partícula es 0.7414, cuyo valor está dentro del rango establecido para harinas, lo que indica que el producto tiene buena digestibilidad en la alimentación animal, sin embargo, para asegurar se debe realizar las pruebas de digestibilidad en la especie y raza específica a la cual se va alimentar.

## 4.1.3 Balance de masa y rendimiento



**Diagrama 5** Balance de masa para producir harina de carnaza

El rendimiento del proceso fue del 16,33 % ya que la carnaza es un residuo que tiene en promedio un 70.9% de humedad, además, el producto final fue una harina que cumple los requerimientos de la normativa NRT INEN 472, por ello el valor de humedad debe ser inferior al 10%; esta diferencia de porcentaje incide directamente en el rendimiento del producto, ya que la finalidad de la investigación fue obtener una harina de base proteica animal que sea apta para ser adicionada como materia prima en la manufactura de alimentos balanceados. Es por ello que se identifica mayores pérdidas de masa en los procesos de eliminación de humedad tales como el escurrido y el secado, además hubo pérdidas menores en equipos de molienda, cortado, pulverizado y secado.

Varios estudios en los cuales se hidroliza los residuos de curtiembres para obtener una fuente proteica para alimentación animal han obtenido rendimientos muy bajos. Por ejemplo, la investigación de Dalev & Simeonova (1992) obtuvo un 4 - 6 % de rendimiento sobre el total de la masa de concentrado proteico para forraje luego de una hidrólisis acida-enzimática. Por otra parte, Bhaskar et al., (2007) realizaron una bioestabilización con agua oxigenada y HCl y una fermentación enzimática de la carnaza, obteniendo un rendimiento de  $3.5 \pm 0.8$  de proteína hidrolizada como porcentaje sobre los descarnes de cuero frescos utilizado. Esto indica que el procedimiento realizado refleja un buen rendimiento para obtener harina de carnaza en referencia a lo que reportan varias bibliografías; aunque, como reporta Quipo Muñoz (2020), el verdadero rendimiento está en el aumento de peso de los animales que consumen esta base proteica, por lo que debe ser lo más digerible posible.

## 4.2 Formulación de balanceado

Tabla 7 Datos bromatológicos de las materias primas utilizados como restricciones en Solver.

Alimento	% Proteína	ED kcal/kg	EM kcal/kg	Calcio	Magnesio	% lisina	% Metionina	Costo \$	Unidad
Maíz amarillo	8.80	3465	3420	0.20	0.25	0.24	0.20	0.484	Kg
Torta de soya	44,00	3390	3320	0.30	0.27	3,02	0.52	0.66	Kg
Afrecho de trigo	15,00	2275	3000	0.12	0.52	0.65	0.20	0.44	Kg
Polvillo de arroz	13.50	3770	3428	0.05	0.65	0.52	0.22	0.39	Kg
Melaza	3,00	2540	2700	0.80	0	0	0	0.55	Kg
Harina de carnaza	89.25	4356.40	3264.43	0.45	0.025	0.00625	1.22	2.5	Kg
Aceite de palma	0	8064	2947	0	0	0	0	1.5	Kg
Sal	0	0	0	0	0	0	0	0.45	Kg
Premezcla	0	0	0	0	0.002	0	0	3.3	Kg
Carbón de calcio	0	0	0	34.00	0	0	0	0.15	Kg

Tabla 8 Formulación T0: basada en maíz con concentración al 0% de carnaza.

Alimento	Kg requeridos	% Proteína	ED kcal/kg	EM kcal/kg	Magnesio	Calcio	%lisina	%Metionina	Costo ( \$ )
Maíz amarillo	37.00	3.26	1282.05	1265.40	0.09	0.07	0.09	0.07	17.91
Torta de soya	27.14	11.94	920.09	901.09	0.07	0.08	0.81	0.14	17.91
Afrecho de trigo	6.00	0.90	136.47	179.96	0.03	0.01	0.04	0.01	2.64
Polvillo de arroz	25.00	3.38	942.50	857.00	0.16	0.01	0.13	0.06	9.75
Melaza	0.90	0.03	22.86	24.30	0.00	0.01	0.00	0.00	0.50
Harina de Carnaza	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



Alimento	Kg requeridos	% Proteína	ED kcal/kg	EM kcal/kg	Magnesio	Calcio	%lisina	%Metionina	Costo ( \$ )
Aceite de palma	1.50	0.00	120.96	44.21	0.00	0.00	0.00	0.00	2.25
Sal	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
Premezcla	0.20	0.00	0.000	0.00	$4 \times 10^{-6}$	0.00	0.00	0.00	0.66
Carbón de calcio	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.65	0.00	0.00	0.29
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>19.50</b>	<b>3424.93</b>	<b>3271.96</b>	<b>0.36</b>	<b>0.83</b>	<b>1.07</b>	<b>0.28</b>	<b>52.06</b>
<b>Restricciones</b>	<b>100</b>	<b>19.5</b>	<b>3400</b>	<b>3265</b>	<b>0.04</b>	<b>0.6</b>	<b>0.65</b>	<b>0.25</b>	

Tabla 9 Formulación T1: adicionando el 1% de harina de carnaza.

Alimento	Kg requeridos	% Proteína	ED kcal/kg	EM kcal/kg	Magnesio	Calcio	%lisina	%Metionina	Costo Total
Maíz amarillo	41.26	3.63	1429.75	1411.18	0.10	0.08	0.10	0.08	19.97
Torta de soya	25.23	11.10	855.42	837.76	0.07	0.08	0.76	0.13	16.65
Afrecho de trigo	7.64	1.15	173.89	229.31	0.04	0.01	0.05	0.02	3.36
Polvillo de arroz	20.00	2.70	754.00	685.60	0.13	0.01	0.10	0.04	7.80
Melaza	0.90	0.03	22.86	24.30	0.00	0.01	0.00	0.00	0.50
Harina de Carnaza	1.00	0.89	43.56	32.64	0.00	0.00	0.00	0.01	1.75
Aceite de palma	1.50	0.00	120.96	44.21	0.00	0.00	0.00	0.00	2.25
Sal	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
Premezcla	0.20	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.66
Carbón de calcio	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.65	0.00	0.00	0.29
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>19.50</b>	<b>3400.45</b>	<b>3265.00</b>	<b>0.34</b>	<b>0.84</b>	<b>1.01</b>	<b>0.29</b>	<b>53.39</b>
<b>Restricciones</b>	<b>100</b>	<b>19.5</b>	<b>3400</b>	<b>3265</b>	<b>0.04</b>	<b>0.6</b>	<b>0.65</b>	<b>0.25</b>	

**Tabla 10** Formulación T2: adicionando el 3% de harina de carnaza.

Alimento	Kg requeridos	% Proteína	ED kcal/kg	EM kcal/kg	Magnesio	Calcio	%lisina	%Metionina	Costo Total
Maíz amarillo	43.83	3.86	1518.65	1498.93	0.11	0.09	0.11	0.09	21.21
Torta de soya	20.00	8.80	678.00	664.00	0.05	0.06	0.60	0.10	13.20
Afrecho de trigo	8.05	1.21	183.21	241.60	0.04	0.01	0.05	0.02	3.54
Polvillo de arroz	20.00	2.70	754.00	685.60	0.13	0.01	0.10	0.04	7.80
Melaza	0.90	0.03	22.86	24.30	0.00	0.01	0.00	0.00	0.50
Harina de Carnaza	3.26	2.91	141.95	106.37	0.00	0.01	0.00	0.04	5.70
Aceite de palma	1.50	0.00	120.96	44.21	0.00	0.00	0.00	0.00	2.25
Sal	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
Premezcla	0.20	0.00	0.000	0.00	4*10 <sup>-6</sup>	0.00	0.00	0.00	0.66
Carbón de calcio	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64	0.00	0.00	0.29
<b>TOTAL</b>	100	19.50	3419.63	3265.00	0.34	0.83	0.86	0.29	55.31
<b>Restricciones</b>	100	19.5	3400	3265	0.04	0.6	0.65	0.25	

