

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS:

**Formulación y evaluación de juguetes masticables para caninos
domésticos (*Canis familiaris*) elaborados a partir de subproductos
de alpaca (*Vicugna pacos*), quinua (*Chenopodium quinoa*) y
kombucha (*Manchurian fungus*)**

Para optar el título profesional de:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PRESENTADO POR:
Bach. Cesar QUICHCA PARIONA

ASESOR:
Dr. Percy Fermín VELÁSQUEZ CCOSI

COASESOR:
MV. William Ulises PALOMINO CONDE

AYACUCHO - PERÚ

2026

DEDICATORIA

A Dios, por regalarme la vida y sostenerme con su mano invisible en cada tormenta; a mis padres, Elías y Plácida, por su entrega infinita, sus noches en vela y su ejemplo de amor y honradez que llevo grabado en el alma; y a mis hermanos, por su fe incondicional en mí, su compañía que ilumina mis días y su cariño que me empuja a seguir luchando. A todos ustedes, mi mayor bendición y mi razón para levantarme cada mañana con el corazón lleno de gratitud.

AGRADECIMIENTO

Manifiesto mi más genuino reconocimiento a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, mi casa de estudios, que me brindó una formación gratuita, humanista y de excelencia académica. Esta institución no solo fue el escenario de mi crecimiento profesional, sino también un espacio determinante para mi desarrollo personal y la consolidación de mis principios.

A los catedráticos de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, y especialmente a los de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, les valoro profundamente. Admiro su vocación, su rigor y, sobre todo, la generosidad con la que transmitieron sus saberes y vivencias. Cada uno dejó una huella imborrable en mi formación.

Guardo un reconocimiento muy particular para el Dr. Percy Fermín Velásquez Ccosi, mi asesor. Su exigencia académica fue siempre acompañada de cercanía. Sus correcciones, certeras; su paciencia, infinita; su confianza, un respaldo constante. Sin su dirección firme pero pausada, este trabajo difícilmente habría llegado a buen puerto.

Agradezco al MV. William Ulises Palomino Conde, coasesor, por sus orientaciones precisas, su respaldo técnico y su constante disposición. Su experiencia fue fundamental en cada etapa del estudio.

Mi reconocimiento también para el Ing. Jimmy Ali Castro Romero. Su apoyo en el laboratorio de curtiembre fue invaluable que compartió generosamente sus conocimientos prácticos, siempre más allá de lo esperado. Eso hizo posible la fase experimental.

Finalmente, mi familia. Su respaldo incondicional, su paciencia y su aliento fueron el sostén emocional que me permitió culminar este proceso. Este logro también es suyo.

A todos, gracias de corazón.

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo formular y evaluar un juguete masticable para caninos domésticos utilizando subproductos de alpaca, quinua y kombucha, con el fin de aprovechar residuos agroindustriales. En la metodología, se evaluaron cuatro concentraciones de ceniza de quinua (3%, 6%, 8% y 12%) bajo dos sistemas de pelambre: con recuperación de pelo (CRP) y sin recuperación de pelo (SRP). Luego, se aplicó purga enzimática con proteasa al 1% y piquelado con kombucha. Finalmente, se comparó la aceptación del masticable elaborado (T1) con un producto comercial (T2) en 10 caninos. Los diseños estadísticos empleados fueron la prueba de Dunnett para el pelambre, el Diseño Completamente al Azar (DCA) con Tukey para la purga enzimática, un diseño comparativo simple para el piquelado y una escala hedónica operativa para la aceptación canina. Los resultados mostraron que la concentración óptima de ceniza fue del 12%, con promedios de 3,00 pelos/cm² (CRP) y 4,33 pelos/cm² (SRP), valores equivalentes al control sintético. La purga enzimática aumentó el espesor hasta 12,47 mm (64,7%) en el tratamiento 12% SRP, facilitando el moldeado. En el piquelado, la relación kombucha: agua de 1:16 alcanzó pH entre 2,78 y 2,88, dentro del rango óptimo (2,5-3,0). El masticable elaborado alcanzó un 80% de aceptación canina, superando en un 10% al producto comercial. Es viable formular un masticable canino con piel de alpaca sometida a pelambre con ceniza de quinua al 12%, purga enzimática con proteasa al 1% y piquelado con kombucha en relación 1:16. El producto final es duro, seguro y apto para la masticación, demostrando que los residuos agroindustriales peruanos pueden transformarse en alternativas para el mercado de mascotas.

Palabras clave: Alpaca, quinua, kombucha, pelambre, purga enzimática, piquelado, masticable canino, aceptación canina.

ABSTRACT

This research aimed to formulate and evaluate a chew toy for domestic dogs using alpaca, quinoa, and kombucha byproducts, in order to utilize agro-industrial waste. The methodology involved evaluating four concentrations of quinoa ash (3%, 6%, 8%, and 12%) under two dehairing systems: with hair recovery (CRP) and without hair recovery (SRP). Subsequently, enzymatic purging with 1% protease and kombucha nibbling were applied. Finally, the acceptance of the resulting chew toy (T1) was compared to that of a commercial product (T2) in 10 dogs. The statistical designs employed were Dunnett's test for dehairing, a Completely Randomized Design (CRD) with Tukey's test for enzymatic purging, a simple comparative design for nibbling, and an operational hedonic scale for canine acceptance. The results showed that the optimal ash concentration was 12%, with averages of 3,00 hairs/cm² (CRP) and 4,33 hairs/cm² (SRP), values equivalent to the synthetic control. Enzymatic purging increased the thickness to 12,47 mm (64,7%) in the 12% SRP treatment, facilitating molding. In the pickling process, the kombucha:water ratio of 1:16 achieved a pH between 2,78 and 2,88, within the optimal range (2,5-3,0). The resulting chew achieved an 80% canine acceptance rate, surpassing the commercial product by 10%. It is feasible to formulate a canine chew using alpaca hide subjected to dehairing with 12% quinoa ash, enzymatic purging with 1% protease, and pickling with kombucha in a 1:16 ratio. The final product is hard, safe and suitable for chewing, demonstrating that Peruvian agro-industrial waste can be transformed into alternatives for the pet market.

Keywords: Alpaca, quinoa, kombucha, unhairing, Dunnett, Tukey, enzymatic bating, pickling, canine chewable, canine acceptance.

ÍNDICE GENERAL

I.	PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2.1.	Problema general	3
1.2.2.	Problemas secundarios	3
1.3.	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.3.1.	Objetivo general	3
1.3.2.	Objetivos específicos.....	3
1.4.	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.4.1.	Hipótesis general.....	4
1.4.2.	Hipótesis específicas	4
1.5.	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	5
II.	MARCO TEÓRICO	7
2.1.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	7
2.1.1.	Internacional.....	7
2.1.2.	Nacional	8
2.2.	BASES TEÓRICAS.....	9
2.2.1.	La alpaca (<i>Vicugna pacos</i>)	9
2.2.2.	Kombucha (<i>Manchurian fungus</i>).....	12
2.2.3.	Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>).....	15
2.2.4.	Proceso de curtición Wet-white	18
2.2.5.	Productos masticables para de mascotas caninos	20
2.3.	MARCO NORMATIVO PARA PRODUCTOS MASTICABLES CANINOS	22
2.4.	MARCO CONCEPTUAL	24
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	27

3.1.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	27
3.2.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	27
3.2.1.	Técnicas de procesamiento	27
3.2.2.	Análisis de datos	28
3.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA	29
3.4.	VARIABLES E INDICADORES	30
3.4.1.	Variables independientes	30
3.4.2.	Variables dependientes	31
3.5.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	31
3.6.	ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN	33
3.7.	MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS.....	33
3.8.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	34
3.8.1.	Técnicas de recolección de datos.....	34
3.8.2.	Instrumentos de recolección de datos.....	42
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
4.1.	RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN CENIZA DE QUINUA COMO FUENTE DE ALCALINIDAD EN EL PELAMBRE DE PIELES DE ALPACA.....	43
4.1.1.	Resultados estadísticos del proceso de pelambre	44
4.2.	RESULTADOS DEL EFECTO DE LA PURGA ENZIMÁTICA SOBRE LAS FIBRAS DE COLÁGENO	48
4.2.1.	Resultados estadísticos del efecto de la purga enzimática	49
4.3.	RESULTADOS DE LA INFLUENCIA DEL ÁCIDO ACÉTICO DE KOMBUCHA EN EL PH DURANTE EL PIQUELADO.....	52
4.3.1.	Evaluación del piquelado convencional con kombucha	52
4.3.2.	Valoración de la kombucha para la optimización	53
4.3.3.	Piquelado en condiciones optimizadas con kombucha	54

4.4.	RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN HEDÓNICA DE LOS MASTICABLES EN CANINOS DOMÉSTICOS.....	57
V.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación taxonómica de la alpaca.....	10
Tabla 2 Composición química media de la kombucha en función del tiempo de fermentación y concentración de sacarosa	14
Tabla 3 Taxonomía de quinua	16
Tabla 4 Composición química de la ceniza de rastrojos de quinua	17
Tabla 5 Escala hedónica para evaluación de aceptación de masticables en caninos .	22
Tabla 6 Método de investigación por cada unidad experimental	29
Tabla 7 Operacionalización de variables.....	32
Tabla 8 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	42
Tabla 9 Eficiencia del pelambre en pieles de alpaca según concentración de ceniza de quinua y metodología aplicada.....	44
Tabla 10 Análisis de varianza (ANOVA) para el número de pelos residuales en el proceso de pelambre.....	45
Tabla 11 Resumen del modelo estadístico para la variable número de pelos residuales	45
Tabla 12 Pruebas de comparación de tratamiento de Dunnett y una confianza de 95	46
Tabla 13 Efecto de la purga enzimática sobre el espesor de las pieles tratadas.....	48
Tabla 14 Análisis de varianza (ANOVA) para el incremento de espesor de pieles de alpaca	49
Tabla 15 Resumen del modelo estadístico para el incremento de espesor de pieles de alpaca	49
Tabla 16 Agrupación de medias (Prueba de Tukey, 95% de confianza)	50
Tabla 17 Variación del pH en condiciones convencionales con kombucha.....	53
Tabla 18 Valoración directa de kombucha	54
Tabla 19 Variación del pH en condiciones optimizadas con kombucha.....	55

Tabla 20 Consolidado de resultados de evaluación hedónica por ítem (n = 10 caninos)	
.....	58
Tabla 21 Niveles de aceptación global de masticables en caninos domésticos (n = 10)	
.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Partes de la piel de alpaca	11
Figura 2 Estructura histologica de la piel de alpaca	12
Figura 3 Reacciones bioquimicas y metabolicas durante la fermentacion de la kombucha	13
Figura 4 Combustión de residuos de quinua y generación de cenizas.....	17
Figura 5 Juguetes y snacks comestibles para caninos domesticos	20
Figura 6 Diagrama de flujo del proceso de elaboración de Kombucha (<i>Manchurian fungus</i>)	35
Figura 7 Diagrama de la obtención de la ceniza de rastrojos de quinua	36
Figura 8 Diagrama de flujo para la obtención del juguete comestible para caninos domésticos.....	41
Figura 9 Intervalos de confianza simultáneos de Dunnett (95%)	47
Figura 10 Incremento de espesor de pieles de alpaca según tratamiento de pelambre y concentración de ceniza.....	51
Figura 11 Comparación del pH durante el piquelado en condiciones convencionales y optimizadas.....	56
Figura 12 Niveles de aceptación del masticable elaborado frente al masticable comercial en caninos domésticos.....	60

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Panel fotográfico del procedimiento de obtención de ácido acético de kombucha	67
Anexo 2 Panel fotográfico del procedimiento de obtención de ceniza de quinua	67
Anexo 3 Panel fotográfico del procedimiento de obtención de los juguetes masticables	68
Anexo 4 Panel fotográfico de la evaluación de la concentración óptima de CaO en el pelambre	69
Anexo 5 Panel fotográfico del efecto de la purga enzimática sobre las fibras de colágeno	70
Anexo 6 Panel fotográfico de la influencia del ácido acético de kombucha en el piquelado	70
Anexo 7 Panel fotográfico de la evaluación hedónica en caninos domésticos	71
Anexo 8 Validación de la ficha de evaluación hedónica para masticables en caninos domésticos	72

INTRODUCCIÓN

El manejo inadecuado de residuos agroindustriales y pecuarios se ha convertido en un problema ambiental cada vez más preocupante, pues genera deterioro del suelo, contaminación hídrica y emisiones nocivas (FAO, 2021). Frente a esta situación, la presente investigación, titulada “Formulación y evaluación de juguetes masticables para caninos domésticos (*Canis familiaris*) elaborados a partir de subproductos de alpaca (*Vicugna pacos*), quinua (*Chenopodium quinoa*) y Kombucha (*Manchurian fungus*)”, propone una alternativa innovadora orientada a revalorizar estos residuos a través de procesos biotecnológicos.

El Perú ocupa un lugar destacado en la producción mundial de quinua y fibra de alpaca, lo que conlleva la generación de voluminosos residuos, tales como rastrojos agrícolas y pieles post mortem. En muchos casos, estos materiales son desechados sin un aprovechamiento adecuado, a pesar de su alto contenido nutricional y estructural (MIDAGRI, 2022). Por otro lado, el ácido acético obtenido de la fermentación de kombucha ha demostrado tener propiedades útiles en el tratamiento de pieles, especialmente por su capacidad para regular el pH en procesos como el piquelado.

La relevancia de esta investigación trasciende lo técnico para ubicarse en el ámbito del desarrollo territorial. Como evidencian Campos et al. (2022), la valorización de subproductos agrícolas puede generar circuitos económicos virtuosos en zonas rurales. Nuestro trabajo demuestra cómo la integración de tecnologías apropiadas desde la fermentación controlada hasta los tratamientos enzimáticos- puede convertir recursos subutilizados en productos competitivos para el creciente mercado de mascotas, que según PROMPERÚ (2023) registra un crecimiento anual 7,9% en el Perú.

La investigación incluye un diseño experimental, se evaluaron distintas concentraciones de los insumos empleando herramientas estadísticas específicas: la prueba de Dunnett para el pelambre, la prueba de Tukey para la purga enzimática, un diseño comparativo simple para el piquelado y una escala hedónica para la aceptación canina. Este análisis estadístico permitió identificar diferencias significativas entre los tratamientos.

El trabajo busca fundamentalmente generar un producto que ayude a disminuir los desechos agropecuarios.

I. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El modelo lineal de producción vigente “extraer, fabricar, consumir y desechar” ha llevado a una crisis global de residuos. Según la Organización de las Naciones Unidas y el Banco Mundial, cada año se generan más de 11 mil millones de toneladas de desechos sólidos, y se proyecta que esta cifra aumente un 70% hacia 2050 si no se adoptan medidas correctivas (Kaza et al., 2018). En este contexto, los subproductos pecuarios y agroindustriales constituyen uno de los desafíos ambientales más apremiantes, ya que su disposición inadecuada provoca la degradación del suelo y la contaminación de fuentes hídricas.

En el Perú, esta problemática adquiere rasgos particularmente críticos. Cada año se generan alrededor de 8,5 millones de toneladas de residuos agroindustriales, de los cuales apenas el 15% recibe algún tipo de tratamiento o valorización (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2021).

El país es el primer productor mundial de alpaca (*Vicugna pacos*), concentrando el 87% de la población global con 4,7 millones de ejemplares, actividad que sostiene la economía de miles de familias altoandinas (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2022). Sin embargo, el beneficio cárnico regular genera volúmenes considerables de pieles *post-mortem* que no ingresan a la cadena textil debido a defectos o a la edad del animal. Los residuos pecuarios, terminan abandonadas en botaderos o incineradas, representando tanto una pérdida material como una carga ambiental, como sostiene Romero-Sáez, (2022).

En el frente del consumo, el mercado peruano de mascotas crece sostenidamente: la población canina supera los 6 millones de ejemplares (Chávez Quispe, 2024).

En síntesis, el descarte de pieles de camélidos en Ayacucho configura un problema ambiental con una clara dimensión tecnológica. La acumulación de estos subproductos genera externalidades negativas que afectan la calidad del suelo y el agua, al tiempo que se desperdicia un recurso colagenoso con alto potencial de transformación. Esta situación evidencia la necesidad de explorar alternativas de procesamiento que permitan valorizar estos subproductos, reducir la carga contaminante y, simultáneamente, atender una demanda insatisfecha en el creciente mercado de productos para mascotas.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Cómo se puede formular y evaluar un juguete masticable para caninos domésticos (*Canis familiaris*) utilizando piel de alpaca (*Vicugna pacos*) como materia prima y ceniza de quinua (*Chenopodium quinoa*) y kombucha (*Manchurian fungus*) como insumos del proceso?

1.2.2. Problemas secundarios

- ¿Cuál es la concentración óptima de ceniza de quinua (*Chenopodium quinoa*) que maximiza la eficiencia del pelambre en pieles de alpaca (*Vicugna pacos*)?
- ¿De qué manera influye la aplicación de proteasa durante la purga sobre el aflojamiento de las fibras de colágeno en la piel de alpaca, medido a través del incremento del espesor?
- ¿Cuál es el efecto del líquido fermentado de kombucha (*Manchurian fungus*), empleado directamente sin purificación, sobre el pH de la piel durante el proceso de piquelado?
- ¿Cuál será el grado de aceptación de los masticables obtenidos por parte de los caninos domésticos y su disposición al consumirlos?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo general

Formular y evaluar un juguete masticable para caninos domésticos (*Canis familiaris*) utilizando piel de alpaca (*Vicugna pacos*) como materia prima y ceniza de quinua (*Chenopodium quinoa*) y kombucha (*Manchurian fungus*) como insumos del proceso.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la concentración óptima de ceniza de quinua (*Chenopodium quinoa*) que maximiza la eficiencia del pelambre en pieles de alpaca (*Vicugna pacos*).
- Evaluar el efecto de la aplicación de proteasa durante la purga sobre el aflojamiento de las fibras de colágeno en la piel de alpaca, medido a través del incremento del espesor.
- Evaluar la influencia de la kombucha (*Manchurian fungus*), utilizado directamente sin purificación, sobre el pH de la piel durante el proceso de piquelado.

- Evaluar el grado de aceptación de los masticables obtenidos por parte de los caninos domésticos y su disposición al consumirlos.

1.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Hipótesis general

Es posible formular y evaluar un juguete masticable para caninos domésticos (*Canis familiaris*) utilizando piel de alpaca (*Vicugna pacos*) como materia prima, y ceniza de quinua (*Chenopodium quinoa*) y kombucha (*Manchurian fungus*) como insumos del proceso.

1.4.2. Hipótesis específicas

- La aplicación de ceniza de quinua reduce significativamente el número de pelos residuales en comparación con el control sintético.
- La aplicación de proteasa durante la purga incrementa significativamente el espesor en comparación con el tratamiento sin proteasa.
- La kombucha, utilizada directamente, ajusta eficazmente el pH, alcanzando valores en el rango 2,5-3,0.
- Los caninos domésticos mostrarán una alta disposición a consumir los masticables obtenidos.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se fundamenta en tres pilares convergentes que le otorgan pertinencia académica, relevancia social y viabilidad tecnológica.

