

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Y BIOTECNOLOGÍA

CARRERA DE BIOTECNOLOGÍA



Optimización del proceso de secado del chicharrón obtenido de los residuos de carnaza de una curtiembre de Ambato para la elaboración de harina para consumo animal.

Informe Final de Integración Curricular, Modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención de título de Ingeniero Biotecnólogo, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

AUTOR: Edgar Renan Nata Pachucho

TUTOR: Dra. Nelly Esther Flores Tapia

Ambato – Ecuador

Marzo - 2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

Dra. Nelly Esther Flores Tapia

CERTIFICA:

Que el presente Informe Final de Integración Curricular ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Informe Final de Integración Curricular en modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que corresponde con las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 13 de febrero del 2023

Dra. Nelly Esther Flores Tapia

C.I. 1805159736

TUTORA

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Edgar Renan Nata Pachucho, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Informe Final de Integración Curricular, modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniero Biotecnólogo son absolutamente originales, auténticos y de mi autoría; a excepción las citas bibliográficas.



Edgar Renan Nata Pachucho

C.I. 1805159736

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Informe Final de Integración Curricular, modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firma:

Presidente del tribunal

Dr. Pablo Vinicio Tuza Alvarado

C.I. 1104063241

Mg. Juan de Dios Espinoza Moya

C.I. 1803201431

Ambato, 3 de marzo del 2023

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Informe Final de Integración Curricular o parte de él, como documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Informe Final de Integración Curricular, con fines de difusión pública, además, apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Edgar Renan Nata Pachucho

C.I. 1805159736

AUTOR

DEDICATORIA

A mis padres, quienes con su amor incondicional y apoyo constante han sido mi mayor motivación en este camino. Gracias por creer en mí y por estar a mi lado en las buenas y en las malas. Este logro es también suyo.

A mis profesores y mentores, por guiarme y brindarme su conocimiento y sabiduría. Gracias por creer en mis sueños y por ayudarme a alcanzarlos.

A mis amigos, por su amistad y apoyo incondicional. Gracias por hacerme reír en los momentos más difíciles y por estar ahí para celebrar los logros.

Esta tesis es dedicada a todas las personas que han hecho posible este logro, y a quienes están en mi corazón, les dedico con amor esta dedicatoria memorable.

AGRADECIMIENTO

A mis padres y hermanos, les agradezco por su amor incansable y por ser mis pilares de apoyo desde el primer día. Su dedicación y sacrificio han sido la base de mi éxito y no puedo expresar lo suficiente mi gratitud por todo lo que han hecho por mí.

A mi tutora, PhD. Nelly Flores y al Ing. Geovanny Freire les agradezco su apoyo incondicional durante mi viaje de investigación y escritura de mi tesis. Sus palabras de aliento y consejos sabios fueron una fuente constante de motivación y me ayudaron a mantenerme enfocado y comprometido con mi objetivo.

A Erika, Natalia, Mishel, Monserrat y Jessenia les agradezco por ser mis confidentes y amigas incondicionales durante este viaje. Sus risas, su amistad y sus consejos han hecho que este proceso sea mucho más llevadero y divertido.

A la empresa de curtiduría de Ambato, le agradezco por brindarme la oportunidad de investigar y aprender sobre su industria. Su cooperación y apoyo en mi proyecto fueron esenciales para su éxito y estoy muy agradecido por su colaboración.

Agradezco al equipo del laboratorio 1.4 y a los miembros del proyecto de Investigación “Proyecto reciclaje de residuos wet-blue para producir un adhesivo para zapatos”, código SFFCIAL07.

*Atentamente,
Edgar Nata*

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	iv
DERECHOS DE AUTOR.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes investigativos	1
1.1.1. La industria de la curtiembre en el mundo	1
1.1.2. Descripción de la industria de la curtiembre en Ecuador	2
1.1.3. Proceso de curtido al cromo de las pieles bovinas	3
1.1.4. Tipos de desechos de las curtiembres en Ecuador y Tungurahua	4
1.1.4.1. Cantidad de desechos a nivel de Ecuador.....	5
1.1.4.2. Cantidad de desechos a nivel de Tungurahua.....	6
1.1.5. Composición de la piel bovina	7
1.1.6. Obtención de la carnaza en el curtido de la piel bovina	8
1.1.7. Propiedades nutricionales y composición de la carnaza.....	9
1.1.8. Manejo de los residuos sólidos de la curtiembre.....	9
1.1.9. Alimentos nutricionales en la dieta animal	11
1.1.9.1. Balanceado o pienso	13
1.1.9.2. Materias primas para la elaboración de balanceado	13
1.1.10. Harina de carnaza	13

1.1.10.1	Proceso de obtención de la harina de carnaza.....	14
1.1.11.	Proceso de secado.....	15
1.1.12.	Tipos de harina de origen animal	15
1.2.	Objetivos.....	17
1.2.1.	Objetivo general.....	17
1.2.2	Objetivos específicos	17
1.3.	Hipótesis	18
1.3.1.	Hipótesis nula	18
1.3.1.	Hipótesis alternativa	18
CAPÍTULO II	19
METODOLOGÍA	19
2.1.	Materiales y equipos.....	19
2.1.1.	Equipos de laboratorio	19
2.1.2.	Instrumentos de laboratorio	20
2.1.3.	Reactivos de laboratorio	21
2.1.4.	Insumos de laboratorio.....	21
2.2.	Metodología.....	22
2.2.1.	Materia prima.....	22
2.2.2.	Caracterización de los desechos sólidos llamado carnaza para establecer los contenidos iniciales de humedad, grasa, proteínas y nutrientes.....	22
2.2.2.1.	Determinación de humedad.....	22
2.2.2.2.	Determinación de cenizas	23
2.2.2.3.	Determinación del Índice de acidez	24
2.2.2.4.	Determinación del índice de saponificación	25
2.2.2.5.	Determinación del índice de peróxido	25
2.2.2.6.	Determinación de proteína	26
2.2.2.7.	Determinación de grasa.....	27

2.2.2.8. Determinación de pH	28
2.2.3. Elaboración del chicharrón a partir de la cocción de la carnaza a condiciones controladas de temperatura, presión y tamaño de partícula de la carnaza	28
2.2.3.1. Descarnando.....	29
2.2.3.2. Molido	29
2.2.3.3. Recolección y almacenamiento.....	29
2.2.3.4. Cocción	29
2.2.4. Diseño de un proceso de secado para el chicharrón obtenidos de los residuos de carnaza para la producción de un alimento animal.....	29
2.2.4.1. Proceso de molienda y tamizado para la obtención de la harina de carnaza.....	30
CAPÍTULO III	32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
3.1. Análisis y discusión de los resultados	32
3.1.1. Caracterización de la carnaza	32
3.1.2. Elaboración del chicharrón a partir de la cocción de la carnaza.....	34
3.1.3. Proceso de secado del chicharrón para la producción de un alimento animal.....	37
3.1.3.1. Análisis estadístico.....	40
3.1.3.2. Balance de materia del secado del chicharrón con valores óptimos ..	43
3.1.3.3. Molido y tamizado para la obtención de la harina de carnaza	45
3.2. Verificación de hipótesis	49
CAPÍTULO IV	50
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	50
4.1 Conclusiones.....	50
4.2 Recomendaciones	52
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

ANEXOS.....	63
Anexo A. Proceso de secado del chicharrón de carnaza	63
Anexo B. Suscripción a Minitab	64
Anexo C. Análisis estadístico ANOVA para el horno Brinder	64
Anexo D. Análisis estadístico ANOVA para el deshidratador por convección	65
<i>Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.</i>	<i>65</i>
Anexo E. Porcentajes de humedad obtenidos por cada secado	66
Anexo F. Análisis Químicalabs.....	67
Anexo G. Evidencia fotográfica	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Importaciones y exportaciones de pieles y cuero bovino a nivel mundial....	1
Tabla 2. Etapas del curtido al cromo para la obtención del cuero	4
Tabla 3. Tasa de pago actual para desechos industriales en la ciudad de Ambato	6
Tabla 4. Composición de la piel bovina.....	9
Tabla 5. Gestión de los desechos sólidos de la curtiembre en distintos países	11
Tabla 6. Equipos de laboratorio	19
Tabla 7. Instrumentos de laboratorio.....	20
Tabla 8. Reactivos de laboratorio.....	21
Tabla 9. Insumos de laboratorio.....	21
Tabla 10. Matriz de condiciones para realizar el secado del chicharrón de carnaza.	30
Tabla 11. Valores nutricionales iniciales de la carnaza virgen	32
Tabla 12. Rendimiento del chicharrón y aciete obtenido después de la cocción de la carnaza molida	37
Tabla 13. Rendimiento del secado del chicharrón de carnaza en el horno Brinder ..	38
Tabla 14. Rendimiento del secado del chicharrón de carnaza en el deshidratador por convección.....	39
Tabla 15. Valores óptimos para el secado del chicharrón de carnaza.....	41
Tabla 16. Porcentaje de retención en el tamizado de harina de carnaza	46
Tabla 17. Valores nutricionales de la harina de carnaza	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curtiembres en el Ecuador	3
Figura 2. Porcentaje de contaminación en el proceso de obtención del cuero.....	6
Figura 3. Corte transversal de la piel bovina	7
Figura 4. Diagrama del proceso de ribera en el curtido de la piel bovina	8
Figura 5. Almacenamiento de desechos sólidos de la curtiduría	10
Figura 6. Diagrama del proceso de obtención de harina de carnaza.....	14
Figura 7. Procesamiento y almacenamiento de la piel fresca en la curtiembre	35
Figura 8. Cocción de la carnaza molida en la marmita de la empresa.....	36
Figura 9. Representación gráfica de la superficie que muestra la relación entre el tiempo, la temperatura y la humedad obtenida en el horno Brinder	40
Figura 10. Representación gráfica de la superficie que muestra la relación entre el tiempo, la temperatura y la humedad obtenida en el deshidratador por convección .	41
Figura 11. Diagrama del balance de masa para producción de harina de carnaza en el horno Brinder	43
Figura 12. Diagrama del Balance de masa para producción de harina de carnaza en el deshidratador por convección	44

RESUMEN

La industria de curtiembre en Ecuador está prosperando debido a la alta demanda de pieles para fabricar ropa y calzado. Sin embargo, también es reconocida por su impacto negativo en el medio ambiente. La curtiembre de Ambato produce alrededor de 4 toneladas diarias de desechos sólidos. Por ello, esta investigación, busca implementar un proceso para valorar la carnaza, un subproducto de la curtiembre, para producir harina proteica para alimentación animal. Este proceso incluye varios pasos, como el troceado, cocción, secado, molido y tamizado. El presente trabajo tuvo como objetivos principales: caracterizar la carnaza en términos de humedad, grasas, proteínas y nutrientes, realizar la cocción de la carnaza controlando el tiempo, temperatura y presión y optimizar el proceso de secado para obtener harina apta para la alimentación animal. Se determinó que la temperatura óptima de secado es de 60 grados centígrados durante 625 minutos, lo que resulta en un rendimiento de 36,66 por ciento de chicharrón seco con una humedad de 7,91 por ciento. La harina de carnaza es rica en proteínas (56,60 por ciento) y grasas (41,67 por ciento), lo que la convierte en un ingrediente valioso para la alimentación animal debido a que un alimento altamente proteico contribuye al crecimiento. Además, cumple con la mayoría de los requisitos establecidos por la INEN 1829.

Palabras claves: carnaza, harina proteica, residuos sólidos, curtiembres, secado de convección, gestión de residuos.

ABSTRACT

The tanning industry in Ecuador is thriving due to the high demand for leather to manufacture clothing and footwear. However, it is also recognized for its negative impact on the environment. The tannery in Ambato produces around 4 tons of solid waste daily. Therefore, this research aims to implement a process to valorize the fleshing, a by-product of the tanning process, to produce protein flour for animal feed. This process includes several steps such as chopping, cooking, drying, grinding, and sieving. The main objectives of this work were: to characterize the fleshing in terms of moisture, fats, proteins, and nutrients, to cook the fleshing by controlling time, temperature, and pressure, and to optimize the drying process to obtain flour suitable for animal feed. It was determined that the optimum drying temperature is 60 degrees Celsius for 625 minutes, resulting in a yield of 36.66 percent of dried pork rind with a moisture content of 7.91 percent. The fleshing flour is rich in protein (56.60 percent) and fat (41.67 percent), making it a valuable ingredient for animal feed because a high-protein food contributes to growth. Additionally, it meets most of the requirements set by the INEN 1829.

Keywords: offal, protein flour, solid waste, tanneries, convection drying, waste management.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

1.1.1. La industria de la curtiembre en el mundo

La producción mundial de pieles bovinas ha presentado una tendencia de crecimiento desde la década de 1960, con un énfasis en países desarrollados e industrializados que tienen una mayor capacidad de procesamiento para producir cuero (**Kiliç et al., 2021**). Se han registrado cifras cercanas a los 2 millones en el comercio de pieles y cuero vacuno. Actualmente, una de las preocupaciones de esta industria es su impacto ambiental negativo, ya que ha sido identificada como altamente contaminante debido al uso de productos químicos en el proceso de curtido, lo que resulta en la contaminación directa e indirecta del agua, aire y suelo al descargar los residuos sin tratamiento adecuado (**Reguito et al., 2020**).

Tabla 1

Importaciones y exportaciones de pieles y cuero bovino a nivel mundial

País	2021	
	Exportado	Importado
China	957.788.247	1.131.937
Italia	213.229.652	708.257
Corea del Sur	155.282.521	135.957
Tailandia	183.862.628	72.708.381
Alemania	155.170.441	77.460.749
Países Bajos	147.273.238	77.538.407
Austria	98.614.743	83.863.041
México	106.164.871	-
España	74.673.603	32.885.124
Japón	-	35.876.067
Otros	648.656.514	398.902.777
Total	2'740.680,459	2'755.386,293

Nota. Esta tabla muestra los valores de exportaciones e importaciones de cueros y pieles bovinas de acuerdo con cada país. Información tomada de la página **NOSIS-SAC, (2021)**.

La industria de curtiembres de cuero genera cerca de 33 millones de toneladas al año de residuos sólidos con diferentes propiedades (**Skrzypczak et al., 2022**). El procesamiento de la piel cruda de animales que son principalmente criados para la producción de leche y carne, es la fuente de más del 99% de la producción mundial de cuero. Esta industria produce residuos de fases sólidas, líquidas y gaseosas. Alrededor del 20% de la piel cruda se transforma en cuero terminado, el resto se pierde durante el proceso de fabricación (**Stefan et al., 2021**).