**Tabla 11** Formulación T3: adicionando el 5% de harina de carnaza.

Alimento	Kg requeridos	% Proteína	ED kcal/kg	EM kcal/kg	Magnesio	Calcio	%lisina	%Metionina	Costo Total
Maíz amarillo	41.26	3.63	1429.52	1410.95	0.10	0.08	0.10	0.08	19.97
Torta de soya	15.25	6.71	516.96	506.28	0.04	0.05	0.46	0.08	10.06
Afrecho de trigo	8.63	1.30	196.44	259.04	0.04	0.01	0.06	0.02	3.80
Polvillo de arroz	25.00	3.38	942.50	857.00	0.16	0.01	0.13	0.06	9.75
Melaza	0.90	0.03	22.86	24.30	0.00	0.01	0.00	0.00	0.50
Harina de Carnaza	5.00	4.46	217.82	163.22	0.00	0.02	0.00	0.06	8.75

Alimento	Kg requeridos	% Proteína	ED kcal/kg	EM kcal/kg	Magnesio	Calcio	%lisina	%Metionina	Costo Total
Aceite de palma	1.50	0.00	120.96	44.21	0.00	0.00	0.00	0.00	2.25
Sal	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
Premezcla	0.20	0.00	0.000	0.00	$4 \cdot 10^{-6}$	0.00	0.00	0.00	0.66
Carbón de calcio	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.65	0.00	0.00	0.29
<b>TOTAL</b>	100	19.50	3447.05	3265.00	0.35	0.83	0.74	0.30	56.18
<b>Restricciones</b>	100	19.5	3400	3265	0.04	0.6	0.65	0.25	

La formulación se realizó con la finalidad de que los valores de proteína y calcio se mantuvieran en los 4 ensayos en proporciones iguales y poder analizar experimentalmente si se mantienen las concentraciones teóricas al incorporar carnaza en el alimento balanceado. Para obtener estos resultados se empleó la herramienta de Solver del software Excel, para el caso de las restricciones se basó en los requerimientos nutricionales para porcinos en etapa de crecimiento descritos en la tabla 2, en la cual se puede observar que las 4 formulaciones obtenidas cumplen con los requerimientos establecidos. El porcentaje máximo introducido fue 5% ya que hasta este valor no varía el porcentaje de 19,5% de proteína y 0,83% de calcio y es posible realizar el análisis mediante ANOVA.

Al incorporar harina de carnaza en la formulación, se afectó en mayor proporción el valor de la torta de soya, ya que es una materia prima adicionada principalmente para reforzar el contenido de proteína en la formulación ya que su valor es aproximadamente del 44%, es decir la mayor fuente de proteína en el alimento balanceado. Por lo tanto, si se añade harina de carnaza afecta directamente reduciendo el contenido de torta de soya por su alto porcentaje de proteína que tiene en su composición, debido a que este subproducto contiene 89,25% de proteína.

Dentro de las materias primas, la sal no aporta los requerimientos establecidos, sin embargo, se emplea ya que acentúa el sabor del balanceado, evita la deshidratación, favorece la digestión y mejora asimilación de los alimentos en los animales. Para el caso

de la premezcla, ayuda a integrar los minerales y vitaminas específicas que el cerdo requiere en la fase de crecimiento (Chachapoya, 2014).

Además, se observa que el costo total del alimento balanceado con la incorporación del 1% de la harina de carnaza (T1) es próximo al balanceado testigo (TO), pero al incorporar más cantidad de harina de carnaza el valor aumenta directamente a pesar de tener las mismas propiedades bromatológicas. Sin embargo, se debe considerar que la harina de carnaza se obtiene en la empresa y el precio puede fluctuar de acuerdo al costo de producción de la misma.

### 4.3 Análisis de balanceado

De la harina obtenida de los subproductos de la piel de ganado bovino se realizó varias dietas balanceadas según las formulaciones del apartado 4.2. Se analizó el contenido de proteína y calcio de los cuales los resultados se exponen en la tabla 12.

#### 4.3.1 Análisis bromatológico del balanceado para porcinos

**Tabla 12** Resultados del % de proteína y % de calcio respecto a los tratamientos realizados.

Tratamiento	% Proteína (Teórico)	% Proteína (Real)	Promedio	% Calcio (Teórico)	% Calcio (Real)	Promedio
T0-M1	19.5	18.550	18.51	0.84	0.825	0.725
T0-M2	19.5	18.375		0.84	0.625	
T0-M3	19.5	18.550		0.84	0.800	
T0-M4	19.5	18.550		0.84	0.650	
T1-M5	19.5	18.550	18.42	0.84	0.825	0.781
T1-M6	19.5	18.200		0.84	0.650	
T1-M7	19.5	18.550		0.84	0.825	
T1-M8	19.5	18.375		0.84	0.825	
T2-M9	19.5	18.200	18.38	0.84	0.725	0.731
T2-M10	19.5	18.550		0.84	0.650	
T2-M11	19.5	18.550		0.84	0.725	
T2-M12	19.5	18.200		0.84	0.825	
T3-M13	19.5	18.550	18.59	0.84	0.825	0.825
T3-M14	19.5	18.725		0.84	0.825	

<b>Tratamiento</b>	<b>% Proteína (Teórico)</b>	<b>% Proteína (Real)</b>	<b>Promedio</b>	<b>% Calcio (Teórico)</b>	<b>% Calcio (Real)</b>	<b>Promedio</b>
T3-M15	19.5	18.550		0.84	0.825	
T3-M16	19.5	18.550		0.84	0.825	

Existen varias investigaciones que realizan la valoración de una nueva formulación balanceada comparando con variables de análisis los valores de consumo de alimento, ganancia de peso del animal, conversión alimenticia o rendimiento de la canal; sin embargo, todos estos parámetros están más relacionados a una aplicación de campo en el ámbito zootécnico. Por ello, en la presente investigación se utilizó variables experimentales analíticas de laboratorio para demostrar la confiabilidad que tiene una formulación teórica sobre su composición nutricional en la realidad.

Según los resultados observados en la tabla 12, hay una disminución del valor nutritivo de lo que se suponía en las formulaciones teóricas, al momento de analizarlas experimentalmente. Estos cambios en los valores obtenidos pueden depender de varios factores y de la sinergia de estos, por ejemplo, uno de ellos es la calidad nutricional de las materias primas, ya que difiere la realidad de las consideraciones de bibliografía usadas para la formulación, puesto que únicamente se tomó en cuenta datos generales tabulados de la composición nutricional aproximada. Otro factor puede ser el proceso de manufactura del alimento balanceado, donde implicó la aplicación de tratamientos térmicos como la cocción, molido, secado y pelletizado; de los cuales existen varias evidencias de que estos tratamientos pueden reducir el valor nutritivo del alimento, específicamente en aspectos de concentración y digestibilidad sobre todo de aminoácidos y de la proteína bruta (Almeida et al., 2012; Quiralta et al., 2001). Este efecto se debe principalmente a la reacción del grupo amino de proteínas y aminoácidos, especialmente lisina, con un grupo carboxilo de azúcares reductores en la reacción de Maillard (Nursten, 2005). Para mitigar este efecto, varias productoras de balanceado industrializadas, adicionan aminoácidos cristalinos al pienso. Al mismo tiempo, hay estudios donde demuestran que la cisteína bajo efectos de calor puede degradarse según las reacciones Strecker para dar como resultado acetaldehído, sulfuro de hidrógeno y amoníaco

(Mottram & Mottram, 2002). Por esta razón, se debería considerar un margen de error al momento de formular para obtener valoraciones más aproximadas de la composición nutricional que tienen los balanceados.