El primero de ellos es el aprovechamiento de subproductos agroindustriales subutilizados en la región de Ayacucho. El Perú ostenta el liderazgo mundial en producción de fibra de alpaca (*Vicugna pacos*), concentrando el 87% de la población global, lo que equivale a 4,7 millones de cabezas, y es un actor relevante en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*), con Ayacucho aportando el 29% de la producción nacional (MIDAGRI, 2022). Ambas actividades generan volúmenes significativos de subproductos que carecen de canales de comercialización: las pieles *post-mortem* que no ingresan a la cadena textil y los rastrojos agrícolas tallos, paja y cascarilla que equivalen al 80% del peso total de la planta. Estos residuos son comúnmente incinerados a cielo abierto o arrojados a botaderos, provocando la contaminación del suelo, el agua y el aire, y contribuyendo a la emisión de gases de efecto invernadero (MINAM, 2021). La valorización de estos subproductos representa, por tanto, una oportunidad para reducir la carga ambiental y generar nuevos flujos económicos en el ámbito rural.

El segundo pilar se sustenta en la dinámica del mercado de mascotas en el Perú, que experimenta un crecimiento sostenido. La población canina supera los 6 millones de ejemplares a nivel nacional, con una tasa de crecimiento anual del 7,9% (PROMPERÚ, 2023). No obstante, en el mercado local existe una oferta limitada de productos masticables que sean inocuos, digestibles y libres de aditivos químicos sintéticos agresivos (Chávez Quispe, 2024). Esta brecha constituye una oportunidad para desarrollar productos innovadores que satisfagan una demanda insatisfecha, aprovechando recursos locales con valor agregado y respondiendo a las tendencias globales hacia productos naturales y sostenibles para mascotas.

El tercer pilar reside en las innovaciones tecnológicas que el estudio propone. En primer lugar, el empleo de ceniza de rastrojos de quinua como fuente de alcalinidad para el proceso de pelambre, reemplazando reactivos sintéticos convencionales. Esta ceniza presenta un contenido de óxido de calcio (CaO) de 2,32 g por cada 100 g de ceniza (Ore, 2022), lo que la convierte en una alternativa viable para generar la alcalinidad necesaria en el pelambre. En segundo lugar, la aplicación directa de kombucha sin

purificación previa como agente acidificante en el piquelado, sustituyendo ácidos minerales de origen fósil. Esta aproximación aprovecha principalmente el ácido acético presente en la kombucha cuyo contenido puede alcanzar hasta 11 g/L tras 30 días de fermentación (Villarreal-Soto et al., 2018), complementado por otros ácidos orgánicos como el glucónico, glucurónico y láctico, para regular el pH de la piel dentro del rango óptimo de 2,5 a 3,0. En tercer lugar, la integración de estos tres subproductos en un solo producto final, demostrando la viabilidad de un proceso articulado bajo los principios de la economía circular y la química verde.

Desde una perspectiva social y económica, los beneficiarios directos de esta investigación son los productores alpaqueros y quinueros de Ayacucho, quienes podrán transformar residuos en ingresos complementarios, así como los fabricantes de productos para mascotas, que dispondrán de una alternativa innovadora para su portafolio. Los beneficiarios indirectos incluyen a las familias poseedoras de caninos, que accederán a productos más seguros y naturales; al sector académico, que contará con un referente tecnológico sobre valorización de subproductos andinos; y al Estado, que podrá promover políticas de economía circular y reducción de la carga ambiental en el sector agroindustrial.

En síntesis, la justificación de esta investigación reside en su capacidad para articular una respuesta tecnológica, económica y ambiental a problemas estructurales de la región Ayacucho: el descarte de subproductos pecuarios y agrícolas, la demanda insatisfecha de productos para mascotas y la necesidad de procesos productivos más sostenibles. El estudio propone un modelo de valorización que, desde la ingeniería agroindustrial, contribuye a la transición hacia una economía circular en el contexto andino, generando valor a partir de residuos y cerrando ciclos productivos en el ámbito rural.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Internacional

Abarca, (2018), en su tesis titulada “Diseño de un proceso de producción de alimento balanceado para mascotas a partir de los residuos generados en las etapas de dividido y descarte, en la curtiembre el AL-CE”, planteó diseñar un proceso de elaboración de alimento para mascotas utilizando los residuos de las etapas de dividido y descarte generados en la curtiembre "EL AL-CE", ubicada en Guano, Chimborazo. Para cumplir con este objetivo, el autor realizó pruebas piloto en el Laboratorio de Operaciones Industriales de la ESPOCH, evaluando tres métodos de secado: eléctrico, a gas y al ambiente. Mediante un análisis estadístico, se determinó que el secado eléctrico resultó ser el más eficiente. La caracterización de la materia prima, llevada a cabo según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 6498, confirmó que los residuos de curtiembre presentan niveles proteicos adecuados para el consumo animal. La validación del producto se realizó en el laboratorio certificado SAQMIC en Riobamba, cumpliendo con los requisitos físicos y microbiológicos establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana RTE INEN 187. El proceso optimizado incluyó las siguientes etapas: recepción, lavado, descalcado, corte, moldeado, blanqueado, secado en secador de bandejas eléctrico, empaquetado y etiquetado. De esta manera, se logró una reutilización eficiente de los residuos sólidos provenientes de la curtiembre. Finalmente, el autor recomienda evaluar otros métodos de secado con el fin de optimizar la calidad del producto y reducir los costos del proceso.

Mora, (2019), en su tesis titulada “Diseño de un juguete comestible para canes a base de hueso de fémur de bovino”, se propuso diseñar un proceso de fabricación de un juguete comestible para perros adultos de razas grandes, empleando hueso de fémur de bovino, y evaluar sus características físicas y microbiológicas. Para ello, el autor realizó tres ensayos con distintos tiempos de cocción, utilizando tres equipos: digestor,

marmita y parmatier, con una deshidratación final en horno industrial. El método de cocción en digestor fue descartado por los resultados insatisfactorios obtenidos. Se evaluaron las siguientes propiedades físicas de los productos: pérdida de peso, rendimiento, tamaño de fisura, integridad ósea final y color. Mediante un análisis estadístico ANOVA, se identificaron diferencias significativas entre los tratamientos, seleccionándose el proceso de cocción en marmita combinado con horno, a temperaturas de 200°C y 170°C durante 0,10 horas y 0,25 horas, respectivamente. Adicionalmente, se realizaron análisis bromatológicos (humedad, cenizas, grasa) y microbiológicos (recuento de enterobacterias y salmonelas). Los resultados obtenidos fueron: pérdida de peso del 2,67%, rendimiento del 52%, tamaño de fisura del 2,38%, integridad ósea final del 97,67%, color de 6,67, humedad del 16,02%, cenizas del 53,95%, grasa del 5,22%, ausencia de enterobacterias y salmonelas. Estos hallazgos demuestran que es viable producir un juguete comestible para perros a base de hueso de bovino, cumpliendo con los estándares físicos, bromatológicos y microbiológicos requeridos.

2.1.2. Nacional

Tolentino, (2021), en su tesis titulada “Caracterización de la piel de alpaca seco salada y procesada hasta pelambre con fines comestibles para perro”, investigó la composición química de pieles de alpaca huacaya sometidas a dos niveles de proceso (seco salada y apelmbrada) y provenientes de tres zonas anatómicas del animal: crupón, cuello y falda. El estudio utilizó veinte pieles procedentes de Junín, analizadas en el taller de curtiembre de la Facultad de Zootecnia. La metodología consistió en un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 2x3, complementado con un análisis de varianza (ANVA) con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$. Los principales hallazgos indicaron que la región de la falda y el proceso de pelambre presentaron el mayor contenido de humedad, mientras que el cuello combinado con el pelambre registró los niveles más altos de proteína total. En cuanto al extracto etéreo, la falda y el crupón en estado seco salado mostraron los valores más elevados. Para el extracto libre de nitrógeno y las cenizas, las pieles de falda seco saladas resultaron destacadas. Las pieles apelmbradas exhibieron mayor concentración de calcio, en contraste con el azufre y el sodio, que fueron superiores en las pieles secas saladas. Adicionalmente, se detectó la presencia de *Clostridium sp.*, lo que sugiere posibles riesgos microbiológicos en el procesamiento de la carnaza con fines comestibles para perros.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. La alpaca (*Vicugna pacos*)

La alpaca (*Vicugna pacos*) es un camélido sudamericano domesticado, que forma parte del orden de los artiodáctilos y del suborden de los tilópodos, caracterizados por presentar extremidades con número par de dedos y almohadillas plantares adaptadas a terrenos agrestes. En el Perú se reconocen principalmente dos razas: la Huacaya, que constituye cerca del 80 % de la población y se distingue por su fibra densa y rizada, y la Suri, que representa alrededor del 12 % y se caracteriza por una fibra larga, sedosa y de caída ondulada (MIDAGRI, 2022).

2.2.1.1. Producción Nacional y Regional en Ayacucho

El Perú se posiciona como el principal productor de alpacas a nivel mundial, al concentrar una población estimada de 3 685 516 ejemplares, lo que equivale al 87 % del total global (MIDAGRI, 2022). La mayor parte de esta producción se desarrolla en las zonas altoandinas, sobresaliendo Puno, Cusco, Arequipa y Ayacucho como los principales centros alpaqueros. La crianza de alpacas constituye una actividad económica fundamental para miles de familias, en su mayoría pequeños productores, quienes dependen de esta ganadería no solo para obtener fibra de alta calidad, sino también como medio de ingresos que dinamiza la economía regional y fortalece la identidad cultural de las comunidades andinas (León Carrasco, 2025).

2.2.1.2. Clasificación taxonómica de la alpaca

La ubicación de la alpaca en el sistema de clasificación taxonómica ha generado controversia en el ámbito científico por décadas, especialmente en lo referente a su vínculo evolutivo con la vicuña (*Vicugna vicugna*) y el guanaco (*Lama guanicoe*). Los estudios genómicos recientes han permitido establecer con mayor precisión su clasificación, tal como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Clasificación taxonómica de la alpaca

Categoría	Clasificación
Reino	Animalia
División	Chordata
Clase	Mammalia
Orden	Artiodactyla
Familia	Camelidae
Genero	Vicugna
Especie	<i>Vicugna pacos</i>

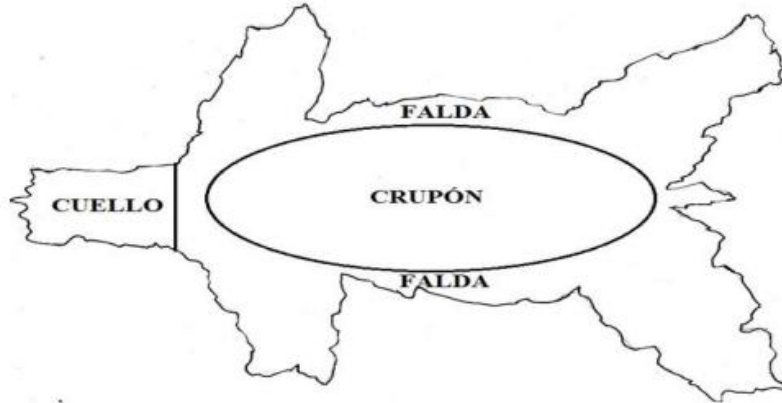
Fuente: Adaptado de Ttacca Hualla (2017)

2.2.1.3. Partes de la piel de alpaca:

Tolentino Garriazo (2021) describe tres regiones anatómicas principales de la piel de alpaca, cada una con características y valor comercial diferenciados. El crupón, que abarca aproximadamente el 45% del área total, constituye la región más valiosa y homogénea. Corresponde a la zona lumbar y grupa del animal, y se caracteriza por un espesor uniforme, baja presencia de pliegues y una estructura colagénica densa y ordenada. Estas cualidades lo convierten en la zona preferida para fabricar productos de alto valor debido a su resistencia mecánica y estabilidad dimensional. El cuello representa cerca del 25% de la superficie total y presenta mayor variabilidad en el espesor, con una estructura más laxa a causa de los pliegues naturales que facilitan la movilidad del animal. Por ello, requiere mayor cuidado durante el procesamiento para evitar deformaciones. Finalmente, la falda constituye el 30% restante, correspondiente a las regiones ventral y de los miembros. Es la zona de mayor variabilidad anatómica, con áreas de transición entre la piel gruesa del dorso y la piel delgada de las extremidades. Esta condición demanda ajustes en los tiempos de tratamiento para compensar tales diferencias.

Figura 1

Partes de la piel de alpaca



Nota: Esquema de piel de alpaca mostrando cuello, crupón y falda. Adaptado de Tolentino Garriazo (2021).

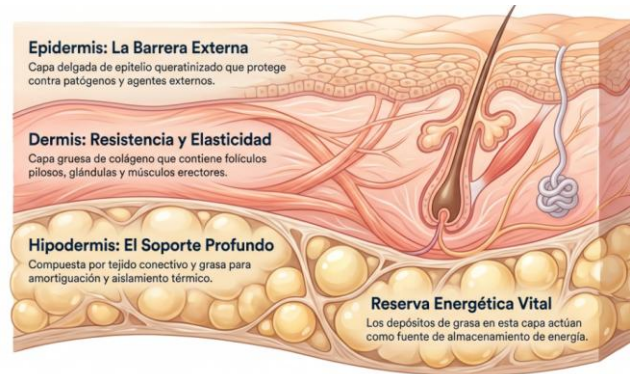
2.2.1.4. Histología y composición

La estructura histológica de la piel presenta variaciones entre especies y, al interior de una misma especie, según las diferentes regiones del cuerpo. Estas diferencias están influenciadas por factores como la raza, el origen geográfico y las condiciones de crianza. No obstante, a pesar de dichas variaciones, la piel mantiene una organización básica común entre distintos mamíferos, incluidos bovinos, ovinos, equinos y camélidos sudamericanos, conformada por tres estratos fundamentales: epidermis, dermis e hipodermis (Condori Valencia, 2017).

La piel de las alpacas, como en otros mamíferos, se compone de tres capas claramente definidas. La epidermis es la capa más superficial y fina, constituida por un epitelio estratificado, plano y queratinizado, cuya función es proteger frente a agentes externos y posibles patógenos. La dermis, que es la capa de mayor espesor, está compuesta fundamentalmente por fibras de colágeno que le confieren resistencia y elasticidad. En esta zona se localizan los folículos pilosos responsables del crecimiento de la fibra, además de glándulas sebáceas y sudoríparas, así como los músculos erectores del pelo. Finalmente, la hipodermis o capa subcutánea está compuesta por tejido conectivo laxo y depósitos de grasa, que cumplen funciones de soporte, amortiguación y aislamiento térmico, además de servir como reserva energética (Condori Valencia, 2017).

Figura 2

Estructura histológica de la piel de alpaca



Nota: Estructura histológica de la piel comprende tres capas diferenciadas: epidermis, dermis e hipodermis. Adaptado de Condori Valencia (2017).

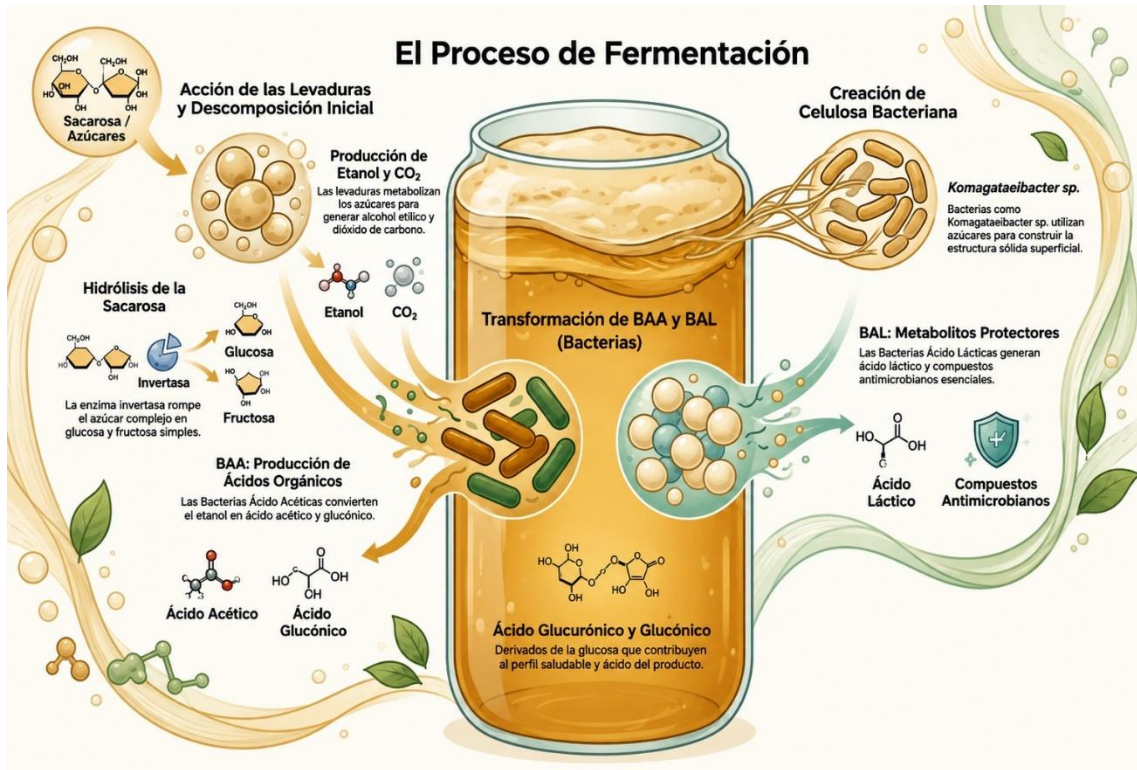
2.2.2. Kombucha (*Manchurian fungus*)

La kombucha es una bebida fermentada de origen tradicional que se obtiene a partir de té endulzado (generalmente té negro o verde) gracias a la acción de un cultivo simbiótico de bacterias y levaduras, denominado SCOBY (*Symbiotic Culture Of Bacteria and Yeasts*). Durante la fermentación, estos microorganismos transforman los azúcares en una variedad de metabolitos, entre los que se encuentran ácidos orgánicos, etanol, dióxido de carbono y compuestos fenólicos, lo que le confiere a la bebida un sabor ligeramente ácido y efervescente (Antolak et al., 2021; Villarreal-Soto et al., 2018).

La fermentación de la kombucha es un proceso aeróbico que se desarrolla bajo condiciones controladas de temperatura (óptima entre 20 °C y 30 °C) y tiempo (generalmente de 7 a 14 días). El SCOBY, también conocido como "hongo de Manchuria", forma una película celulósica en la superficie del líquido, donde ocurre la actividad metabólica principal (Al-Mohammadi et al., 2021; Abidemi Oluranti & de Smidt, 2023).

Figura 3

Reacciones bioquímicas y metabólicas durante la fermentación de la kombucha



Nota: Durante la fermentación de kombucha, las levaduras generan etanol y CO₂; las bacterias acéticas producen ácido acético y celulosa (SCOBY); y las bacterias lácticas sintetizan ácido láctico. Adaptado de Villarreal-Soto et al. (2018).