1.1.2. Descripción de la industria de la curtiembre en Ecuador

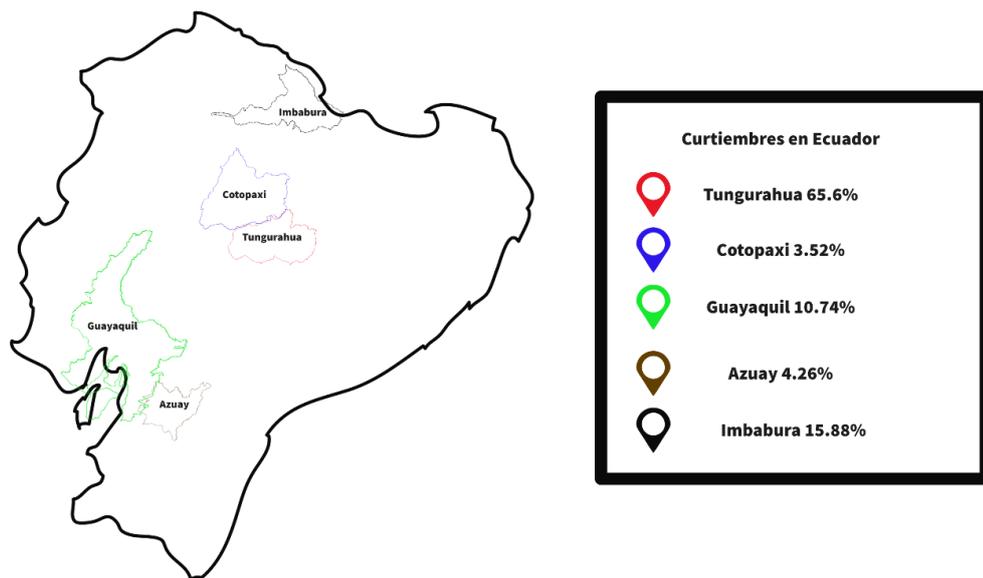
Ecuador es uno de los principales países productores de pieles animales, incluyendo bovina y porcino, que son utilizadas como materia prima en la fabricación de calzado y gelatina (**Martínez & Romero, 2017**). La transformación de la piel animal en un material fuerte, flexible y duradero se realiza en la industria de la curtiembre a través del uso de productos químicos (**Mendoza et al., 2016**). La producción de estas industrias está concentrada en Europa y Estados Unidos debido a la demanda comercial y la industrialización del material. Esto ha llevado a la adopción de nuevas tecnologías por parte de las curtiembres en América Latina para mantenerse en este mercado (**Yoseph et al., 2020**).

Actualmente, en Ecuador, el proceso de obtención de cuero implica remover el pelo de la piel y curtirla con productos químicos para mejorar su apariencia y tacto. Según la **Superintendencia de Compañías, (2021)**, existen aproximadamente 80 curtiembres en el país, incluyendo empresas grandes, medianas y pequeñas, lo cual demuestra su importancia como fuente de producción y empleo para muchas familias ecuatorianas (**Velásquez et al., 2015**). Además, estas industrias son destacadas dentro

de las actividades manufactureras y contribuyen a la economía local y nacional. Un estudio realizado por **Vidaurri & Morgan, (2011)**, menciona que el 60.6% de las curtiembres en Ecuador se encuentran en Tungurahua, seguida por Imbabura, Azuay y Cotopaxi, que conforman la Zonal 3 del país (figura 1).

Figura 1

Curtiembres en el Ecuador



Nota. La figura muestra los porcentajes de hacinamiento más representativos de las curtiembres en el país. Elaboración propia utilizando el programa Adobe Express. Tomado del reporte de la **Corporación de desarrollo de Ambato y Tungurahua, (2022)**.

1.1.3. Proceso de curtido al cromo de las pieles bovinas

El curtido transforma las pieles de animales en un material flexible y resistente a la descomposición tabla 2 (**González et al., 2017**). El proceso de curtido varía dependiendo del producto final deseado y utiliza químicos como ácidos, sales de cromo, disolventes, sulfuros y colorantes para transformar la piel en un producto comercial (**Said et al., 2022**).

Tabla 2

Etapas del curtido al cromo para la obtención del cuero

Obtención de materia prima
Sección 1: Pre - curtido
❖ Proceso de Curación y desinfección
❖ Pelambre
❖ Eliminación de la carne y grasa (Descarnado)
❖ Limpieza de la grasa (Desengrasado)
❖ Piquelado
Sección 2: Curtido
❖ Al cromo y con agentes vegetales
Sección 3: Post - curtido
❖ Secado (eliminación de humedad)
❖ Engrasado
❖ Rebajado y acabado
❖ Clasificación

Nota. Basado en los artículos de (Luis & Rivera, 2006) & (Kandasamy et al., 2020).

El proceso de curtido al cromo se divide, a grandes rasgos, en tres secciones: pre - curtido, curtido y el post - curtido. La sección de curtido es el paso más crucial porque modifica las pieles crudas a cuero a través de la estabilización de las fibras de colágeno contra el calor y el ataque enzimático, empleando agentes químicos como óxidos o sales de cromo, taninos vegetales y sales de aluminio (Ouyang et al., 2022).

1.1.4. Tipos de desechos de las curtiembres en Ecuador y Tungurahua

Cando et al., (2021), menciona que los desechos que generamos son un reflejo de la producción y consumo en nuestra sociedad. La gestión de estos residuos se realiza a través de acuerdos internacionales para proteger la salud humana y el medio ambiente. Ecuador cuenta con la Normativa Ambiental No. 061, la cual establece:

El Artículo 79 y 149 establece que se debe controlar las sustancias químicas y desechos (sólidos, líquidos y gaseosos) peligrosos que se encuentran en los listados aprobados por la Autoridad Ambiental Nacional. Este incluye tanto sustancias químicas prohibidas como aquellas con uso restringido en Ecuador. Se prioriza el control de las sustancias químicas que presentan un alto riesgo potencial o comprobado para la salud y el medio ambiente, en función de su magnitud de uso o peligrosidad (**Ministerio del Ambiente, 2021**).

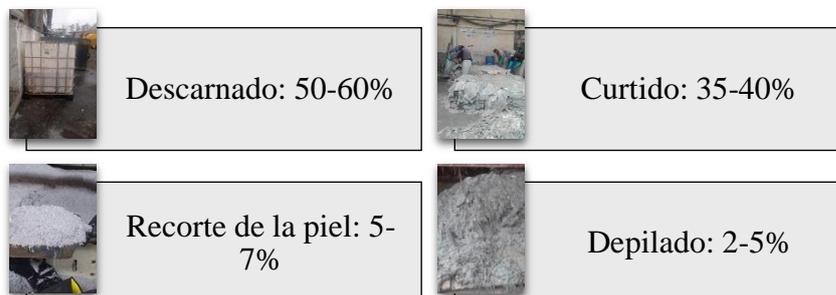
1.1.4.1. Cantidad de desechos a nivel de Ecuador

Según el **Ministerio del Ambiente, (2021)**, los desechos sólidos son aquellos que, después de haber cumplido su función, no tienen valor económico. En este contexto, el Gobierno Nacional, a través del Ministerio del Ambiente, creó en abril de 2010 el Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS) con el objetivo de mejorar la gestión de los desechos a nivel municipal y reducir la contaminación ambiental y proteger los ecosistemas (**Cando et al., 2021b**).

Según **Peñates F et al., (2017)**, en una curtiembre hay desechos líquidos y sólidos, tanto orgánicos (provenientes de seres vivos) como inorgánicos (de origen industrial). En el año 2020 Ecuador recogió 375 mil toneladas de residuos sólidos, de los cuales el 60.5% eran orgánicos (**Galarza & Santana, 2016**). En la fabricación del cuero, los desechos sólidos son generados en todas las etapas, incluyendo partículas finas, lodos, trozos de cuero, virutas, restos de carne, cola y cabello figura 2 (**Stefan et al., 2021**). Según **González Ordóñez et al., (2017)**, por cada 1000 kg de cuero producido, alrededor de 850 kg de desechos sólidos son generados.

Figura 2

Porcentaje de contaminación en el proceso de obtención del cuero



Nota. La figura muestra los porcentajes de contaminación tanto líquidos como sólidos en las diferentes etapas del proceso de curtido de la piel bovina. Basado en el artículo de (Kandasamy et al., 2020).

Los residuos sólidos descarnados y verdes son resultado de la técnica de curtido tradicional. Estos descartes se generan luego de separar la carne de la piel en vacas y pueden ser utilizados como materia orgánica para el compostaje o como una fuente valiosa de grasas y proteínas (Amaro et al., 2022).

1.1.4.2. Cantidad de desechos a nivel de Tungurahua

El Departamento de Limpieza de la municipalidad de Ambato, manejado por la EMP-GIDSA, ha informado en el año 2021 que recogieron un total de 91,223.40 toneladas de desechos sólidos del sector industrial, con una tasa de 250.61 toneladas por día (Cando et al., 2021a).

Tabla 3

Tasa de pago actual para desechos industriales en la ciudad de Ambato

Cantidad de desechos	Valor (USD)
1 kg	0,02246

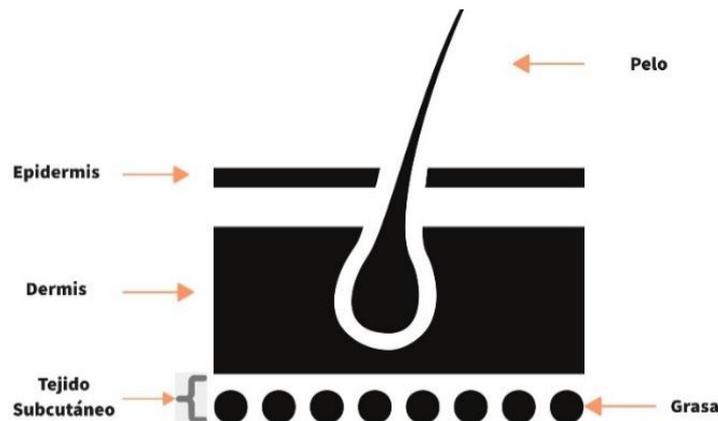
Nota. Basado en la tasa de pagos de servicios del (GIDSA, 2022).

1.1.5. Composición de la piel bovina

Como producto final de los procesos de curtido de la piel bovina se obtiene el cuero el cual es un material resistente y flexible. **Kiliç et al., (2021)**, menciona que solo el 20% se transforma en cuero y el 45% de la piel cruda se desecha en forma de residuos curtido y no curtido. Uno de los desechos sólidos es conocido como carnaza que proviene del proceso de descarnado, el cual se puede aprovechar como materia prima para la creación de subproductos (**Chojnacka et al., 2021**). La piel bovina consta de dos capas: una capa celular superficial llamada epidermis; la otra capa fibrosa denominada dermis. También existe tejido subcutáneo y grasa, que son separados y descartados durante el proceso de fabricación del cuero figura 3 (**Castañeda et al., 2017**).

Figura 3

Corte transversal de la piel bovina

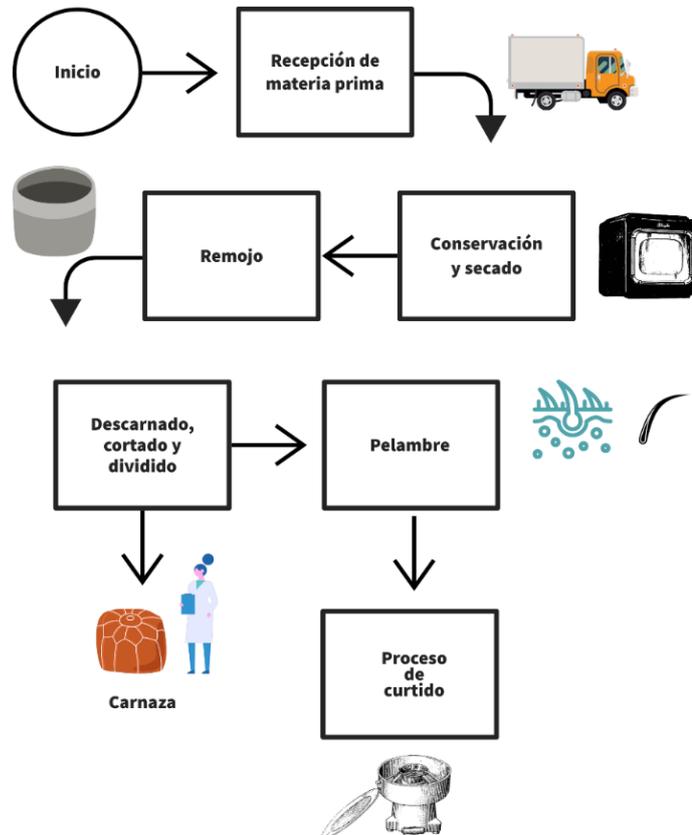


Nota. La figura muestra la estructura de la piel bovina donde se pueden distinguir tres partes que son la epidermis, la dermis y el tejido subcutáneo. Elaboración propia utilizando el programa Adobe Express.

1.1.6. Obtención de la carnaza en el curtido de la piel bovina

Figura 4

Diagrama del proceso de ribera en el curtido de la piel bovina



Nota: El proceso de ribera denominado proceso de “limpieza”, consiste en obtener la materia prima, eliminar las cantidades de carne, grasa, pelo que tiene las pieles. Basado en el artículo de (Zhang & Chen, 2020).

La figura 4 muestra la obtención de la carnaza desde la recepción de las pieles frescas, las cuales. Dependiendo de las prácticas de la empresa, una parte de las pieles se conserva y se seca con la adición de cal, mientras que la otra parte es remojada para ser lavada y descarnada en verde, donde se eliminan los excesos de grasa y carne. A continuación, se aplican soluciones alcalinas como la cal ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) y el sulfuro

sódico (Na₂S) o enzimas para garantizar el depilado de las pieles, y finalmente se sigue el proceso de curtido (**Kandasamy et al., 2020**).

1.1.7. Propiedades nutricionales y composición de la carnaza

Las carnes y derivados se consideran uno de los alimentos más importantes para poder mantener una dieta sana y equilibrada, que ayude a lograr un óptimo crecimiento y desarrollo. Dentro de la composición química de la piel bovina el 95% de la proteína es colágeno, además de ser una fuente importante de macronutrientes (agua, proteína, grasas saturadas e insaturadas) y micronutrientes (hierro, zinc y vitaminas) (**Puhazhselvan et al., 2021**).

Tabla 4

Composición de la piel bovina

Composición	Cantidad (%)
Proteína	33
Agua	64
Grasa	2
Sustancias minerales	0,5
Otras	0,5

Nota. Tomando información del artículo de (**Tarafdar et al., 2021**).

1.1.8. Manejo de los residuos sólidos de la curtiembre

Los desechos sólidos ya sean estos peligrosos o no se dan en distintas etapas del curtido de la piel bovina como por ejemplo en el área de pre-curtición se obtiene restos de grasa y carne, en la etapa de pelambre se obtiene el pelo, en la etapa de acabado se obtiene virutas de wet-blue y polvo de pulido (**Selvaraj et al., 2019a**). Los desechos orgánicos por lo general son almacenados en tachos de plástico debidamente tapados y contenedores IBC figura 5.

Figura 5.

Almacenamiento de desechos sólidos de la curtiduría



Nota. a) muestra el almacenamiento de carnaza molida después de la cocción. b) muestra el almacenamiento de carnaza en contenedores IBC.

Actualmente en Ecuador los residuos sólidos no peligrosos de las curtiembres son almacenados en tachos de plástico y depositados en los rellenos sanitarios de cada provincia. El EPM-GIDSA de la ciudad de Ambato reportó un total de 250,61 toneladas/diarias de residuos sólidos orgánicos recolectados en el año 2021. **İşler et al., (2010)**, menciona que estos residuos sólidos no peligrosos de las curtiembres pueden ser aprovechados, si se transforma esta materia prima en productos con un valor agregado tabla 5.