De las cuatro fórmulas realizadas, los resultados muestran que hay mayor similitud entre los valores teóricos y reales en la formulación T3 con el 5% de harina de carnaza tanto para valores de proteína como para calcio, esto debido a que la carnaza contiene 89,25% de proteína, a diferencia de la torta de soya que contiene baja concentración de aminoácidos susceptibles a perderse con aplicación de calor como la lisina, cistina y arginina (Gonzales Sáez, 1998); por lo que a mayor concentración de sustitución de la proteína de soya por harina de carnaza, existe menor grado de error al elaborar dietas balanceadas para alimentación animal.

Para identificar cuál de los tres tratamientos en los cuales se adicionó harina de carnaza es mejor para proponer una formulación en el mercado se puede evaluar de dos formas distintas, una de ellas lo recomienda Acurio Paredes (2010), quien expresa que se realice un análisis de las formulaciones en relación al tratamiento testigo T0 (sin la adición de harina de carnaza) mediante una prueba de comparación múltiple (diferencia menos significativa LSD); o mediante la desviación típica de las medias alrededor del valor teórico respecto al requerimiento nutricional que se utilizó en la formulación para cerdos en la etapa de crecimiento.

### 4.3.2 Verificación de hipótesis

**Tabla 13** Valores descriptivos del % de proteína.

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
0% de Carnaza	4	18.5063	.08750	.04375	18.3670	18.6455	18.38	18.55
1% de Carnaza	4	18.4188	.16755	.08377	18.1521	18.6854	18.20	18.55
3% de Carnaza	4	18.3750	.20207	.10104	18.0535	18.6965	18.20	18.55
5% de Carnaza	4	18.5938	.08750	.04375	18.4545	18.7330	18.55	18.73
Total	16	18.4734	.15612	.03903	18.3902	18.5566	18.20	18.73

**Tabla 14** Valores descriptivos del % de calcio.

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
0% de Carnaza	4	.72500	.102062	.051031	.56260	.88740	.625	.825
1% de Carnaza	4	.78125	.087500	.043750	.64202	.92048	.650	.825
3% de Carnaza	4	.73125	.071807	.035904	.61699	.84551	.650	.825
5% de Carnaza	4	.82500	.000000	.000000	.82500	.82500	.825	.825
Total	16	.76563	.080039	.020010	.72298	.80827	.625	.825

**Tabla 15** Resultados ANOVA de un factor para % de proteína.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	.113	3	.038	1.788	.203
Intra-grupos	.253	12	.021		
Total	.366	15			

Según los resultados expresados en la tabla 15, se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) debido a que el nivel de significancia de ANOVA es 0,203 (mayor a  $p=0,05$ ). Por lo que se asegura que las medias de la concentración de proteína bruta en el alimento balanceado son las mismas al variar la cantidad de harina de carnaza en la formulación, por lo tanto, la incorporación de harina de carnaza en diferentes concentraciones no es una variable que altere los resultados de proteína total en la formulación balanceada.

**Tabla 16** Resultados ANOVA de un factor para % de calcio.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	.026	3	.009	1.516	.261
Intra-grupos	.070	12	.006		
Total	.096	15			

De igual forma se analizó los resultados expresados en la tabla 16 para el porcentaje de calcio, ya que también se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ), que según ANOVA el nivel de

significancia es 0,261 (mayor a  $p=0,05$ ). De esta forma se confirma por segunda ocasión que, al variar la cantidad de harina de carnaza en la formulación, no se modifica las medias de concentración de los parámetros nutricionales, en este caso de calcio.

### 4.3.3 Aceptación de la formulación

Existe significancia entre las medias de los tratamientos aplicados al realizar ANOVA, por lo cual se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ), sin embargo, si se quiere identificar el mejor de los tratamientos al incorporar carnaza se puede tomar en consideración la prueba de LSD en relación al tratamiento testigo.

**Tabla 17** Comparaciones múltiples. Método LSD para porcentaje de proteína.

Variable dependiente: Porcentaje de Proteína

#### DMS (Diferencia Mínima Significativa)

(I) Concentración de Carnaza	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
				Límite inferior	Límite superior	
0% de Carnaza	1% de Carnaza	.08750	.10260	.410	-0.1361	.3111
0% de Carnaza	3% de Carnaza	.13125	.10260	.225	-0.0923	.3548
0% de Carnaza	5% de Carnaza	-.08750	.10260	.410	-.3111	.1361

**Tabla 18** Comparaciones múltiples. Método DMS para porcentaje de calcio.

Variable dependiente: Porcentaje de Calcio

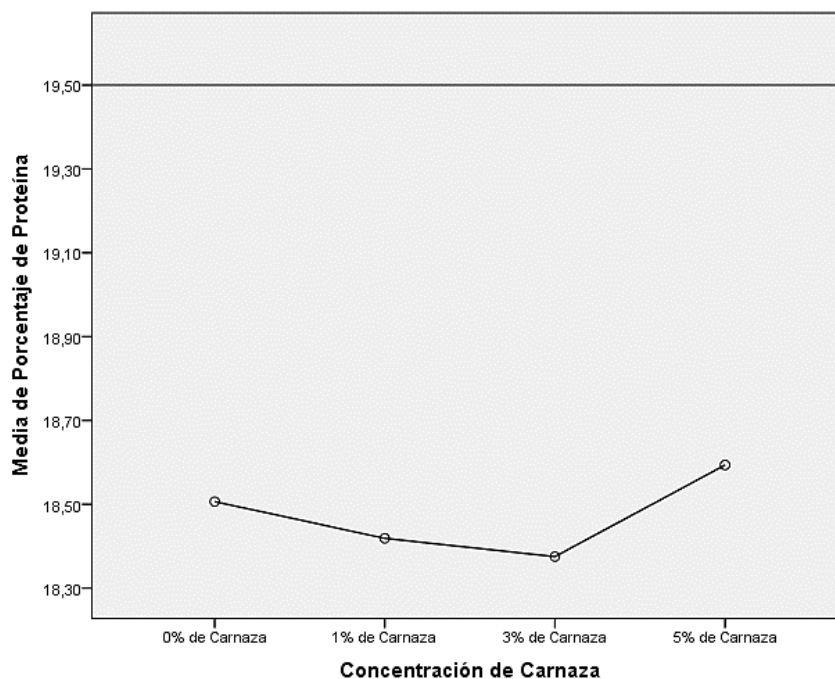
#### DMS

(I) Concentración de Carnaza	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
				Límite inferior	Límite superior	
0% de Carnaza	1% de Carnaza	-.056250	.053885	.317	-.17366	.06116
0% de Carnaza	3% de Carnaza	-.006250	.053885	.910	-.12366	.11116
0% de Carnaza	5% de Carnaza	-.100000	.053885	.088	-.21741	.01741