2.2.2.1. Composición química general de la kombucha

La Tabla 2 presenta un resumen de los valores medios reportados en la literatura para los principales compuestos presentes en la kombucha, incluyendo ácidos orgánicos, vitaminas, etanol, proteínas, polifenoles, minerales y aniones, en función de diferentes condiciones de fermentación.

Tabla 2

Composición química media de la kombucha en función del tiempo de fermentación y concentración de sacarosa

Compuesto	Composición media	Sacarosa inicial	Tiempo de fermentación (días)	Referencias
Ácidos orgánicos				
Ácido acético	5,6 g/L	70 g/L	15	Blanco (1996)
Ácido acético	8,36 g/L	100 g/L	18	Jayabalan et al. (2007)
Ácido acético	11 g/L	100 g/L	30	Chen y Liu (2000)
Ácido glucónico	39 g/L	100 g/L	60	Chen y Liu (2000)
Ácido glucurónico	0,0160 g/L	70 g/L	21	Lončar et al. (2006)
Ácido láctico	0,18 g/L	100 g/L	18	Jayabalan et al. (2007)
Vitaminas				
Vitamina B1	0,74 µg/mL	70 g/L	15	Malbaša et al. (2011)
Vitamina B2	8 mg/100 mL	70 g/L	10	Bauer-Petrovska y Petrushevskaja-Tozi (2000)
Vitamina B6	0,52 µg/mL	70 g/L	15	Bauer-Petrovska y Petrushevskaja-Tozi (2000)
Vitamina B12	0,84 µg/mL	70 g/L	15	Bauer-Petrovska y Petrushevskaja-Tozi (2000)
Vitamina C	25 mg/L	70 g/L	10	Malbaša et al. (2011)
Compuestos generales				
Etanol	5,5 g/L	100 g/L	20	Chen y Liu (2000)
Proteínas	3 mg/mL	100 g/L	12	Jayabalan et al. (2007)
Polifenoles del té	7,8 GAE mm	100 g/L	15	Chu y Chen (2006)
Minerales	Cu, Fe, Mn, Ni, Zn (0,1-0,4 µg/mL)	70 g/L	-	Bauer-Petrovska y Petrushevskaja-Tozi (2000)
Aniones	F ⁻ , Cl ⁻ , Br ⁻ , I ⁻ , NO ₃ ⁻ , HPO ₄ ⁻ , SO ₄ ⁻ (0,04-3,20 mg/g)	100 g/L	-	Kumar, Narayan y Hassarajani (2008)

Fuente: Adaptado de Villarreal-Soto et al. (2018)

2.2.2.2. Composición de ácidos orgánicos en la kombucha (*Manchurian fungus*)

La kombucha se distingue por su abundante contenido de ácidos orgánicos, compuestos que resultan directamente del metabolismo de las bacterias y levaduras que habitan en el SCOBY. La cantidad y el tipo de estos ácidos cambian notablemente según diversos factores, como la variedad de té empleada, la dosis inicial de azúcar, el tiempo que dura la fermentación, la temperatura ambiental y la composición particular del cultivo iniciador. (Al-Mohammadi et al., 2021; Villarreal-Soto et al., 2018)

Principales ácidos orgánicos de la kombucha

La kombucha alberga una amplia gama de ácidos orgánicos generados por la actividad microbiana. Entre los más representativos se encuentran el acético, glucónico, glucurónico, cítrico, málico, tartárico, L-láctico, succínico, oxálico y pirúvico. (Villarreal-Soto et al., 2018)

- **Ácido acético:** Es el ácido que predomina y le otorga el característico sabor a vinagre. Su mayor concentración (11 g/L) se registra hacia el día 30 de fermentación (Villarreal-Soto et al., 2018).
- **Ácido glucónico:** Se forma a partir de la oxidación de la glucosa y puede alcanzar valores de 39 g/L a los 60 días. (Villarreal-Soto et al., 2018)
- **Ácido glucurónico:** Sobresale por su capacidad desintoxicante, ya que se une a sustancias tóxicas en el hígado facilitando su eliminación (Villarreal-Soto et al., 2018).
- **Ácido láctico:** Aparece principalmente en la kombucha preparada con té verde (Villarreal-Soto et al., 2018).

2.2.3. Quinoa (*Chenopodium quinoa*)

La quinoa (*Chenopodium quinoa*), pseudocereal originario de los Andes con más de 3000 variedades adaptadas a distintas condiciones agroecológicas, no solo destaca por el grano, ampliamente estudiado por su valor nutricional, sino también por la elevada cantidad de biomasa residual que produce. Los rastrojos, conformados por tallos, hojas y cáscaras, representan cerca del 80% de la planta y contienen proteínas, minerales y compuestos fenólicos en proporciones relevantes (Campos et al., 2022).

Tabla 3*Taxonomía de quinua*

Categoría Clasificación	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Caryophyllales
Familia	Amaranthaceae
Subfamilia	Chenopodioideae
Tribu	Chenopodieae
Género	Chenopodium
Especie	<i>Chenopodium quinoa</i>

Fuente: Adaptado de Apaza Mamani et al. (2013).

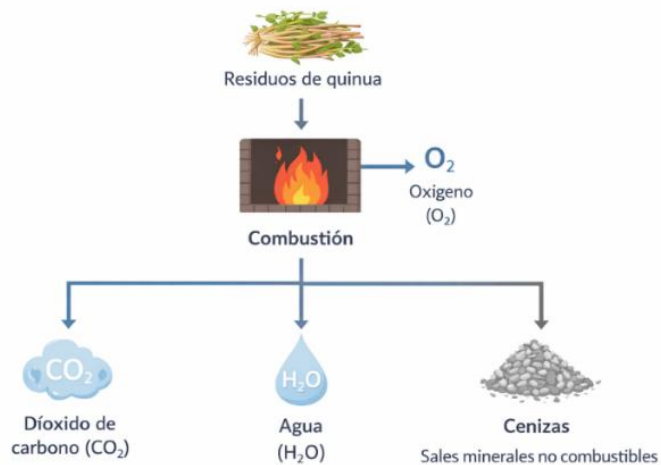
2.2.3.1. Composición química de la ceniza de residuos agrícolas de quinua

Las cenizas provenientes de los residuos agrícolas de quinua se caracterizan por su elevado contenido de minerales, entre los que sobresalen el óxido de calcio (CaO), el potasio (K₂O), el magnesio (MgO) y la sílice (SiO₂). Además, presentan un pH fuertemente alcalino, superior a 12. Estas propiedades les otorgan un gran potencial como reemplazo de compuestos químicos convencionales en distintos procesos industriales, ofreciendo una alternativa más sostenible y con menor huella ambiental (Covarrubias et al., 2020).

Tabla 4*Composición química de la ceniza de rastrojos de quinua*

Muestra	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)	Ceniza (%)
Análisis (elemental)	0,72	0,16 (P)	1,12 (K)	1,66 (Ca)	0,46 (Mg)	0,054 (S)	6,44
		P₂O₅ (%)	K₂O (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO₄²⁻ (%)	
Análisis (óxidos)	0,72	0,37 (P ₂ O ₅)	1,35 (K ₂ O)	2,32 (CaO)	0,77 (MgO)	0,16 (SO ₄ ²⁻)	6,44

Nota: Valores expresados en porcentaje en peso seco (% g/100g). Análisis químico de rastrojos de quinua realizado en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ore Jaime (2022, p. 141).

Figura 4*Combustión de residuos de quinua y generación de cenizas*

Nota: Combustión de residuos de quinua oxida materia orgánica, produce CO₂, H₂O y deja cenizas minerales. Adaptado de Ore Jaime (2022)

2.2.4. Proceso de curtición *Wet-white*

El curtido *wet-white* constituye una alternativa sustentable al curtido tradicional con cromo, ya que emplea agentes como sales de aluminio, extractos vegetales o compuestos sintéticos que reducen el impacto ambiental. Este proceso permite obtener un cuero claro, flexible y resistente, conservando su apariencia natural y siendo compatible con los equipos convencionales de curtiembre (Campos Fabregat, 2015).

El procesamiento de pieles bajo el sistema *wet-white* comprende una secuencia de etapas físico-químicas y enzimáticas que transforman la piel cruda en un material estable (cuero o carnaza). A continuación, se describen cada una de estas etapas con el detalle técnico que fundamenta su aplicación.

2.2.4.1. Pelambre

El pelambre tiene como finalidad eliminar el pelo y la epidermis, así como relajar las fibras de colágeno para facilitar las operaciones posteriores (Ttacca Hualla, 2017). Este proceso se basa en la acción de agentes alcalinos que hidrolizan las proteínas del folículo piloso, debilitando la unión entre el pelo y la matriz dérmica.

2.2.4.2. Encalado

El encalado consiste en el tratamiento de la piel con soluciones alcalinas, generando un hinchamiento controlado de las fibras de colágeno y favoreciendo la degradación de grasas y restos epidérmicos (Ttacca Hualla, 2017). El hidróxido de calcio (Ca(OH)_2) reacciona con los grupos carboxilo del colágeno, formando sales de calcio que aumentan la separación entre las fibras. Además, el encalado cumple funciones de saponificación de grasas y eliminación de proteoglicanos.

2.2.4.3. Desencarnado

El desencarnado consiste en la remoción mecánica del tejido subcutáneo y adiposo adherido a la cara carnaza de la piel, obteniendo una superficie homogénea y un espesor uniforme (Ttacca Hualla, 2017). Esta etapa es fundamental porque el tejido adiposo residual dificulta la penetración uniforme de los agentes químicos en etapas posteriores (Condori Valencia, 2017).

2.2.4.4. Desencalado

El desencalado tiene como objetivo remover los compuestos alcalinos y los restos de cal adsorbidos en la piel, devolviendo al colágeno un estado estable (Ttacca Hualla, 2017). El proceso se basa en la neutralización con sales de amonio (sulfato de amonio) y agentes reductores (bisulfito de sodio), que desplazan el calcio de los enlaces con el colágeno. El punto final del desencalado se determina con el indicador fenolftaleína, que vira a incoloro a pH inferior a 8,3 (Condori Valencia, 2017).

2.2.4.5. Purga o rendido

La purga es una etapa enzimática que reduce el hinchamiento de las fibras de colágeno y elimina proteínas no estructurales (globulinas, albuminas y proteoglicanos), mejorando la organización fibrilar y las propiedades físico-mecánicas del material (Ttacca Hualla, 2017). Las proteasas hidrolizan los enlaces peptídicos de las proteínas no estructurales, generando una mayor separación entre las fibras y aumentando la flexibilidad de la piel (Condori Valencia, 2017).

La actividad enzimática depende de la concentración de enzima, la temperatura (óptima 25-35°C), el pH, el tiempo de exposición y la agitación (Ttacca Hualla, 2017). La efectividad de la purga se evalúa mediante el incremento del espesor; un incremento superior al 50% indica un aflojamiento adecuado de las fibras (Condori Valencia, 2017).

2.2.4.6. Piquelado

El piquelado es un proceso de acidificación controlada que regula el pH de la piel y estabiliza su estructura fibrosa, completando la neutralización de la cal y deteniendo la acción enzimática residual del rendido (Condori Valencia, 2017). El rango óptimo de pH para el piquelado es de 2,5 a 3,0; que se aproxima al punto isoeléctrico del colágeno (pH 4,8-5,0), facilitando la posterior penetración de los agentes curtientes.

El piquelado se realiza con ácidos (orgánicos o inorgánicos) y sales neutras (cloruro de sodio). Los ácidos orgánicos ofrecen ventajas como menor agresividad sobre el colágeno y mejor penetración (Campos Fabregat, 2015). La efectividad del piquelado se evalúa mediante la medición del pH final (rango 2,5-3,0) y la uniformidad de la acidificación, verificada con indicadores como bromocresol amarillo (viraje a pH 2,5) (Condori Valencia, 2017).

2.2.4.7. Neutralizado y secado

Después del piquelado, la piel se neutraliza con soluciones de bicarbonato de sodio para elevar el pH a valores cercanos a 7,0, preparando la piel para el secado (Campos Fabregat, 2015). El secado reduce el contenido de humedad a valores inferiores al 15%, asegurando la estabilidad microbiológica del producto (Abarca, 2018; Parada et al., 2020). El secado se realiza a temperaturas controladas (50-70°C) que no afecten la integridad del colágeno (Parada et al., 2020).

2.2.5. Productos masticables para de mascotas caninos

2.2.5.1. Definición y clasificación

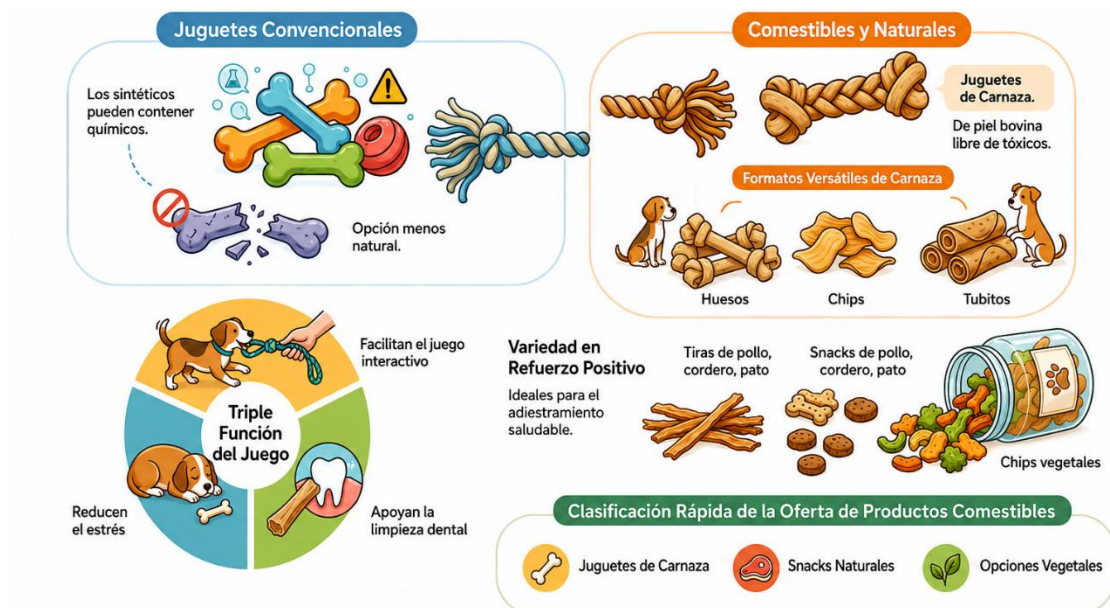
Los productos masticables para caninos son artículos diseñados para ser mordidos y, en muchos casos, ingeridos durante el juego. Su función principal es satisfacer la necesidad etológica de masticación, que cumple roles de limpieza dental, reducción del estrés y entretenimiento (Mora Sanga, 2019; Tolentino Garriazo, 2021).

Los masticables se clasifican según su composición en (Parada Rivera, Puente Guijarro, Tapia González, Borja Mayorga, & Abarca Coello, 2020; Tolentino Garriazo, 2021):

- **De cuero/carnaza animal:** Elaborados a partir de pieles de bovino, porcino o camélidos, sometidas a curtición comestible.
- **De origen vegetal:** Fabricados con almidones y fibras vegetales; más digestibles y blandos.
- **Funcionales:** Incorporan ingredientes activos (enzimas, probióticos, vitaminas).
- **Híbridos:** Combinan materiales sintéticos con elementos comestibles.

Figura 5

Juguetes y snacks comestibles para caninos domesticos



Nota: La figura compara juguetes convencionales versus comestibles naturales, destacando beneficios en salud, entretenimiento y adiestramiento canino.

2.2.5.2. Características de calidad

Los atributos de calidad más relevantes en un masticable incluyen (Parada Rivera, Puente Guijarro, Tapia González, Borja Mayorga, & Abarca Coello, 2020; Tolentino Garriazo, 2021):

- **Dureza:** Relacionada con el contenido de humedad y el tipo de piel. Masticables muy duros pueden causar fracturas dentales.
- **Digestibilidad:** Los masticables deben ser parcial o totalmente digestibles para evitar obstrucciones intestinales.
- **Inocuidad:** Ausencia de patógenos (*Salmonella*, *E. coli*), metales pesados y residuos de reactivos de procesamiento.

2.2.5.3. Escala hedónica en caninos domésticos

La evaluación sensorial en caninos se basa en la observación sistemática de respuestas conductuales frente a un estímulo alimenticio. La escala hedónica adaptada se construye a partir de parámetros etológicos (comportamiento animal) (Cepeda Rojas & Acosta Guzmán, 2017). Estos parámetros deben ser medibles, repetibles y observables bajo condiciones controladas.

A partir de estos parámetros, se estructura una escala de evaluación objetiva, como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5

Escala hedónica para evaluación de aceptación de masticables en caninos

Nivel hedónico	Interés inicial	Tiempo de reacción	Tiempo de masticación	Consumo
5 (Muy alto)	Huele, lame y consume inmediatamente	1–10 s	1–20 s (consumo activo continuo)	100%
4 (Alto)	Huele y consume con interés	11–20 s	20–40 s	75–99%
3 (Aceptable)	Huele y observa, luego consume	21–40 s	40–60 s	50–74%
2 (Bajo)	Solo observa o huele ligeramente	41–60 s	>60 s (intermitente)	25–49%
1 (Rechazo)	Ignora o rechaza	>60 s	No mastica	0–24%

Nota: La aplicación de escalas hedónicas adaptadas en caninos. Adaptado de Cepeda & Acosta (2017)

2.3. MARCO NORMATIVO PARA PRODUCTOS MASTICABLES

Los juguetes masticables para caninos se clasifican como productos complementarios, destinados a la masticación recreativa, y no como alimentos completos. Esta distinción es relevante porque determina el marco normativo aplicable.

2.3.1. Normas de regulación sectorial para juguetes masticables

El Decreto Supremo N° 015-98-AG, emitido por el SENASA (1998), regula el registro, control y comercialización de productos veterinarios y alimentos para animales. Los juguetes masticables, al ser productos complementarios, no están sujetos a los mismos requisitos que los alimentos completos, pero deben cumplir con condiciones generales de inocuidad, etiquetado y almacenamiento.

2.3.2. Referencias internacionales para productos complementarios

La FEDIAF (2023) proporciona directrices específicas para productos complementarios, entre los que se incluyen los masticables y premios. Estas directrices recomiendan:

- La ingesta calórica proveniente de premios y masticables no debe superar el 10% de la dieta diaria total del animal.
- Se debe advertir sobre masticables excesivamente duros que pueden causar fracturas dentales.
- Los productos deben ser del tamaño adecuado al peso del perro.
- Se recomienda supervisar a la mascota durante el consumo.
- Los productos deben estar libres de componentes tóxicos y ser seguros para el consumo.