Tabla 5

Gestión de los desechos sólidos de la curtiembre en distintos países

País	Reciclaje
India	Vermicompost de residuos provenientes de la curtiembre.
Bangadesh	Fabricación de compost a partir de residuos sólidos del descarnado.
China	Extracción de aceite para la elaboración de biocombustibles.
Brasil	Producción de biogás a partir de residuos sólidos de curtiembre.
Alemania	Extracción de queratina de residuos del pelambre.
Ecuador	Producción de un alimento balanceado a partir de residuos de curtiembre.
Irán	Recuperación eficiente de cromo de lodos de tenería.

Nota. La tabla muestra algunas alternativas de reutilización de desechos sólidos y líquidos de la curtiembre. Tomando información del artículo de **(Verma & Sharma, 2022)**.

En muchos países, la carnaza es el residuo sólido más peligroso debido a su contenido de sulfuro de sodio, un químico tóxico y corrosivo **(Benitez et al., 2020)**. En la India, alrededor de 700 mil toneladas de pieles se convierten en cuero, lo que produce 100 mil toneladas de desechos de carne y grasa, tanto peligrosos como no peligrosos. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura menciona que en todo el mundo se producen alrededor de 979.800 toneladas de carne vacuno cada año **(Selvaraj et al., 2019b)**. La eliminación adecuada de este tipo de desechos es fundamental para la conservación del medio ambiente.

1.1.9. Alimentos nutricionales en la dieta animal

Según **(INEN, 2014)**, indica que los alimentos balanceados son mezclas de ingredientes creados para cubrir las necesidades nutricionales de diferentes tipos de animales según su edad y estado reproductivo. Estos alimentos pueden ser utilizados como fuente única de nutrición o complementar a otras fuentes alimentarias. Se pueden

encontrar en forma sólida, líquida o combinada dependiendo la necesidad del consumidor.

En la industria, se elaboran formulaciones de alimentos que suelen incluir varios componentes, con el objetivo de reducir costos, preservar la calidad y satisfacer las necesidades nutricionales del animal sin afectar su crecimiento (**Rostegno et al., 2011**). Estos estudios son de vital importancia ya que generan alternativas nuevas en la recuperación de desechos en productos novedosos.

Un alimento balanceado para cerdos debe mantener un equilibrio electrolítico negativo y tener una capacidad de amortiguamiento para mantener un pH de 4 en el estómago del animal (**INEN, 2014**). En el estómago del cerdo, varias enzimas como la amilasa, proteasa y lipasas hidrolizan los nutrientes de los alimentos. Estas enzimas son más efectivas en un pH óptimo que favorece la digestibilidad. Por lo tanto, es crucial conocer y regular el pH de los alimentos. Si el pH es demasiado alcalino, disminuye la producción de pepsina, una enzima que degrada las proteínas, lo que puede llevar a la presencia de organismos patógenos (**Flores, 2017**).

De acuerdo con la Asociación de Fabricantes de Alimentos Balanceados (**AFABA, 2022**), los alimentos balanceados para aves son los de mayor consumo en Ecuador, ya que alrededor del 74% de la producción total de alimentos balanceados se destina a la alimentación de aves de engorde (**Rivera et al., 2020**). La industria avícola ha experimentado un aumento del 193% en la producción de huevos y un aumento del 588% en la producción de carne de pollo, siendo las provincias de Pichincha, Guayas, Imbabura y Tungurahua las que cuentan con la mayor producción de pollos de engorde (**Martínez & Romero, 2017**).

1.1.9.1. Balanceado o pienso

Orrico et al., (2011), describe al balanceado o pienso como una mezcla de ingredientes alimenticios, mediante formulaciones específicas, para luego ser suministrada como única ración para la producción y sustento del animal, sin el consumo de otras sustancias, a excepción del agua.

1.1.9.2. Materias primas para la elaboración de balanceado

Un balanceado consta de diferentes ingredientes que proporcionan energía a través de carbohidratos, grasas y proteínas. Una dieta animal necesita altas cantidades de proteínas y carbohidratos, por lo que se puede añadir componentes como torta de soya, carne, trigo y maíz amarillo. Además, se pueden agregar aditivos adicionales para mejorar el sabor y la consistencia, y también deben incluir nutrientes que brindan aminoácidos y vitaminas para un óptimo crecimiento del animal (**AFABA, 2022**).

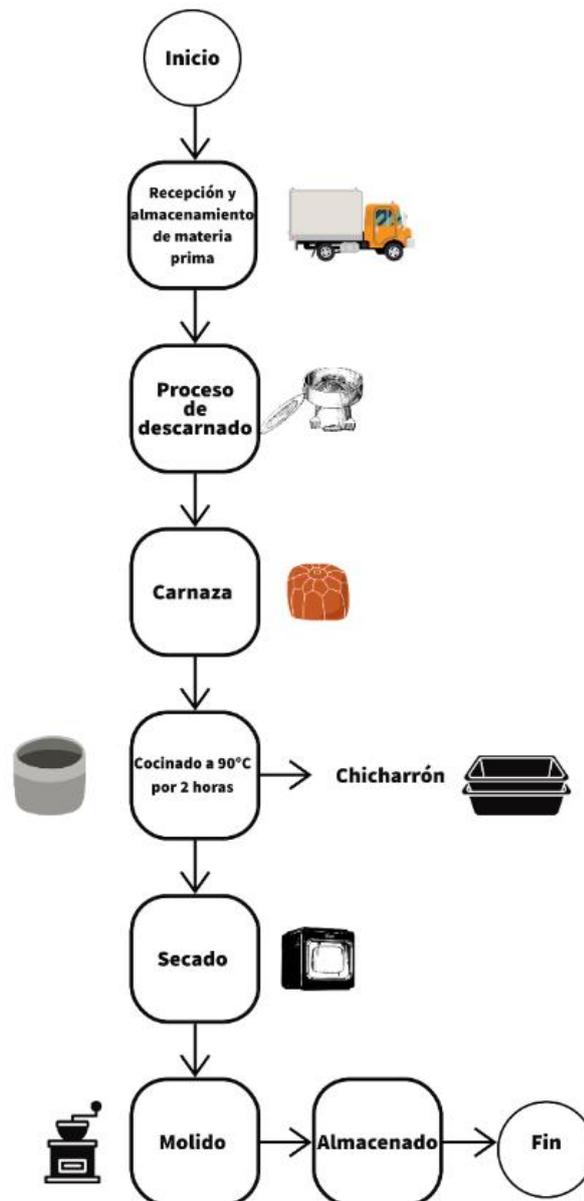
1.1.10. Harina de carnaza

Según **Mora et al., (2020)**, la harina de carnaza está formada principalmente de fibras de colágeno, lo cual le otorga potenciales usos a nivel industrial por su bajo costo y alto contenido de aminoácidos. La harina es principalmente obtenida de vacunos. Por lo tanto, se recomienda su uso en subproductos por su contenido de proteínas, grasas y cenizas (**Leite et al., 2019**). Además, la heterogeneidad es un factor que influye en la calidad de la harina, ya sea por la mezcla de especies en el proceso de extracción de la carnaza o el tipo de alimentación que recibió el animal. **Blas et al., (2010)**, menciona que las harinas de origen animal tanto de carne como de hueso son buenas fuentes de proteínas y aminoácidos.

1.1.10.1 Proceso de obtención de la harina de carnaza.

Figura 6

Diagrama del proceso de obtención de harina de carnaza



Nota. La figura 6 ilustra el procedimiento para obtener la harina de carnaza. Este inicia con la recolección y el almacenamiento de la materia prima, la cual es llevada al proceso de descarnado, corte y separación donde se obtiene trozos de carne y grasa. Estos residuos después son sometidos a un proceso de cocción para lograr la separación de dos componentes claramente diferenciados, que son el chicharrón y el

aceite, los cuales son secados a condiciones controladas, una vez seco se los muelen y almacenan. Adaptado del estudio de (Alcívar et al., 2016).

1.1.11. Proceso de secado

El secado hace referencia a la eliminación de agua de algún material o sustancia que le permita prolongar su vida útil. El término secado también se utiliza para referirse a la eliminación de líquidos orgánicos como benceno, o disolventes orgánicos de materiales sólidos (Souza et al., 2020). Dependiendo del material y las condiciones requeridas, se utilizan equipos y métodos adecuados, incluyendo métodos mecánicos, físicos o químicos. Para obtener harina de carnaza Cedeño et al., (2016), recomienda usar un secador eléctrico que proporciona calor a través de las paredes, ya sea con o sin convección.

1.1.12. Tipos de harina de origen animal

Hay harinas de subproductos de aves que incluyen plumas, sangre, huesos o una mezcla de ellos (incluye, vísceras, cabezas y patas). Este producto presenta una coloración amarillo moreno, una textura granulosa, medio pastosa, un pH de 6.03 y un olor particular debido a la presencia de los ácidos grasos presentes en el producto. También hay harinas de subproductos de rumiantes estos pueden ser de carne o huesos y tiene características similares, estos subproductos son una excelente fuente de proteínas y aminoácidos y puede ayudar a mejorar el aroma y sabor de los alimentos (Torres, 2019).

Es de vital importancia la utilización de la carnaza como materia prima para la elaboración de subproductos que sirvan para alimentación animal, ya que ayudaría a reducir la contaminación ambiental generada, al mismo tiempo de contribuir a la reducción del pago de multas a la industria de la curtiembre por este tipo de desechos,

esta materia prima se puede utilizar como complemento o suplemento en la alimentación por su alto valor proteico y contenido de aminoácidos.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Optimizar el proceso de secado del chicharrón producido a partir de la cocción de los residuos de carnaza provenientes de una curtiembre de Ambato para elaborar un alimento de consumo animal.

1.2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar los desechos sólidos denominados carnaza para establecer los contenidos iniciales de humedad, grasa, proteínas y nutrientes.
- Elaborar chicharrón a partir de la cocción de la carnaza a condiciones controladas de temperatura, presión y tamaño de partícula de la carnaza.
- Optimizar el proceso de secado del chicharrón obtenido de los residuos de carnaza para producir un alimento animal que cumpla la norma INEN 1829:2014.

1.3. Hipótesis

1.3.1. Hipótesis nula

H₀: Los equipos utilizados para el secado de los chicharrones obtenidos de los desechos sólidos de la curtiembre no influyen en la calidad del subproducto.

1.3.1. Hipótesis alternativa

H₁: Los equipos utilizados para el secado de los chicharrones obtenidos de los desechos sólidos de la curtiembre influyen en la calidad del subproducto.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Materiales y equipos

2.1.1. Equipos de laboratorio

Los equipos descritos a continuación fueron utilizados durante el proceso experimental.

Tabla 6

Equipos de laboratorio

Equipo	Cantidad
Horno Binder	1
Deshidratador por convección GANDER	1
Balanza analítica Radwag	1
Incubadora Gemmyss	1
Balanza de humedad MRC	1
pH metro digital FisherScientific	1
Balanza digital OHAUS	1
Mufla BIOBASE MC10-12	1
Dumas Nitrogen Analyzer VELP	1
Sorbona Frontier Junior	1
Licadora OSTER	1
Molino de discos PIEDR	1
Balanza analítica INCLAM	1
Plancha 4 puestos VELP	1
Extractor de solventes SER148	1
Computador Hp con sistema operativo Windows 10	1

2.1.2. Instrumentos de laboratorio

El experimento fue llevado a cabo en los laboratorios de investigación de la Unidad Operativa (UODIDE-FCIAB), de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. A continuación, se detalla los instrumentos utilizados en la presente investigación:

Tabla 7

Instrumentos de laboratorio

Instrumento	Cantidad
Pinzas	1
Crisoles de porcelana	24
Desecador	2
Tijeras	1
Vasos de precipitación de 100 y 250 mL	5
Tamiz	2
Matraz de 100 mL	5
Matraz Erlenmeyer de 250 mL	5
Molino manual	1
Mortero y pistilo	1
Espátula	1
Cuchara metálica	1
Agitador metálico	
Bureta graduada de 1 y 5 mL	2
Soporte y pinza para bureta	1
Tubo refrigerante	2
Termómetro	1
Pera de succión	2
Gotero	2
Núcleos de ebullición	20 gramos
Probeta de 100 mL	1
Probeta de 500 mL	1
Cartuchos de extracción Fagalab	5
Vasos de extracción de vidrio (Velp)	5
Varilla de agitación	1
Granallas de zinc	250 gramos

2.1.3. Reactivos de laboratorio

Tabla 8

Reactivos de laboratorio

Detalle	Cantidad
Alcohol etílico 95% de pureza	350 mL
Éter dietílico 95% de pureza	150 mL
Hidróxido de sodio	20 gramos
Hidróxido de potasio	20 gramos
Fenolftaleína	5 mL
Ácido sulfúrico	15 mL
Ácido clorhídrico	15 mL
Granallas de zinc	6 gramos
Sulfato de sodio	5 gramos
Ácido acético glacial	30 mL
Cloroformo	20 mL
Yoduro de potasio	10 mL
Tiosulfato de sodio	13 gramos
Parafina solida	8 gramos
Éter de petróleo	40 mL
Rojo de metilo	5 mL
Ftalato ácido de potasio	30 mL
Pastillas kjeldahl	10 unidades
Hexano 98,5% de pureza	200 mL

2.1.4. Insumos de laboratorio

Tabla 9

Insumos de laboratorio

Detalle	Cantidad
Guantes de nitrilo	1 caja
Papel aluminio	1 caja
Toalla de cocina	1 rollo
Papel	1 rollo
Alcohol antiséptico	2 botellas
Fundas zipoc	100 unidades
Jabón líquido	1 botella
Axion	1

2.2. Metodología

La metodología fue desarrollada en tres fases, en la primera se realizó la caracterización de la carnaza para establecer los contenidos iniciales de humedad, grasa, proteínas y nutrientes, en la segunda se realizó la cocción de la carnaza para obtener el chicharrón y en la tercera se realizó la optimización de secado del chicharrón de carnaza para producir harina para consumo animal.

Fase 1

2.2.1. Materia prima

La carnaza fue proporcionada por una de las curtiembres ubicadas en el Parque Industrial del cantón Ambato provincia del Tungurahua, la cual fue preservada bajo refrigeración a 4°C en recipientes limpios para llevar a cabo un análisis proximal.

2.2.2. Caracterización de los desechos sólidos llamado carnaza para establecer los contenidos iniciales de humedad, grasa, proteínas y nutrientes.

2.2.2.1. Determinación de humedad

Es una de las técnicas más empleadas para el control y conservación de los alimentos, puesto que la mayoría de los productos alimenticios posee un alto contenido de agua como las carnes y derivados con un 60-75%, la humedad indica la estabilidad del producto (**Porras, 2018**).

La humedad se determinó de acuerdo con la norma INEN 39. Se taro los crisoles a 105°C por 1 hora, luego se pesó 5 gramos de muestra en una cápsula vacía, se la introdujo en la estufa a 105°C por 1 hora, se midió su peso y se volvió a introducir en la estufa por 30 minutos hasta alcanzar un peso constante. Finalmente, se enfrió los

crisoles en un desecador por 20 minutos y se pesó (INEN, 1973a). La pérdida de masa por calentamiento se calculó mediante la ecuación [2.1]:

$$P = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m} \times 100 \quad [2.1]$$

Donde:

p = Contenido de humedad expresado en porcentaje.

m = Masa de la cápsula de porcelana.

m₁ = Masa de la cápsula de porcelana y la muestra antes del calentamiento.

m₂ = Masa de la cápsula de porcelana y la muestra después del calentamiento.