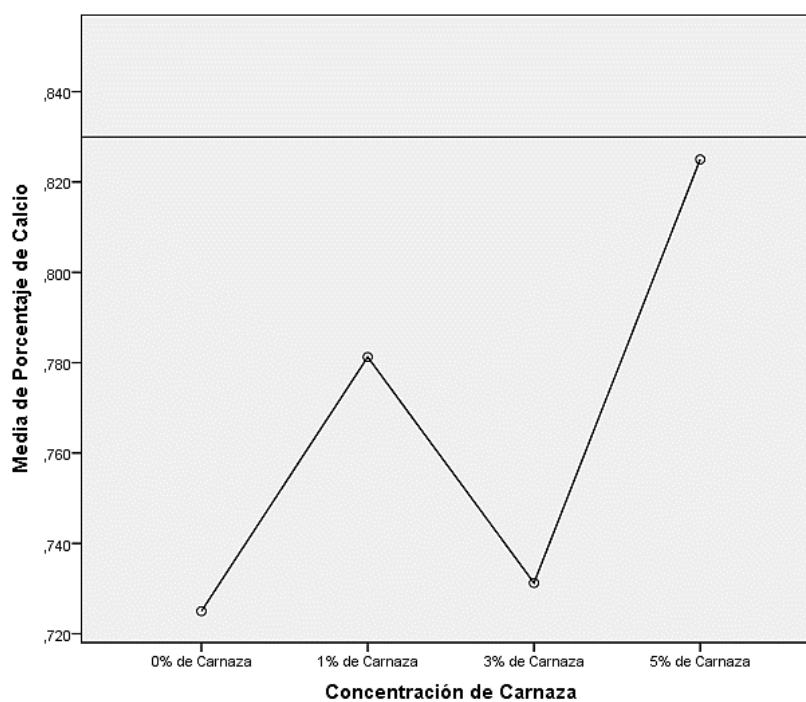
Como se observa en la tabla 17, tomando de referencia a la formulación testigo ( $T_0$ ), con un nivel de significación  $p=0.05$ , se puede tomar como la fórmula más adecuada tanto la formulación con 1% como 5% de carnaza, por presentar una diferencia menor con la media del tratamiento testigo. Aunque, por otra parte, si se observan los resultados de la tabla 18 del método LSD para los valores de calcio, se puede notar que al considerar la fórmula testigo, hay una mínima diferencia con la media de la formulación con un 3% de carnaza. Por ello, al ser muy abstracto el definir cuál es la mejor fórmula por diseño



experimental, se puede tomar otras consideraciones, como la desviación de las medias de los tratamientos del valor teórico presente como requerimiento nutricional para porcinos.



**Gráfico 1** Comparación del porcentaje de proteína respecto a la concentración de carnaza.



**Gráfico 2** Comparación del porcentaje de calcio respecto a la concentración de carnaza.

Como se observa en los gráficos 1 y 2, tanto para resultados de proteína bruta como calcio total, la fórmula que contiene el 5% de harina de carnaza está más próxima al valor de referencia considerada para formular inicialmente. Por ello, se puede deducir que a medida que aumenta la concentración de carnaza, se aproxima los valores experimentales de la composición nutricional a los valores teóricos en la formulación, sin embargo, se puede aumentar el número de muestras para asegurar esta tendencia. Es por este motivo, que se puede aceptar a la formulación T3 como la más adecuada para producir balanceado, y en caso de querer adicionar mayor cantidad de carnaza en las formulaciones, se debe considerar principalmente el costo económico que implica y las restricciones que por normativa no puede sobrepasar excesivamente los límites de la cantidad de las demás materias primas.

#### 4.3.4 Análisis económico del balanceado para porcinos

Para la elaboración del balanceado para cerdos en etapa de crecimiento con la sustitución parcial de la torta de soya por la carnaza, se consideró los costos de materias primas de cada formulación, es importante recalcar que no existe variación de costos como: equipos, servicios básicos y el personal, ya que el proceso productivo es el mismo para ambas formulaciones y solo se diferencia la cantidad de materias primas empleadas, por ello no se analizó los costos indirectos del proceso productivo, a continuación se exponen los costos de producción para la formulación testigo y la formulación más favorable nutricionalmente luego de incorporar carnaza:

**Tabla 19** Comparación de costos de materias primas.

Materia Prima	Formulación base (T0)		Formulación T3 (5% de carnaza)	
	Kg requeridos	Costo Total (\$)	Kg requeridos	Costo Total (\$)
Maíz amarillo	37.00	17.91	41.26	19.97
Torta de soya	27.14	17.91	15.25	10.06
Afrecho de trigo	6.00	2.64	8.63	3.80
Polvillo de arroz	25.00	9.75	25.00	9.75
Melaza	0.90	0.50	0.90	0.50
Harina de Carnaza	0.00	0.00	5.00	8.75
Aceite de palma	1.50	2.25	1.50	2.25
Sal	0.36	0.16	0.36	0.16
Premezcla	0.20	0.66	0.20	0.66

Materia Prima	Formulación base (TO)		Formulación T3 (5% de carnaza)	
	Kg requeridos	Costo Total (\$)	Kg requeridos	Costo Total (\$)
Carbón de calcio	1.90	0.29	1.90	0.29
<b>TOTAL</b>	100	52.06	100	56.18

Las materias primas que sufren un cambio en la composición para obtener el valor de proteína y calcio establecidos son: maíz amarillo, torta de soya, afrecho de trigo y la harina de carnaza ya que contienen la mayor parte de proteína en la formulación. El costo de la formulación seleccionada (T3) sobrepasa el valor base con \$4.12 para 100kg de producto.

En el mercado existen sacos de 40 kg de balanceado Premium para cerdos en etapa de crecimiento con un costo de \$29, cuya composición de proteína oscila en el rango de 18-19% que es similar al valor que obtenido en la formulación T3 de 18,59%. El producto obtenido para 40 kg tiene un costo directo de \$22,47 sin considerar costos indirectos de producción. Sin embargo, es un costo inferior al del mercado que se puede analizar con mayor profundidad la factibilidad de lanzar este producto en el mercado.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

La harina de carnaza obtenida cumple con todos los parámetros físicos, químicos y bromatológicos establecidos bajo la normativa INEN 472 que establece los requisitos para una harina de origen animal para consumo animal. El producto obtenido se encuentra en las condiciones óptimas para ser comercializada como una harina base para la alimentación animal, ya que se caracteriza por su alto contenido de proteína, ideal para ser sustituto en formulaciones balanceadas por materias primas proteicas como la torta de soya; o también ser utilizada como un suplemento proteico en animales en etapas de crecimiento.

Se formuló 4 dietas de distintas cantidades de materia prima pero igual composición nutricional en el producto final. En las cuales a medida que se adicionaba en mayor proporción la harina de carnaza, disminuía la cantidad de torta de soya, por ser materias primas que aportan en mayor proporción el valor proteico al balanceado. Mediante análisis en condiciones experimentales se demuestra que la composición nutricional que

se pronostica matemáticamente en una formulación teórica no es igual a la realidad, pero se asemeja. En la experimentación, existió una disminución del valor nutritivo de lo que se pronostica en las formulaciones teóricas, ya que se utilizan datos bromatológicos generales de las materias primas y los tratamientos con presencia de calor provocan pérdidas de aminoácidos y otros componentes. La incorporación de harina de carnaza en diferentes proporciones no es una variable que llega a alterar los resultados finales de datos bromatológicos que tiene el balanceado, ya que se obtuvo concentraciones muy parecidas tanto de concentración de proteína bruta como calcio total en las cuatro formulaciones planteadas. La fórmula que tiene mayor similitud con el requerimiento nutricional para alimentación porcina en etapa de crecimiento fue la formulación T3 donde se incorporó el 5% de harina de carnaza.

Mediante el análisis económico de las materias primas tanto de la formulación base como de la formulación con incorporación del 5% de harina de carnaza, se evidenció una diferencia de \$4,12 mayor a la formulación convencional. Por otra parte, las formulaciones T1 y T2, con las mismas propiedades nutricionales, tienen un costo menor que T3; por lo tanto, dichas formulaciones también pueden ser empleadas en la fabricación de un alimento balanceado, ya que cumplen con los requisitos de la normativa NTE INEN 472.