2.4. MARCO CONCEPTUAL

- **Subproductos.** Materiales sobrantes de procesos productivos que pueden ser reutilizados como insumos en otros procesos, evitando su disposición como residuo (Kaza et al., 2018).
- **Residuos agrícolas.** Restos vegetales posteriores a la cosecha, como tallos, hojas y cáscaras, que constituyen una biomasa con potencial de valorización (Campos-Rodriguez et al., 2022).
- **Ceniza de quinua.** Residuo mineral de la combustión controlada de rastrojos de quinua, rico en óxido de calcio (CaO) con propiedades alcalinas. Presenta un contenido de 2,32 g de CaO por cada 100 g de ceniza (Ore, 2022).
- **Kombucha.** Bebida fermentada obtenida del té azucarado mediante la acción del SCOBY (*Symbiotic Culture Of Bacteria and Yeasts*), productora de ácidos orgánicos como el acético, glucónico, glucurónico y láctico (Antolak et al., 2021; Villarreal-Soto et al., 2018).
- **SCOBY.** Siglas en inglés de Symbiotic Culture Of Bacteria and Yeasts, cultivo simbiótico de bacterias acéticas y levaduras que forma una película celulósica durante la fermentación de la kombucha (Al-Mohammadi et al., 2021).
- **Fermentación.** Proceso metabólico donde microorganismos (bacterias y levaduras) transforman sustratos orgánicos (azúcares) en productos como ácidos orgánicos, alcoholes y dióxido de carbono (Villarreal-Soto et al., 2018).
- **Ácido acético.** Ácido orgánico (CH_3COOH) responsable del sabor ácido de la kombucha, con capacidad acidificante que permite regular el pH. Su concentración en la kombucha puede alcanzar hasta 11 g/L tras 30 días de fermentación (Villarreal-Soto et al., 2018).
- **Pelambre.** Proceso de eliminación del pelo y la epidermis de las pieles mediante agentes alcalinos que hidrolizan las proteínas del folículo piloso, debilitando la unión entre el pelo y la matriz dérmica (Ttacca Hualla, 2017).
- **Purga enzimática (rendido).** Tratamiento con enzimas proteolíticas (proteasas) para aflojar las fibras de colágeno y eliminar proteínas no estructurales (globulinas, albuminas y proteoglicanos), mejorando la flexibilidad y organización fibrilar de la piel (Condori Valencia, 2017; Ttacca Hualla, 2017).
- **Proteasas.** Enzimas que hidrolizan enlaces peptídicos en las proteínas, modificando la estructura del colágeno y facilitando la separación de las fibras, aumentando la porosidad y flexibilidad de la piel (Condori Valencia, 2017).

- **Piquelado.** Proceso de acidificación controlada que regula el pH de la piel y estabiliza su estructura fibrosa, completando la neutralización de la cal y deteniendo la acción enzimática residual del rendido (Condori Valencia, 2017).
- **Flote.** Relación entre el volumen de solución (en litros) y el peso de la piel (en kilogramos), expresada generalmente como porcentaje. Por ejemplo, un flote del 200% equivale a 2 litros de solución por cada kilogramo de piel (Ttacca Hualla, 2017).
- **Hinchamiento.** Aumento del espesor de las pieles por absorción de agua, debido a la separación de las fibras de colágeno por efecto de los agentes alcalinos o enzimáticos. Un incremento superior al 50% indica un aflojamiento adecuado de las fibras (Condori Valencia, 2017).
- **pH.** Medida de acidez o alcalinidad de una solución en escala de 0 (máxima acidez) a 14 (máxima alcalinidad), siendo 7 el punto neutro. En el piquelado, el rango óptimo es de 2,5 a 3,0 (Condori Valencia, 2017).
- **Aceptación canina.** Grado de preferencia y consumo de un producto por parte del perro, medido a través de indicadores conductuales como el interés inicial, tiempo de reacción, tiempo de masticación y nivel de consumo (Cepeda Rojas & Acosta Guzmán, 2017).
- **Escala hedónica operativa.** Herramienta de evaluación que mide la aceptación canina mediante parámetros conductuales observables, clasificados en cinco niveles (muy alto, alto, aceptable, bajo y rechazo) (Cepeda Rojas & Acosta Guzmán, 2017).
- **Relación v/w (volumen/peso).** Proporción entre el volumen de un líquido (en mililitros o litros) y el peso de un sólido (en gramos o kilogramos), utilizada para calcular la cantidad de solución necesaria para tratar un peso determinado de piel (Ttacca Hualla, 2017).
- **Relación p/p (peso/peso).** Proporción entre el peso de un sólido y el peso de otro sólido, utilizada para calcular la cantidad de reactivo necesaria para tratar un peso determinado de piel (Ttacca Hualla, 2017).
- **Eficiencia de pelambre.** Cantidad de pelos residuales por unidad de área (cm²) después del tratamiento de pelambre, como indicador de la efectividad del proceso. Un pelambre eficiente debe dejar menos de 5 pelos/cm² (Ttacca Hualla, 2017).
- **Control sintético.** Tratamiento de referencia con reactivos químicos convencionales. En el contexto del pelambre, se utiliza CaO comercial al 3%

como control para comparar la eficiencia de agentes alcalinos alternativos (Ttacca Hualla, 2017).

- **Economía circular.** Modelo productivo que valora los residuos como insumos para nuevos procesos, reduciendo la generación de desechos y el consumo de recursos vírgenes, promoviendo el cierre de ciclos productivos (Kaza et al., 2018).
- **Valorización de residuos.** Transformación de materiales que serían desechados en productos con valor agregado, generando beneficios ambientales y económicos mediante la reincorporación de subproductos en cadenas productivas (Kaza et al., 2018; Parada et al., 2020).
- **Colágeno.** Proteína estructural principal de la dermis, compuesta por fibras que confieren resistencia, elasticidad y flexibilidad a la piel. Su organización fibrilar determina las propiedades mecánicas del cuero o carnaza (Condori Valencia, 2017).
- **Curtido comestible.** Proceso de curtido que emplea agentes no tóxicos (sales de aluminio, extractos vegetales o compuestos sintéticos) que permiten que el producto final sea seguro para el consumo animal, a diferencia del curtido con cromo (Campos Fabregat, 2015; Parada et al., 2020).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación se enmarca dentro del tipo aplicado, ya que busca traducir el conocimiento científico en soluciones prácticas para el sector productivo, con el propósito de generar un impacto favorable en la productividad, la sostenibilidad y la competitividad industrial, contribuyendo así al desarrollo socioeconómico local. (Révolo et al., 2023)

Del mismo modo, se ubica en el nivel explicativo, dado que identifica y examina relaciones de causa y efecto entre las variables a través de la manipulación controlada de factores independientes. El diseño experimental permite aislar y regular condiciones que podrían interferir, mientras que el análisis estadístico respalda la interpretación de los resultados obtenidos. (Hernández Sampieri et al., 2014)

3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El estudio tuvo un enfoque experimental y exploratorio. Mediante la manipulación de tres variables independientes (concentración de ceniza, purga enzimática y relación ácido/agua), se formuló un masticable canino, se evaluó su impacto del producto, y se optimizó el proceso para validar su carácter innovador. (Hernández et al., 2014)

3.2.1. Técnicas de procesamiento

Los datos experimentales se procesaron con Minitab y Excel. En Minitab se realizaron los análisis estadísticos paramétricos: prueba de Dunnett para el pelambre, DCA con

Tukey para la purga enzimática y prueba t de Student para el piquelado. En Excel se organizaron las mediciones de pelos residuales, espesor, pH y evaluación hedónica, elaborándose tablas y gráficos preliminares.

3.2.2. Análisis de datos

Los datos se analizaron con las siguientes pruebas estadísticas, seleccionadas según el objetivo de cada etapa:

- **ANOVA:** Se utilizó para determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos en el pelambre y en la purga enzimática, comparando la variabilidad entre grupos con la variabilidad dentro de cada grupo.
- **Prueba de Dunnett:** Se aplicó específicamente en el pelambre para comparar cada tratamiento con el grupo control (sintético), identificando qué concentraciones de ceniza de quinua eran estadísticamente equivalentes al control.
- **Prueba de Tukey (HSD):** Se empleó en la purga enzimática para comparar todos los pares de tratamientos entre sí, permitiendo clasificar las medias en grupos jerárquicos y determinar cuál tratamiento generaba el mayor incremento de espesor.
- **Prueba t de Student:** Se utilizó en el piquelado por tratarse de una comparación entre dos condiciones experimentales únicamente (convencional vs. optimizada), siendo la prueba más adecuada para este diseño comparativo simple.
- **Escala hedónica operativa:** Para la aceptación canina, se consolidaron las fichas de evaluación y se clasificaron los resultados en cinco niveles (muy alto, alto, aceptable, bajo, rechazo), calculando frecuencias y porcentajes.

Todas las pruebas se realizaron con un nivel de significancia de $p < 0,05$. Adicionalmente, se elaboraron gráficos de intervalos de confianza de Dunnett (95%) y de agrupación de medias de Tukey. Se evaluaron los coeficientes de determinación (R^2) para verificar el ajuste de los modelos. Para la aceptación canina, se usó una escala hedónica operativa con cinco niveles de clasificación.

Tabla 6*Método de investigación por cada unidad experimental*

Objetivo	Operación	Unidades experimentales	Método de investigación
Objetivo específico 1	PELAMBRE	Pieles de alpaca divididas en cuatro grupos: T1 (Ceniza al 3%), T2 (Ceniza al 6%), T3 (Ceniza al 8%) y T4 (Ceniza al 12%), con tres repeticiones por tratamiento.	Prueba de Dunnett (95% confianza)
Objetivo específico 2	PURGA	Pieles pelambradas divididas en: con proteasa (tensosina 0,2% + bixin 0,5%) y sin proteasa (control). Temperatura 30°C, tiempo 1 h, tres repeticiones. Se aplicó el método de Tukey para identificar el tratamiento con mayor aflojamiento de fibras y mejor moldeabilidad.	Diseño Completamente al Azar (DCA) con prueba post hoc de Tukey (HSD) al 95% de confianza
Objetivo específico 3	PIQUELADO	Pieles de alpaca sometidas a kombucha al 10% v/p, comparando condición convencional (flote 200%) vs optimizada (relación ácido/agua 1:16). Control de pH a 0, 15, 30, 45 y 60 min, con tres repeticiones por condición.	Diseño comparativo simple (prueba t)
Objetivo específico 4	EVALUACIÓN DE ACEPTACIÓN	10 caninos domésticos de raza criollo y 3 años de edad, expuestos a dos productos: masticable elaborado (T1) y masticable comercial (T2). Registro de consumo, tiempo de reacción, tiempo de masticación e interés inicial.	Escala hedónica operativa con análisis de parámetros conductuales

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

La materia prima fueron pieles frescas de alpaca (*Vicugna pacos*), obtenidas de 10 ejemplares hembras adultos (3-4 años) sacrificados en el camal municipal de Pilpichaca (Huaytará, Huancavelica). La selección de las pieles se realizó de manera directa durante el proceso de beneficio: una vez degollados los animales, se inspeccionaron las pieles y se escogieron aquellas que cumplieran con las características requeridas para el estudio, priorizando la uniformidad anatómica. Para ello, se trabajó exclusivamente con

la región del crupón, por ser la zona más homogénea de la piel (Tolentino Garriazo, 2021). Las pieles seleccionadas fueron completas, de color blanco y raza Huacaya.

Como insumos complementarios se emplearon dos recursos de origen local. La kombucha se obtuvo del Centro Experimental de Curtiembre de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, donde se mantiene un cultivo activo de SCOBY. El líquido fermentado se utilizó tal cual, sin procesos de purificación, concentración o extracción. La fermentación se realizó durante 30 días a 25 °C, período en el cual, según Villarreal-Soto et al. (2018), la kombucha alcanza una concentración de ácido acético de hasta 11 g/L, valor que se tomó como referencia principal para evaluar su capacidad acidificante en el piquelado, si bien el líquido contiene también otros ácidos orgánicos (glucónico, glucurónico y láctico) que contribuyen al descenso del pH. Por su parte, los rastros de quinua fueron recolectados en el distrito de Chiara (Huamanga, Ayacucho) y calcinados en un horno artesanal a 200 ± 50 °C durante 4 horas. La ceniza obtenida se tamizó a malla 100 (150 μ m) para garantizar su homogeneidad y se empleó directamente como agente alcalino, sin purificación adicional. Ore Jaime (2022) reporta que este tipo de ceniza contiene 2,32 g de óxido de calcio (CaO) por cada 100 g, valor que se consideró como referente de su capacidad alcalina, aunque la ceniza contiene también otros óxidos (K_2O , MgO) que contribuyen a la alcalinidad del medio.

El diseño experimental consideró: 24 unidades para pelambre (8 tratamientos $\times$ 3 repeticiones), 24 unidades para purga enzimática y 8 unidades para piquelado (4 tratamientos $\times$ 2 condiciones). Cada unidad consistió en una pieza de piel de 20 $\times$ 20 cm del crupón. Para la evaluación de aceptación se utilizaron 10 caninos sin distinción de sexo, de 3 años y raza criolla. Las pruebas se realizaron en las instalaciones de la ciudad universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

El muestreo fue no probabilístico por conveniencia, justificado por la naturaleza experimental del estudio. La aleatorización del DCA controla la variabilidad, garantizando la validez de las comparaciones entre tratamientos.

3.4. VARIABLES E INDICADORES

3.4.1. Variables independientes

- Kombucha
- Concentración de ceniza de quinua

- Sistema de pelambre
- Aplicación de purga enzimática

3.4.2. Variables dependientes

- pH en el piquelado
- Incremento del espesor
- Aceptación canina
- Eficiencia de pelambre

3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

La operacionalización de variables dependientes e independientes de la investigación se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 7

Operacionalización de variables

Variables	Niveles de variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	
X (Variables independientes)	X ₁	Concentración de ceniza de quinua	Residuo mineral rico en óxido de calcio (CaO) y otros óxidos alcalinos (K ₂ O, MgO), con propiedades alcalinas.	Aplicada en pelambre en concentraciones de 3%, 6%, 8% y 12% p/p.	% de concentración de ceniza (p/p)
	X ₂	Kombucha	Líquido fermentado obtenido de té azucarado por acción del SCOBY, que contiene ácido acético (hasta 11 g/L) y otros ácidos orgánicos (glucónico, glucurónico, láctico).	Utilizada directamente (sin purificación) como agente acidificante en el piquelado.	pH alcanzado; tiempo de acidificación (min)
	X ₃	Sistema de pelambre	Metodología de aplicación de la ceniza sobre la piel durante el pelambre.	Aplicación en pasta sobre la superficie carnaza (CRP) o en suspensión acuosa con inmersión total (SRP).	CRP (con recuperación de pelo) / SRP (sin recuperación de pelo)
	X ₄	Aplicación de purga enzimática	Enzima que hidroliza colágeno.	Aplicación de proteasa durante la purga, comparada con un tratamiento sin enzima.	Presencia (%) / Ausencia de proteasa
Y (Variables dependiente)	Y ₁	Aceptación canina	Grado de preferencia y consumo de los masticables por parte de caninos domésticos.	Observación sistemática de respuestas conductuales (interés inicial, tiempo de reacción, tiempo de masticación, nivel de consumo) durante la exposición al producto.	Nivel de aceptación (escala hedónica de 5 niveles); Porcentaje de caninos por categoría
	Y ₂	Incremento del espesor	Aumento del espesor de la piel como indicador del aflojamiento de las fibras de colágeno después de la purga enzimática.	Medición del espesor inicial y final con vernier digital (precisión 0,01 mm). Aplicación de la fórmula: % = ((Ef - Ei) / Ei) × 100.	Incremento absoluto (mm); Porcentaje de incremento (%)
	Y ₃	Eficiencia del pelambre	Grado de eliminación del pelo de la piel después del tratamiento alcalino.	Conteo de pelos residuales en un área de 1 cm ² .	Número de pelos residuales por cm ²
	Y ₄	pH en el piquelado	Medida de acidez o alcalinidad de la solución durante el proceso de piquelado.	Medición con pHmetro digital en intervalos de 15 minutos durante 60 minutos.	Valor de pH (escala 0-14); Tiempo de acidificación (min)

3.6. ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo experimental se desarrolló en el Centro Experimental de Curtiembre, perteneciente a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia. Este espacio reunió las condiciones necesarias para ejecutar todas las etapas del proceso, desde el acondicionamiento inicial de las materias primas hasta la obtención del prototipo final del juguete masticable. El centro no solo proporcionó la infraestructura requerida, sino también el equipamiento especializado para los tratamientos químicos y enzimáticos, así como para los análisis de control de calidad.

3.7. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

Materia prima

- Piel de alpaca (*Vicugna pacos*)

Materiales

- Termómetro
- pHmetro, Universal tes paper
- 1 vernier marca Tesa, modelo de la serie 005, de 15 cm
- 1 probeta de 1 L
- Papel filtro
- Baldes de plásticos 5L, 15L, 20 L
- Tamiz 250 μm
- Jarras de plástico de 2L
- Baldes de PVC
- Espátula
- Cuchillo de descarnar
- Tinas de PVC

Equipos

- Botal pequeño de acero eléctrico
- Microscopio modelo EM-1TZ-PL-10MA, marca AMSCOPE
- Balanza analítica

- Termómetro digital de 0 – 300 °C
- Balanza digital modelo V21PW6, marca OHAUS
- 1 pH metro digital

Reactivos

- Bisulfito de sodio
- Proteasas
- Sulfato de amonio
- Cloruro de sodio
- Bicarbonato de sodio

3.8. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.8.1. Técnicas de recolección de datos

Para asegurar la reproducibilidad y fiabilidad de los datos, se implementaron protocolos estandarizados a lo largo del desarrollo experimental.

3.8.1.1. Obtención del té fermentado de kombucha a partir del cultivo de SCOBY (*Manchurian fungus*)

El cultivo se llevó a cabo siguiendo un protocolo cuidadosamente estandarizado, con la finalidad de asegurar la reproducibilidad del proceso fermentativo del SCOBY (*Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast*).

a. Infusión

Para preparar la infusión del cultivo del SCOBY, se hirvió agua potable en un recipiente de acero inoxidable. Luego, se colocaron 750 ml de agua en un frasco esterilizado, equivalentes al 75% del volumen total. Sobre esta base, se añadieron 50 g de té negro (5% de la mezcla) y 200 g de azúcar (20% restante). La infusión se mantuvo a 80 °C y posteriormente se dejó enfriar hasta temperatura ambiente.

b. Inoculación

Los inóculos se añadieron a la infusión ya preparada y enfriada, garantizando una temperatura ambiente de 25 °C, condición óptima para la proliferación de los microorganismos.

c. Fermentación

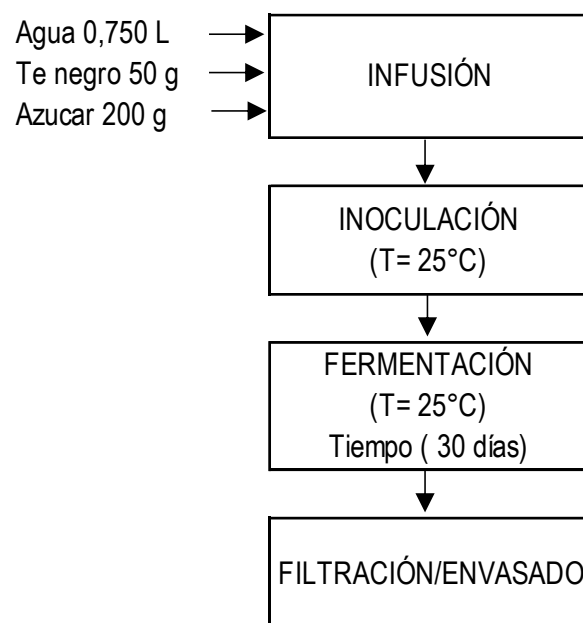
La mezcla se fermentó en recipientes de vidrio cubiertos con gasa, a una temperatura entre 25 °C durante 30 días. Según (Villarreal-Soto et al., 2018), en este proceso las levaduras del género *Saccharomyces* y las bacterias acéticas *Acetobacter aceti* y *Gluconobacter oxydans* convierten los azúcares en ácido acético, alcanzando una concentración de 11 g/L al cabo de 30 días de fermentación.

d. Filtración y envasado

El líquido ya fermentado se filtró empleando un tamiz (papel filtro) de 250 µm, se envasó en botellas de vidrio y se almacenó para conservar el ácido acético producido.