Se utilizó también una balanza de humedad Rawga. Este equipo simplifica, agiliza y facilita calcular el porcentaje de humedad de la carnaza virgen y el chicharrón. Su funcionamiento se basa en la medición del agua en la muestra a través de la inducción electromagnética (RADWAG, 2018).

2.2.2.2. Determinación de cenizas

La determinación de cenizas hace referencia al análisis de residuos orgánicos que quedan después de la ignición u oxidación completa de la muestra. Los minerales constituyentes (cenizas) permanecen en el residuo en forma de óxidos, sulfatos, fosfatos, silicatos y cloruros, en dependencia del producto analizado. La cantidad de cenizas es un indicador de la cantidad total de minerales y materia inorgánica, incluyendo microelementos esenciales para las funciones metabólicas en el organismo.

Se aplicó la metodología establecida por INEN 544, que consiste en tarar los crisoles a una temperatura de 105°C durante 20 minutos, esperar a que se enfríen y medir 3 gramos de la muestra en ellos. Después, se colocaron en una mufla a una temperatura

de 105°C por un período de 4 horas (INEN, 1980c). El porcentaje de contenido de cenizas se calculó empleando la siguiente ecuación [2.2]:

$$\text{Cenizas (\%)} = \frac{\text{peso del crisol + cenizas} - \text{peso del crisol vacío}}{\text{peso de la muestra}} \times 100 \quad [2.2]$$

2.2.2.3. Determinación del Índice de acidez

El índice de acidez es un indicador de la cantidad de NaOH o KOH requerida para equilibrar los ácidos grasos libres contenidos en 1 gramo de aceite o grasa, y refleja el grado de hidrólisis de esta. Esta presencia de ácidos grasos libres se debe a la acción de las enzimas llamadas lipasas.

Se utilizó la metodología descrita por la norma INEN 38, se pesó 5 gramos de muestra en un matraz Erlenmeyer de 250 mL, a la cual se le agregó 50 mL de la mezcla alcohol etílico, después se valoró agitando continuamente con hidróxido de potasio 0,1 N hasta que se observó un viraje de color (INEN, 1991). El índice de acidez se calculó utilizando la ecuación [2.3]:

$$A = \frac{M * V * N}{10 * m} * 100 \quad [2.3]$$

Donde:

A = acidez del producto, expresado en términos de porcentaje.

V = Cantidad de solución de hidróxido de sodio utilizada en la titulación, en mL.

N = Concentración normal de la solución de hidróxido de sodio.

m = Masa de la solución, en g.

2.2.2.4. Determinación del índice de saponificación

El valor de saponificación mide de los grupos reactivos alcalinos en los aceites industriales y derivados y se expresa como los mg de hidróxido de potasio necesario para que reaccionen con 1 gramo de la muestra. Se empleó la metodología descrita por la norma INEN 40, se pesó 3 gramos de muestra, se agregó 25 mL de solución etanólica de hidróxido de potasio 0,5 N, se calentó por 60 minutos con agitación constante, se enfrió y agregó 4 gotas del indicador fenolftaleína, se valoró con ácido clorhídrico hasta el viraje de color (INEN, 1973b). Para determinar el índice de saponificación se utilizó la ecuación [2.4]:

$$i = \frac{56.1(V_1 - V_2)N}{m} \quad [2.4]$$

Donde:

i = Índice de saponificación del producto, en mg/g

V_2 = Cantidad de ácido clorhídrico utilizada en la titulación de la muestra, en mL.

V_1 = Cantidad de ácido clorhídrico empleado en la titulación del blanco, en mL.

N = Normalidad del ácido clorhídrico o sulfúrico.

m = Peso de la muestra analizada, en g.

2.2.2.5. Determinación del índice de peróxido

El índice de peróxidos determina la cantidad de oxígeno en relación con el peso de la grasa, y refleja el grado de oxidación de un aceite. Durante el proceso de oxidación de las grasas, los hidroperóxidos son el producto inicial, que en grandes cantidades se denotan con el olor y sabor rancio característico. Se cree que el fuerte y desagradable olor a rancio es causado por la presencia de aldehídos con 6-9 átomos de carbono.

Se siguió el método establecido por la norma INEN 277, se pesó de 5 gramos de muestra en un matraz de 250 mililitros, seguido de la adición de 30 mililitros de ácido acético y cloroformo. La mezcla se agitó y se añadió 0,5 mililitros de yoduro de potasio. Se cerró el frasco y se agitó durante 1 minuto y se añadió 30 mL de agua destilada, se valoró el yodo liberado con una disolución de Tiosulfato de sodio 0,1 N (INEN, 1978). Para el análisis del índice de peroxidación se empleó la ecuación [2.5]:

$$I = \frac{VN}{m} \times 1000 \quad [2.5]$$

Donde:

I = Índice de peróxidos en meq de O₂ /kg de producto.

V = Cantidad de solución de tiosulfato de sodio utilizada en la titulación de la muestra, en mL.

N = Concentración normal de la solución de tiosulfato de sodio.

m = Masa de la muestra, en g.

2.2.2.6. Determinación de proteína

Se llevó a cabo una medición de proteínas siguiendo la norma INEN 543, la cual incluía el uso del método Kjeldahl, que consiste en determinar la cantidad de proteínas a partir de la cantidad de nitrógeno.

Se pesó 1,18 g de la muestra, se mezclaron en un procesador de alimentos y se colocó en el matraz Kjeldahl junto con 1 pastilla Kjeldahl que contenía sulfato de potasio anhidrido y sulfato de cobre, junto con 40 mL de ácido sulfúrico concentrado.

La muestra se calentó en un Turbotherm a 400°C durante 60 minutos para su digestión hasta que se observó un residuo de color verde. Después, se enfrió y se agregaron 30

ml de ácido bórico y 70 ml de agua destilada para su lavado durante 7 minutos, con el objetivo que el resultado sea de color turquesa.

Para la titulación, se utilizó una solución de ácido clorhídrico al 0.1 N hasta que se alcanzó un color rosa (INEN, 1980b). El contenido de proteína se calculó con la ecuación [2.6]:

$$\% \text{Nitrógeno} = \frac{0.014 * (V_1 - V_0) * N}{m} * 100 \quad [2.6]$$

$$\% \text{Proteína} = \% \text{Nitrógeno} * 6,25$$

Donde:

P= Contenido de proteína, en porcentaje.

V₁= volumen de la solución de ácido clorhídrico empleado en la titulación de la muestra, en mL.

V₀= volumen de la solución de ácido clorhídrico en la titulación del blanco, en mL.

N₁= normalidad de la solución de ácido clorhídrico.

m= masa de la muestra, en g.

2.2.2.7. Determinación de grasa

Se empleó la metodología descrita en la norma AOAC 920.39, utilizando el equipo VELP Scientifica SER 148/6. Se tararon los vasos del equipo con 4 núcleos de ebullición a 105°C por 30 minutos. Se pesó los vasos y se agregó 1 g de muestra en los dedales, los cuales se colocaron en el equipo al igual que los vasos con 50 mL de hexano. El equipo se encendió a condiciones de 130 °C y se llevaron a cabo tres etapas: la primera de inmersión durante 40 minutos, donde la muestra se sumerge en el disolvente en ebullición (hexano); la segunda de lavado durante 60 minutos, donde el disolvente fluyó sobre la muestra; y la tercera de recuperación durante 30 minutos, donde el disolvente utilizado fue recolectado por el equipo. Una vez obtenido el

material extraído (grasa), se colocó los vasos en la estufa de secado a 105°C por 15 minutos. Finalmente, se enfrió y se pesó en la balanza analítica (AOAC, 2016). El porcentaje de grasa se calculó utilizando la ecuación [2.7]:

$$\% \text{ de grasa total} = \frac{M_2 - M_1}{m} \times 100 \quad [2.7]$$

Donde:

M₁= peso inicial del vaso antes de la extracción

M₂= peso final del vaso después de la extracción

m= peso de la muestra

2.2.2.8. Determinación de pH

El pH es un indicador proporcional del crecimiento de microorganismos en harinas o alimentos. No hay un estándar nacional para las harinas de origen animal, pero se utilizó como guía la norma INEN 783. La metodología se describe en la norma y primero se pesó 10 gramos de la muestra previamente molida y se agregó 90 mL de agua destilada para dejar en maceración durante 1 hora. Finalmente, se realizaron las lecturas en el pH metro (INEN, 1985).

Fase 2

2.2.3. Elaboración del chicharrón a partir de la cocción de la carnaza a condiciones controladas de temperatura, presión y tamaño de partícula de la carnaza

Dentro del proceso de curtido de las pieles bovinas tenemos el proceso de descarnado en donde se generan residuos sólidos como pelos, colas, carne y grasa que se obtienen de los recortes de la piel cruda (Ravindran & Sekaran, 2010). A continuación, se detalla los pasos que se empleó para la obtención del chicharrón de carnaza:

2.2.3.1. Descarnando

En esta fase del curtido de la piel bovina se eliminaron los residuos de carne, grasa y pelos de la parte interna de la piel, mediante la utilización de máquinas industriales.

2.2.3.2. Molido

Los residuos del descarnado pasaron al molino industrial, donde se redujo en partículas de un tamaño aproximado de 8 milímetros.

2.2.3.3. Recolección y almacenamiento

Después de ser molido, se ubicó en tanques. Luego, para las pruebas en el laboratorio se recolectaron muestras en baldes de 20 y 10 litros, se sellaron y se guardaron en refrigeración a 4°C.

2.2.3.4. Cocción

Se usaron 90 kg de carnaza molida para cocinar, se agregó a la marmita a 90°C y a una presión de 1 psi. Se cocinó durante 2 y 3 horas, lo que resultó en dos productos: chicharrón y aceite (**Boulogne et al., 2008**).

Fase 3

2.2.4. Diseño de un proceso de secado para el chicharrón obtenidos de los residuos de carnaza para la producción de un alimento animal

Se recolectaron 200 gramos de chicharrón y se colocaron en bandejas de aluminio con rejillas para evitar la mezcla del aceite con la masa seca. Se secaron con dos equipos,

la estufa Brinder y el Deshidratador por convección, a diferentes tiempos y temperaturas tabla 10 (Alcívar et al., 2016).

Cada secado se realizó por triplicado y las muestras secas se pesaron y almacenaron a temperatura ambiente. Luego de secarlas, se midió el contenido de humedad, según la norma INEN 1829, establece que la humedad máxima en los alimentos para animales es del 10% (INEN, 2014). Los datos se procesaron en Excel y Minitab para encontrar las condiciones óptimas de tiempo y temperatura en base al porcentaje de humedad calculado de cada secado.

Tabla 10

Matriz de condiciones para realizar el secado del chicharrón de carnaza

Tipo de secado	Equipo	Temperatura (°C)	Tiempo (h)
Con flujo de aire	Secador de bandejas	50	2
		60	4
		70	8
Sin flujo de aire	Estufa	70	12
		80	24
		90	
		110	

Nota. La tabla muestra las condiciones que se emplearon en cada equipo para el secado del chicharrón de carnaza.

2.2.4.1. Proceso de molienda y tamizado para la obtención de la harina de carnaza

Se molió el chicharrón seco usando un molino manual y un molino de cuchillas MINA-NM-8300. Peñates F et al. (2017), utilizaron dos equipos en su estudio y lograron partículas finas de chicharrón. Primero se utilizó el molino manual para reducir el

tamaño de la muestra y luego se utilizó el molino de cuchillas para lograr una trituración más fina. Después de triturar, se tamizó siguiendo la metodología de la norma INEN 462, que se refiere a la granulometría en harina de pescado (INEN, 1980a). El contenido de residuo sobre el tamiz se calculó mediante la ecuación [2.8]:

$$R = \frac{m_1}{m} \times 100 \quad [2.8]$$

Donde:

R= residuo sobre el tamiz, en porcentaje de masa.

m= masa de la muestra, en g.

m₁= masa del residuo sobre el tamiz, luego del tamizado, en g.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de los resultados

3.1.1. Caracterización de la carnaza

La tabla 11 muestra los resultados de la caracterización de la carnaza donde se pudo obtener los valores nutricionales iniciales como el porcentaje de humedad, ceniza, proteína, grasa, acidez, pH, índice de saponificación y peróxido. Los mismos fueron realizados en el laboratorio de Análisis Ambiental de la facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Tabla 11

Valores nutricionales iniciales de la carnaza virgen

Ensayo	Método empleado	Unidad	Resultado
Humedad	INEN 39	%	45,18
Proteína	INEN 543	%	7,79
Grasa	AOAC 920.39	%	39,22
Ceniza	INEN 544	%	0,60
Índice de Saponificación	INEN 40	mg/g	63,58
Acidez	INEN 38	% (ácido oleico)	0,78
Índice de Peróxidos	INEN 277	mEqO ₂ /kg	11,30
pH	INEN 783	-	7,25

Nota: Los valores del análisis fisicoquímico de la carnaza virgen fueron realizados en base húmeda.

Los resultados de la composición química de la carnaza sugieren que este subproducto de la industria curtidora podría ser utilizado como alimento para animales. De acuerdo

con **Hossain et al., (2010)**, los residuos de carne de vacuno son una buena fuente de proteína. La carnaza virgen se compone principalmente de agua (45,18%), grasa (39,22%) y proteína (7,79%), lo que indica que es necesario realizar un proceso de secado para preservar la materia prima. Además, la grasa es el nutriente más concentrado en energía y su digestibilidad es mejor que la de proteínas y carbohidratos.

El alto valor de humedad de la carnaza virgen, del 45,18%, podría ser resultado de las etapas del descarnado, incluyendo lavados para remover tejido y grasa y facilitar la penetración de productos químicos. **Puente, (2019)**, reporta en su investigación un valor de 50,45% de humedad en la carnaza donde alude que esto se debe a la absorción de agua durante el proceso de lavado para eliminar las impurezas de la piel. En el estudio realizado por **Hashem et al., (2021)**, reportó un valor de 70,4% de humedad en la carnaza para la producción de biodiesel, por lo que el valor obtenido en este trabajo no difiere mayormente de las investigaciones citadas. La humedad se midió según la norma INEN 39, utilizando dos equipos estufa Gemmyss y balanza de humedad MRC por triplicado.

Se puede observar que la carnaza tiene un bajo contenido de proteínas de 7,79%, debido a que solo incluye la parte de la endodermis que tiene fibras de colágeno finas. Estudios previos muestran valores similares. Por ejemplo, **Hashem et al., (2021)**, encontraron entre 5 y 7% de proteína en los residuos del descarnado utilizados para producir biodiesel. Otro estudio, por **Rai et al., (2010)**, reporta una cantidad de 5,80% de proteína en la carnaza fresca, potencialmente utilizada en la elaboración de alimentos para animales. La literatura menciona que la piel bovina contiene entre un 60-80% de proteína en peso seco, sin embargo, la muestra se analizó en base húmeda (**Castañeda et al., 2017**).