## **5.2 Recomendaciones**

Realizar estudios de digestibilidad de la formulación obtenida para evaluar el rendimiento del alimento balanceado propuesto en el crecimiento de un cerdo y un balanceado comercial para verificar la ganancia de peso y la cantidad óptima de consumo del animal.

Efectuar un análisis económico del producto para evaluar su comercialización y verificar su aceptación económica en el mercado con respecto a los productos de alimentos balanceados que se comercializan actualmente.

Implementar una normativa INEN para harinas provenientes de residuos de tenerías, para poder comercializarla con mayor facilidad, cumpliendo con los requisitos establecidos en la misma.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acurio Paredes, L. F. (2010). Mejoramiento de la formulación de Alimentos Balanceados mediante El Uso De Residuo De Galleta Y Sus Efectos En La Fase De Engorde En Cuyes Mejoramiento De La Formulación De Alimentos Balanceados Mediante El Uso De Residuo De Galleta Y Sus Efectos En La Fase De Engorde En Cuyes.  
<https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/845>
- Agrocalidad. (2020). RESOLUCIÓN 003 MANUAL PARA EL REGISTRO DE EMPRESAS Y PRODUCTOS DE USO VETERINARIO | Ecuador—Guía Oficial de Trámites y Servicios. <https://www.gob.ec/regulaciones/resolucion-003-manual-registro-empresas-productos-uso-veterinario>
- Almeida, F., Rojas, O., & Stein, H. (2012). Efecto del procesado térmico sobre el valor nutritivo de los ingredientes alimenticios. [University of Illinois urbana Champaign]. [https://www.produccion-animal.com.ar/tablas\\_composicion\\_alimentos/83-efectos\\_termicos.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/83-efectos_termicos.pdf)
- Anuonye, J. C., Jigam, A. A., & Ndaceko, G. M. (2012). Effects of extrusion-cooking on the nutrient and anti-nutrient composition of pigeon pea and unripe plantain blends. <http://imsear.searo.who.int/handle/123456789/151234>
- Arismendy, S. (2017). Diseño conceptual de una planta productora de harina de Sacha Inchi para consumo humano.  
<https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/4197>
- Artigas, M. (1987). Manual de curtiembre (2da ed.).

- ASALE, & RAE. (2013). Bovino, bovina | Diccionario de la lengua española.  
«Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario.  
<https://dle.rae.es/bovino>
- Aykın-Dinçer, E., Koç, A., & Erbaş, M. (2017). Extraction and physicochemical characterization of broiler (*Gallus gallus domesticus*) skin gelatin compared to commercial bovine gelatin. *Poultry Science*, 96(11), 4124-4131.  
<https://doi.org/10.3382/ps/pex237>
- Bajza, Ž., & Vrček, V. (2001). Thermal and enzymatic recovering of proteins from untanned leather waste. *Waste Management*, 21(1), 79-84.  
[https://doi.org/10.1016/S0956-053X\(00\)00039-8](https://doi.org/10.1016/S0956-053X(00)00039-8)
- Barba, J., & Figueroa, J. G. F. (2017). Cuantificación de minerales en siete harinas. [Universidad Técnica Particular de Loja].  
<https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/16560/1/Barba%20Eras%20Jessica%20Fernanda.pdf>
- Beghetto, V. (2013). The Leather Industry: A Chemistry Insight Part I: an Overview of the Industrial Process. *Sciences at Ca' Foscari*, 2013, 12-22.  
<https://doi.org/10.7361/SciCF-448>
- Beltrán, A. (2012). Premios de carnazas naturales Petfood Latinoamerica.  
<https://www.petfoodlatinoamerica.com/uncategorized/premios-de-carnazas-naturales-la-mejor-opcion/>
- Benítez, R., Ibarz, A., & Pagan, J. (2008). Hidrolizados de proteína: Procesos y aplicaciones. *Acta Bioquím Clín Latinoam*, 11.

- Bhaskar, N., Sakhare, P. Z., Suresh, P. V., Gowda, L. R., & Mahendrakar, N. S. (2007).  
Biostabilization and preparation of protein hydrolysates from delimed leather  
fleshings. 66, 10.
- Boulogne, S., Márquez, E., Zambrano, Y. E. G., Medina, A. L., & Cayot, P. (2008).  
Optimización de la operación de secado de la carne de lombriz (*Eisenia andrei*)  
para producir harina destinada al consumo animal. *Ciencia e Ingeniería*, 29(2),  
91-96.
- Bou-Maroun, E., Cartier, C., Cabio'ch, G., Lafarge, C., Labouré, H., Luisa Medina, A.,  
& Cayot, N. (2014). Chapter 94—The Potential Use of Raw and Deodorized  
Non-Conventional Protein Powder in Human Food. En V. Ferreira & R. Lopez  
(Eds.), *Flavour Science*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-398549-1.00094-5>
- Campabadal, C. (2009a). Guía técnica para alimentación de cerdos.  
<http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/L02-7847.PDF>
- Campabadal, C. (2009b). Guía técnica para la alimentación de cerdos.  
<http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/L02-7847.PDF>
- Campos, C. (2015). El impacto de los micronutrientes en la inmunidad de los animales.  
*Nutrición animal tropical*, 9(1), 1-23.
- Campos Fabregat, J. C. (2008). Desencalado. Capítulo 6. En *Enciclopedia* (Vol. 1-16, p.  
12).  
[https://www.quimicainternacional.com/pdf/biblioteca/enciclopedia/Capitulo\\_06\\_Desencalado.pdf](https://www.quimicainternacional.com/pdf/biblioteca/enciclopedia/Capitulo_06_Desencalado.pdf)
- CAR/PL. (2000). Oportunidades de prevención de la contaminación en el sector del  
curtido en la región mediterránea,. [http://www.cprac.org/docs/10anys\\_cast.pdf](http://www.cprac.org/docs/10anys_cast.pdf)

- Casa, L. (2021). Extracción de gelatina mediante ácido acético utilizando como materia prima desechos de curtiembres. [Universidad Técnica de Ambato].  
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/32075/1/AL%20766.pdf>
- Cascallana, J. G. (2017). La hidrólisis térmica como medio para incrementar la producción de biogás y energía eléctrica en una depuradora de aguas residuales. *Energía & Minas: Revista Profesional, Técnica y Cultural de los Ingenieros Técnicos de Minas*, 13, 12-28.
- CENIDA. (2007). Ficha Cuero de bovinos en Nicaragua.  
<https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENE71N583b.pdf>
- Chachapoya, D. (2014). Producción de Alimentos Balanceados en una planta procesadora en el cantón Cevallos. Escuela Politécnica Nacional.
- Chachapoya Rivas, D. L. (2013). Producción de alimentos balanceados en una planta procesadora en el cantón Cevallos.  
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8927>
- Colindres Alvarado, M. E., & Recinos Rámos, H. M. (2017). Determinación del análisis fitoquímico preliminar y proximal de las flores y tallo joven de yucca guatemalensis (IZOTE) y *Rytidostylis gracilis* (COCHINITO).  
<http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/160784>
- Cordero, B. (2010). Tecnología de la curtición (Primera, Vol. 1).
- Cunningham, H. M., Friend, D. W., & Nicholson, J. (1962). THE EFFECT OF AGE, BODY WEIGHT, FEED INTAKE AND ADAPTABILITY OF PIGS ON THE DIGESTIBILITY AND NUTRITIVE VALUE OF CELLULOSE.  
<https://doi.org/10.4141/CJAS62-027>