Figura 6

Diagrama de flujo del proceso de elaboración de Kombucha (Manchurian fungus)



3.8.1.2. Obtención de la ceniza de a partir de rastrojos de quinua

La obtención de la ceniza se llevó a cabo siguiendo las etapas que se describen a continuación.

a. Recolección

Se recolectaron manualmente rastrojos de quinua (tallos y hojas) en el distrito de Chiara, Ayacucho, escogiendo el material libre de tierra y otros contaminantes.

b. Secado

El material se secó a la intemperie durante 72 horas.

c. Calcinación

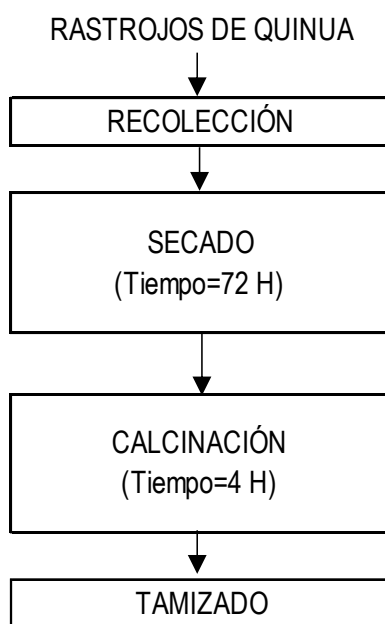
Los rastrojos ya secos se calcinaron en un horno a 450 ± 50 °C durante 4 horas. Esta temperatura favoreció una combustión completa con una menor formación de carbonatos, obteniendo una ceniza de color blanco grisáceo. Según (Ore Jaime, 2022), este tipo de ceniza debe contener aproximadamente 2,32 gramos de óxido de calcio por cada 100 gramos de ceniza, valor que se tomó como referencia en el presente estudio.

d. Tamizado

La ceniza se molió hasta obtener un polvo homogéneo y se pasó por un tamiz de malla 100 (150 μ m). Finalmente, se almacenó en recipientes herméticos en un ambiente seco.

Figura 7

Diagrama de la obtención de la ceniza de rastrojos de quinua



3.8.1.3. Descripción del proceso de la elaboración del juguete comestible

La elaboración del juguete masticable constituye la etapa central de esta investigación, donde convergen los insumos obtenidos y se aplican los tratamientos experimentales diseñados.

a. Recolección /Selección

Las pieles frescas de alpaca (*Vicugna pacos*) se adquirieron en el camal municipal de Pilpichaca, ubicado en la provincia de Huaytará, departamento de Huancavelica. Se eligieron pieles provenientes de animales adultos (de aproximadamente 3 años), completas, de color blanco y de la raza huacaya.

b. Acondicionado

Se realizó una limpieza mediante cepillado mecánico y raspado manual, seguido de una inspección visual para descartar áreas con defectos estructurales.

c. Remojo

Las pieles se sumergieron en agua potable (20 °C) en relación 2:1 (agua /piel) durante 4 horas para facilitar la rehidratación de las fibras colágenas.

d. Pelambre

Se establecieron dos metodologías:

- **Ensayo CRP (Con Recuperación de Pelo)**

Aplicación de pasta de ceniza (3%, 6%, 8% y 12% p/p) sobre la superficie endodérmica por 48 horas.

- **Ensayo SRP (Sin Recuperación de Pelo)**

Inmersión en suspensiones de Ceniza de quinua como fuente de alcalinidad (3%, 6%, 8% y 12% p/p) con flote al 200% y agitación intermitente por 48 horas.

e. Descarnado

Se eliminó el tejido subcutáneo y adiposo mediante cuchillas circulares especializadas.

f. Desencalado

El desencalado se realizó mediante un sistema de lavado multietapa con un flote del 200% (v/p) que contenía soluciones de sulfato de amonio y bisulfito de sodio al 1% (p/p) cada una. Estos compuestos actúan secuencialmente: el sulfato de amonio desplaza el calcio de los enlaces con el colágeno, mientras que el bisulfito de sodio reduce los residuos alcalinos. El punto final del proceso se determinó mediante el indicador fenolftaleína, confirmando la neutralización completa cuando el viraje a incoloro indicó un pH inferior a 8,3.

Al finalizar esta etapa, realizamos el conteo de pelos residuales en un área definida de 1 cm² utilizando un microscopio, con el objetivo de evaluar cuantitativamente la eficiencia de los tratamientos de pelambre.

g. Purga o rendido

El tratamiento enzimático se realizó utilizando una combinación de tensosina (0,2% p/p) y bixin (0,5% p/p) en solución a 30 °C, manteniendo agitación constante por 1 hora. Incluimos controles simultáneos sin enzimas para evaluar comparativamente el grado de hinchamiento y la apertura de las fibras colagénicas. La temperatura controlada asegurando la actividad óptima de las enzimas, mientras que la agitación constante garantiza su distribución homogénea.

h. Piquelado

El piquelado se realizó utilizando kombucha como agente acidificante. Este proceso se diseñó considerando los tratamientos resultantes de las etapas previas de pelambre, tanto con recuperación de pelo como sin ella, así como de la purga enzimática.

- **Ensayo 1: Piquelado en condiciones convencionales**

Cada tratamiento se llevó a cabo en recipientes de polietileno independientes, empleando un flote del 200% en relación al peso de las pieles. Al inicio, se añadió cloruro de sodio al 7% peso/peso bajo agitación constante durante 20 minutos. Luego, se incorporó kombucha de manera gradual, en concentraciones de 2,5%, 5%, 7,5% y 10% volumen/peso, realizando adiciones cada 15 minutos. El pH se monitoreó utilizando un pH-metro digital y el indicador bromocresol amarillo, cuyo

viraje ocurre a pH 2,5. La temperatura se mantuvo a 25 °C durante 60 minutos. Una vez finalizado el proceso, las muestras se dejaron en reposo durante 12 horas.

- **Valoración del ácido acético de kombucha para la optimización**

Ante la limitación observada, se realizó una valoración directa de la kombucha para determinar la relación óptima entre este líquido y el agua. La kombucha, con un pH inicial de 2,17, se evaluó en diferentes proporciones con agua destilada, desde 1:16 hasta 1:40. Las relaciones más concentradas, entre 1:16 y 1:20, alcanzaron un pH entre 2,6 y 2,7. En cambio, las mezclas más diluidas, superiores a 1:30, generaron un pH por encima de 2,9, confirmando que el exceso de agua limita la eficiencia de la acidificación.

- **Ensayo 2: Piquelado con condiciones optimizadas**

Con base en la valoración, se ajustó la relación entre la kombucha y el agua a 1:16. En esta segunda etapa, se aplicó el mismo procedimiento descrito, pero con las condiciones optimizadas, logrando alcanzar el rango de pH deseado para el piquelado.

i. Neutralizado

La neutralización final se realizó con solución de bicarbonato de sodio al 1,0% (p/p) en flote 200% (v/w), hasta alcanzar pH 7,0. Utilizamos el indicador bromocresol como referencia, observando el viraje a azul que confirma la neutralización completa. Implementamos controles periódicos cada 10 minutos para evitar sobre neutralización, que podría afectar negativamente las propiedades texturales del material.

j. Salado y Conservación

Las pieles se sumergieron en NaCl al 1% (p/p) con flote al 200% por 1 hora.

k. Trozado y Secado

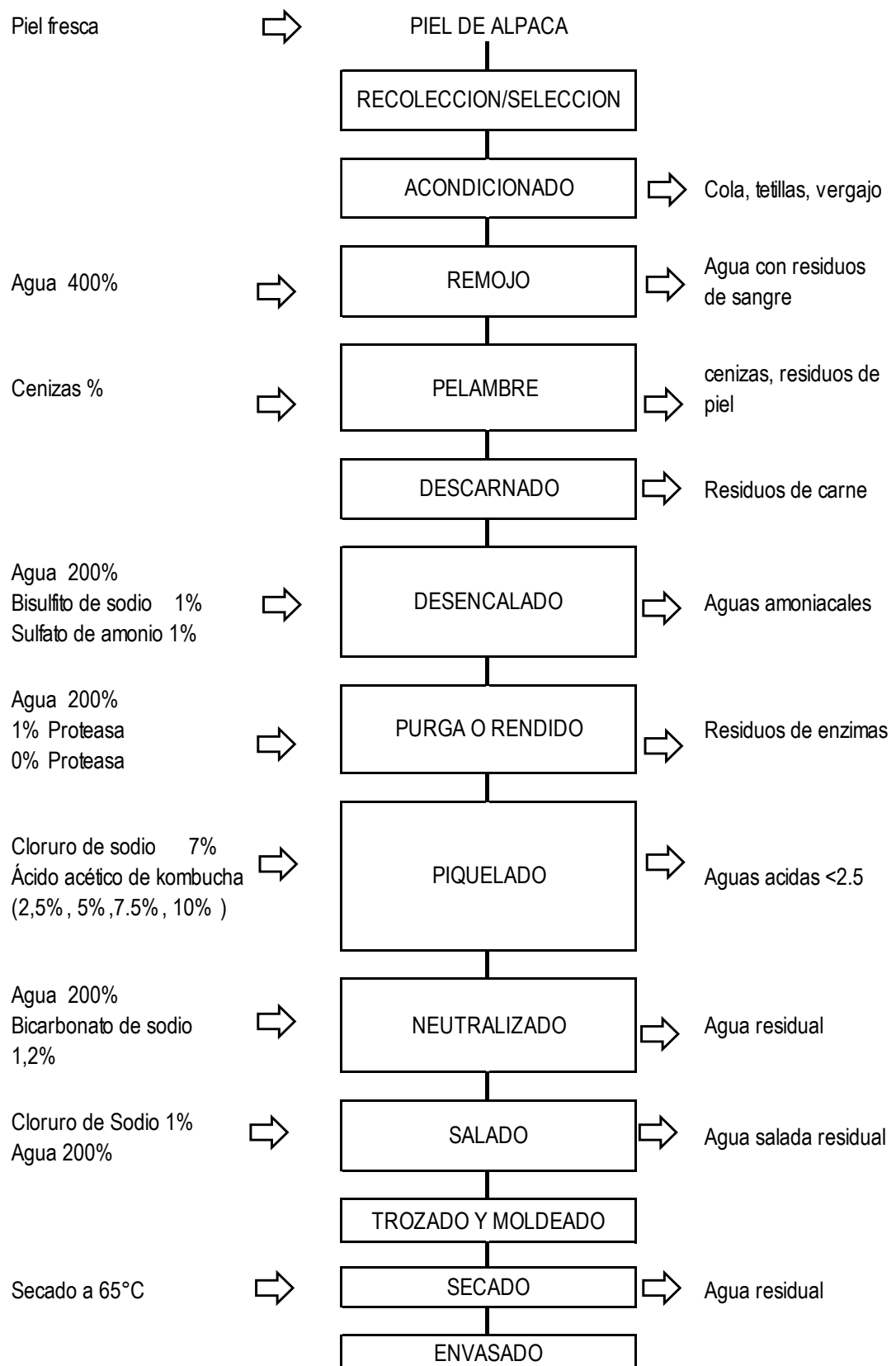
Las pieles procesadas se cortaron en piezas de 20 × 10 cm. Las piezas se deshidrataron en secador de bandejas a 65 °C durante 12 horas hasta humedad 15%.

I. Envasado

Se empacaron en bolsas de polietileno de alta densidad con cierre hermético, etiquetadas según el tratamiento.

Figura 8

Diagrama de flujo para la obtención del juguete comestible para caninos domésticos



3.8.2. Instrumentos de recolección de datos

En la siguiente tabla se muestran los instrumentos usados para la recolección de datos.

Tabla 8

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Objetivo	Técnica	Instrumentos	Recolección de datos
Evaluar la concentración óptima de CaO derivado de ceniza de quinua que permita optimizar la eficiencia del pelambre, maximizar la eliminación de fibra y analizar su influencia en la efectividad del proceso de pelambre en baño para el tratamiento de pieles de alpaca (<i>Vicugna pacos</i>).	Pelambre	Fichas de registro de datos, microscopio, bisturí, vernier, software Minitab y Excel	Concentración de ceniza (%); número de pelos residuales por cm ²
Comparar el efecto de la purga (sistemas enzimáticos) sobre el aflojamiento de las fibras de colágeno de la piel de alpaca y su relación con la aceptación de caninos domésticos.	Purga	Fichas de registro de datos, reloj, vernier, termómetro, software Minitab y Excel	Porcentaje de hinchamiento: % = $((E_f - E_i) / E_i) \times 100$; evaluación comparativa del moldeado de masticables con y sin purga
Evaluar la influencia del ácido acético derivado de kombucha (<i>Manchurian fungus</i>) sobre el pH de la piel durante el proceso de piquelado.	Piquelado	Fichas de registro de datos, reloj, pHmetro, software Minitab y Excel	Valor de pH (escala 0–14); registros en sistema convencional (flote 200%) y sistema optimizado (relación 1:16)
Evaluar el grado de aceptación de los masticables obtenidos por parte de los caninos domésticos, observando su disposición a consumirlos.	Evaluación de aceptación	Ficha de evaluación hedónica para masticables en caninos domésticos y Excel	Consolidado de fichas de evaluación hedónica con parámetros conductuales (tiempo de reacción, nivel de consumo, conductas de rechazo)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN CENIZA DE QUINUA COMO FUENTE DE ALCALINIDAD EN EL PELAMBRE DE PIELES DE ALPACA

Según lo reportado en la literatura, la ceniza obtenida de rastrojos de quinoa contiene un 2.32% de óxido de calcio (CaO), equivalente a 2,32 gramos por cada 100 gramos de ceniza (Ore Jaime, 2022). En el presente estudio, se utilizó directamente la ceniza como tal para el proceso de pelambre, sin extraer ni purificar el CaO de manera aislada.

Para identificar las condiciones óptimas, se evaluaron cuatro concentraciones de ceniza de quinoa (3%, 6%, 8% y 12% p/p) bajo dos metodologías de pelambre. En la primera metodología, denominada CRP (Con Recuperación de Pelo), se preparó una pasta con las concentraciones indicadas y se aplicó uniformemente sobre la superficie carnaza de las pieles. En la segunda metodología, llamada SRP (Sin Recuperación de Pelo), se elaboraron suspensiones acuosas de ceniza en las mismas concentraciones, sumergiendo por completo las pieles con un flote del 200%, equivalente a una relación baño-piel de 2:1. Los resultados de eficiencia obtenidos para ambas metodologías, junto con los del tratamiento testigo (3% SRP), se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9

Eficiencia del pelambre en pieles de alpaca según concentración de ceniza de quinua y metodología aplicada

Tratamiento	Numero de pelos por cm ²			
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio
3% CRP	32	35	35	34
3% SRP	26	28	27	27
6% CRP	21	23	22	22
6% SRP	17	19	18	18
8% CRP	12	10	8	10
8% SRP	14	15	10	13
12% CRP	4	3	2	3
12% SRP	6	4	3	4,33
3% Testigo	3	4	3	3,33

Nota. CRP: Con recuperación de pelo. SRP: Sin recuperación de pelo. El tratamiento testigo corresponde a 3% SRP con CaO de origen sintético. Los valores representan el número de pelos residuales por cm² después del proceso de pelambre.

4.1.1. Resultados estadísticos del proceso de pelambre

En la Tabla 10 se presenta el análisis de varianza (ANOVA) realizado para evaluar el efecto de los tratamientos sobre la cantidad de pelos residuales por cm². Los resultados indican que la fuente de variación "Tratamiento" arrojó un valor F de 161 con un valor $p = 0,000$, lo cual evidencia diferencias estadísticamente muy significativas entre los tratamientos evaluados ($p < 0,05$). Los grados de libertad (GL) fueron de 8 para tratamientos y 18 para el error, con una suma de cuadrados (SC) de 2957,63 para tratamientos y 41,33 para el error. El cuadrado medio (MC) ajustado alcanzó 369,704 para tratamientos y 2,296 para el error. Estos hallazgos confirman que tanto la concentración de Ceniza de quinua como fuente de alcalinidad como el sistema de

pelambre influye de manera significativa en la eficiencia de depilación de las pieles de alpaca.

Tabla 10

Análisis de varianza (ANOVA) para el número de pelos residuales en el proceso de pelambre

Fuente	GL	Suma de cuadrados ajustado	Cuadrado medio ajustado	Valor F	Valor p
Tratamiento	8	2957,63	369,704	161	0
Error	18	41,33	2,296		
Total	26	2998,96			

Nota. GL: grados de libertad. El modelo presentó un coeficiente de determinación (R^2) del 98,62%, lo que evidencia un excelente ajuste.

Tabla 11

Resumen del modelo estadístico para la variable número de pelos residuales

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (predicho)
1,51535	98,62%	98,01%	96,90%

Según se observa en la Tabla 12, el tratamiento testigo (3% SRP) alcanzó una media de 3,3333 pelos por cm^2 . Los tratamientos que más se aproximan a este valor son el 12% CRP (con media de 3,00 pelos/ cm^2) y el 12% SRP (con media de 4,3333 pelos/ cm^2), ambos etiquetados con la letra A, lo que indica que no presentan diferencias estadísticamente significativas respecto al control ($p < 0,05$). En cambio, los tratamientos 3% CRP, 3% SRP, 6% CRP, 6% SRP, 8% CRP y 8% SRP no comparten la letra A, demostrando que son significativamente diferentes del control. Estos hallazgos confirman que las concentraciones del 12% de ceniza (tanto en el sistema CRP como en el SRP) resultan efectivas para la depilación, alcanzando una eficiencia estadísticamente equivalente al control, el cual operó con agitación intermitente.