El contenido de grasa en la carnaza virgen es de 39,22%. Hay variaciones en los valores de grasa en la carnaza en diferentes estudios, con algunos reportando valores bajos y otros altos. **Herrera & Salinas, (2021)**, reportan un promedio de 20,01% y 13,8% para descarnado artesanal y tecnificado. **Rai et al., (2010)** y **Hashem et al.,**

(2021), informan valores de 7,2% y 8% en la carnaza fresca utilizada para producción de biogás y piensos. La mezcla heterogénea de carne, grasa y pelo en el descarnado podría explicar las diferencias en los valores de grasa.

Los datos de algunas investigaciones muestran una cierta similitud con los análisis realizados en este trabajo, incluso muestran una superioridad en ciertos parámetros, lo cual resulta conveniente para el propósito del estudio. Por lo tanto, se puede aseverar que los residuos de la carnaza cumplen con las características adecuadas para la obtención de un producto alimenticio de calidad, cabe resaltar que los valores nutricionales iniciales de la carnaza fueron realizados en base húmeda.

3.1.2. Elaboración del chicharrón a partir de la cocción de la carnaza

La empresa de curtiembre de Ambato actualmente obtiene alrededor de 4 toneladas de carnaza virgen diaria, los cuales son destinados al descarnado y molido para posteriormente pasar a la cocción y obtención del chicharrón y aceite y otra al botadero municipal, lo que genera pérdidas dentro de la empresa ya que pagan por cada tonelada que desechan un valor de 0,25 centavos de dólar figura 7. **Rai et al., (2010)**, mencionan en su estudio un valor de 150 mil toneladas por año de desechos entre sólidos y líquidos de las curtiembres en India, los cuales son desechados en su mayoría sin ningún tratamiento previo. **Puhazhselvan et al., (2021)**, reporta un valor de 6'900.000 de toneladas por año de pieles entre frescas y saladas en China. Además, indican que solo el 20% de las pieles se convierten en cuero y el 80% restante se descarga como residuos.

Figura 7

Procesamiento y almacenamiento de la piel fresca en la curtiembre



Nota. a) describe el almacenamiento de las pieles frescas en contenedores IBC. b) describe el proceso de descarnado en la empresa.

La cocción de la carnaza para la obtención del chicharrón fue realizada en la empresa ubicada en la ciudad de Ambato, donde se empleó 90 Kg de carnaza molida en una marmita figura 5, utilizando una metodología adaptada de un estudio de **Herrera & Salinas, (2021)**. La marmita tenía una capacidad de 100 kg y se mantuvo a una temperatura de 90°C por 160 minutos. El chicharrón resultante se usó como materia prima para hacer harina proteica para animales.

Figura 8

Cocción de la carnaza molida en la marmita de la empresa



Nota. La figura muestra la separación de las dos fases de la carnaza en la marmita después de 1 hora cocción aproximadamente.

La obtención de harina de subproductos animales requiere aplicación de calor para separar la grasa y el material sólido (**Palomino et al., 2016**). En un estudio de **Sandhya et al., (2016)**, la temperatura fue de 160°C por 60 minutos para disolver la grasa del residuo encalado para producir biodiésel. En otro estudio **Hashem & Tomal, (2017)**, se optimizaron las condiciones de temperatura y tiempo para extraer grasa de la carnaza con una temperatura óptima de 75°C y 3 horas para producir jabón con poder espumante. La metodología utilizada en la investigación actual es la de **Herrera & Salinas, (2021)**, que trabajaron con una temperatura de 90°C durante 160 minutos, ajustada a la marmita de la empresa.

Tabla 12

Rendimiento del chicharrón y aceite obtenido después de la cocción de la carnaza molida

Condiciones	Producto	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3	\bar{X}	SD
T= 90°C, P= 1 psi	% Chicharrón	41,67	42,22	43,89	42,59	± 1,16
t=150 min	% Aceite	47,22	45,00	42,89	45,03	± 2,17

Nota. En esta tabla se muestra el rendimiento de chicharrón y aceite de la cocción de la carnaza molida a condiciones controladas. \bar{X} (media); SD (desviación estándar).

La temperatura es un factor crítico en la cocción de la carnaza. Si no se maneja adecuadamente, puede dañar el valor proteico del producto. Temperaturas elevadas pueden degradar las proteínas (**Rigueto et al., 2020**). Se utilizaron 90 Kg de carnaza molida a una temperatura de 90°C durante 150 minutos hasta ver una separación de fases, los resultados de la cocción se muestran en la tabla 12.

Los porcentajes de residuos que obtuvo **Parada et al., (2019)**, después de la cocción en su investigación fueron 21% sólido, 23% de grasa y 56% de agua. **Herrera & Salinas, (2021)**, obtuvieron 54,38% de sólidos, 3,05% de grasa y 82% de líquido después de la cocción. En este estudio, se obtuvo 42,59% de sólidos y 45,03% de grasa. Hay una pequeña variación entre los resultados de los diferentes estudios porque utilizaron agua en una proporción de 1:2 y su objetivo era obtener un mayor porcentaje de extracción de grasa. Mientras que, en este trabajo, se requiere un mayor porcentaje de chicharrón para producir la harina para consumo animal.

3.1.3. Proceso de secado del chicharrón para la producción de un alimento animal

El chicharrón obtenido de la cocción de la carnaza posee una de humedad de 42.75%, un valor alto por lo que es necesario realizar el secado para eliminar el exceso de agua, **Kipcak & İsmail, (2021)**, mencionan que los productos cárnicos y derivados posee alto porcentaje de agua, lo que genera que sea un producto perecible al deterioro, por

lo que el secado o la deshidratación es una etapa que determina la calidad final del producto, la cual consiste en eliminar el agua y los minerales volátiles de los materiales sólidos, con el fin de frenar el crecimiento de microorganismos o las reacciones químicas.

Para eliminar el exceso de humedad del chicharrón obtenido de la cocción de la carnaza, se usaron dos equipos de secado: un horno Brinder y un deshidratador por convección GRANDER ubicados en los laboratorios de investigación de la FCIAB. Se pesaron 200 gramos de chicharrón y se colocaron en bandejas de aluminio con malla para evitar contacto con líquidos (Anexo A). Luego, se secaron siguiendo las condiciones descritas en la tabla 10 y se realizaron por triplicado en cada equipo.

Tabla 13

Rendimiento del secado del chicharrón de carnaza en el horno Brinder

		Temperatura			
Peso (g)	Tiempo (h)	70°C	80°C	90°C	110°C
		% Chicharrón	% Chicharrón	% Chicharrón	% Chicharrón
200 ± 10	2	78,17 ± 2,02	75,83 ± 0,29	64,00 ± 3,50	37,50 ± 3,97
200 ± 10	4	66,00 ± 2,29	55,17 ± 0,76	45,33 ± 5,30	32,50 ± 0,50
200 ± 10	8	48,33 ± 7,11	38,00 ± 4,77	36,17 ± 5,06	34,33 ± 0,76
200 ± 10	12	35,00 ± 1,81	31,83 ± 3,62	32,83 ± 0,58	32,67 ± 0,76
200 ± 10	24	32,67 ± 1,09	30,50 ± 2,18	28,67 ± 0,29	32,83 ± 0,29

Nota. La tabla muestra los rendimientos promedios ± la desviación estándar del secado de chicharrón de carnaza por triplicado.

Tabla 14

Rendimiento del secado del chicharrón de carnaza en el deshidratador por convección

		Temperatura		
Peso (g)	Tiempo (h)	50°C	60°C	70°C
		% Chicharrón	% Chicharrón	% Chicharrón
200 ± 10	2	85,33 ± 2,08	84,00 ± 1,80	80,17 ± 1,76
200 ± 10	4	67,67 ± 1,04	72,17 ± 0,29	64,17 ± 0,29
200 ± 10	8	56,67 ± 0,76	55,17 ± 0,29	49,50 ± 0,50
200 ± 10	12	48,83 ± 0,29	43,17 ± 2,47	40,67 ± 0,29
200 ± 10	24	47,83 ± 1,61	43,17 ± 0,76	39,33 ± 0,29

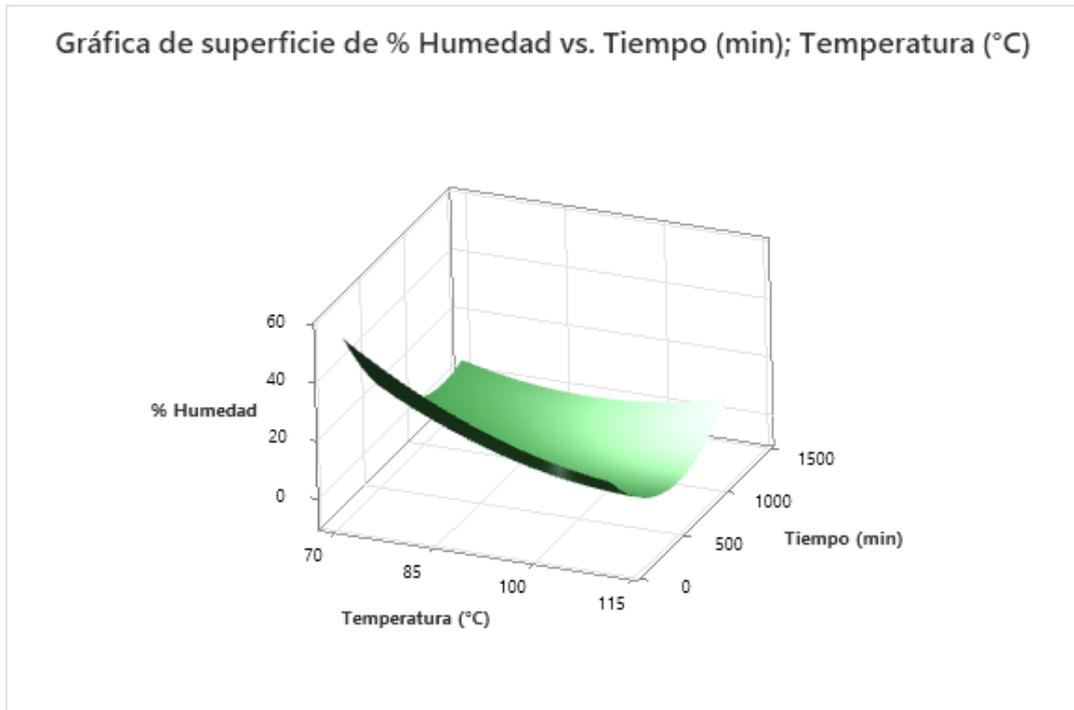
Nota. La tabla muestra los rendimientos promedios ± la desviación estándar del secado de chicharrón de carnaza por triplicado.

Las tablas 13 y 14 muestran los rendimientos de chicharrón seco obtenido para cada temperatura y tiempo empleado, siguiendo la matriz propuesta en la tabla 9, donde se puede observar que a mayor tiempo y mayor temperatura obtenemos un rendimiento bajo de peso seco y a menor tiempo y menor temperatura un rendimiento alto de peso seco. Se utilizó el software Minitab para la optimización de tiempo y temperatura para el secado del chicharrón de carnaza en ambos equipos (Anexo B).

3.1.3.1. Análisis estadístico

Figura 9

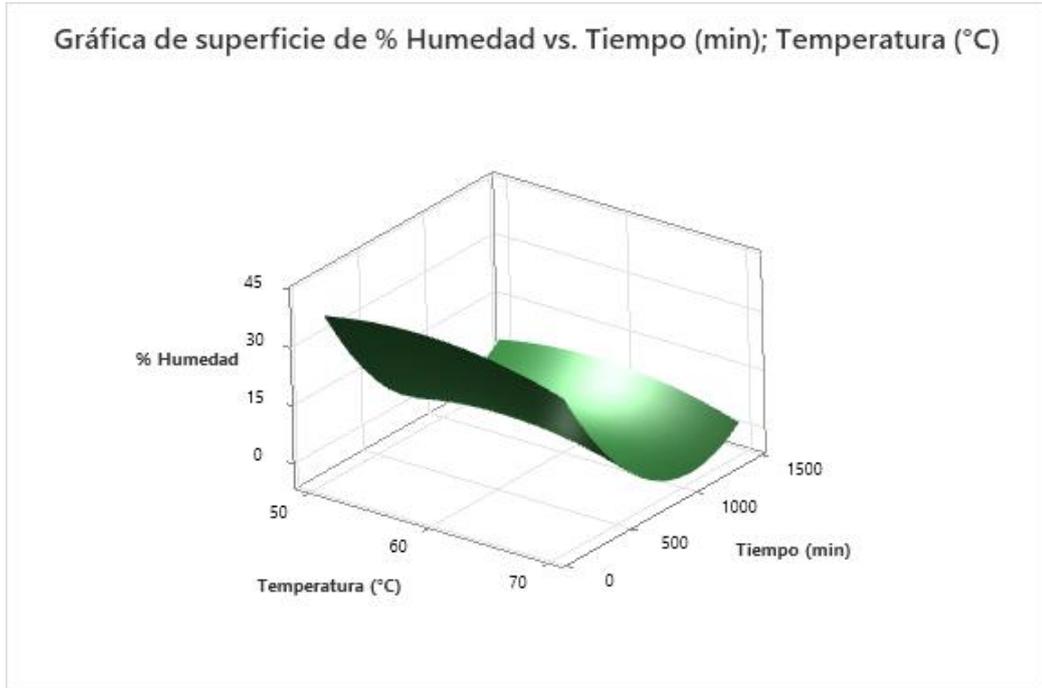
Representación gráfica de la superficie que muestra la relación entre el tiempo, la temperatura y la humedad obtenida en el horno Brinder



Nota: El gráfico superficial muestra la relación entre temperatura y tiempo para determinar la humedad final del producto. La ecuación resultante es %Humedad: $250-3,768*X_1-8,658*X_2+0,01562*X_1^2+0,1408*X_2^2+0,04107*X_1*X_2$, donde X_1 representa temperatura y X_2 representa tiempo. Esta ecuación puede ser utilizada para encontrar la combinación adecuada de X_1 y X_2 que produzca una humedad máxima del 10% en el horno Brinder (Anexo C). Obtenido de software Minitab.

Figura 10

Representación gráfica de la superficie que muestra la relación entre el tiempo, la temperatura y la humedad obtenida en el deshidratador por convección



Nota: El gráfico superficial muestra la relación entre temperatura y tiempo para determinar la humedad final del producto. La ecuación resultante es %Humedad: $-89,8+4,80*X_1-5,328*X_2-0,0413*X_1^2+0,1502*X_2^2$, donde X_1 representa la temperatura y X_2 representa el tiempo. Esta ecuación puede ser utilizada para encontrar la combinación adecuada de X_1 y X_2 que produzca una humedad máxima del 10% en el deshidratador por convección (Anexo D). Obtenido de software Minitab.

Tabla 15

Valores óptimos para el secado del chicharrón de carnaza

Equipo	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
Horno Brinder	87	450
Deshidratador por convección	60	625

Nota. En el horno se necesita emplear mayor temperatura y menor tiempo para el secado, en cambio en el deshidratador se necesita emplear menor temperatura, pero

mayor tiempo. Se puede afirmar que existe una correspondencia aceptable entre los datos experimentales y los modelos utilizados para determinar la humedad del chicharrón de carnaza. Información obtenida del software Minitab.