- Dalev, P. G., & Simeonova, L. S. (1992). An enzyme biotechnology for the total utilization of leather wastes. *Biotechnology Letters*, 14(6), 531-534.  
<https://doi.org/10.1007/BF01023181>
- Dussán-Sarria, S., Hurtado-Hurtado, D. L., Camacho-Tamayo, J. H., Dussán-Sarria, S., Hurtado-Hurtado, D. L., & Camacho-Tamayo, J. H. (2019). Granulometría, Propiedades Funcionales y Propiedades de Color de las Harinas de Quinoa y Chontaduro. *Información tecnológica*, 30(5), 3-10.  
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000500003>
- EcuadorNegocios. (2020). CURTIEMBRE SAN LUIS CIA LTDA. EcuadorNegocios.  
<https://ecuadornegocios.com/info/curtiembre-san-luis-cia-ltda-49721>
- Escribano, C. C. (2013). *Historia de los curtidos de las pieles*. Editorial Club Universitario.
- Espinosa, O. (2013). *Estudio de la carne de cerdo y propuesta gastronómica de autor*.
- Exposito, J.-Y., Valcourt, U., Cluzel, C., & Lethias, C. (2010). The Fibrillar Collagen Family. *International Journal of Molecular Sciences*, 11(2), 407-426.  
<https://doi.org/10.3390/ijms11020407>
- Fontalvo, J. (2009). *Características de las películas de emulsiones aerificas para acabados del cuero*. Rohm and Hass.
- García, H., & Lezcano, P. (1987). [Biological evaluation of some nutrients of the fleshings used as a protein source for growing pigs]. [Spanish]. *Revista Cubana de Ciencia Agricola*.  
[https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?title=%5BBiological+evaluation+of+some+nutrients+of+the+fleshings+used+as+a+protein+source+for+growing+pigs%5D.+%5BSpanish%5D&author=Garcia+H.&publication\\_year=1987](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=%5BBiological+evaluation+of+some+nutrients+of+the+fleshings+used+as+a+protein+source+for+growing+pigs%5D.+%5BSpanish%5D&author=Garcia+H.&publication_year=1987)

- García, I. B. (2017). HARINAS EXTRUIDAS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA [Universidad Complutense].  
<http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/ISABEL%20BARALLAT%20GARCIA.pdf>
- Goldnik, A., & Gajewska, M. (1983). [Isolation of L-amino acids from the products of protein hydrolysis from offals of bovine skin]. *Acta Poloniae Pharmaceutica*, 40(3), 377-382.
- Gonzales Sáez, E. M. (1998). Valor nutritivo de subproductos de piel de bovino, e identificación de sus aminoácidos [Universidad autónoma de Nuevo León].  
<http://eprints.uanl.mx/6027/1/1080087117.PDF>
- Hattrem, M. N., Molnes, S., Haug, I. J., & Draget, K. I. (2015). Interfacial and rheological properties of gelatin based solid emulsions prepared with acid or alkali pretreated gelatins. *Food Hydrocolloids*, 43, 700-707.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.07.026>
- Hayes, M. (2020). Measuring Protein Content in Food: An Overview of Methods. *Foods*, 9(10), 1340. <https://doi.org/10.3390/foods9101340>
- Henrickson, J. (1984). Hode Collagen as a Food. *J. Am. Leather Chem. Assoc.*, 464-470.
- Herrera Paredes, L. X. (2010). Estudio de la implementación de una planta procesadora de balanceado para cerdos (*Sus scrofa domestica*) aprovechando las instalaciones y maquinaria sub utilizada en la empresa agroganadero en el canton Quero. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/5436>
- INEN. (1980). Harina de pescado. Determinación de cenizas. (NTE INEN 467).  
[https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_467.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_467.pdf)

- INEN. (1980a). Harina de pescado. Determinación de la pérdida por calentamiento. AL 06.01.302. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/464.pdf>
- INEN. (1980b). Harina de Pescado. Determinación de la proteína bruta. AL 06.01-303. [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_465.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_465.pdf)
- INEN. (1988). Harina de pescado para consumo animal. Requisitos (NTE INEN 472). [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_472.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_472.pdf)
- INEN. (2013a). Alimentos para animales. Terminología y clasificación. (NTE INEN 1643). <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1643-1.pdf>
- INEN. (2013b). Harina de pescado. Determinación de la materia grasa. (NTE INEN 466). [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_466.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_466.pdf)
- INEN. (2013c). Harina de pescado. Determinación del residuo sobre el tamiz. (NTE INEN 462). [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_462.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_462.pdf)
- INEN. (2013d). Harinas de origen vegetal. Determinación de la concentración de ión hidrógeno o pH. AL 02.02-310. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/526-1R.pdf>
- Instituto de Salud Pública de Chile. (2009). Método Espectrofotometría de Absorción Atómica de llama. Método AOAC 985.35. PRT-711.02.012. <https://silo.tips/download/procedimiento-para-determinacion-de-sodio-potasio-y-calcio-en-alimentos-metodo-e>
- Izar Landeta, J. M. (2012). Investigación de operaciones (2a ed). Editorial Trillas, S. A.
- Kuhlman, G., Laflame, D., & Ballam, J. (1993). Fel. Pract. 21,16.
- LABOMERSA. (2020). Harina de pescado: Principales análisis y usos. <https://labomersa.com/2020/11/30/analisis-basicos-para-la-harina-de-pescado/>

- Laflamme, D. P. (2001). Determining metabolizable energy content in commercial pet foods. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 85(7-8), 222-230.  
<https://doi.org/10.1046/j.1439-0396.2001.00330.x>
- Lampartheim, G. (2008). *Curtición de pieles de animales domésticos*. (1ra ed.). El Inca.
- Legasa Semhan, M. A. (2017). Reciclaje: Del desarrollo sostenible a la ecología de los pobres. 70.
- Libreros, J. (2003). *Manual de tecnología del cuero*. EUETII.
- Liu, H., Yin, Z., Zhang, Q., Li, X., Tang, K., Liu, J., Pei, Y., Zheng, X., & Ferah, C. E. (2019). Mathematical modeling of bovine hides swelling behavior by response surface methodology for minimization of sulfide pollution in leather manufacture. *Journal of Cleaner Production*, 237, 117800.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117800>
- Maglietti, C., & Flores, J. (2013). *Formulación de raciones*. 15.
- Marín Ángel, J. C., & Maya Duque, P. A. (2016). Modelo lineal para la programación de clases en una institución educativa. *Ingeniería y Ciencia*, 12(23), 47-71.  
<https://doi.org/10.17230/ingciencia.12.23.3>
- Masabanda, M., Echegaray, C., & Delgado, V. (2017). ANÁLISIS Y LOCALIZACIÓN DE CURTIEMBRES EN EL CANTÓN AMBATO, COMO PARTE DE PATRIMONIO CULTURAL EN EL ECUADOR. 16.
- Maupoey, P. F. (2001). *INTRODUCCIÓN AL SECADO DE ALIMENTOS POR AIRE CALIENTE*. Universitat Politècnica de València.
- Maverik, C. M. (2019). *Proceso de Extrusión y sus Principios*. AllExtruded.  
<https://allextruded.com/entrada/proceso-de-extrusion-y-sus-principios-20306/>