Tabla 12*Pruebas de comparación de tratamiento de Dunnett y una confianza de 95%*

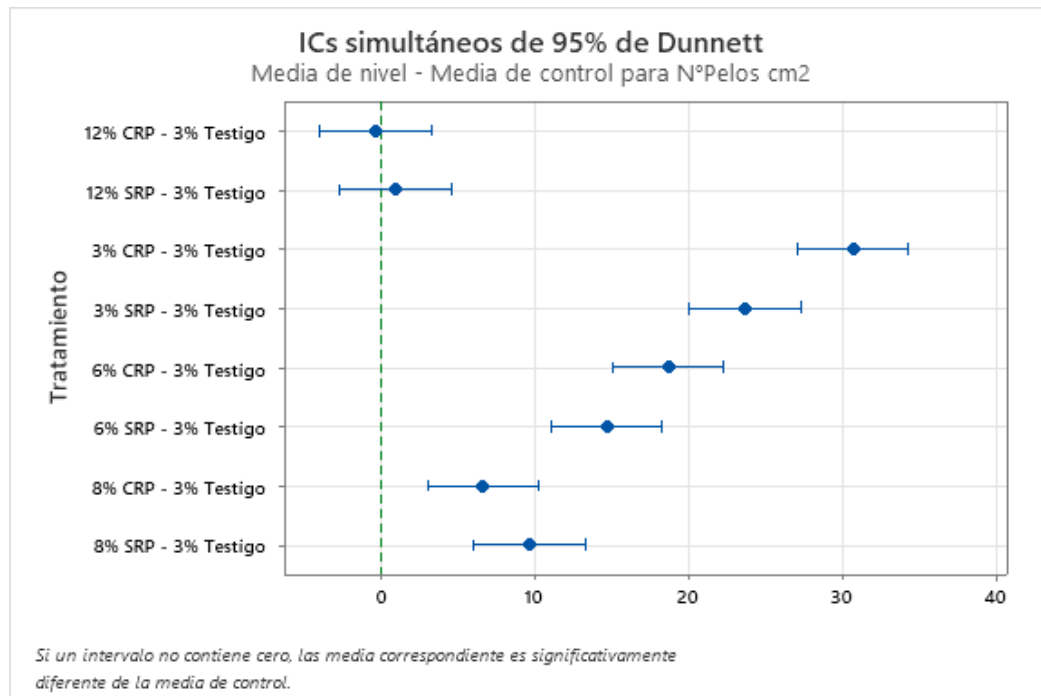
Tratamiento	N	Media	Agrupación
3% Testigo (Control)	3	3,3333	A
3% CRP	3	34	
3% SRP	3	27	
6% CRP	3	22	
6% SRP	3	18	
8% SRP	3	13	
8% CRP	3	10	
12% SRP	3	4,3333	A
12% CRP	3	3	A

Nota: Las medias etiquetadas con la letra A no presentan diferencias estadísticamente significativas con respecto al control (3% Testigo). Las medias sin la letra A son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

En la Figura 9 se muestran los intervalos de confianza simultáneos de Dunnett (95%) para la diferencia entre cada tratamiento y el control (3% Testigo). Se observa que los intervalos correspondientes a los tratamientos 12% CRP y 12% SRP contienen el cero (línea vertical), lo que confirma que no existen diferencias estadísticamente significativas respecto al control. Por el contrario, los intervalos de los tratamientos 8% CRP, 8% SRP, 6% CRP, 6% SRP, 3% CRP y 3% SRP no contienen el cero, lo que indica diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). Estos hallazgos demuestran que las concentraciones del 12% de ceniza son estadísticamente equivalentes al control, validando así su eficiencia en el proceso de pelambre.

Figura 9

Intervalos de confianza simultáneos de Dunnett (95%)



Según Ore Jaime (2022), la ceniza obtenida de rastrojos de quinua contiene 2,32 gramos de óxido de calcio (CaO) por cada 100 gramos de ceniza. En el presente estudio, se utilizó directamente esta ceniza como agente alcalino en el pelambre de pieles de alpaca, sin extraer ni purificar el CaO de manera aislada. Los resultados demostraron que las concentraciones del 12% de ceniza de quinua (equivalentes a 0,28% de CaO puro) alcanzaron una eficiencia estadísticamente equivalente al control sintético (3,33 pelos/cm²), con valores de 3,00 pelos/cm² (12% CRP) y 4,33 pelos/cm² (12% SRP). El análisis ANOVA confirmó diferencias altamente significativas entre tratamientos ($F = 161$, $p = 0,000$), y la prueba de Dunnett identificó que solo los tratamientos al 12% no difirieron del control.

En cuanto al aprovechamiento de subproductos, Abarca (2018) diseñó un proceso de producción de alimento balanceado para mascotas a partir de residuos generados en curtiembre, demostrando la viabilidad técnica de valorizar este tipo de materiales. Por su parte, Tolentino (2021) caracterizó la piel de alpaca seco salada y procesada hasta pelambre con fines comestibles para perros, reportando su composición química y propiedades. El presente estudio complementa estas investigaciones al demostrar que la ceniza de quinua puede ser utilizada como alternativa al agente alcalino en el pelambre de pieles de alpaca.

4.2. RESULTADOS DEL EFECTO DE LA PURGA ENZIMÁTICA SOBRE LAS FIBRAS DE COLÁGENO

La caracterización del espesor de las pieles de alpaca se realizó mediante mediciones con vernier digital (resolución 0,01 mm, registradas con aproximación 0,1 mm) en tres puntos estratégicos de cada muestra, considerando la naturaleza flexible y compresible de las pieles para reducir errores asociados a la presión de medición.

Los datos obtenidos, presentados en la Tabla 13, demuestran que la aplicación del sistema enzimático produce un incremento significativo en el espesor de las pieles, con valores que oscilaron entre 2,27 mm y 12,47 mm, evidenciando una notable modificación en la estructura del colágeno.

Tabla 13

Efecto de la purga enzimática sobre el espesor de las pieles tratadas

Tratamiento	Espesor (mm) inicial			Espesor (mm) final			Incremento	Incremento
	Muestra			Muestra			absoluto	absoluto
	1	2	3	1	2	3	(mm)	(mm) (%)
3% CRP	19,5	19,8	19,6	21,7	22,1	21,9	2,3	11,5
3% SRP	19,0	19,3	19,2	22,3	22,7	22,5	3,3	17,4
6% CRP	19,2	19,5	19,3	24,8	25,2	25,0	5,7	29,3
6% SRP	19,5	19,8	19,6	26,8	27,3	27,0	7,4	37,7
8% CRP	18,9	19,2	19,0	27,0	27,5	27,3	8,2	43,3
8% SRP	23,8	24,2	24,0	32,5	33,0	32,7	8,7	36,4
12% CRP	20,0	20,2	19,8	30,1	30,5	30,3	10,3	51,5
12% SRP	19,1	19,4	19,3	31,5	32,0	31,7	12,5	64,7

Nota: El porcentaje de incremento se calculó mediante la fórmula: $\% = ((E_f - E_i) / E_i) \times 100$, donde E_f es el espesor final y E_i el espesor inicial. Los valores de espesor representan el promedio de tres mediciones por muestra. CRP: con recuperación de pelo. SRP: sin recuperación de pelo.

4.2.1. Resultados estadísticos del efecto de la purga enzimática

Para evaluar el efecto de la purga enzimática, se midió el incremento del espesor de las pieles. Cada tratamiento combinó una concentración específica de ceniza (3%, 6%, 8% y 12%) con dos sistemas de pelambre: CRP (con recuperación de pelo) y SRP (sin recuperación de pelo). Todos recibieron purga enzimática con proteasa al 1%.

Según la Tabla 14, el ANOVA reveló diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($F = 5990,3$, $GL = 7$, $p < 0,001$), así como entre las repeticiones ($F = 8,27$, $GL = 2$, $p = 0,004$). Estos hallazgos confirman que tanto la concentración de ceniza como el sistema de pelambre influyen de manera significativa en el incremento del espesor, y que el proceso resultó sensible a las condiciones experimentales.

Tabla 14

Análisis de varianza (ANOVA) para el incremento de espesor de pieles de alpaca

Fuente	GL	Suma de Cuadrados Ajustado	Cuadrado Medio Ajustado	Valor F	Valor p
Tratamiento	7	247,1	35,3	5990,3	0
Repetición	2	0,097	0,0487	8,27	0,004
Error	14	0,083	0,0059		
Total	23	247,28			

Nota: El ANOVA mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($p < 0,001$) y entre las repeticiones ($p = 0,004$).

La Tabla 15 muestra un R^2 predicho del 99,90%, lo que evidencia una excelente capacidad predictiva del modelo. El valor $S = 0,0768$ refleja alta precisión con mínima dispersión de residuos, confirmando la robustez del diseño experimental y la validez de los hallazgos.

Tabla 15

Resumen del modelo estadístico para el incremento de espesor de pieles de alpaca

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (predicho)
0,0768	99,97%	99,95%	99,90%

Según la Tabla 16 de agrupación de medias, el tratamiento 12% SRP presenta el valor promedio más alto (12,4667 mm) y se ubica en el grupo A de la clasificación de Tukey. Esto significa que es estadísticamente superior a los demás, ya que las medias que no comparten la misma letra difieren significativamente ($p < 0,05$). Por lo tanto, se concluye que el 12% SRP es más efectivo para aflojar las fibras de colágeno. Esta mayor efectividad evidencia que la combinación de una alta concentración de ceniza (12%) con el sistema sin recuperación de pelo (SRP) y la purga enzimática genera la mayor apertura estructural de la piel, facilitando así su posterior moldeado.

Tabla 16

Agrupación de medias (Prueba de Tukey, 95% de confianza)

Tratamiento	N	Media	Agrupación
12% SRP	3	12,4667	A
12% CRP	3	10,3	B
8% SRP	3	8,7333	C
8% CRP	3	8,2333	D
6% SRP	3	7,4	E
6% CRP	3	5,6667	F
3% SRP	3	3,3333	G
3% CRP	3	2,2667	H

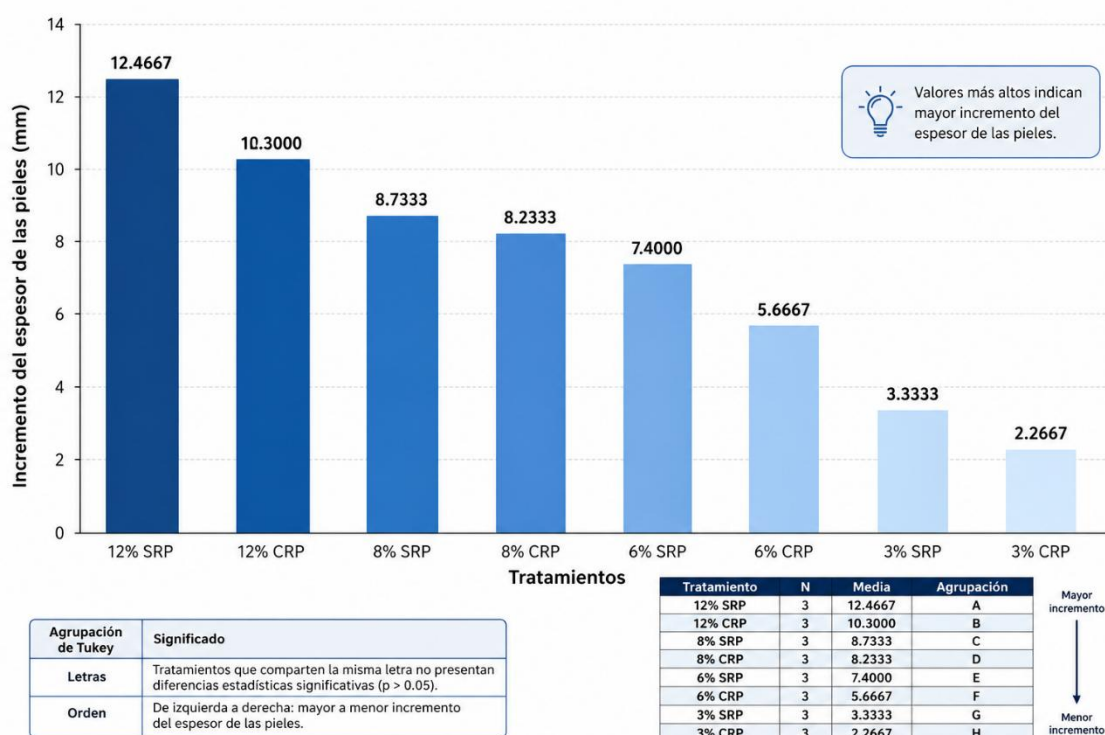
Nota: Las medias que no comparten una misma letra son significativamente diferentes entre sí ($p < 0,05$).

A continuación, se muestra la Figura 10, donde los datos experimentales evidencian una relación directamente proporcional entre la concentración de ceniza y el incremento del espesor. Conforme la concentración aumenta del 3% al 12%, el incremento del espesor se intensifica progresivamente en ambos sistemas de pelambre (CRP y SRP), alcanzando su valor máximo en el tratamiento 12% SRP con 12,4 mm, seguido del 12% CRP con 10,4 mm. En cambio, los tratamientos con concentraciones bajas (3% y 6%) presentaron los menores incrementos, destacando el 3% CRP con solo 2,4 mm.

Este comportamiento se explica por la capacidad de los agentes alcalinos para modificar la estructura tridimensional del colágeno, generando una mayor separación entre las fibras y facilitando así la penetración de las enzimas proteolíticas durante la purga. Adicionalmente, se observa que los tratamientos SRP (sin recuperación de pelo) superan sistemáticamente a sus contrapartes CRP en todas las concentraciones evaluadas, lo que sugiere que la eliminación total del pelo remueve una barrera física que favorece el acceso de los reactivos a la matriz dérmica.

Figura 10

Incremento de espesor de pieles de alpaca según tratamiento de pelambre y concentración de ceniza



Al confrontar estos hallazgos con estudios previos realizados en Perú, en particular con el trabajo de (Ttacca Hualla, 2017), quien utilizó CaO comercial sin incluir purga enzimática, los aumentos de espesor obtenidos en esta investigación resultan notablemente mayores, evidenciando la relevancia de incorporar la purga enzimática como una fase complementaria. Se observa una clara sinergia: el tratamiento alcalino preliminar acondiciona la estructura de la dermis y la acción enzimática posterior la transforma de forma más controlada y profunda, facilitando incluso el moldeado de las (Cepeda & Acosta, 2017). Por su parte, (Cepeda & Acosta, 2017) formularon un snack

tipo embutido para canino adulto basado en los principios de la dieta BARF, señalando que la aceptación canina está relacionada con la textura y el aroma del producto. En nuestra investigación, la purga enzimática aplicada a las pieles de alpaca generó una modificación estructural del colágeno (incremento de espesor de 12,47 mm en el tratamiento 12% SRP), lo que podría haber contribuido a una textura más atractiva para los caninos, reflejada en los mayores tiempos de masticación y reacción inmediata.

4.3. RESULTADOS DE LA INFLUENCIA DE LA KOMBUCHA EN EL PH DURANTE EL PIQUELADO

4.3.1. Evaluación del piquelado convencional con kombucha

El proceso de piquelado se diseñó inicialmente bajo un esquema convencional, considerando ocho tratamientos derivados de las etapas previas de pelambre (CRP y SRP) en concentraciones de 3% y 6%, todos con purga enzimática. En esta primera fase, cada tratamiento se ejecutó con un flote del 200% respecto al peso de las pieles, utilizando la propia kombucha como agente acidificante en concentraciones progresivas (2,5%, 5%, 7,5% y 10%). La secuencia comenzó con un salado empleando NaCl al 7% (p/p) bajo agitación constante durante 20 minutos. Luego, se adicionó el líquido fermentado de kombucha de manera gradual, permitiendo una acidificación controlada. El pH se monitoreó con un pH-metro digital y el indicador bromocresol amarillo (cuyo viraje ocurre a pH $2,5 \pm 0,1$). La temperatura se mantuvo a 25 ± 2 °C durante 60 minutos, realizando adiciones cada 15 minutos.

Los resultados obtenidos (Tabla 17) mostraron una disminución progresiva del pH; sin embargo, los valores finales se mantuvieron entre 3,95 y 4,50, sin alcanzar el rango óptimo (2,5-3,0). El alto volumen de agua generó un efecto de dilución que limitó la eficiencia de la acidificación. Según la teoría, la kombucha puede alcanzar una concentración de ácido acético de 11 g/L en 30 días (Villarreal-Soto et al., 2018). No obstante, en el presente estudio se utilizó la propia kombucha sin modificación ni concentración adicional, evaluando su eficiencia real como agente acidificante. Los resultados iniciales mostraron limitaciones debido a la dilución causada por un flote del 200%.

Tabla 17*Variación del pH en condiciones convencionales con kombucha*

Tratamiento	Tipo de pelambre	pH inicial	Kombucha añadida acumulada (%)			
			2,5	5	7,5	10
			pH 15 min	pH 30 min	pH 45 min	pH final (60 min)
T1	8% CRP	7,05	6,4	5,95	5,7	5,5
T2	8% CRP purga	6,9	6,2	5,75	5,45	5,2
T3	8% SRP	6,95	6,3	5,85	5,55	5,3
T4	8% SRP purga	7,1	6,5	6,05	5,8	5,6
T5	12% CRP	6,85	6,1	5,7	5,4	5,1
T6	12% CRP purga	7	6,3	5,9	5,6	5,3
T7	12% SRP	6,95	6,25	5,85	5,55	5,25
T8	12% SRP purga	6,98	6,2	5,8	5,5	5,2

4.3.2. Valoración de la kombucha para la optimización

Ante esta limitación, se evaluó directamente el poder acidificante de la kombucha (pH inicial de 2,17) mezclándola con agua destilada en distintas proporciones.

Como se aprecia en la Tabla 18, las proporciones más concentradas (de 1:16 a 1:20) lograron alcanzar valores de pH entre 2,6 y 2,7, mientras que las mezclas más diluidas (superiores a 1:30) arrojaron pH por encima de 2,9. Estos resultados confirman que el exceso de agua limita la eficiencia de la acidificación.

Tabla 18*Valoración directa de kombucha*

Kombucha (mL)	Agua (mL)	pH promedio	Relación	
			kombucha (mL): agua(mL)	
3	100	2,91	1	33,3
4	100	2,85	1	25,0
5	100	2,77	1	20,0
6	100	2,64	1	16,7
4	150	3,08	1	37,5
5	150	2,94	1	30,0
6	150	2,85	1	25,0
7	150	2,74	1	21,4
5	200	3,2	1	40,0
6	200	2,85	1	33,3
7	200	2,78	1	28,6
8	200	2,78	1	25,0

4.3.3. Piquelado en condiciones optimizadas con kombucha

Con base en estos hallazgos, se estableció una relación de 1:16 entre la kombucha y el agua, calculada en función del peso de la piel. Esta mezcla se adicionó de manera gradual, sin emplear flote adicional, asegurando una acidificación controlada y homogénea.

En esta segunda etapa, correspondiente a los tratamientos con concentraciones de pelambre del 8% y 12%, los valores finales de pH se ubicaron entre 2,78 y 2,88. Estos resultados se encuentran dentro del intervalo óptimo para el piquelado (2,5-3,0), tal como se detalla en la Tabla 19.