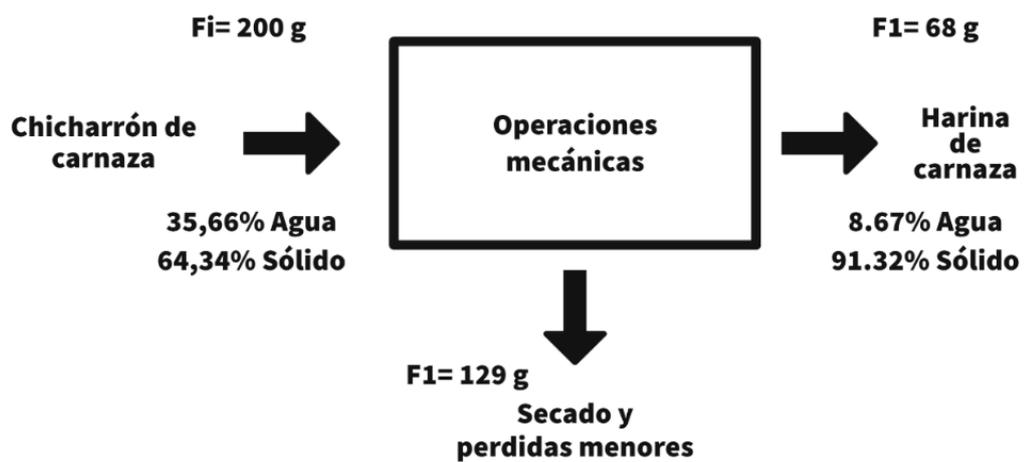
Rigueto et al., (2020), señala en su revisión alternativas para el uso de desechos sólidos y líquidos de la curtiembre, donde menciona que se pueden realizar diversos productos como biodiesel, biogás, biopolímeros y un subproducto para la dieta animal, el cual pasa por un proceso de cocción y secado.

En el estudio realizado por **Parada et al., (2019)**, en el cual analizaron la rentabilidad y la técnica comparando distintos tipos de secado (a gas, eléctrico y natural), dando como resultado que el mejor fue el secador de bandejas eléctrico donde obtuvo un rendimiento de 76, 87%. **Boulogne et al., (2008)**, en este estudio buscaron optimizar el proceso de secado para la producción de harina de lombriz, con el fin de conservar los valores nutricionales, para ello evaluaron 3 temperaturas, en dos equipos (estufa con ventilación y secador de bandejas con recirculación de aire), donde concluyeron que la temperatura óptima fue de 60°C para ambos equipos ya que el rendimiento es el mismo. El estudio fue actualizado por **Alcívar et al., (2016)**, el cual menciona que la temperatura óptima de secado para la producción de harina de lombriz fue de 90°C por un tiempo de 450 minutos, en sus resultados muestran que obtienen una harina con el 61,32% de proteína y una humedad del 12%.

3.1.3.2. Balance de materia del secado del chicharrón con valores óptimos

Figura 11

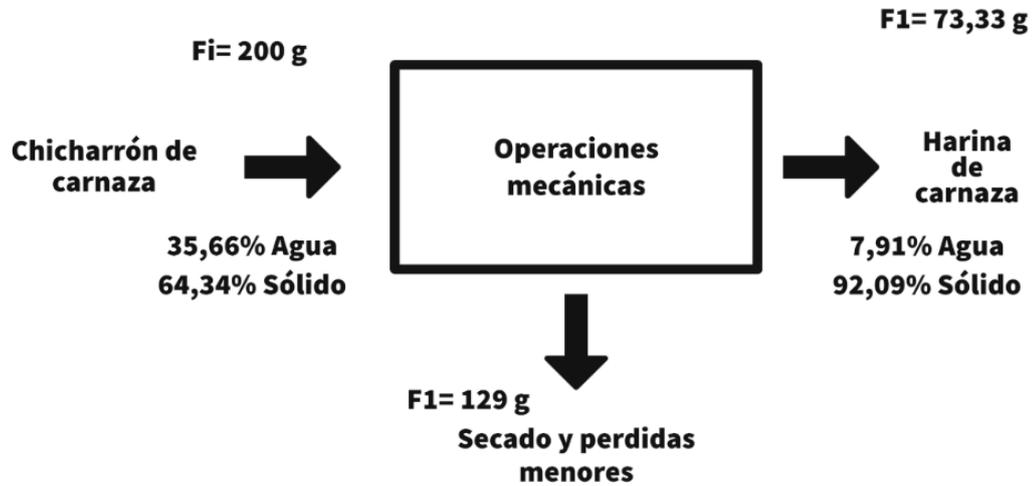
Diagrama del balance de masa para producción de harina de carnaza en el horno Brinder



Nota. La imagen ilustra la variación en la masa del chicharrón de carnaza durante el proceso térmico, cuando se aplican los valores óptimos determinados para la fabricación de harina.

Figura 12

Diagrama del Balance de masa para producción de harina de carnaza en el deshidratador por convección



Nota. La imagen ilustra la variación en la masa del chicharrón de carnaza durante el proceso térmico, cuando se aplican los valores óptimos determinados para la fabricación de harina.

En este estudio se secó el chicharrón de carnaza para crear harina, utilizando 4 temperaturas diferentes en el horno y 3 en el deshidratador. Después del secado, se midió la humedad de cada muestra y se optimizó en Minitab. El resultado mostró un rendimiento del 34% en el horno y 36,66% en el deshidratador (según los diagramas 5 y 6). Los rendimientos son bajos en ambos equipos debido a que la carnaza cocida es un residuo que generalmente tiene una humedad del 35,66% (Anexo E).

Según **Camaraza, (2020)**, el secado por convección es efectivo para aumentar la temperatura interna del material y hacer que la humedad se evapore, lo que resulta en un producto con una humedad uniforme. Por esta razón, se puede decir que el deshidratador es el mejor equipo para el secado del chicharrón de carnaza, debido a su mayor rendimiento con respecto al horno y humedad del 7,91%, lo que previene la descomposición y la formación de hongos diagrama 6.

Varios estudios como el de **Urbina et al., (2021)**, el cual realizó una hidrólisis de residuos de curtiembre para la obtención de una fuente proteica para la alimentación animal, obtuvo de 4-6% de rendimiento sobre el total de la masa de concentración proteica de una hidrólisis ácida-enzimática. Por otra parte **Souza et al., (2022)**, en su estudio realizó una hidrólisis del cabello sólido del bovino restante del proceso del cuero para recuperar la queratina obteniendo un rendimiento del 40%.

Seggiani et al., (2021), en su estudio realizó una hidrólisis alcalina de residuos de wet-blue y descarte de la curtiembre ya que estos productos poseen mayor colágeno para el hidrolizado, el cual se dispuso en mezclas con poli succinato para la producir un poliéster termoplástico biodegradable. Lo cual indica que el procedimiento empleado refleja un buen rendimiento para la obtención de harina de carnaza a comparación de lo que reportan varias bibliografías.

3.1.3.3. Molido y tamizado para la obtención de la harina de carnaza

Se usó un molino manual para reducir el tamaño de las partículas y luego se pasó a un molino de cuchillas MINA-NM-8300 para obtener un molido más fino de las muestras de chicharrón seco. La cantidad de carnaza en forma de harina recuperada y utilizada para el análisis de granulometría fue de 864 g. Según la norma (**INEN, 1980a**), la harina debe tener un porcentaje de retención en un tamiz de 2 mm menor al 2%. Debido a la falta del tamiz sugerido en la norma, se utilizaron dos tamices de 1 y 4 mm respectivamente.

Tabla 16*Porcentaje de retención en el tamizado de harina de carnaza*

Tamiz	Abertura mm	Masa retenida (g)	% Retención
A	1	250	17,36
B	4	96	9,25
Fondo	-	518	59.95

Nota: La tabla muestra que el 59.95% del peso total ingresado al tamiz llegó al final. El 17.36% se retuvo en el tamiz A con una abertura de 1 mm y el 9.25% se retuvo en el tamiz B con una abertura de 4 mm (Anexo F).

La reducción del tamaño de partículas ayuda a la digestibilidad del producto, por lo que según **Dussán et al., (2019)**, se recomienda que las bases proteicas sean los más digeribles para mantener un rendimiento óptimo de peso y crecimiento. El tamaño promedio de harina obtenido en este estudio fue de 1 y 4 mm, lo que sugiere una buena digestibilidad en la dieta animal. Sin embargo, se necesitan más pruebas de digestibilidad en diferentes especies y razas para confirmarlo.

Tabla 17*Valores nutricionales de la harina de carnaza*

Ensayo	Método empleado	INEN 1829		Unidad	Resultado
		Min.	Max.		
Humedad	INEN 39	-	10	%	7,91
Proteína Dumas	AOAC 992.15	20	-	%	56,60
Grasa	AOAC 920.39	3	-	%	41,67
Cenizas	INEN 544	-	8	%	1,58
Índice de saponificación	INEN 40	190	-	mg/g	22,95
Acidez	INEN 38	-	18	%	6,22
Índice de Peróxidos	INEN 277	-	20	mEqO ₂ /kg	19,71
Calcio	MQ-65/Complexométrico	0,80	-	mg/100g	103,53*
Fósforo	MQ-93/Espectrofotométrico	1	-	%	0,50*
pH	INEN 783	5.5	7	-	6,57

Nota: Los valores marcados con (*) fueron obtenidos y reportados por el laboratorio certificado Químicalabs (Anexo F).

La harina de carnaza fue obtenida como subproducto de los residuos sólidos de la curtiembre. Su composición principal es proteína con un promedio del 56.60%. En otros estudios, como el de **Rai et al., (2010)**, se hidroliza la carnaza usando una bacteria láctica para obtener un producto hidrolizado con una máxima recuperación de nitrógeno y proteínas, logrando un valor de 90.86% de proteína, apto para agregarse a los piensos para animales. **Puhazhselvan et al., (2021)**, hidrolizaron la carnaza usando *Bacillus subtilis* para obtener un polímero hidrolizado con un promedio de $61.8 \pm 3\%$ de proteína evaluado como posible agente recurtidor.

La literatura menciona que la carnaza contiene entre 50-70% de proteína en peso seco y que, al realizar un tratamiento de extracción ácida, se debilitan las cadenas proteicas y se rompen los enlaces covalentes del colágeno, lo cual resulta en un alto valor de proteína (**Kandasamy et al., 2020**).

En su estudio, **Alam et al., (2002)** y **Hossain et al., (2010)**, procesaron los residuos de la curtiembre a través de lavado, cocinado, secado, molido y tamizado para crear un extracto proteico que luego se usó en formulaciones de alimentos para pollos y ganado. Al analizar la composición química de este producto, encontraron que ambos estudios arrojaron un 90,93% de materia seca, 77,02% de proteína bruta, 0,77% de fibra cruda, 2,83% de extracto etéreo, 7,19% de cenizas y un 10,07% de humedad.

Los análisis fisicoquímicos de la harina de carnaza muestran un alto contenido de grasa, por lo que es importante analizar factores como la acidez, el índice de saponificación y los peróxidos. **Parada et al., (2018)**, realizaron la extracción de sebo para producir tensoactivos a partir de residuos de curtiembre, donde obtuvo un valor de saponificación de 119,17 mg/g, un índice de peróxidos de 4,92 meq O₂/kg y una acidez de 0,12%. Esto significa que un resultado elevado en la prueba de

saponificación indica una pureza alta de la grasa, mientras que un alto índice de acidez indica una cantidad significativa de ácidos grasos libres. Por otro lado, el índice de peróxidos brinda información acerca del grado de oxidación del aceite. Cuanto menor sea el índice de peróxidos, menor será el grado de oxidación (**Salimi et al., 2022**).

Cunha et al., (2020), realizó el análisis de saponificación de la grasa de carne verde o encalada donde obtuvo un valor de 130 mg/g, y menciona que el valor de saponificación disminuye ligeramente con el aumento de la temperatura y la presión. El valor de saponificación obtenido en este estudio fue de 22,95 mg/g, el cual es bajo probablemente debido a la falta de pureza de la grasa presente en la harina.

En este estudio, los niveles de calcio y fósforo fueron de 103,53 mm/100 g y 0,5%, respectivamente. Sin embargo, estos valores son inferiores a los límites mínimos establecidos por la normativa. Dado que la carnaza está compuesta principalmente de proteínas y grasas, es necesario agregar alimentos ricos en estos minerales, como cereales, soja, maíz, etc. para aumentar su contenido (**Juárez et al., 2021**).

El estudio muestra que los valores físicos y químicos de la harina de carnaza cumplen con la mayoría de los requisitos establecidos por la norma INE 1829 para alimentos balanceados para aves de producción zootécnica. El producto resultante es adecuado para ser usado en formulaciones de piensos debido a su alto contenido de proteína y grasa, que es ideal para su uso en etapas de crecimiento de los animales. Los minerales son importantes para la formación y mantenimiento del esqueleto, así como para funciones específicas en el cuerpo, como componentes de enzimas y el equilibrio osmótico. Sin embargo, este producto contiene niveles de minerales inferiores a los establecidos en la normativa.

La reutilización de residuos de la curtiembre en Ecuador es un tema con poca información disponible. Sin embargo, es importante destacar que la reutilización de residuos es una práctica crucial para proteger el medio ambiente y reducir la cantidad

de desperdicios generados por la industria de la curtiembre. Esta industria genera una gran cantidad de residuos tóxicos y perjudiciales para el medio ambiente, por lo que la reutilización y el tratamiento adecuado de estos residuos son esenciales para proteger el medio ambiente y garantizar un futuro sostenible. Actualmente, en países desarrollados se está realizando la extracción de proteína de los residuos sólidos de la curtiembre (carnaza, wet-blue, pelo, colas) mediante hidrólisis, ya sea ácido, enzimática o química.

3.2. Verificación de hipótesis

H₀ ≠ 0 se rechaza la hipótesis nula

H₁=0 Se acepta la hipótesis alternativa y se concluye que los equipos utilizados para el secado de los chicharrones obtenidos de los desechos sólidos de la curtiembre influyen en la calidad del subproducto, pasando de valores nutricionales bajos a valores altos.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se caracterizó la carnaza virgen, encontrando que contiene principalmente 45,18% de humedad, 7,79% de proteína, 39,22% de grasa, 0.60% de cenizas, 0,78% de acidez, 11.30 mEqO₂/kg de peróxidos y un pH de 7,25. Estos resultados sugieren que este tipo de subproducto podría ser utilizado para la fabricación de una harina proteica para la alimentación animal, de acuerdo con estudios previos que indican que estos desechos contienen un alto porcentaje de proteína en base seca.
- Se elaboró chicharrón de carnaza utilizando un proceso térmico para separar dos fases, obteniendo rendimientos de 42,59% de chicharrón y 45,03% de aceite. Las variables clave en este proceso fueron la temperatura (90°C) y el tiempo (150 minutos). Por lo tanto, se puede concluir que el proceso térmico es efectivo sin necesidad de agregar ácidos o bases, sólo es importante controlar las variables relevantes para evitar la desnaturalización de la proteína.
- Se realizó un proceso de optimización de secado del chicharrón de carnaza para garantizar la calidad y seguridad del producto final. Se evaluaron dos equipos con diferente temperaturas y tiempos. Una baja temperatura resultó en un secado insuficiente, mientras que una temperatura demasiado alto puede causar la descomposición de las proteínas y la pérdida de nutrientes. Mediante un análisis estadístico en Minitab se logró optimizar el proceso de secado controlando variables relevantes como la temperatura, la humedad y el tiempo para obtener un secado eficiente.
- La harina de carnaza cumple con la mayoría de los requisitos establecidos por la norma INEN 1829 para alimentos balanceados para aves, ya que tiene un

promedio de 56,60% de proteína, lo que es un valor positivo. Sin embargo, existen bajos niveles de calcio y fósforo, lo cual puede ser considerado como un aspecto a mejorar en términos de cumplimiento con la norma. Por lo tanto, se puede utilizar como suplemento en la formulación de piensos y balanceados para animales.

4.2 Recomendaciones

- Efectuar pruebas microbiológicas en la harina de carnaza para verificar la ausencia de *Enterobacteriácea* y *Salmonella*, de acuerdo con los estándares de la norma INEN 1829, con el objetivo de prevenir enfermedades en los animales a los que se les administre este alimento.
- Establecer un plan de seguridad en la empresa para prevenir y monitorear futuros incidentes, ya que el proceso de producción de harina a partir de carnaza incluye tratamientos térmicos y trabajo a altas temperaturas (entre 70-100°C) condiciones en las que este producto es más fácil de manipular.
- Establecer un método apropiado para guardar los desechos de carne y grasa y limpiar las zonas de cocción dentro de la empresa.
- Evaluar la viabilidad económica de la harina de carnaza para determinar su potencial de venta y su aceptación en el mercado de alimentos para animales.
- Evaluar la eficacia de la harina de carnaza mediante pruebas de digestibilidad para determinar su impacto en el aumento de peso y el consumo de los animales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afaba, H. (2022). *Asociación de productores de alimentos balanceados*. <https://www.afaba.org/>
- Alam, M., Amin, M., Samad, M., Islam, M., & Wadud2, M. (2002). Use of Tannery Wastes in the Diet of Broiler. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, *15*(12), 1773–1775. <https://doi.org/https://doi.org/10.5713/ajas.2002.1773>
- Alcívar, U., Dueñas, A., Sacon, E., Bravo, L., & Villanueva, G. (2016). Influencia de los tipos de secado para la obtención de harina de Lombriz Roja californiana (*eisenia foetida*) a escala piloto. *Tecnología Química*, *2*, 187–196.
- Amaro, R., Honorato, P., da Silva, S., Amaro, R., Cândido, A. P., Pereira, W., Siman, F., Massi, T., & Mazzei Moura de Assis Figueiredo, F. A. (2022). Tannery Sludge Applied in High Doses in Elephant Grass as an Alternative Fertilization. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *53*(4), 494–506. <https://doi.org/10.1080/00103624.2021.2017953>
- AOAC. (2016). *Determination of the total fat content in dry animal feed*. Official Methods of Analysis . <https://www.aoac.org/scientific-solutions/standards-and-official-methods/>
- Benitez, M., Abalos, A., & Rodríguez, S. (2020). Co- digestión anaerobia de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos y su lixiviado. *Revista Colombiana de Biotecnología*, *22*(2), 70–81. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v22n2.70345>
- Blas, C., Mateos, G., & Rebollar, P. (2010). Harinas de carne. In *Composición y valor nutritivo de los alimentos para la fabricación de piensos compuestos* (Vol. 3, pp. 346–502). www.fundacionfedna.org
- Boulogne, S., Márquez, E., García, Y., Medina, A., & 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. <http://www.transferencia.cl/transferencia/libro03/libro/t dm>

- Camaraza, Y. (2020). Transferencia de calor por convección. Capa límite térmica e hidrodinámica. In *Transferencia por convección* (Universitaria, pp. 48–58).
- Cando, C., Salazar, D., & Muñoz, J. (2021a). *Documento Metodológico de la Estadística de Información Ambiental Económica en GADM*. <https://ambato.gob.ec/>
- Cando, C., Salazar, D., & Muñoz, J. (2021b). *Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales*.
- Castañeda, Y., Vargas, R., Césare, M., & Visitación, L. (2017). Evaluación y tratamiento de efluentes del remojo convencional y enzimático de pieles, por precipitación de proteínas y coagulación. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 82, 441–453.
- Chojnacka, K., Skrzypczak, D., Mikula, K., Witek-Krowiak, A., Izydorczyk, G., Kuligowski, K., Bandrów, P., & Kułazyński, M. (2021). Progress in sustainable technologies of leather wastes valorization as solutions for the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 313. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127902>
- Corporación de desarrollo de Ambato y Tungurahua. (2022). *Programa integral para la reactivación económica del sector cuero y calzado de Tungurahua, encadenamiento productivo y comercial desde del enfoque de la innovación de Ambato y Tungurahua*.
- Cunha, A., Caetano, N., Ramalho, E., & Crispim, A. (2020). Fat extraction from fleshings-optimization of operating conditions. *Energy Reports*, 6, 381–390. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2020.11.176>
- Dussán, S., Hurtado, D. L., & Camacho, J. H. (2019). Granulometry, functional properties and color properties of quinoa and peach palm fruit flour. *Información Tecnológica*, 30(5), 3–10. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000500003>
- Flores, E. (2017). Extracción de Antioxidantes de las Bayas del Sauco (*Sambucus nigra* L. subsp. *peruviana*) con Ultrasonido, Microondas, Enzimas y Maceración para la obtención de Zumos Funcionales. *Información Tecnológica*, 28(1), 121–132. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000100012>

- Galarza, J., & Santana, A. (2016). Normas ambientales y competitividad en las pymes del sector curtiembre de Ambato-Ecuador. *Ojeando La Agenda*.
- GIDSA. (2022). *Pago de tasa en servicio de disposición final de desechos industriales*. <https://gadmatic.ambato.gob.ec/lotaip/2022/Febrero/anexo%20literal%20m/Bol-etines/07%20-%20E1%20Informativo%20Enero%20-%2006.pdf>
- González, G. C., Alonso, A. A., & Torre, G. C. (2017). Innovación tecnológica y curtiduría en el estado de Guanajuato. *Economía Informa*, 402, 66–79. <https://doi.org/10.1016/j.ecin.2017.01.005>
- González Ordóñez, A. I., Alaña Castillo, T. P., & Gonzaga Añazco, S. J. (2017). La Gestión Ambiental en la Competitividad de las Pymes del Ecuador. *INNOVA Research Journal*, 2(8.1), 236–248. <https://doi.org/10.33890/innova.v2.n8.1.2017.371>
- Hashem, A., & Tomal, S. (2017). Valorization of Tannery Limed Fleshings Through Fat Extraction: An Approach to Utilize By-Product. *Waste and Biomass Valorization*, 8(4), 1219–1224. <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9705-z>
- Hashem, M., Sheikh, M., Rahamatullah, Biswas, M., Hasan, M., & Payel, S. (2021). Composite fabrication from fat extracted limed fleshing: solid waste management in tannery. *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*, 56(3), 215–222. <https://doi.org/10.3329/bjsir.v56i3.55969>
- Herrera, P., & Salinas, V. (2021). *Obtención de harina proteica de origen animal a partir de residuos sólidos generados en el proceso de descarte del sector curtiembre*. Universidad Católica de Santa María.
- Hossain, M., Haque Beg, A., Nam, K.-C., & Lee, S.-S. (2010). Effects of Tannery Wastes on the Fattening of Growing Cattle, Carcass, and Meat Quality. In *Korean J. Food Sci. Ani. Resour* (Vol. 30, Issue 2).
- INEN. (1973a, August). *Grasas y Aceites Comestibles. Determinación de la perdida por calentamiento*. Instituto Ecuatoriano de Normalización. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/39.pdf>

- INEN. (1973b, August). *Grasas y Aceites Comestibles. Determinación del índice de saponificación.* Instituto Ecuatoriano de Normalización.
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/40.pdf>
- INEN. (1978, February). *Grasas y Aceites. Determinación del Índice de Peróxido.* Instituto Ecuatoriano de Normalización.
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/277.pdf>
- INEN. (1980a, September). *Harina de pescado. Determinación del residuo sobre tamiz.* Instituto Ecuatoriano de Normalización.
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/462.pdf>
- INEN. (1980b, December). *Alimentos para animales. Determinación de la proteína cruda.* Instituto Ecuatoriano de Normalización.
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/543.pdf>
- INEN. (1980c, December). *Alimentos para animales. Determinación de las cenizas.* Instituto Ecuatoriano de Normalización.
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/544.pdf>
- INEN. (1985, May). *Carnes y productos cárnicos. Determinación del pH.* Instituto Ecuatoriano de Normalización.
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/783.pdf>
- INEN. (1991, May). *Determinación de la acidez de la grasa e índice de peróxidos.* Instituto Ecuatoriano de Normalización.
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1698.pdf>
- INEN. (2014). *Alimentos para animales. Alimentos Balanceados para aves de producción zootécnica.* Instituto Ecuatoriano de Normalización.
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1829-1.pdf>
- İşler, A., Sundu, S., Tüter, M., & Karaosmanoğlu, F. (2010). Transesterification reaction of the fat originated from solid waste of the leather industry. *Waste Management, 30*(12), 2631–2635. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.06.005>
- Juárez, M., Lam, S., Bohrer, B. M., Dugan, M. E. R., Vahmani, P., Aalhus, J., Juárez, A., López-Campos, O., Prieto, N., & Segura, J. (2021). Enhancing the nutritional

value of red meat through genetic and feeding strategies. *Foods*, *10*(4), 1–18. <https://doi.org/10.3390/foods10040872>

Kandasamy, R., Venkatesan, S. K., Uddin, M. I., & Ganesan, S. (2020). Anaerobic biovalorization of leather industry solid waste and production of high value-added biomolecules and biofuels. In *Biovalorisation of Wastes to Renewable Chemicals and Biofuels* (pp. 3–25). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-817951-2.00001-8>

Kiliç, E., Oliver-Ortega, H., Tarrés, Q., Delgado-Aguilar, M., Fullana-i-Palmer, P., & Puig, R. (2021). Valorization Strategy for Leather Waste as Filler for High-Density Polyethylene Composites: Analysis of the Thermal Stability, Insulation Properties and Chromium Leaching. *Polymers*, *13*(19). <https://doi.org/10.3390/polym13193313>

Kipcak, A. S., & İsmail, O. (2021). Microwave drying of fish, chicken and beef samples. *Journal of Food Science and Technology*, *58*(1), 281–291. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04540-0>

Leite, R. D. C., Silva, R. R. da, Leite, R. D. C., Carneiro, J. S. da S., Faria, Á. J. G. de, & Freitas, G. A. de. (2019). Farinha de carne e ossos e adubacao de cobertura na produtividade de capim mombaca. *Nativa*, *7*(1), 59. <https://doi.org/10.31413/nativa.v7i1.5650>

Luis, J., & Rivera, C. (2006). El residuo líquido de las curtiembres estudio de caso: cuenca alta del Río Bogotá. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, *16*(2), 14–28. <https://doi.org/https://doi.org/10.18359/rcin.1230>

Martinez, S. Y., & Romero, J. A. (2017). Revisión del estado actual de la industria de las curtiembres en sus procesos y productos: un análisis de su competitividad. *Revista Facultad de Ciencias Económicas*, *26*(1). <https://doi.org/10.18359/rfce.2357>

Mendoza, Y., Olivero, R., Mercado, I., Cury, K., Martínez, C., & Paris, A. (2016). Análisis del tratamiento ideal usando baños termotratados para la separación de cal de los residuos de descarnado en curtiembres. *USBMed*, *7*(1).

- Ministerio del Ambiente. (2021). *Programa Nacional para la Gestión de Desechos Sólidos*. <https://www.ambiente.gob.ec/programa-pngids-ecuador/#:~:text=El%20PNGIDS%20pretende%20incidir%20en,manejo%20de%20los%20desechos%20s%C3%B3lidos>.
- Mora, L. E., Maldonado, M., Padilla, B., Estrada, A., Sánchez, G., & Segoviano, 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>
- NOSIS SAC. (2021, December). *Lista de exportaciones para del cuero y pieles, en bruto, de bovino, incluido el búfalo, frescos o salados*. NOSIS TRADE. <https://www.nosis.com/es/informes-comerciales/sac>
- Orrico, M., Orrico, A., & Júnior, J. (2011). Produção animal e o meio ambiente: uma comparação entre potencial de emissão de metano dos dejetos e a quantidade de alimento produzido. *Engenharia Agrícola*, 31(2), 399–410. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162011000200020>
- Ouyang, M., Hu, K., Jiang, Q., Yao, Q., Zhou, H., Deng, Y., Shen, Y., Li, F., Zhuang, L., & Wang, G. (2022). An approach on chromium discharge reduction: Effect and mechanism of ketone carboxylic acid as high exhaustion chrome tanning agent. *Journal of Cleaner Production*, 367, 133125. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133125>
- Palomino, C., Vargas, R., & Visitación, L. (2016). Aprovechamiento de pelos de vacuno del proceso de pelambre enzimático de las curtiembres en la remoción de plomo. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 82(2), 183–195. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=371947510009>
- Parada, M., Carreras, F., & Flores, B. (2018). Obtención de un tensoactivo a partir del proceso de recuperación de sebo de las industrias de curtiembre. *Perfiles*, 2(2477–9105), 33–38.
- Parada, M., Tapia, Z., Manobanda, P., Zambrano, M., & Rennola, L. (2019). Estudio de las tecnologías para el tratamiento de los efluentes generados por una planta de curtiembres en Ecuador. *Ciencia e Ingeniería*, 40.

- Peñates, S., Guzmán, N., Aguas, Y., Martínez, A., & Cury, K. (2017). Evaluación del proceso de desencalado de residuos de descarnes de un proceso de curtición. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 9(2), 253–259. <https://doi.org/10.24188/recia.v9.n2.2017.607>
- Porrás, O. (2018). *Manual de análisis químico e instrumental* (O. Porrás, Ed.; UNIPAZ, Vol. 2). <https://unipaz.edu.co/assets/14.manual-de-analisis-fisico-tomo-ii.pdf>
- Puente Guijarro, C. A. (2019). Cowhide Tanning using *Caelsalpinia spinosa* combined with Oxazolidine. In *Industrial Data* (Vol. 22, Issue 1).
- Puhazhselvan, P., Pandi, A., Sujiritha, B., Antony, G., Jaisankar, S. N., Ayyadurai, N., Saravanan, P., & Kamini, N. R. (2021). Recycling of tannery fleshing waste by a two step process for preparation of retanning agent. *Process Safety and Environmental Protection*, 157, 59–67. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.11.003>
- RADWAG. (2018, July). *MAR. Analizador de humedad*. Radwag Balanzas Electrónicas. www.radwag.com
- Rai, A. K., General, T., Bhaskar, N., Suresh, P. v., Sakhare, P. Z., Halami, P. M., Gowda, L. R., & Mahendrakar, N. S. (2010). Utilization of tannery fleshings: Optimization of conditions for fermenting delimed tannery fleshings using *Enterococcus faecium* HAB01 by response surface methodology. *Bioresource Technology*, 101(6), 1885–1891. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.10.015>
- Ravindran, B., & Sekaran, G. (2010). Bacterial composting of animal fleshing generated from tannery industries. *Waste Management*, 30(12), 2622–2630. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.07.013>
- Rigueto, C., Rosseto, M., Krein, D., Ostwald, B., Massuda, L. A., Zanella, B. B., & Dettmer, A. (2020). Alternative uses for tannery wastes: a review of environmental, sustainability, and science. *Journal of Leather Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1186/s42825-020-00034-z>
- Rigueto, C. V. T., Rosseto, M., Krein, D. D. C., Ostwald, B. E. P., Massuda, L. A., Zanella, B. B., & Dettmer, A. (2020). Alternative uses for tannery wastes: a

- review of environmental, sustainability, and science. *Journal of Leather Science and Engineering*, 2(1). <https://doi.org/10.1186/s42825-020-00034-z>
- Rivera, M., Guijarro, C., Tapia, Z., & Mayorga, D. (2020). Production of balanced food for pets by processing tannery waste generated in the stages of splitting and fleshing. *Perfiles*, 1, 61–67.
- Rostegno, H., Teixeira, L., Gomes, P., Oliveira, R., Lopes, D., Ferreira, A., Toledo, S., & Euclides, R. (2011). *Composición de Alimentos y Requerimientos Nutricionales* (H. Rostagno, Ed.; Vol. 3).
- Said, M. I., Yulianti, F. N., Mustabi, J., Bataragau, Muh. R., & Adam, Y. (2022). Potential Development of Cow Hair Waste as Alternative Feed Protein Source for Poultry in South Sulawesi Province, Indonesia. *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research*, 6(3), 195–204. <https://doi.org/10.29329/ijjaar.2022.475.3>
- Salimi, P., Tieuli, S., Taghavi, S., Venezia, E., Fugattini, S., Lauciello, S., Prato, M., Marras, S., Li, T., Signoretto, M., Costamagna, P., & Zaccaria, R. P. (2022). Sustainable lithium-ion batteries based on Metals-free tannery waste biochar. *Green Chemistry*, 10, 4119–4129. <https://doi.org/10.1039/d1gc04772h>
- Sandhya, K. V., Abinandan, S., Vedaraman, N., & Velappan, K. C. (2016). Extraction of fleshing oil from waste limed fleshings and biodiesel production. *Waste Management*, 48, 638–643. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.09.033>
- Seggiani, M., Altieri, R., Cinelli, P., Esposito, A., & Lazzeri, A. (2021). Thermoplastic Blends Based on Poly(Butylene Succinate-co-Adipate) and Different Collagen Hydrolysates from Tanning Industry: I—Processing and Thermo-mechanical Properties. *Journal of Polymers and the Environment*, 29(2), 392–403. <https://doi.org/10.1007/s10924-020-01880-y>
- Selvaraj, S., Jeevan, V., Rao Jonnalagadda, R., & Nishad Fathima, N. (2019a). Conversion of tannery solid waste to sound absorbing nanofibrous materials: A road to sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 213, 375–383. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.144>

- Selvaraj, S., Jeevan, V., Rao Jonnalagadda, R., & Nishad Fathima, N. (2019b). Conversion of tannery solid waste to sound absorbing nanofibrous materials: A road to sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 213, 375–383. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.144>
- Skrzypczak, D., Szopa, D., Mikula, K., Izydorzyc, G., Baśladyńska, S., Hoppe, V., Pstrowska, K., Wzorek, Z., Kominko, H., Kułazyński, M., Moustakas, K., Chojnacka, K., & Witek – Krowiak, A. (2022). Tannery waste-derived biochar as a carrier of micronutrients essential to plants. *Chemosphere*, 294, 133720. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133720>
- Souza, F., Benvenuti, J., Meyer, M., Wulf, H., Klüver, E., & Gutterres, M. (2020). Extraction of keratin from unhairing of bovine hide. *Chemical Engineering Communications*, 209(1), 55905–55914. <https://doi.org/10.1080/00986445.2020.1842740>
- Souza, F., Benvenuti, J., Meyer, M., Wulf, H., Klüver, E., & Gutterres, M. (2022). Extraction of keratin from unhairing of bovine hide. *Chemical Engineering Communications*, 209(1), 118–126. <https://doi.org/10.1080/00986445.2020.1842740>
- Stefan, D., Bosomoiu, M., Constantinescu, R., & Ignat, M. (2021). Composite Polymers from Leather Waste to Produce Smart Fertilizers. *Polymers*, 13(24), 4351. <https://doi.org/10.3390/polym13244351>
- Superintendencia de Compañías, V. y S. (2021). *Publicaciones y Resoluciones*. <https://www.supercias.gob.ec/portalscvs/index.htm>
- Tarafdar, A., Gaur, V. K., Rawat, N., Wankhade, P. R., Gaur, G. K., Awasthi, M. K., Sagar, N. A., & Sirohi, R. (2021). Advances in biomaterial production from animal derived waste. *Bioengineered*, 12(1), 8247–8258. <https://doi.org/10.1080/21655979.2021.1982321>
- Torres, N. (2019). *Evaluación de cuatro niveles de harina de subproducto de aves en el alimento de las codornices en postura* [Monográfico]. Universidad Nacional Agraria La Molina.

- Urbina, N., Machuca, F., & Barajas, A. (2021). Advanced Oxidation Processes and Biotechnological Alternatives for the Treatment of Tannery Wastewater. *Molecules* (Basel, Switzerland), 26(11). <https://doi.org/10.3390/molecules26113222>
- Velásquez, S., Giraldo, D., & Cardona, N. (2015). Reciclaje de residuos de cuero: una revisión de estudios experimentales. *Dialnet*, 79(2), 188–197.
- Verma, S. K., & Sharma, P. C. (2022). Current trends in solid tannery waste management. *Critical Reviews in Biotechnology*, 1–18. <https://doi.org/10.1080/07388551.2022.2068996>
- Vidaurri, J., & Morgan, J. (2011). La sustentabilidad en la industria de la curtiduría y su relación con el entorno urbano. *Investigación y Ciencia*, 51, 25–32.
- Yoseph, Z., Gladstone Christopher, J., Assefa Demessie, B., Tamil Selvi, A., Sreeram, K., & Raghava Rao, J. (2020). Extraction of elastin from tannery wastes: A cleaner technology for tannery waste management. *Journal of Cleaner Production*, 243, 118471. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118471>
- Zhang, J., & Chen, W. (2020). A rapid and cleaner chrome tanning technology based on ultrasound and microwave. *Journal of Cleaner Production*, 247, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119452>

ANEXOS

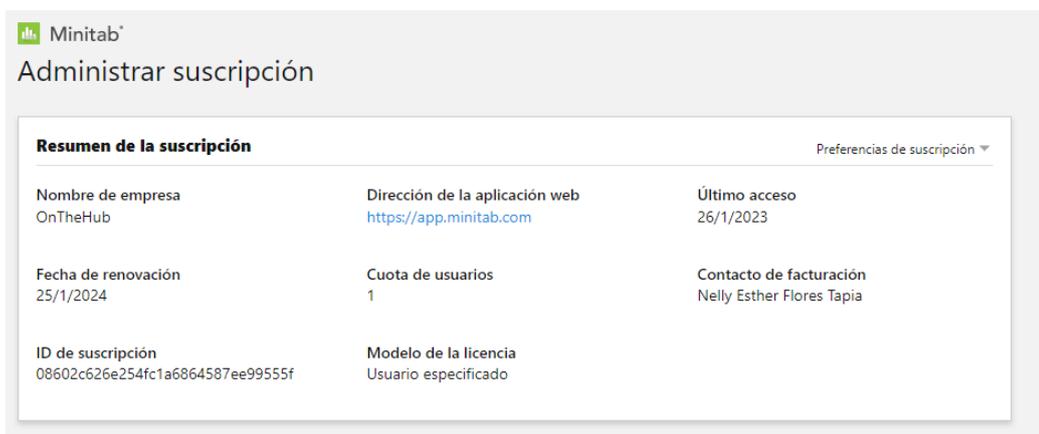
Anexo A. Proceso de secado del chicharrón de carnaza



Cuadro 1. Datos de análisis bromatológicos del chicharrón de carnaza

Análisis	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3	\bar{X}	SD
Humedad	35,94	35,41	35,56	35,67	0,38
Proteína	21,28	20,28	20,56	20,71	0,52
Cenizas	1,36	1,44	1,70	1,51	0,17

Anexo B. Suscripción a Minitab



Resumen de la suscripción Preferencias de suscripción ▼

Nombre de empresa OnTheHub	Dirección de la aplicación web https://app.minitab.com	Último acceso 26/1/2023
Fecha de renovación 25/1/2024	Cuota de usuarios 1	Contacto de facturación Nelly Esther Flores Tapia
ID de suscripción 08602c626e254fc1a6864587ee99555f	Modelo de la licencia Usuario especificado	

Anexo C. Análisis estadístico ANOVA para el horno Brinder

Cuadro 2. Análisis de varianza de los tratamientos del secado del chicharrón

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor p
Modelo	5	14566,00	2913,20	165,90	0,000
Lineal	2	7584,50	3792,26	215,97	0,000
Temperatura (°C)	1	2015,80	2015,60	114,80	0,000
Tiempo (min)	1	5952,20	5952,24	338,97	0,000
Cuadrado	2	3310,60	1655,28	94,27	0,000
Temperatura (°C) *Temperatura (°C)	1	460,10	460,12	26,20	0,000
Tiempo (min)*Tiempo (min)	1	2850,40	2850,44	162,33	0,000
Interacción de 2 factores	1	1346,10	1346,07	76,66	0,000
Temperatura (°C) *Tiempo (min)	1	1346,10	1346,07	76,66	0,000
Error	54	948,2	17,56		
Falta de ajuste	14	776,00	55,43	12,88	0,000
Error puro	40	172,20	4,31		
Total	59	15514,20			

Prueba de Tukey

Temperatura (°C)	N	Media	Agrupación	Tiempo (min)	N	Media	Agrupación
70	15	27,78	A	120	12	34,06	A
80	15	17,06	A	B 240	12	25,00	A
90	15	10,78		B 480	12	11,79	B
110	15	5,75		B 720	12	3,013	B
				1440	12	2,861	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo D. Análisis estadístico ANOVA para el deshidratador por convección

Cuadro 3. Análisis de varianza de los tratamientos del secado del chicharrón

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor p
Modelo	4	7514,85	1878,71	92,36	0,000
Lineal	2	5570,26	2785,13	136,92	0,000
Temperatura (°C)	1	80,62	80,62	3,96	0,053
Tiempo (min)	1	5489,64	5489,64	269,87	0,000
Cuadrado	2	2603,21	1301,61	63,99	0,000
Temperatura (°C) *Temperatura (°C)	1	170,81	170,81	8,40	0,006
Tiempo (min)*Tiempo (min)	1	2432,40	2432,40	119,58	0,000
Error	40	813,67	20,34		
Falta de ajuste	10	774,53	77,45	59,38	0,000
Error puro	30	39,13	1,30		
Total	44	8328,52			

La temperatura presenta un valor p (>0.05), por ende, este factor no influye significativamente en el secado del chicharrón de carnaza.

Prueba de Tukey

Temperatura (°C)	N	Media	Agrupación	Tiempo (min)	N	Media	Agrupación
60	15	20,02	A	120	9	40,47	A
50	15	17,53	A	240	9	21,62	B
70	15	14,25	A	480	9	13,88	C
				720	9	5,64	D
				1440	9	4,71	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo E. Porcentajes de humedad obtenidos por cada secado

Cuadro 4. Datos del análisis de humedad después del secado en el horno Brinder

%Humedad	Temperatura				
	70°C	80°C	90°C	110°C	
Tiempo (h)	2	52,76 ± 1,92	42,75 ± 7,32	21,75 ± 0,17	16,27 ± 0,18
	4	36,41 ± 0,99	23,47 ± 3,75	18,27 ± 0,68	6,48 ± 0,05
	8	26,01 ± 3,82	12,33 ± 0,91	6,70 ± 0,15	2,35 ± 0,14
	12	6,62 ± 0,09	3,13 ± 0,28	2,79 ± 0,55	0,29 ± 0,15
	24	4,31 ± 0,09	2,93 ± 0,13	0,93 ± 0,12	0,75 ± 0,02

Cuadro 5. Datos del análisis de humedad después del secado en el deshidratador por convección

%Humedad	Temperatura			
	50°C	60°C	70°C	
Tiempo (h)	2	35,68 ± 0,38	34,74 ± 0,80	34,42 ± 2,67
	4	14,96 ± 2,06	28,59 ± 0,33	23,63 ± 2,59
	8	13,11 ± 0,09	18,03 ± 1,85	11,33 ± 0,26
	12	6,38 ± 0,46	6,51 ± 0,71	4,32 ± 0,28
	24	5,61 ± 0,13	4,72 ± 0,49	3,72 ± 0,58

Anexo F. Análisis Químicallabs



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL SAE CON ACREDITACION
N° SAE LEN 18-037

INFORME DE RESULTADOS

INF.AQ

4315

Cliente	EDGAR NATA	Lote	N/A
Dirección	AV. GALO VELA Y BOTICELLI	Fecha Elaboración	23/1/2023
		Fecha Vencimiento:	-----
Muestreado por	Cliente	Fecha Recepción:	25/1/2023
Muestra de	Alimento Animal	Hora Recepción:	10:20:00
		Fecha Análisis:	25/1/2023
Descripción	HARINA DE CARNAZA	Fecha Entrega:	3/2/2023
		Código/# Control:	-----

Color:	Característico
Olor	Característico
Estado:	Sólido
Contenido Declarado:	100gr
Material de Empaque:	Funda Ziploc

RESULTADOS AREA QUIMICA

SUB OT	4315
--------	------

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	METODO
CALCIO	mg/100g	103.53	MQ-65/COMPLEXOMETRICO
CENIZA	%	1.72	MQ-07/AOAC 945.46
FOSFORO.	%	0.5	MQ-93/ESPECTROFOTOMETRICO

Dra. Pamela Jacome
DIRECTOR DEL LABORATORIO



Documento firmado con respaldo de seguridad Quick Response Code

El laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad de la información y los derechos de propiedad del cliente según el Procedimiento PG-4.2. y PG-4.1

Las muestras así como la información y datos relacionados con su descripción e identificación, fueron proporcionados por el cliente bajo condiciones propias. QUIMICALABS se responsabiliza únicamente de los análisis.

Es responsabilidad del cliente si la información que emite no es verdadera, la cual puede afectar a la validez de los resultados. QUIMICALABS no se responsabiliza de dicha información.

QUIMICALABS no se responsabiliza por el uso de los resultados emitidos en este laboratorio. Los datos reportados en este informe son válidos solo para muestras analizadas.

Está Prohibida la reproducción total o parcial de los resultados emitidos en este informe por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.

INF.AQ

4315

Anexo G. Evidencia fotográfica



Fotografía 1. Harina de carnaza tamizada (4mm).



Fotografía 2. Harina de carnaza tamizada (1mm)