- Mendoza Martínez, G. D., Plata Pérez, F. X., Espinosa Cervantes, R., & Lara Bueno, A. (2008). Manejo nutricional para mejorar la eficiencia de utilización de la energía en bovinos. *Universidad y ciencia*, 24(1), 75-87.
- Mora Maldonado, L. E., Maldonado Santoyo, M., Padilla Rizo, B., Estrada Monje, A., Sánchez Olivares, G., Segoviano-Garfias, J. J. N., Mora-Maldonado, L. E., Maldonado-Santoyo, M., Padilla-Rizo, B., Estrada-Monje, A., Sánchez-Olivares, G., & Segoviano-Garfias, J. J. N. (2020). Reciclado de subproductos de origen animal: Composición y valor nutritivo del pelo bovino hidrolizado hidrotérmicamente. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(2), 92-110.  
<https://doi.org/10.15359/rca.54-2.5>
- Morera, J. (2007). *Química técnica de curtición* (2da ed.). CETI.
- Mottram, S. J., & Mottram, H. R. (2002). *Heteroatomic Aroma Compounds*.  
*Heteroatomic Aroma Compounds*, 7.
- Mufarrege, D. (2002). El calcio en la alimentación del ganado bovino para carne. 5.
- Narváez Calle, M. F. (2011). Identificación y evaluación de riesgos y factores de riesgos que pueden dar lugar a accidentes y enfermedades profesionales en la empresa Curtiembre Renaciente S.A.  
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/803>
- National Research Council. (1983). *Underutilized Resources as Animal Feedstuffs*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/41>
- Noblet, J., & Perez, J. M. (1993). Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pig diets from chemical analysis1. *Journal of Animal Science*, 71(12), 3389-3398. <https://doi.org/10.2527/1993.71123389x>

Núñez González, A., Barcenas Mompeller, Y., Mejías Caba, A., Marrero García, Y.,

Núñez González, A., Barcenas Mompeller, Y., Mejías Caba, A., & Marrero

García, Y. (2020). Sistema informático para la formulación de raciones

alimenticias en la raza bufalina empleando modelos matemáticos. Revista

Ciencias Técnicas Agropecuarias, 29(4).

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2071-](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2071-)

[00542020000400010&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2071-00542020000400010&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

Nursten, H. E. (2005). The Maillard Reaction. <https://doi.org/10.1039/9781847552570>

Osorio, E., Giraldo, J., & Narvaez, W. (2012). Metodologías para determinar la

digestibilidad de los alimentos utilizados en la alimentación canina

Methodologies to determinate the digestibility of foods used in feeding dogs. 6.

[https://www.researchgate.net/publication/326400552\\_Metodologias\\_para\\_deter](https://www.researchgate.net/publication/326400552_Metodologias_para_deter)

[minar\\_la\\_digestibilidad\\_de\\_los\\_alimentos\\_utilizados\\_en\\_la\\_alimentacion\\_canin](https://www.researchgate.net/publication/326400552_Metodologias_para_determinar_la_digestibilidad_de_los_alimentos_utilizados_en_la_alimentacion_canina)

[a\\_Methodologies\\_to\\_determinate\\_the\\_digestibility\\_of\\_foods\\_used\\_in\\_feeding\\_](https://www.researchgate.net/publication/326400552_Metodologias_para_determinar_la_digestibilidad_de_los_alimentos_utilizados_en_la_alimentacion_canina)

[dogs](https://www.researchgate.net/publication/326400552_Metodologias_para_determinar_la_digestibilidad_de_los_alimentos_utilizados_en_la_alimentacion_canina)

Padilla, D. (2008). Aplicación del Diseño Estadístico de Experimentos a los ensayos

realizados en la Unidad de Negocio Programación, El Quiche. [Escuela superior  
politécnica del Chimborazo].

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1304/1/226T0007.pdf>

Paute Riofrío, M. I., & Gavilánez Alvarez, Ó. D. (2018). Programación Lineal para la

toma de decisiones (Primera).

Pollock, V. (2007). Proteins. En S. J. Enna & D. B. Bylund (Eds.), XPharm: The

Comprehensive Pharmacology Reference (pp. 1-11). Elsevier.

<https://doi.org/10.1016/B978-008055232-3.60055-8>

- Quipo Muñoz, F. E. (2020). Obtención de una base proteica a partir de los residuos sólidos de curtiembres para la manufactura de alimentos balanceados. [UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA].  
<http://repository.unad.edu.co/handle/10596/35692>
- Quitral, V., Abugoch, L., Vinagre, J., & Larraín, M. A. (2001). Efecto de tratamientos térmicos sobre el contenido de lisina disponible en carne de jaiba mora (*Homalaspis plana*). Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 51(4), 382-385.
- Renaciente S.A. (2022). Renaciente Leather | Curtiembre Renaciente | Cuenca, Ecuador. Renaciente. <https://en.renaciente.com>
- Rivera, M. P., Puente, C., & Tapia, Z. (2020). Producción de alimento balanceado para mascotas a partir de los residuos de curtiembre generados en las etapas de dividido y descarne.  
<http://ceaa.esPOCH.edu.ec:8080/revista.perfiles/faces/Articulos/Perfiles23Art9.pdf>
- Rivera, P. (2018). Desarrollo y elaboración de productos de valor a través del uso de carnaza de res con terminados a base de lípidos. [CIATEC].  
<https://ciatec.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1019/136/1/Ian%20Pablo.pdf>
- Rosentrater, K. A., & Evers, A. D. (2017). Kent's Technology of Cereals: An Introduction for Students of Food Science and Agriculture. Woodhead Publishing.  
[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=tOZGDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Rosentrater,+K.+A.,+%26+Evers,+A.+D.+\(2017\).+Kent%E2%80%99s+technology+of+cereals:+an+introduction+for+students+of+food+science+and](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=tOZGDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Rosentrater,+K.+A.,+%26+Evers,+A.+D.+(2017).+Kent%E2%80%99s+technology+of+cereals:+an+introduction+for+students+of+food+science+and)

+agriculture.+Woodhead+Publishing.&ots=rU0bnoAD1z&sig=iT746HljQdeZd  
POKCFeasSrSJcg#v=onepage&q=Rosentrater%2C%20K.%20A.%2C%20%26  
%20Evers%2C%20A.%20D.%20(2017).%20Kent%E2%80%99s%20technolog  
y%20of%20cereals%3A%20an%20introduction%20for%20students%20of%20f  
ood%20science%20and%20agriculture.%20Woodhead%20Publishing.&f=false

Salinas Vásquez, J. V. (2014). El Cuero, producción Industrial y artesanal en el Ecuador  
Análisis comparativo sobre el método de producción del cuero entre las  
provincias de Tungurahua y Azuay [Universidad del Azuay].  
<http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/3849>

Simbaña Camino, C. L. (2011). ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y  
FUNCIONALES DE UN HIDROLIZADO ENZIMÁTICO DE PROTEÍNA DE  
CHOCHO A ESCALA PILOTO Y SU APLICACIÓN COMO  
FERTILIZANTE [Escuela Politécnica Nacional].  
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3762/1/CD-3535.pdf>

Slade, L., & Levine, H. (1987). Polymer-chemical properties of gelatin in foods.  
Advances in Meat Research (USA).  
[https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?title=Polymer-  
chemical+properties+of+gelatin+in+foods&author=Slade%2C+L.&publication\\_  
year=1987](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Polymer-chemical+properties+of+gelatin+in+foods&author=Slade%2C+L.&publication_year=1987)

Solano, R. N., Posada, S. L., & Ortiz, D. M. (2011). Programación lineal aplicada a la  
formulación de raciones para rumiantes. Revista CES Medicina Veterinaria y  
Zootecnia, 6(2), 53-60.