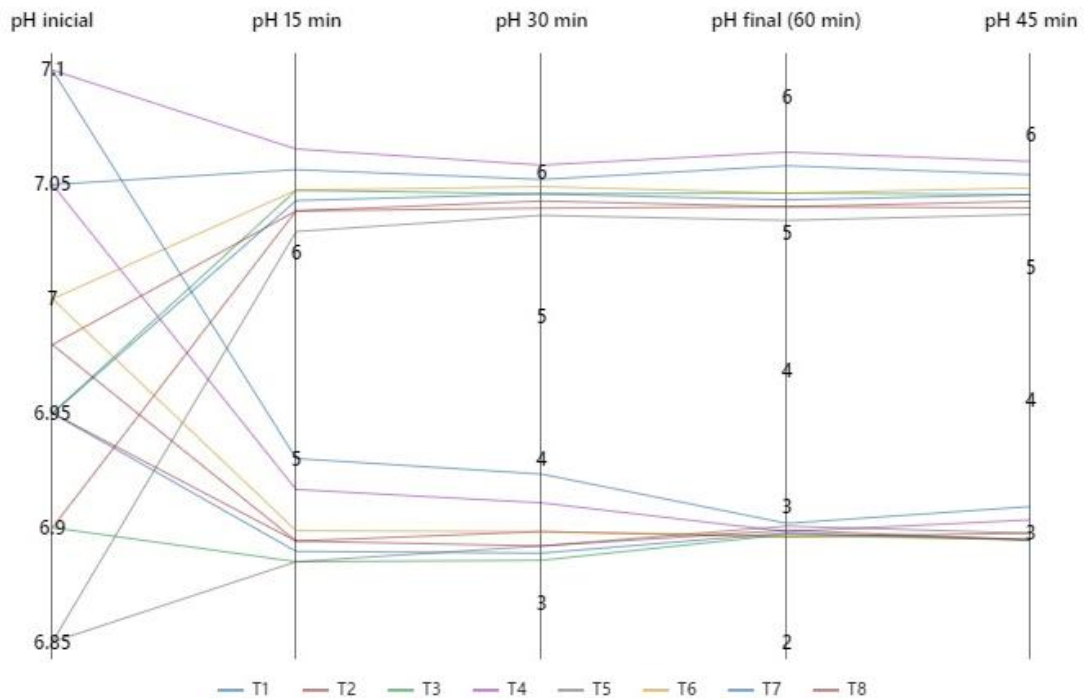
Tabla 19*Variación del pH en condiciones optimizadas con kombucha*

			Kombucha añadida acumulada (%)			
Tratamiento	Tipo de pelambre	pH inicial	2,5	5	7,5	10
			pH 15 min	pH 30 min	pH 45 min	pH final (60 min)
T1	8% CRP	7,10	5,00	3,90	3,20	2,88
T2	8% CRP purga	6,95	4,60	3,50	3,00	2,78
T3	8% SRP	6,90	4,50	3,30	2,95	2,80
T4	8% SRP purga	7,05	4,85	3,70	3,10	2,82
T5	12% CRP	6,85	4,50	3,40	3,00	2,86
T6	12% CRP purga	7,00	4,65	3,50	2,95	2,79
T7	12% SRP	6,95	4,55	3,35	2,95	2,81
T8	12% SRP purga	6,98	4,60	3,40	2,95	2,83

En la Figura 11 se comparan los resultados del piquelado en condiciones convencionales frente a las optimizadas. En la parte superior (esquema convencional: flote al 200% y relación kombucha: agua no optimizada), los valores finales de pH se mantuvieron entre 5,6 y 5,1; lo que demuestra que la kombucha no logró reducir el pH al rango óptimo requerido (2,5-3,0) debido al efecto de dilución provocado por el exceso de agua. En cambio, en la parte inferior (condiciones optimizadas: sin flote adicional, con una relación kombucha: agua de 1:16 calculada en función del peso de la piel, donde la kombucha representa el 10% de dicho peso), se alcanzaron valores de pH entre 2,78 y 2,88; ubicándose dentro del rango óptimo para el piquelado.

Figura 11

Comparación del pH durante el piquelado en condiciones convencionales y optimizadas



Nota: pH final: convencional (5,6-5,1) vs. optimizado (2,78-2,88), este último dentro del rango óptimo (2,5-3,0).

La kombucha fermentada durante 30 días puede alcanzar una concentración de ácido acético de 11 g/L, valor que, según los parámetros técnicos del piquelado, la convierte en un agente acidificante potencialmente adecuado para este proceso (Villarreal-Soto et al., 2018). Sin embargo, en las pruebas iniciales de este estudio, realizadas bajo condiciones convencionales (flote al 200%), la kombucha no logró reducir el pH al rango óptimo (2,5-3,0); obteniéndose valores entre 5,6 y 5,1. Esta limitación respondió al efecto de dilución generado por el exceso de agua, lo que disminuyó la concentración efectiva del ácido acético en el medio.

Estudios previos han caracterizado la composición química de la kombucha, identificando la presencia de ácidos orgánicos como el acético, glucurónico, glucónico y láctico (Abidemi Oluranti & de Smidt, 2023; Al-Mohammadi et al., 2021; Antolak et al., 2021). No obstante, la eficacia acidificante de esta bebida en aplicaciones concretas como el piquelado depende de las condiciones de uso, particularmente del grado de dilución. En el presente estudio, al optimizar la proporción kombucha:agua a 1:16

(calculada en función del peso de la piel, sin flote adicional, con la kombucha representando el 10% de dicho peso), se logró mantener una concentración efectiva de ácido acético suficiente para alcanzar valores de pH entre 2,78 y 2,88; dentro del intervalo óptimo para el piquelado.

Mojo Quisani et al. (2022) evaluaron el efecto del piquelado sobre la resistencia a la tracción de pieles de alpaca, destacando la importancia del control del pH en esta etapa. Los resultados del presente estudio complementan dicho hallazgo al demostrar que es posible alcanzar el rango de pH deseado utilizando un agente natural como la kombucha, siempre que se controle adecuadamente la dilución.

Desde una perspectiva de sostenibilidad, la reducción del consumo de agua constituye un avance relevante. En este estudio, se consiguió reducir el flote del 200% a una relación 1:16 sin flote adicional, lo que representa una disminución significativa del volumen de agua. Campos Fabregat (2015), señala que disminuir el consumo de agua es uno de los principales desafíos para lograr procesos más sostenibles en la industria del curtido. Asimismo, Nugraha et al. (2019), destacan que el uso de agentes naturales y la reducción de efluentes son ejes centrales de los procesos sostenibles, línea en la que se enmarca el presente trabajo.

4.4. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN HEDÓNICA DE LOS MASTICABLES EN CANINOS DOMÉSTICOS

Los resultados obtenidos en la ficha de evaluación hedónica indican que el masticable elaborado (T1) mostró un rendimiento superior al producto comercial (T2) en la mayoría de los parámetros analizados. En cuanto al interés inicial, el T1 registró 8 caninos en niveles altos de respuesta (4 en nivel 5 y 4 en nivel 4), mientras que el T2 alcanzó 7 caninos (4 en nivel 5 y 3 en nivel 4). En el tiempo de reacción, el T1 logró que 6 caninos respondieran en los primeros 10 segundos (nivel 5), superando a los 5 del T2. Respecto al tiempo de masticación, el T1 concentró 4 caninos en el nivel 3 (40-60 segundos), frente a 3 del T2, y no presentó caninos que no masticaran (nivel 1), a diferencia del T2 que registró uno. Finalmente, en el nivel de consumo, el T1 alcanzó 8 caninos con alto consumo (4 con consumo total y 4 con consumo del 75-99%), mientras que el T2 obtuvo 7 caninos (3 y 4 respectivamente). En conjunto, estos hallazgos evidencian una mejor aceptación del masticable desarrollado en esta investigación en comparación con el producto comercial de referencia.

Tabla 20*Consolidado de resultados de evaluación hedónica por ítem (n = 10 caninos)*

Ítem evaluado	Nivel	Descripción	Masticable elaborado (T1)	Masticable comercial (T2)
1. Interés inicial	5	Huele, lame y consume inmediatamente	4	4
	4	Huele y consume con interés	4	3
	3	Huele y observa, luego consume	1	2
	2	Solo observa o huele ligeramente	1	1
	1	Ignora o rechaza	0	0
2. Tiempo de reacción	5	1 – 10 segundos	6	5
	4	11 – 20 segundos	2	2
	3	21 – 40 segundos	1	2
	2	41 – 60 segundos	1	0
	1	> 60 segundos	0	1
3. Tiempo de masticación	5	1 – 20 segundos (consumo continuo)	2	2
	4	20 – 40 segundos	2	2
	3	40 – 60 segundos	4	3
	2	> 60 segundos (intermitente)	2	2
	1	No mastica	0	1
4. Nivel de consumo	5	100% consumido	4	3
	4	75 – 99% consumido	4	4
	3	50 – 74% consumido	1	2
	2	25 – 49% consumido	1	1
	1	0 – 24% consumido	0	0

En la Tabla 21, la evaluación global por puntaje acumulado revela que el masticable elaborado a partir de subproductos de alpaca alcanzó un 80% de aceptación en niveles altos o muy altos (8 de 10 caninos), superando al masticable comercial que obtuvo un 70% (7 de 10 caninos). Asimismo, el masticable elaborado no presentó ningún caso en nivel bajo (0%), mientras que el comercial registró un 10% (1 canino) en esta categoría.

Estos resultados evidencian una mejor aceptación del producto desarrollado en esta investigación.

Tabla 21

Niveles de aceptación global de masticables en caninos domésticos (n = 10)

Nivel de aceptación	Rango de puntaje	Masticable elaborado		Masticable comercial	
		(T1)		(T2)	
		N° de caninos	Porcentaje (%)	N° de caninos	Porcentaje (%)
Muy alto	17 – 20	4	40%	3	30%
Alto	13 – 16	4	40%	4	40%
Aceptable	9 – 12	2	20%	2	20%
Bajo	5 – 8	0	0%	1	10%
Rechazo	≤ 4	0	0%	0	0%
Total		10	100%	10	100%

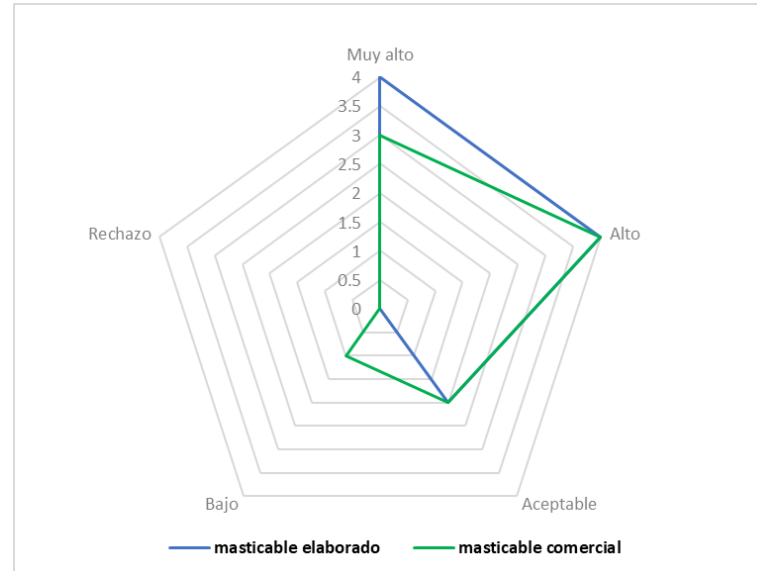
Nota. T1: masticable elaborado a partir de subproductos de alpaca, quinua y kombucha.

T2: masticable comercial a base de cuero curtido convencional.

En la Figura 12 se compara visualmente los niveles de aceptación entre el masticable elaborado a partir de subproductos de alpaca y el masticable comercial. Se observa que el masticable elaborado presenta una mayor proporción de caninos en los niveles "Muy alto" y "Alto", lo que evidencia una mejor aceptación del producto desarrollado. En contraste, el masticable comercial muestra una barra en el nivel "Bajo", indicando una menor preferencia por parte de los caninos evaluados. Esta diferencia gráfica refleja que el producto elaborado en esta investigación genera una mayor disposición al consumo en comparación con el producto comercial de referencia.

Figura 12

Niveles de aceptación del masticable elaborado frente al masticable comercial en caninos domésticos



Nota: Figura con datos de la tabla 21.

Los resultados obtenidos en la evaluación de aceptación mostraron que el masticable elaborado a partir de subproductos de alpaca (T1) alcanzó un 80% de aceptación en niveles altos o muy altos, superando al masticable comercial de veterinaria (T2) que alcanzó el 70%.

Desde una perspectiva etológica, los caninos tienen una fuerte necesidad de masticación, la cual cumple funciones de limpieza dental, reducción de estrés y entretenimiento. Mora Sanga (2019) señala que los juguetes comestibles pueden contribuir al bienestar canino al proporcionar una actividad placentera. En nuestro estudio, el hecho de que ningún canino (0%) haya rechazado el masticable elaborado, mientras que el comercial presentó un 10% en nivel bajo de aceptación, sugiere que el producto desarrollado resultó altamente palatable para los animales evaluados.

(Abarca Coello, 2018; Parada et al., 2020) también destaca el potencial de los residuos de curtiembre para la alimentación animal. En nuestro estudio, el proceso empleado (con ceniza de quinua y kombucha) resultó en un producto libre de cromo y otros metales pesados, aspecto que podría explicar la ausencia de rechazo en los animales evaluados.

CONCLUSIONES

- La evaluación del pelambre permitió determinar que la concentración del 12% de ceniza de rastrojos de quinua representa el nivel óptimo para eliminar el pelo de las pieles de alpaca. Los tratamientos con ceniza de quinua al 12% (equivalentes a 0,28% de CaO puro) alcanzaron promedios de 3,00 pelos/cm² en el sistema CRP y 4,33 pelos/cm² en el sistema SRP, valores que no mostraron diferencias estadísticamente significativas frente al control sintético (3,33 pelos/cm²), según la prueba de Dunnett ($p < 0,05$). El modelo estadístico explicó el 98,62% de la variabilidad total ($R^2 = 98,62\%$), evidenciando un ajuste robusto y una alta capacidad predictiva (R^2 predicho = 96,90%). Estos resultados validan el uso de ceniza de quinua como una fuente efectiva de alcalinidad para el pelambre, la cual, según Ore Jaime (2022), contiene 2,32 g de óxido de calcio (CaO) por cada 100 g de ceniza.
- La aplicación de proteasa al 1% generó modificaciones sustanciales en el espesor de las pieles tratadas. El incremento más pronunciado se registró en el tratamiento 12% SRP, que alcanzó 12,47 mm (equivalente a un aumento del 64,7%), mientras que el tratamiento 3% CRP presentó el menor cambio, con 2,27 mm (11,5%). El análisis de varianza (ANOVA) evidenció diferencias altamente significativas entre tratamientos ($F = 5990,3$, $GL = 7$, $p < 0,001$), explicando prácticamente la totalidad de la variabilidad observada ($R^2 = 99,97\%$). La prueba de Tukey permitió diferenciar ocho grupos estadísticamente distintos, demostrando una jerarquía clara en la efectividad del aflojamiento de las fibras de colágeno. El aumento del espesor facilitó notablemente el moldeado del masticable, a diferencia de las pieles sin este tratamiento, que resultaron rígidas y difíciles de conformar.
- El piquelado con kombucha resultó ser un proceso cuya efectividad depende en gran medida de cómo se manejen las condiciones operativas. Cuando se trabajó con el esquema convencional; es decir, con un flote del 200% y sin ajustar la dilución, los valores de pH finales se quedaron en un rango de 3,95 a 4,50, muy por encima del intervalo deseado que está entre 2,5 y 3,0. Fue al modificar la relación kombucha:agua a 1:16, calculada en función del peso de la piel y eliminando el flote adicional, que se logró alcanzar el pH óptimo, con valores que oscilaron entre 2,78 y 2,88. La valoración directa que realizamos nos permitió identificar que las proporciones más adecuadas están en el intervalo de 1:16 a 1:20. Este comportamiento confirma que la capacidad acidificante de la

kombucha; que puede llegar a tener 11 g/L de ácido acético después de 30 días de fermentación, tal como lo reportan Villarreal-Soto et al. (2018) no está determinada únicamente por su concentración inicial, sino que el factor decisivo es el grado de dilución al que se somete. En definitiva, el piquelado con kombucha funciona, siempre y cuando se tenga cuidado de controlar adecuadamente la dilución.

- La evaluación sensorial con caninos domésticos demostró una clara preferencia por el masticable elaborado a partir de subproductos de alpaca (T1). Este producto alcanzó un 80% de aceptación en niveles altos o muy altos (8 de cada 10 caninos), con una puntuación promedio de 15,8 sobre 20 puntos, superando al masticable comercial (T2), que obtuvo un 70% de aceptación y 14,6 puntos promedio. El T1 provocó respuestas más rápidas: el 60% de los caninos reaccionó en menos de 10 segundos (frente al 50% del T2) y registró una mayor frecuencia de consumo total (40% frente al 30% del T2). Ningún animal manifestó rechazo hacia el producto desarrollado (0% en nivel bajo), mientras que el comercial presentó un 10% en esta categoría.