- Sotillo, A. Q. (2019). Efecto de las micotoxinas en la producción porcina.  
[http://axonveterinaria.net/web\\_axoncomunicacion/criaysalud/2/cys\\_2\\_Micotoxinas\\_produccion\\_porcina.pdf](http://axonveterinaria.net/web_axoncomunicacion/criaysalud/2/cys_2_Micotoxinas_produccion_porcina.pdf)
- Stainsby, G. (1987). Gelatin gels. *Advances in Meat Research (USA)*.  
[https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?title=Gelatin+gels&author=Stainsby%2C+G.&publication\\_year=1987](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Gelatin+gels&author=Stainsby%2C+G.&publication_year=1987)
- Suárez Hernández, L., Barrera Zapata, R., & Forero Sandoval, A. F. (2016). Evaluación de alternativas de secado en el proceso de elaboración de harina de lombriz. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 17(1), 55-71.  
[https://doi.org/10.21930/rcta.vol17\\_num1\\_art:461](https://doi.org/10.21930/rcta.vol17_num1_art:461)
- Tesfaye, T., Sithole, B., Ramjugernath, D., & Chuilall, V. (2017). Valorisation of chicken feathers: Characterisation of chemical properties. *Waste Management*, 68, 626-635. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.06.050>
- Tilley, J. (2010, abril 20). ¿Cuán acidificantes son sus alimentos para cerdos? *Watt Industria Avícola*. <https://www.industriaavicola.net/audience-database-taxonomy/feed-milling-manufacturing/cuan-acidificantes-son-sus-alimentos-para-cerdos/>
- Timberlake, K. (2013). Hidrólisis y desnaturalización de las proteínas. Pearson Educación. <https://uruguayeduca.anep.edu.uy/sites/default/files/inline-files/7%20Hidr%C3%B3lisis%20y%20desnaturalizaci%C3%B3n%20de%20las%20prote%C3%ADnas.pdf>
- Urrutia, R. (2016). Importancia y beneficios de la proteína animal dietaria en perros. *VanguardiaVet 2021*. <https://www.vanguardiaveterinaria.com.mx/importancia-de-la-proteina-dietaria>

- Valdiviezo, L. (2019). ANÁLISIS DE ACIDEZ EN LA HARINA DE TRIGO  
[Universidad Técnica de Machala].  
[http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14699/1/E-5073\\_VALDIVIEZO%20AGUILERA%20LUDY%20DEL%20CISNE.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14699/1/E-5073_VALDIVIEZO%20AGUILERA%20LUDY%20DEL%20CISNE.pdf)
- Valerio Calderón, H. Y. (2015). Determinación de la energía metabolizable y digestible del gluten de maíz, hominy feed y subproducto de trigo en cuyes (*Cavia porcellus*). Universidad Nacional Agraria La Molina.  
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1831>
- Vázquez, I. R., Aguilera, A. F., Prado-Barragán, L. A., & Aguilar, C. N. (2008). Producción Fúngica de Proteasas Inducidas con Pelo de Cerdo. *Información tecnológica*, 19(2), 33-40. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642008000200005>
- Velásquez, E. P. G., & Medrano, C. R. G. (2013). Evaluación de la productividad de pollos de engorde de las líneas Arbor Acres Plus y Cobb no sexable. 20.
- Waldron, M. R. (2013). Enhancing Immunity and Disease Resistance of Dairy Cows through Nutrition (Animal Science Research Center). University of Missouri-Columbia.
- Wisman, E. L., & Engel, R. W. (1961). Tannery By-Product Meal as a Source of Protein for Chicks. *Poultry Science*, 40(6), 1761-1763.  
<https://doi.org/10.3382/ps.0401761>
- Wu, B., Mu, C., Zhang, G., & Lin, W. (2009). Effects of Cr<sup>3+</sup> on the Structure of Collagen Fiber. *Langmuir*, 25(19), 11905-11910.  
<https://doi.org/10.1021/la901577j>

Zamora Zamora, N. J. (2006). Determinación de la energía metabolizable verdadera de varias fuentes de carbohidratos utilizadas para la alimentación de aves.

Universidad de San Carlos de Guatemala.

Zhu, R., Yang, C., Li, K., Yu, R., Liu, G., & Peng, B. (2020). A smart high chrome exhaustion and chrome-less tanning system based on chromium (III)-loaded nanoparticles for cleaner leather processing. *Journal of Cleaner Production*, 277, 123278. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123278>

## 7. ANEXOS

### ANEXO 1

#### CARACTERIZACIÓN DE LA CARNAZA

##### Determinación de Humedad

$$\%P = 6,25 * \frac{(V_1N_1 - V_2N_2) - (V_3N_1 - V_4N_2)}{m} * meqN * 100$$

P= contenido de proteínas en harina para consumo animal, en porcentaje de masa.

$V_1$  = volumen de la solución de ácido sulfúrico empleado para recoger el destilado de la muestra, en  $cm^3$ .

$N_1$  = normalidad de la solución de ácido sulfúrico.

$V_2$  = volumen de la solución de hidróxido de sodio empleado en la titulación, en  $cm^3$ .

$N_2$  = normalidad de la solución de hidróxido de sodio.

$V_3$  = volumen de la solución de ácido sulfúrico empleado para recoger el destilado del ensayo en blanco, en  $cm^3$ .

$V_4$  = volumen de la solución de hidróxido de sodio empleado en la titulación del ensayo en blanco, en  $cm^3$ .

m= masa de la muestra, en g.

meqN= miliequivalentes de Nitrógeno = 0.014 meq

**Cuadro 1.** Datos de análisis de proteína bruta para la muestra por duplicado

Muestra	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$N_1$	$N_2$	m	%P
1	50 ml	50.1 ml	55.2 ml	0.1 N	0.1 N	0.05 g	89.25
2	50 ml	50.1 ml	55.2 ml	0.1 N	0.1 N	0.05 g	89.25

##### Determinación de extracto etéreo

$$G = \frac{m_1 - m_2}{m} * 100$$

G= contenido de grasa en la harina, en porcentaje en masa.

m= masa del material, tomada en el ensayo, g.

$m_1$ = masa del matraz de extracción, con grasa extraída, en g.

$m_2$ = masa del matraz vacío, en g.

**Cuadro 2.** Datos de análisis de extracto etéreo para la muestra por duplicado

Muestra	$m_1$	$m_2$	m	% G
1	123.804	123.728	5.034 g	1.519
2	123.802	123.727	5.012 g	1.513

## Determinación de Humedad

$$C = \frac{m_2 - m}{m_1 - m} * 100$$

C= Contenido de cenizas en la harina, en porcentaje de masa.

m= masa del crisol vacía, en g.

m<sub>1</sub>= masa del crisol con muestras (antes de incineración), en g.

m<sub>2</sub>= masa del crisol con las cenizas (después de la incineración), en g.

**Cuadro 3.** Datos de análisis de humedad para la muestra por duplicado

Muestra	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m	% C
1	44.687	40.666	40.646	0.495
2	45.778	41.798	41.781	0.425

## ANEXO 2

### COSTO DE MATERIA PRIMA PARA ELABORAR HARINA DE CARNAZA

**Cuadro 4.** Detalle de los costos de materia prima para producir 10 kg de harina de carnaza.

Materia Prima	Cantidad por lote (kg)	Costo \$ / kg	Costo por lote (\$)
Carnaza	10	0.22	2.2
Tensioactivo (BorroN LFG)	0.05	2.230	0.1115
Sulfato de amonio	0.2	0.680	0.136
Agua Oxigenada	0.17	0.98	0.1666
Ácido Acético	0.22	2	0.44
Hidróxido de Sodio	0.019	1.29	0.02451
Agua	25	0.0273	
		<b>TOTAL</b>	<b>3.07861</b>

## ANEXO 3 EVIDENCIA FOTOGRÁFICA



**Fotografía 1:** Muestreo de la materia prima. Fuente: Autores.



**Fotografía 2:** Tambor de pruebas para el procesamiento de la carnaza. Fuente: Autores.



**Fotografía 3:** Maquina cortadora de carnaza. Fuente: Autores.



**Fotografía 5:** Carnaza antes de la molienda. Fuente: Autores.



**Fotografía 5:** Secado luego de la molienda. Fuente: Autores.





**Fotografía 6:** Harina de carnaza. Fuente: Autores.



**Fotografía 7:** Alimento balanceado. Fuente: Autores.