RECOMENDACIONES

- Evaluar concentraciones intermedias de ceniza de quinua (9%, 10%, 11%) mediante diseños de superficie de respuesta para identificar el punto óptimo de pelambre que minimice el consumo del insumo sin afectar la eficiencia.
- Profundizar en el estudio de las variables críticas del proceso: tiempos de purga (30, 60, 90 min) y concentraciones de ácido acético en el baño de piquelado (5%, 10%, 15%), utilizando superficie de respuesta para maximizar el incremento del espesor y la eficiencia de la acidificación.
- Ejecutar pruebas de estabilidad microbiológica y oxidativa del masticable almacenado en diferentes condiciones (ambiente, refrigeración y vacío) a los 0, 30, 60 y 90 días, para establecer su vida útil y condiciones óptimas de conservación.
- Realizar un estudio de mercado para evaluar la disposición al pago y los canales de distribución, posicionando el producto desde la economía circular y el aprovechamiento de subproductos agroindustriales.
- Ampliar el estudio de aceptación incluyendo diferentes grupos raciales de caninos (razas pequeñas, medianas y grandes), con un diseño de bloques completos al azar donde cada raza constituya un bloque, para determinar si el masticable requiere ajustes en textura y tamaño según la morfología del animal.
- Para futuras investigaciones orientadas a la industrialización del producto, se recomienda acogerse a las normas técnicas vigentes para productos complementarios destinados a mascotas, en aspectos como inocuidad, etiquetado, almacenamiento y control de calidad.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca Coello María Augusta. (2018). *Diseño de un proceso de producción de alimento balanceado para mascotas a partir de los residuos generados en las etapas de dividido y descarte, en la curtiembre el AL-CE*. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.
- Abidemi Oluranti, O., & de Smidt, O. (2023). Microbial Composition, Bioactive Compounds, Potential Benefits and Risks Associated with Kombucha: A Concise Review. *Fermentation* 2023, Vol. 9, Page 472, 9(5), 472. <https://doi.org/10.3390/FERMENTATION9050472>
- Al-Mohammadi, A. R., Ismaiel, A. A., Ibrahim, R. A., Moustafa, A. H., Zeid, A. A., & Enan, G. (2021). Chemical Constitution and Antimicrobial Activity of Kombucha Fermented Beverage. *Molecules* 2021, Vol. 26, Page 5026, 26(16), 5026. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES26165026>
- Antolak, H., Piechota, D., & Kucharska, A. (2021). Kombucha Tea-A Double Power of Bioactive Compounds from Tea and *Symbiotic Culture Of Bacteria and Yeasts* (SCOBY). *Antioxidants* (Basel, Switzerland), 10(10). <https://doi.org/10.3390/antiox10101541>
- Apaza Mamani, V., Cáceres Sanizo, G., Estrada Zúniga, R., & Pinedo Taco, R. E. (2013). *Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú*. Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/76>
- Campos Fabregat, J. C. (2015). *Curtición Wet White*. https://quimicainternacional.com/pdf/biblioteca/medio_ambiente/Curticion_wet_white.pdf
- Campos-Rodriguez, J., Acosta-Coral, K., & Paucar-Menacho, L. M. (2022). Quinoa (*Chenopodium quinoa*): Composición nutricional y Componentes bioactivos del grano y la hoja, e impacto del tratamiento térmico y de la germinación. *Scientia Agropecuaria*, 13(3), 209–220. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.019>
- Cepeda Rojas, L. J., & Acosta Guzmán, A. A. (2017). *Formulación y estandarización de un snack tipo embutido para canino adulto basado en los principios de la dieta barf*. <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/54>
- Chávez Quispe Lucero. (2024, April 29). *El mercado de mascotas en Perú facturaría US\$680 millones hacia el 2028: estas son las razones de su avance* . <https://forbes.pe/negocios/2024-04-29/el-mercado-de-mascotas-en-peru->

- facturaria-us680-millones-hacia-el-2028-estas-son-las-razones-de-su-continuo-crecimiento
- Condori Valencia, R. (2017). Curtición vegetal de piel de alpaca (*Vicugna pacos* Wedd) con extracto tanico de tola (*Parastrephia lepidophylla*) y sábila (*Aloe vera*) [Universidad Nacional del Altiplano]. In *Universidad Nacional del Altiplano*. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/5079>
- Covarrubias, N., Sandoval, S., Vera, J., Núñez, C., Alfaro, C., & Lutz, M. (2020). Contenido de humedad, proteínas y minerales en diez variedades de quínoa chilena cultivadas en distintas zonas geográficas. *Revista Chilena de Nutrición*, 47(5), 730–737. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182020000500730>
- FAO. (2021). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. 2021. <https://www.fao.org/home/es>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN*. <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- León Carrasco, J. C. (2025, August 1). *Más de 90 mil productores en Perú están involucrados en la crianza y producción de fibra de alpaca*. <https://agraria.pe/noticias/mas-de-90-mil-productores-en-peru-estan-involucrados-en-la-c-40272>
- MIDAGRI. (2019). Potencial Productivo y Comercial de la Alpaca. *Ministerio de Agricultura y Riego*. <http://repositorio.midagri.gob.pe:80/jspui/handle/20.500.13036/350>
- MIDAGRI. (2022). *Datos y Estadísticas Agrarias*. 2022. <https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicaciones/informacion-estadistica>
- Mojo Quisani, A., Callañaupa Quispe, J., Huanatico Suarez, E., Quispe Ccama, J., Mamani Condori, R., Arisaca Parillo, A. J., & Beltrán Barriga, P. A. (2022). Evaluación del proceso de piquelado sobre la resistencia a la tracción de pieles de alpaca (*vicugna pacos*) bebe. *Revista de Ciencias Agrarias*, 8(1), 1–13. <https://doi.org/10.53719/RCA.2021.516>
- Mora Sanga, I. M. (2019). *Diseño de un juguete comestible para canes a base de hueso de fémur de bovino*. <https://hdl.handle.net/20.500.13066/24338>
- Nugraha, A. W., Suparno, O., Indrasti, N. S., & Hoerudin. (2019). Utilization of rice husk as a tanning agent in the tanning process of leather (A mini review). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 335(1), 012032. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/335/1/012032>

- Ore Jaime, C. (2022). Incorporación de ceniza de rastrojos de quinua en muros portantes de adobe, distrito de Tambillo, Ayacucho – 2022. In *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/88313>
- Parada Rivera, M., Puente Guijarro, C., Tapia González, Z., Borja Mayorga, D., & Abarca Coello, M. (2020). Producción de alimento balanceado para mascotas a partir de los residuos de curtiembre generados en las etapas de dividido y descarte. *Perfiles*, 1(23), 61–67. <https://doi.org/10.47187/PERF.V1I23.271>
- Révolo Acevedo, R., Quispe Reymundo, B., Carhuamaca Castro, F., Jauregui Ofracio, J., López Gutierrez, V., & Ribbeck Hurtado, R. (2023). Metodología de la investigación: Guía para proyectos de tesis forestales y ambientales. In *Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. <https://doi.org/10.35622/INUDI.B.114>
- Tolentino Garriazo, J. C. (2021). *Caracterización de la piel de alpaca seco salado y procesada hasta pelambre con fines comestibles para perros*. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4784>
- Ttacca Hualla, I. (2017). *Evaluación de parámetros (tiempo, temperatura y concentración de óxido de calcio) durante el apelmbrado para curtido de piel de alpaca (Vicugna pacos)*. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/5973>
- Villarreal-Soto, S. A., Beaufort, S., Bouajila, J., Souchard, J. P., & Taillandier, P. (2018). Understanding Kombucha Tea Fermentation: A Review. *Journal of Food Science*, 83(3), 580–588. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14068>

ANEXOS

Anexo 1

Panel fotográfico del procedimiento de obtención de ácido acético de kombucha

	
Recolección del líquido fermentado	Filtrado y almacenamiento del ácido acético de kombucha

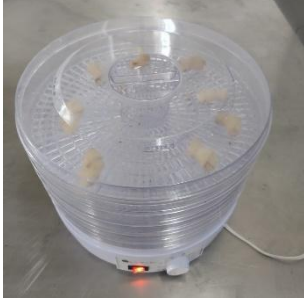
Anexo 2

Panel fotográfico del procedimiento de obtención de ceniza de quinua

A 	B 	C 
A: Recolección de residuos vegetales de quinua	B: Proceso de combustión controlada.	C: Almacenamiento de ceniza en envases

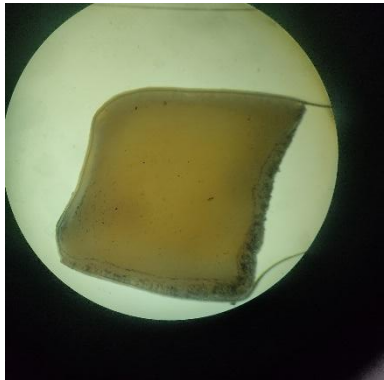
Anexo 3

Panel fotográfico del procedimiento de obtención de los juguetes masticables

	
Selección y acondicionamiento de pieles de alpaca	Corte en dimensiones uniformes
	
Aplicación de tratamientos previos	Aplicación de tratamientos previos
	
Pelambre de las pieles tratadas	Moldeado de los masticables
	
Secado en condiciones controladas	Producto final obtenido

Anexo 4

Panel fotográfico de la evaluación de la concentración óptima de Ceniza de quinua como fuente de alcalinidad en el pelambre

	
Aplicación del tratamiento de pelambre	
	
Toma de muestras para la observación de pelos	
	
Observación del desprendimiento del pelo	

Anexo 5

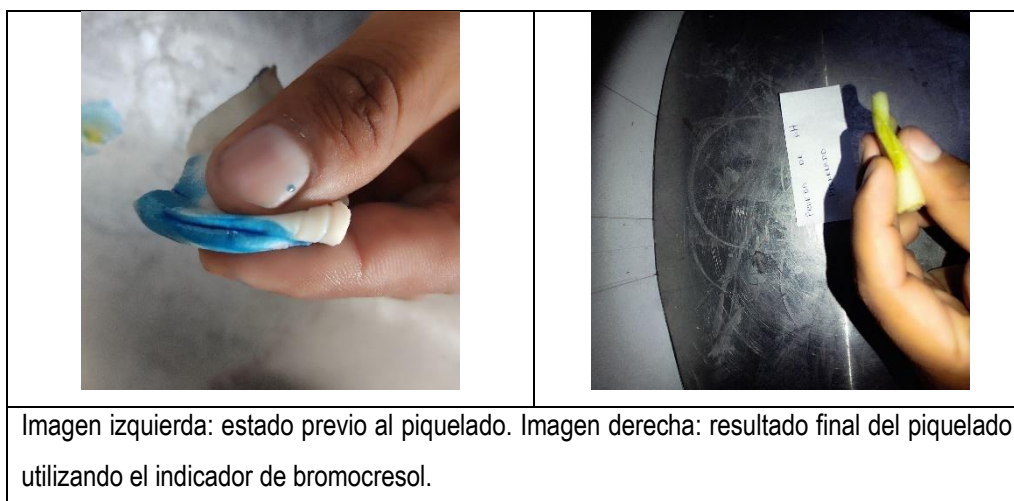
Panel fotográfico del efecto de la purga enzimática sobre las fibras de colágeno

	
Aplicación de enzimas	Evaluación del espesor de la piel

Anexo 6

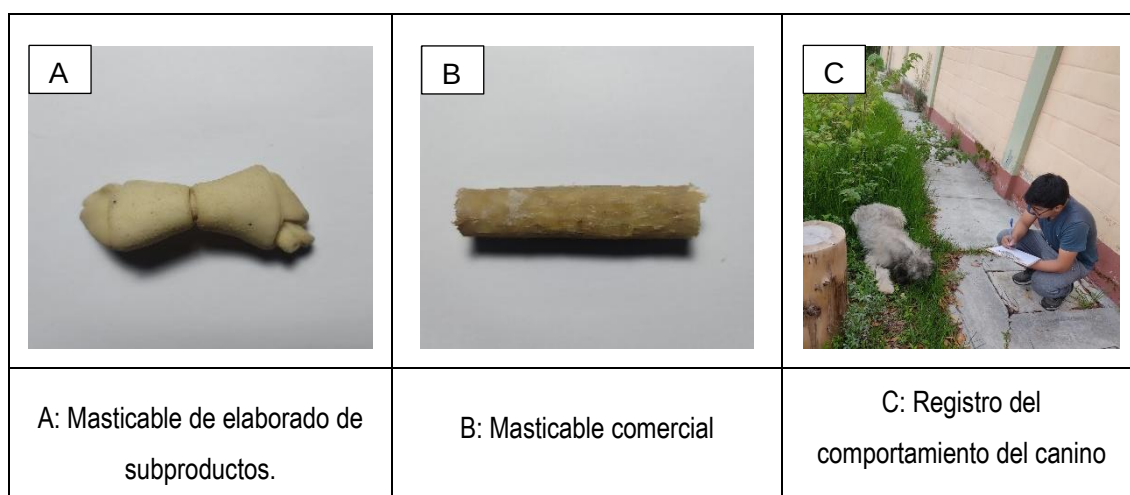
Panel fotográfico de la influencia del ácido acético de kombucha en el piquelado

	
Aplicación de del ácido acético de kombucha	Valoración de ácido acético de kombucha
	
Medición de pH durante el proceso	Medición de pH durante el proceso



Anexo 7

Panel fotográfico de la evaluación hedónica en caninos domésticos



Anexo 8

Validación de la ficha de evaluación hedónica para masticables en caninos domésticos

Ficha de evaluación hedónica para masticables en caninos domésticos

Código de muestra:

Fecha:

Lugar:

Observador:

Datos del canino

Raza:

Edad: años

Peso: kg

Instrucciones: Observe el comportamiento del canino durante la interacción con el masticable y marque la opción que mejor describa su respuesta en cada parámetro.

1. Interés inicial

Nivel	Descripción	Marcar (✓)
5	Huele, lame y consume inmediatamente	☐
4	Huele y consume con interés	☐
3	Observa y huele, luego consume	☐
2	Solo observa o huele ligeramente	☐
1	Ignora o rechaza	☐

3. Tiempo de masticación

Nivel	Tiempo	Marcar (✓)
5	1 – 20 segundos (consumo continuo)	☐
4	20 – 40 segundos	☐
3	40 – 60 segundos	☐
2	> 60 segundos (intermitente)	☐
1	No mastica	☐

2. Tiempo de reacción (tiempo en tomar el alimento)

Nivel	Tiempo	Marcar (✓)
5	1 – 10 segundos	☐
4	11 – 20 segundos	☐
3	21 – 40 segundos	☐
2	41 – 60 segundos	☐
1	> 60 segundos	☐

4. Nivel de consumo

Nivel	Consumo	Marcar (✓)
5	100% consumido	☐
4	75 – 99% consumido	☐
3	50 – 74% consumido	☐
2	25 – 49% consumido	☐
1	0 – 24% consumido	☐


 WILLIAM U. PALAMINO CONDE
 DOCENTE

5. Resultado final de aceptación

Suma total de puntajes: _____ / 20

Rango	Nivel de aceptación
17 – 20	Muy alto
13 – 16	Alto
9 – 12	Aceptable
5 – 8	Bajo
4 o menos	Rechazo

- 6. Observaciones adicionales (opcional)


WILLIAM U. PALOMINO CONDE
DOCENTE

WILLIAM U. PALOMINO CONDE
DOCENTE



UNSH

FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y
METALURGIA

ACTA DE SUSTENCIÓN DE LA TESIS:

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 3403-2024-UNSH-CU)

Formulación y evaluación de juguetes masticables para caninos domésticos (*Canis familiaris*) elaborados a partir de sub productos de alpaca (*Vicugna pacos*), quinua (*Chenopodium quinoa*) y Kombucha (*manchurian fungus*)

Expositor: Cesar Quichca Pariona

Bachiller en Ingeniería Agroindustrial

Expediente N° 2677964 Resolución Decanal N° 088-2026-UNSH-FIQM/D

Fecha: 19-06-2026

En la Sala de Conferencia “Pedro Villena Hidalgo” de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las once de la mañana con cinco minutos del día lunes veintidos de junio del año dos mil veintiséis, se reunieron el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **Cesar Quichca Pariona**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Mg. Jack Edson HERNANDEZ MAVILA, Mg. Leidy Diana MEDINA QUIQUIN (Miembros) y Dr. Percy Fermin VELASQUEZ CCOSI (Miembro-Asesor), bajo la Presidencia del Dr. Agustin Julián PORTUGUEZ MAURTUA (Decano de la FIQM), el Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Secretario-Docente).

Acto seguido, el Presidente del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **Formulación y evaluación de juguetes masticables para caninos domésticos (*Canis familiaris*) elaborados a partir de sub productos de alpaca (*Vicugna pacos*), quinua (*Chenopodium quinoa*) y Kombucha (*manchurian fungus*)**, presentado por el Bachiller **Cesar Quichca Pariona**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 088-2026-UNSH-FIQM/D.

Luego, el Presidente del Jurado invitó al Bachiller **Cesar Quichca Pariona**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de treinta y cinco minutos.

Finalizado la exposición del Bachiller, el presidente invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Dr. Percy Fermin VELASQUEZ CCOSI (Miembro-Asesor), Mg. Leidy Diana MEDINA QUIQUIN y Mg. Jack Edson HERNANDEZ MAVILA (Miembros).

A continuación, el presidente del jurado invito al sustentante y al público para que se sirva abandonar la sala de conferencia con la finalidad de permitir al jurado de sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADO POR UNANIMIDAD PROMEDIO DIECISIETE (17).**

FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y METALURGIA
Av. Independencia s/n
Ciudad Universitaria



UNSCH

FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y
METALURGIA

ACTA DE SUSTENCIÓN DE LA TESIS:

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 3403-2024-UNSCH-CU)

Formulación y evaluación de juguetes masticables para caninos domésticos (*Canis familiaris*) elaborados a partir de sub productos de alpaca (*Vicugna pacos*), quinua (*Chenopodium quinoa*) y Kombucha (*manchurian fungus*)

Expositor: Cesar Quichca Pariona

Bachiller en Ingeniería Agroindustrial

Expediente N° 2677964 Resolución Decanal N° 088-2026-UNSCH-FIQM/D

Fecha: 19-06-2026

Finalmente, el Presidente del Jurado dispuso que se invite al Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la sala de conferencias y anunció que, el Bachiller **Cesar Quichca Pariona**, ha resultado **APROBADO POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con un flamante **INGENIERO AGROINDUSTRIAL** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo las doce del medio día con cincuenta minutos se dio por finalizado este acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:

.....
Dr. Agustin Julián PORTUGUEZ MAURTUA
Presidente

.....
Mg. Jack Edson HERNANDEZ MAVILA
Miembro

.....
Mg. Leidy Diana MEDINA QUIQUIN
Miembro

.....
Dr. Percy Fermin VELASQUEZ CCOSI
(Miembro-Asesor)

.....
Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE
(Secretario Docente)

FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y METALURGIA
Av. Independencia s/n
Ciudad Universitaria

**UNSCH**FACULTAD DE
**INGENIERIA QUÍMICA
Y METALURGIA**ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

La Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, emite la siguiente:

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Que, el egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial ha remitido, con el aval y por intermedio de su asesor de la Tesis Dr. Percy Fermín VELASQUEZ CCOSI, se procedió a la evaluación de originalidad del archivo adjunto con el TURNITIN - UNSCH, **de acuerdo a los criterios establecidos en el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU**; cuyos resultados son:

Tesis Formulación y evaluación de juguetes masticables para caninos domésticos (*Canis familiaris*) elaborados a partir de subproductos de alpaca (Vicugna pacos), quinua (*Chenopodium quinoa*) y kombucha (*Manchurian fungus*)

Nombre y Apellido	: Bach. CESAR QUICHCA PARIONA
Identificador de entrega	: 3010750185
Fecha	: 10-ago-2026 10:02a.m. (UTC-0500)
Archivo	: TESIS_CESAR_QP_1.0_FINAL.pdf (1.98M)

Se expide la presente constancia de originalidad, con reporte del 4 % de ÍNDICE DE SIMILITUD realizado con Depósito de trabajos estándar, a fin de proseguir con los trámites pertinentes; cabe señalar que los documentos del procedimiento se archivan en el repositorio documental de la Escuela.

Ayacucho, 11 de agosto del 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL
DE HUAMANGA
E.P. INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

Ing. Percy Fermín Velasquez Ccosi
DIRECTOR

C.c.
Const. N°009-2026
Archivo

ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
Av. Independencia S/N - Ayacucho
Telf. 066-303496
Correo: ep.agroindustrial@unsch.edu.pe

Formulación y evaluación de juguetes masticables para caninos domésticos (*Canis familiaris*) elaborados a partir de subproductos de alpaca (*Vicugna pacos*), quinua (*Chenopodium quinoa*) y kombucha (*Manchurian fungus*)

por Cesar Quichca Pariona

Fecha de entrega: 10-ago-2026 10:02a. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 3010750185

Nombre del archivo: TESIS_CESAR_QP_1.0_FINAL.pdf (1.98M)

Total de palabras: 18602

Total de caracteres: 106209

Formulación y evaluación de juguetes masticables para caninos domésticos (Canis familiaris) elaborados a partir de subproductos de alpaca (Vicugna pacos), quinua (Chenopodium quinoa) y kombucha (Manchurian fungus)

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.lamolina.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
2	repositorio.unsch.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
3	rraae.cedia.edu.ec	<1%
	Fuente de Internet	
4	redisd.org	<1%
	Fuente de Internet	
5	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	<1%
	Trabajo del estudiante	
6	hdl.handle.net	<1%
	Fuente de Internet	
7	Submitted to Universidad de Colima	<1%
	Trabajo del estudiante	
8	dspace.esPOCH.edu.ec	<1%
	Fuente de Internet	
9	repositorio.unach.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
10	repositorio.unaj.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
11	repositorio.une.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
12	repositorio.unap.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo