



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**

Obtención de fibra a partir de la masa ruminal de ganado bovino para  
aplicación agroindustrial.

**Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Agroindustrial.**

**Autor:**

Chungandro Tipán, Karen Vanessa

**Tutor:**

MsC. Mario Hernán Salazar Vallejo

**Riobamba-Ecuador. 2023**

## DERECHOS DE AUTORÍA

Yo, Karen Vanessa Chungandro Tipán, con cédula de ciudadanía 172591170-3, autora del trabajo de investigación titulado: "OBTENCIÓN DE FIBRA A PARTIR DE LA MASA RUMINAL DE GANADO BOVINO PARA APLICACIÓN AGROINDUSTRIAL", certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 27 de marzo del 2023.



---

Karen Vanessa Chungandro Tipán

C.I:172591170-3

**DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL;**

Quienes suscribimos, catedráticos designados Tutor y Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **Obtención de fibra a partir de la masa ruminal de ganado bovino para aplicación agroindustrial** por **Karen Vanessa Chungandro Tipán**, con cédula de identidad número **172591170-3** certificamos que recomendamos la **APROBACIÓN** de este con fines de titulación. Previamente se ha asesorado durante el desarrollo, revisado y evaluado el trabajo de investigación escrito y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.


De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 27 de marzo de 2023

Mgs. Byron Adrian Herrera  
Chavez  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL  
DE GRADO**



Firma

Ing. Paúl Stalin Ricaurte Ortiz  
PhD.  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE  
GRADO**



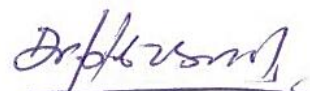
Firma

Mgs. Fabián Patricio Carrillo Flor  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE  
GRADO**



Firma

Mgs. Mario Hernán Salazar Vallejo  
**TUTOR**



Firma

## CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “Obtención de fibra a partir de la masa ruminal de ganado bovino para aplicación agroindustrial” por Karen Vanessa Chungandro Tipán, con cédula de identidad 172591170-3, bajo la tutoría de Dr Mario Hernán Salazar Vallejo; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.  
De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 27 de marzo de 2023

**Presidente del Tribunal de Grado**  
Mgs. Byron Adrián Herrera Chávez



Firma

**Miembro del Tribunal de Grado**  
Ing. Paúl Stalin Ricaurte Ortiz  
PhD.



Firma

**Miembro del Tribunal de Grado**  
Mgs Fabián Patricio Carrillo Flor



Firma



Dirección  
Académica  
VICERRECTORADO ACADÉMICO



## CERTIFICACIÓN

Que, **CHUNGANDRO TIPAN KAREN VANESSA** con CC: **172591170-3**, estudiante de la Carrera **AGROINDUSTRIAL NO VIGENTE**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado " **OBTENCIÓN DE FIBRA A PARTIR DE LA MASA RUMINAL DE GANADO BOVINO PARA APLICACIÓN AGROINDUSTRIAL**", cumple con el **8 %**, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **URKUND**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 02 de 02 de 2023

MsC. Mario Hernán Salazar Vallejo  
TUTOR(A) TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

## **DEDICATORIA**

Esta tesis quiero dedicar primeramente a dios por permitirme seguir adelante, guiar mis pasos y darme fuerza para seguir en los momentos más difíciles y permitirme culminar un logro más en la vida.

A mi madre Sonia Tipan y mi padre Fabián Chungandro por ser mi mayor motivación en la vida, por su apoyo incondicional que me han dado a los largos de los años porque sin ellos no podría haber logrado, por sus palabras de aliento para superarme y triunfar en la vida

A mis hermanos Jonathan y Daniel que me han apoyado durante todo este trayecto permitiéndome seguir adelante.

A una persona especial que ha estado apoyándome a lo largo de la carrera estado en las buenas y las malas brindándome su apoyo incondicional.

*Karen Chungandro*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primeramente a dios por guiarme y ayudarme a lograr las metas que me eh propuesto a lo largo de mi vida, por cuidarme siempre y no dejarme en ningún momento.

A mis padres que siempre me han estado apoyando, por su sacrificio y esfuerzo para darme una carrera y a pesar de pasar momentos difíciles nunca me han dejado sola y me han brindado sus consejos y enseñanzas, también a mis hermanos que siempre alentándome a seguir con su cariño.

También agradezco a cada uno de los docentes que ha esta presentes en mi formación académica dentro de la universidad compartiendo sus conocimientos, vivencias y consejos necesarias para tener una buena vida profesional.

Agradecer de manera especial a mi tutor por guiarme con su experiencia, conocimientos y sabiduría, durante el desarrollo de mi tesis.

*Karen Chungandro*

## ÍNDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA	
DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL;	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	
ÍNDICE DE ECUACIONES	
ÍNDICE DE ANEXOS	
RESUMEN	
ABSTRACT	
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	16
1.1 Antecedentes .....	16
1.2 Planteamiento del problema.....	17
1.3 Justificación .....	17
1.4 Objetivos.....	19
1.4.1 Objetivo general .....	19
1.4.2 Objetivos específicos.....	19
CAPÍTULO II. ESTADO DE ARTE Y MARCO TEÓRICO .....	20
2.1 Estado del arte.....	20
2.2 Marco teórico .....	20
2.2.1 Rumiante .....	20
2.2.2 Cavidades del aparato digestivo de los rumiantes .....	21
2.2.3 Camal o Matadero.....	22
2.2.4 Principales desechos en los camales o mataderos.....	22
2.2.5 Contenido ruminal .....	23
2.2.6 Microambiente ruminal.....	23
2.2.7 Cantidad de masa ruminal que se obtiene por animal.....	23
2.2.8 Caracterización química de la masa ruminal .....	23
2.2.9 Impacto ambiental.....	24
2.2.10 Utilización de los residuos orgánicos .....	24
2.2.11 Alimentación de especies menores .....	25
2.2.12 Harinas de desechos y su aprovechamiento.....	25
2.2.13 El secado .....	25
2.2.14 Importancia de las harinas .....	26
2.2.15 Caracterización bromatológica de alimentos para animales.....	26
2.2.15.1 Humedad .....	26
2.2.15.2 Muestra seca .....	27
2.2.15.3 Cenizas.....	27
2.2.15.4 Grasas.....	27
2.2.15.5 Proteínas.....	28



2.2.15.6 Fibra cruda .....	28
2.2.15.6.1 Importancia de las fibras crudas .....	29
2.2.16 Fibras del futuro .....	29
2.2.17 Análisis microbiológicos de alimentos para animales .....	29
2.2.17.1 Mohos y levaduras .....	30
2.2.17.2 Mesófilos aerobios .....	30
2.2.17.3 E.coli y coliformes fecales .....	30
2.2.17.4 Salmonella .....	31
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>32</b>
3.1 Tipo de investigación .....	32
3.2 Diseño de investigación .....	32
3.3 Técnicas de recolección de datos .....	32
3.4 Población de estudio y tamaño de muestra .....	33
3.5 Hipótesis.....	33
3.6 Materiales y métodos .....	33
3.6.1 Materiales, soluciones y equipos.....	33
3.6.1.1 Materiales .....	33
3.6.1.2 Soluciones .....	33
3.6.1.3 Equipos.....	34
3.6.2 Métodos.....	34
3.6.2.1 Toma de muestra de la masa ruminal bovina.....	34
3.6.2.2 Análisis físico y sensorial de la masa ruminal .....	35
3.6.2.3 Obtención de la harina ruminal .....	35
3.6.2.3.1 Lavado.....	35
3.6.2.3.2 Secado .....	36
3.6.2.3.3 Pesado.....	36
3.6.2.3.4 Esterilización.....	36
3.6.2.3.5 Molido .....	36
3.6.3 Análisis de la composición química de la harina ruminal.....	37
3.6.3.1 Determinación de humedad.....	37
3.6.3.2 Determinación de Cenizas.....	38
3.6.3.3 Determinación de la materia grasa .....	38
3.6.3.4 Determinación de fibra cruda.....	39
3.6.5 Análisis microbiológico de la harina ruminal .....	40
3.7 Procesamiento de datos .....	42
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>42</b>
4.1 Análisis físico del contenido ruminal.....	42
4.2 Rendimiento del proceso de obtención de harina a partir del contenido ruminal. ....	43
4.3 Análisis físico y composición química de la harina ruminal .....	44
4.4 Análisis microbiológico de la harina a partir del contenido ruminal .....	45
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>47</b>
5.1 Conclusiones .....	47
5.2 Recomendaciones .....	48

REFERENCIAS .....	49
ANEXOS .....	54

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Caracterización química de la masa ruminal .....	23
<b>Tabla 2.</b> Materiales .....	33
<b>Tabla 3.</b> Escala de olor .....	35
<b>Tabla 4.</b> Escala de color.....	35
<b>Tabla 5.</b> Escala de textura.....	35
<b>Tabla 6.</b> Características físicas de la masa ruminal fresca.....	43
<b>Tabla 7.</b> Rendimiento de los tratamientos para la obtención de harina ruminal.....	44
<b>Tabla 8.</b> Características físicas y composición química de la harina ruminal .....	45
<b>Tabla 9.</b> Carga microbiológica de la harina ruminal .....	46

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1.</b> Diagrama de proceso para la obtención de harina ruminal .....	37
---	----

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 2:</b> Determinación de cenizas.....	38
<b>Ecuación 3:</b> Determinación de grasas.....	38
<b>Ecuación 4:</b> Determinación de fibra cruda .....	39
<b>Ecuación 5:</b> Determinación de proteína .....	40
<b>Ecuación 6:</b> Fórmula para el cálculo del rendimiento .....	40
<b>Ecuación 7:</b> Fórmula para el cálculo del número de colonias (UFC).....	41

## ÍNDICE DE ANEXOS

### A. TABLAS DE DATOS OBTENIDOS

<b>Tabla A 1:</b> Pesos para la determinación de humedad de la harina ruminal .....	54
<b>Tabla A 2:</b> Pesos para determinación del contenido de cenizas de la harina ruminal.....	54
<b>Tabla A 3:</b> Pesos para determinación de grasa de la harina ruminal.....	54
<b>Tabla A 4:</b> Pesos para determinación de fibra cruda de la harina ruminal.....	55
<b>Tabla A 5:</b> Datos del número de colonias de mohos y levaduras.....	55
<b>Tabla A 6:</b> Datos del número de colonia de mesófilos aerobios .....	55
<b>Tabla A 7:</b> Datos del número de colonia de E. coli.....	55
<b>Tabla A 8:</b> Datos del número de colonia de Salmonella .....	55
<b>Tabla A 9:</b> Datos del número de colonia de coliformes totales.....	56
<b>Tabla A 10:</b> Resultados de las medias y desviación de la composición de la harina.....	56
<b>Tabla A 11:</b> Resultados del análisis ANOVA de la composición de la harina del contenido ruminal.....	56

### B. FOTOGRAFÍAS DE LA INVESTIGACIÓN

<b>Fotografía B 1:</b> Obtención de la masa ruminal .....	57
<b>Fotografía B 2:</b> Pesado de la masa ruminal.....	57
<b>Fotografía B 3:</b> Lavado de la masa ruminal .....	58
<b>Fotografía B 4:</b> Secado de la masa ruminal .....	58
<b>Fotografía B 5:</b> Pesado.....	58
<b>Fotografía B 6:</b> Esterilizado de la masa ruminal .....	58
<b>Fotografía B 7:</b> Molido de la harina ruminal .....	59
<b>Fotografía B 8:</b> Análisis microbiológico de la harina ruminal .....	59
<b>Fotografía B 9:</b> Análisis de humedad de la harina ruminal.....	59
<b>Fotografía B 10:</b> Análisis de Cenizas de la harina ruminal.....	60
<b>Fotografía B 11:</b> Análisis de Grasa de la harina ruminal. ....	60
<b>Fotografía B 12:</b> Análisis de fibra de la harina ruminal.....	60
<b>Fotografía B 13:</b> Análisis de proteína de la harina ruminal .....	61

## RESUMEN

El contenido ruminal o ruminaza es un desperdicio que no alcanzó a ser digerido, proveniente de los mataderos o camales que se obtiene luego del sacrificio del ganado bovino. Al ser desechados, sin un previo tratamiento, generan altos niveles de contaminación al medio ambiente y llegan a contaminar las aguas, además afectando a la salud debido a sus componentes de difícil degradación y sus altas concentraciones de nitrógeno.

En la presente investigación se transformó el contenido ruminal y se obtuvo una fibra natural o harina ruminal, a partir de 2 métodos de secado, siendo el tratamiento 1 un secado por bandejas y el tratamiento 2 un secado al ambiente, esto nos permite determinar el mejor método de secado debido a sus características.

Al pasar por el proceso de secado existió cambios en sus características físico sensorial, composición química de la fibra natural obtenida, teniendo cambios favorables, esto debido a temperaturas expuestas que cambian sus propiedades, ya que son susceptibles a la degradación, aunque no con mayores diferencias en los tratamientos y que sus parámetros analizados están dentro de las normas, en el análisis microbiológico ninguno de los tratamientos presentó cargas microbianas perjudiciales, encontrándose dentro de los parámetros establecidos.

Por los resultados obtenidos se puede tener una aplicación agroindustrial como una alternativa en la alimentación de animales menores, debido a sus características químicas, físicas, bromatológicas y su disponibilidad, además reducir su capacidad contaminante por ser perjudicial para el medio ambiente.


**Palabras claves:** Análisis, masa ruminal, secado, composición química

## ABSTRACT

The ruminal content or ruminaza is a residue that cannot be digested, coming from slaughterhouses obtained after cattle slaughter. When discarded without prior treatment, they generate high levels of pollution to the environment and contaminate the water, also affecting health due to their components that are difficult to degrade and their high concentrations of nitrogen. In the present investigation, the ruminal content was transformed, and a natural fiber or ruminal flour was obtained from 2 drying methods: tray drying and treatment two drying in the environment. This allows us to determine the best drying method due to its characteristics. When going through the drying process, there were changes in the sensory, physical characteristics, and chemical composition of the natural fiber obtained, having favorable changes. This is due to exposed temperatures that change their properties since they are susceptible to degradation, although not with significant differences. The treatments and their analyzed parameters are within the norms. In the microbiological analysis, none of the treatments presented harmful microbial loads within the established parameters. Due to the results obtained, an agro-industrial application can be had as an alternative in feeding small animals, due to its chemical, physical, and bromatological characteristics and availability, in addition to reducing its polluting capacity because it is harmful to the environment.

**Keywords:** analysis, ruminal mass, drying, chemical composition

KERLY  
YESENIA  
CABEZAS  
LLERENA



Reviewed by:  
Mgs. Kerly Cabezas  
**ENGLISH PORFESSOR**  
**C.C 0604042382**

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

Desde el inicio de la humanidad tal y como la conocemos, el hombre ha sido un consumidor de carne procedente de varias fuentes por lo que la ganadería al ser una actividad que va desde la crianza del ganado hasta el consumo, es una fuente importante de alimentación para los hogares porque la carne es una valiosa fuente de proteínas, hierro y vitaminas, debido a que la sociedad crece en número también se ha visto necesaria la mejora de la tecnología, cuidado, alimentación y conservación de dichos alimentos.

Trillos et al. (2007), mencionan que productores ganaderos de países en desarrollo han fomentado el uso óptimo de residuos orgánicos dentro de los sistemas agropecuarios como fuentes alimenticias para incrementar la eficiencia productiva y económica de la explotación animal, lo cual ha resultado en el empleo de algunos residuos orgánicos derivados de agroindustrias y de las mismas empresas pecuarias, los mismos que hasta hace poco tiempo eran considerados desperdicios contaminantes.

Los residuos orgánicos son desechos biológicos producidos por humanos, ganado y otros organismos que se descomponen naturalmente y capaz de convertirse en otro tipo de materia orgánica que serán usados en el compostaje. Entre los residuos orgánicos más usados tenemos los contenidos ruminales, estiércol y sangre.

El contenido ruminal, también conocido como “ruminaza” es un subproducto originado del sacrificio de animales, el cual al momento de su muerte contiene todo el material que no alcanzó a ser digerido. Posee una gran cantidad de flora y fauna microbiana y productos de la fermentación ruminal, por esto se puede decir que es una alternativa para la alimentación de rumiantes, pollos y cerdos de engorde, por sus características químicas, biológicas, bromatológicas y su amplia disponibilidad (Ramírez & Ríos, 2012).

De acuerdo a Trillos et al. (2007), el contenido ruminal es una mezcla de material que tiene la consistencia de una papilla, con un color amarillo verdoso y un olor característico muy intenso cuando este se encuentra fresco.

Vélez (2015), menciona que las principales fuentes de residuos líquidos en los mataderos son las aguas de lavado que son provenientes de los procesos de desangrado y evisceración donde el contenido ruminal al ser expuesto a grandes cantidades de agua genera contaminantes solubles que debe recibir un tratamiento posterior.



Darle un valor agregado a la masa ruminal no sería nuevo ya que los desechos de los camales o mataderos son en parte utilizados para compostaje o en abonos, por tal razón, con la presente investigación se busca la obtención de fibra a partir de dicha masa ruminal para su aplicación agroindustrial esto como una alternativa para la reducción de su capacidad contaminante la cual es perjudicial para el medio ambiente.

## **1.2 Planteamiento del problema**

La Organización de las Naciones Unidas estima que la industria ganadera es responsable de un 14,5% de las emisiones de efecto invernadero a nivel planetario. El 65% más nocivo de tales emisiones proviene de la especie vacuna, la mayoría de esas emisiones (42%) provienen de la fermentación del estiércol (ONU, 2006).

Las descargas orgánicas procedentes de la actividad de los mataderos o camales son donde se producen altas cantidades de desechos, que muchas veces son desechados a los ríos o alcantarillados que causan contaminación en significativas fuentes vitales de agua, también puede afectar a la salud debido a que no se evacua de manera higiénica, por sus componentes que son de difícil degradación y contienen altas concentraciones de nitrógeno.

A pesar de que uno de los tratamientos realizados en la masa ruminal es ser procesado para ser utilizado como abono orgánico, por sus efectos beneficiosos en la fertilidad de los suelos, permitiendo mejorar sus condiciones, el efecto puede ser contraproducente cuando se incorporan estos residuos frescos o en proceso incipiente de biodegradación por lo que los gases afectan el medio ambiente (Chávez Flores, 2015).

Esta situación es especialmente difícil en los municipios, donde las restricciones técnicas y financieras no permiten poner en funcionamiento medidas de manejo ambiental complejo que solucionen el problema de forma definitiva. Sin embargo, la implementación de medidas preventivas sencillas y poco costosas, como el manejo ambientalmente sano de los residuos, hace viable abordar el problema de forma eficiente en cuanto a requerimientos y resultados, requiriendo pocos recursos y dar valor agregado a los residuos manejados.

## **1.3 Justificación**

En los últimos años, la comunidad científica de todo el mundo ha hecho grandes progresos en experimentos para reciclar la materia orgánica proveniente del ganado, transformándolo en abono natural y biogás; sin embargo, no se ha encontrado una solución definitiva para

reducir los excedentes, los cuales podrían convertirse en un material valioso con aplicación agroindustrial (Rottman, 2017) .

El desecho del ganado bovino es una materia prima similar al producto que se obtiene en las plantas procesadoras, debido a que las fibras y otros materiales contenidos en las plantas son degradados por el animal gracias a las enzimas que son producidas por bacterias; lo que permite que se transformen y se degraden(Rottman, 2017) .

La masa ruminal resultado de un proceso llamado rumen es uno de los residuos orgánicos más investigados; durante este proceso se reduce el tamaño de partícula convirtiéndolo en un producto más manejable, digerible, rico en fibra, proteína y nutrientes que podría ser aprovechado como alimento para animales menores.

La masa ruminal es utilizada en la agricultura como abono o biofertilizante, pero no es aprovechada en su totalidad, los restos que permanecen en el medio pueden provocar efectos negativos en el aire y agua, por lo que se busca promover procesos e ideas para incentivar su uso; como la obtención de harina ruminal a partir del contenido ruminal. La harina ruminal o también conocida como fibras naturales se podría incluir en la alimentación de animales por ser una fuente valiosa de nutrientes, además que sería una opción económicamente factible debido a que su proceso no requiere una inversión económica representativa; la ventaja es que se obtendría un alimento a bajo costo y sustentable ecológicamente.

Por esta razón en la presente investigación se determinará el método más eficiente para la extracción de harina ruminal (fibra natural) a partir de la masa ruminal de ganado bovino, además de usar la harina ruminal obtenida como una potencial alternativa de alimentación para los animales; también se realizará un análisis microbiológico que permitirá identificar si existe reducción de la carga microbiana de la harina ruminal obtenida con respecto a la masa ruminal.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

- Obtener fibra a partir de la masa ruminal de ganado bovino para su aplicación agroindustrial.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Determinar el mejor método para la obtención de la fibra de la masa ruminal.
- Evaluar las propiedades físicas y químicas de la fibra obtenida.
- Analizar la carga microbiana de la fibra obtenida.

## **CAPÍTULO II. ESTADO DE ARTE Y MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Estado del arte**

El rumen tiene la mayor carga contaminante debido al olor y color característico del material no digerido, por lo que al generarse grandes depósitos de desechos en los mataderos de materia orgánica, principalmente del contenido ruminal, que se convierte en un contaminante con un impacto significativo para el medio ambiente por qué se almacenan en fosas sépticas, vertederos y rellenos sanitarios, esto puede provocar propagación de moscas que pueden transmitir enfermedades, y también aumenta la demanda química y biológica de oxígeno, que son indicadores de contaminación en fuentes de agua.

Aunque se considera un contaminante, los países en desarrollo han trabajado arduamente para introducir tecnologías intermedias, destinadas a ahorrar y simplificar el proceso de aprovechamiento de residuos a largo plazo; el compostaje es el más estudiado y, por tanto, el más utilizado, consiste en la descomposición continua de los residuos hasta que se reintegra al suelo para favorecer su enriquecimiento, pero esto aumenta los costos de producción, es necesario elegir una estrategia o métodos que permita una adecuada gestión de los residuos generados, que también esté enfocado a reducir la economía y los procesos.

El contenido ruminal es una fuente valiosa de nutrientes que puede servir como una fuente de alimentación de animales menores, estos desechos pueden reducirse mediante procesos de transformación eficiente, teniendo en cuenta sus propiedades químicas, físicas y microbianas.

### **2.2 Marco teórico**

#### **2.2.1 Rumiante**

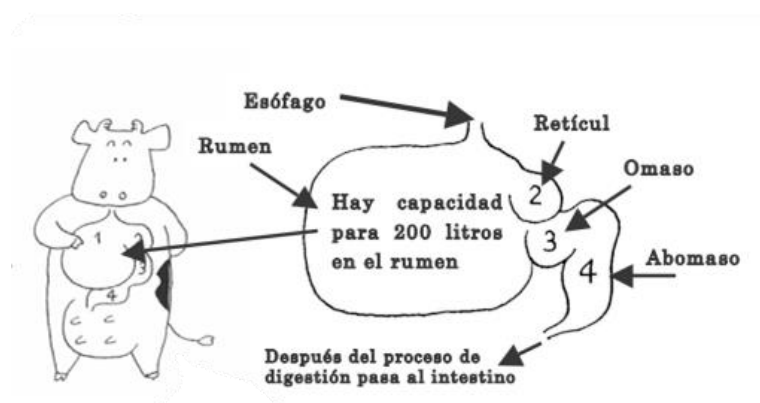
El rumiante puede considerarse como una fábrica fermentadora debido a los vegetales que el animal ingiere, estos constituyen la materia prima para estas fermentaciones. Su proceso ocurre en la boca por medio de la masticación, el material vegetal es deglutido y transportado al pre-estómago del rumiante llamado retículo ruminal o en forma más simple rumen, lugar donde ocurre la fermentación(Grudsky & Arias, 2014).

## 2.2.2 Cavidades del aparato digestivo de los rumiantes

Los rumiantes o poligástricos como el bovino, caprino y ovino, tienen 4 estómagos (figura 1): el rumen, el retículo, el omaso y el abomaso (Matute & Chavarria, 2007).

**Figura 1**

*Estómagos del rumiante*



**Fuente:** (Matute & Chavarria, 2007)

### 2.2.2.1 Retículo

Es la cavidad más pequeña, retiene las partículas de los alimentos, realiza los principales movimientos musculares que ayudan al animal a procesar las fibras de los alimentos. Se encarga de eructar (expulsar el metano) y el paso del alimento fermentado al omaso o en la regurgitación, es decir, que regresará los alimentos a la boca pasando por el rumen para volverlos a masticarlos (Hacienda, 2015).

### 2.2.2.2 Omaso

Tiene forma de elipse y está ligeramente separada de los otros compartimientos, está compuesto de hojas o separaciones delgadas que absorben los ácidos grasos, AGV (ácidos grasos volátiles) y agua (Hacienda, 2015).

### 2.2.2.3 Abomaso

Situado en la parte inferior del estómago, contiene glándulas que secretan pepsinógeno y ácido clorhídrico, sustancias que son las encargadas de digerir las proteínas (Hacienda, 2015).

#### **2.2.2.4 Rumen**

El rumen es un ambiente complejo donde los nutrientes ingeridos por microorganismos como bacterias, protozoos y hongos son digeridos anaeróbicamente. Los principales productos finales de la fermentación son los ácidos grasos volátiles y la biomasa microbiana utilizada por el huésped rumiante. La capacidad de los microorganismos ruminales para producir las enzimas necesarias para los procesos de fermentación permite a los rumiantes obtener la energía contenida en los forrajes, sin embargo, el proceso de fermentación ruminal no es completamente eficiente porque genera productos finales como el gas metano y exceso de amoníaco(Castillo-González et al., 2014).

#### **2.2.3 Camal o Matadero**

Es una instalación de procesamiento industrial, pública o privada, en el que se emplean técnicas higiénicas para el sacrificio de animales y su posterior producción, procesamiento, almacenamiento y comercialización de carnes y sub productos animales, donde además se realizan la inspecciones correspondientes y el manejo apropiado de los desechos resultantes, para eliminar cualquier peligro potencial y evitar que la carne contaminada ingrese al consumidor o al medio ambiente (Quispe, 2018).

#### **2.2.4 Principales desechos en los camales o mataderos**

Los residuos generados durante el faenado de los animales en los mataderos o camales provienen de los bovinos, como:

- Grasa y tejidos
- Huesos
- Cachos y rabos
- Viseras del tórax y abdomen
- Piel
- Órganos genitales
- Contenido ruminal
- Estiércol
- Sangre

### 2.2.5 Contenido ruminal

El contenido ruminal, también conocido como ruminaza, es un subproducto del animal después del sacrificio y se almacena en el primer estómago de la vaca, generalmente tiene la consistencia de una papilla de un color amarillo verdoso y tiene un olor característico muy intenso(Uicab-Brito & Castro, 2003).

### 2.2.6 Microambiente ruminal

El rumen proporciona un ambiente muy favorable para el crecimiento de microorganismos anaerobios, a esto se puede considerar un sistema de cultivo continuo muy efectivo para el crecimiento de tales microorganismos (Grudsky & Arias, 2014).

También se puede mencionar que el rumen ayuda a mantener a los microorganismos en contacto con el alimento, siendo relativamente constante el suministro de alimentos, tomando en cuenta la mezcla continua, se puede considerar que las condiciones de humedad son relativamente constantes y favorables para el desarrollo de un gran número de microorganismos (Grudsky & Arias, 2014).

Es importante la fase gaseosa dentro del contenido del rumen, ya que se considera principalmente el CO<sub>2</sub> (65%), metano (25%), nitrógeno (7%) y en pequeñas cantidades de hidrógeno y oxígeno. Bajo estas condiciones, se produce una gran cantidad de anaerobios, protozoos y ciliados. Las bacterias oxigenadas formarán colonias microbianas de mayor tamaño(Grudsky & Arias, 2014).

### 2.2.7 Cantidad de masa ruminal que se obtiene por animal

Para tener conocimiento de la cantidad de masa ruminal hay que considerar que, el volumen de la masa ruminal en los bovinos puede ser 45 L o del 15 al 21% de la masa corporal del animal, sin embargo, también se menciona que el contenido ruminal puede llegar a ser de 30-60 Kg en los bovinos, el contenido ruminal que posea el animal se ve influenciado por la dieta y la tasa de pasaje a través del tubo digestivo (Bogarín et al., 2019).

### 2.2.8 Caracterización química de la masa ruminal

**Tabla 1.** Caracterización química de la masa ruminal

<b>Humedad</b>	<b>Ceniza</b>	<b>Grasa</b>	<b>Fibra</b>	<b>Proteína</b>
85.00 %	-----	2,84 %	27.06 %	9,60 %

**Fuente:** (Uicab-Brito & Castro, 2003).

La composición química de los contenidos ruminales es poco variable, esto debido a que la alimentación de los bovinos es básicamente de pasto y ciertas combinaciones con melazas, por lo que se encontraría alta concentración de Celulosa y Hemicelulosa, (carbohidratos con alto grado de polimerización); de lignina, (compuesto con estrecha relación con la celulosa), y su contenido en grasas, proteína es bajo (Uicab-Brito & Castro, 2003).

### **2.2.9 Impacto ambiental**

El sacrificio de ganado bovino, genera gran cantidad de contenido ruminal que permanece sin uso, por lo que su existencia contribuye a la contaminación de los ecosistemas aledaños. Este residuo es uno de los contaminantes con mayor impacto ambiental, ya que produce una alta carga orgánica en los efluentes de los rastros, sin embargo, el contenido ruminal podría dejar de ser visto como un contaminante, porque es una fuente valiosa de nutrimentos cuando se incorpora a las dietas de animales (Uicab-Brito & Castro, 2003).

La producción de metano proveniente de los desechos de los animales, ha tomado gran importancia en los últimos años, debido a sus efectos negativos en el medio ambiente; el metano influye en los efectos climáticos directamente a través de su interacción con la energía infrarroja e indirectamente a través de las reacciones de oxidación atmosféricas que producen CO<sub>2</sub>. Por esto se considera que en la actualidad los sistemas de producción animal sostenibles deben buscar reducir la producción de metano.

### **2.2.10 Utilización de los residuos orgánicos**

Uicab-Brito & Castro (2003) menciona que, la recuperación, reutilización y/o transformación de los residuos en insumos útiles es una opción que surge con el diagnóstico de la problemática ambiental de cada sector, por lo que las alternativas seleccionadas, deben ser adecuadas técnicamente a las características locales, viables económicamente y sustentables ecológicamente.

Por estas razones, el validar, adaptar y promover tecnologías alternativas representa una solución efectiva y viable con la cual se puede lograr la utilización de este residuo no solo en el compostaje, sino también en la alimentación de otros animales.

Se describen las tecnologías para el manejo de los desechos de los rastros, específicamente del contenido ruminal, enfocados a la elaboración de composta, debido a que el proceso de composteo es una tecnología poco costosa que puede ser aplicada para el



manejo de algunos de los residuos de mataderos, como es el caso del contenido ruminal, por su forma de obtención y los componentes de origen(Bohórquez & Pulido, 2019).

### **2.2.11 Alimentación de especies menores**

Entre las especies menores las aves (gallinas, pavos, patos, etc.), los porcinos (los cerdos), los caprinos (la cabra), los conejos y peces(Toledo & La Esperanza, 2004).

Para la alimentación de estos animales existe una gran variedad de alimentos, su valor nutritivo está en función de su composición química, mientras que su metabolización depende de la digestibilidad del animal y del consumo voluntario. Los alimentos deben ser ricos en vitaminas, proteína, fibra y energía, ya que estos son nutrientes vitales en su desarrollo normal. Entre estas fuentes tenemos los cereales, leguminosas y sub productos provenientes de desechos animales(FAO, 2000).

Los análisis microbiológicos y fisicoquímicos realizados a productos alimenticios destinados al consumo animal, son de gran importancia nutricional y energético, e igualmente obligatorio por parte de las industrias relacionadas ya que al no realizarse dichos análisis podría tener efectos nocivos en el desarrollo y crecimiento de dichos animales. (ESCOBAR, 2013).

### **2.2.12 Harinas de desechos y su aprovechamiento**

La Harina de Plumas es otro ingrediente que puede utilizarse en la industrialización, ya que una gran ventaja de este ingrediente es la alta concentración de proteínas, como mínimo un 80%. La Harina de Plumas y Sangre es una alternativa interesante desde el punto de vista nutricional y, al igual que las demás, debe adquirirse de un proveedor de confianza para no comprometer la salud y la calidad. Las harinas de las vísceras de aves se producen por la cocción, el prensado y la molienda de las vísceras, los despojos, los cartílagos (Reyna, 2014).

### **2.2.13 El secado**

Los métodos de secado industrial evitan la propagación de bacterias y garantizan la seguridad de empleados y clientes. Para elegir el método de secado más adecuado para cada caso, es necesario tener en cuenta qué tipo de material se va a secar. Naturalmente, no es lo mismo secar un alimento o un medicamento. Pero también es necesario evaluar los requisitos del proceso de secado, de producción, de la calidad del producto final y del espacio disponible en las instalaciones (Stage, 2021).

### **2.2.14 Importancia de las harinas**

El empleo de distintos tipos de residuos industriales ha sido importante para el mantenimiento de los precios de los productos. Las harinas son suplementos proteicos de muy buena calidad de precios competitivos, que mejoran el valor nutritivo de las raciones y, en definitiva, la rentabilidad. A partir de los subproductos de origen animal cuyo destino es la industria alimentaria humana, se han obtenido una serie de ingredientes de gran valor, como las harinas de pescado, de carne, desangre o de plumas, cuyo empleo ha supuesto un valor añadido al evitar los problemas asociados a la eliminación de los residuos y la contaminación. Resultó más económico dirigir estos subproductos a la alimentación animal, a precios competitivos con otros ingredientes reconocidos como materias primas de gran valor (Pleite, 2001).

### **2.2.15 Caracterización bromatológica de alimentos para animales**

El análisis bromatológico afecta la composición porcentual de alimento, pienso, agua, medicamentos, suelo, para poder conocer todas sus propiedades. La determinación de la composición química se determinó mediante análisis proximal, para determinar materia seca, proteína cruda, fibra cruda, extracto etéreo, cenizas y extracto libre de nitrógeno(Bohórquez & Pulido, 2019).

Lo ideal es una dieta que no sea alta en energía, y bajo en fibra, por el tiempo de retención de los alimentos se incrementa debido a su baja digestibilidad, esto es muy importante en los sistemas pastorales de las regiones templadas, suele haber un desequilibrio de energía, proteína y bajo contenidos de materia seca (INATEC, 2016).

Se debe tener en cuenta que existen diferencias significativas en la dinámica de la digestión cuando se comparan distintos forrajes como el ensilaje de grano húmedo, ensilaje de planta entera de maíz o sorgo, ensilajes de otras gramíneas y leguminosas o heno. Estos últimos suelen tener mayores diferencias en su composición química, alto contenido de fibra y fracciones no ingeribles altas(INATEC, 2016).

#### **2.2.15.1 Humedad**

El contenido de humedad en un alimento es un índice de estabilidad del producto. El control de la humedad es un factor decisivo en muchos procesos industriales tales como la molienda de cereales, el mezclado de productos sólidos finos, en la elaboración de pan, etc. Así mismo, en la evaluación de muchos procesos industriales, es de gran importancia

conocer el contenido de agua de los productos o materias primas para formular el producto y evaluar las pérdidas durante el proceso.

La determinación de humedad es una de las técnicas más importantes, es un índice de estabilidad del producto y de mayor uso en el procesado, control y conservación, los llamados productos secos alcanzan un contenido de humedad de hasta un 12%. El control de la humedad es un factor decisivo en muchos procesos industriales tales como la molienda, el mezclado de productos sólidos finos, en la elaboración, etc. Así mismo, en la evaluación de muchos procesos industriales es de gran importancia conocer el contenido de agua de los productos o materias primas para formular el producto y evaluar las pérdidas durante el procesado(ZARAGOZA, 2006)

#### **2.2.15.2 Muestra seca**

La materia seca no es considerada un análisis químico, pero es importante su correcta determinación, porque los errores en este análisis puede ser transferidos al resto de los análisis químico, ya que estos deben ser expresados en base seca para ser comparados.(Apráez Guerrero, 2020)

#### **2.2.15.3 Cenizas**

Las cenizas, o también llamadas materia inorgánica, corresponden principalmente a minerales esenciales para la correcta nutrición (calcio, fósforo, zinc, hierro, etc.) Anteriormente se consideraban componentes insignificantes de la dieta. Pero, ahora se reconoce que son necesarios para el buen funcionamiento del organismo. Estos elementos están presentes en todas las células del cuerpo para realizar diversas funciones metabólicas(Cuéllar, 2021).

Los minerales se obtienen principalmente en el pienso, por su principal fuente de alimento. Este alimento debe ser de alta calidad para garantizar un correcto balance de proteínas, grasas, carbohidratos y minerales. Además, existen sales disponibles que suplementan la dieta para garantizar que las aves y otros animales ingieran las cantidades recomendadas de minerales(Cuéllar, 2021).

#### **2.2.15.4 Grasas**

El contenido de grasa, junto con el contenido de agua, proteína, fibra y sodio, es uno de los cinco parámetros más importantes para valorar la calidad de los alimentos. En la evaluación de piensos, el contenido de grasa es una magnitud importante y se determina

como grasa bruta según el proceso de análisis de Weende. En el comercio de alimentos y piensos, el contenido de grasa suele ser, junto a otros parámetros, decisivo para el precio del producto. Es la parte grasa del alimento y contiene principalmente aceites y grasas, un valor superior al 14 % indican que el alimento en cuestión no debe constituir una parte significativa de la dieta total, pues puede ser tóxico(Gallardo, 2007).

#### **2.2.15.5 Proteínas**

Las proteínas o prótidos son macromoléculas formadas por cadenas lineales de aminoácidos y esta cadena está determinada por la secuencia de nucleótidos de su gen correspondiente. El nitrógeno es un componente fundamental de la dieta de los animales, sobre todo para su crecimiento, lactación y gestación, porque es el elemento básico para la síntesis de las proteínas. La relación entre el peso total de una proteína y el de su contenido en nitrógeno es un factor constante, siendo este de 6,25(Borja, 2020).

Constituyen la fracción más importante de la dieta. Son componentes esenciales en los tejidos animales y se necesitan para mantener las funciones vitales como renovación de tejidos, reproducción, crecimiento y lactación. En los vegetales se encuentran en escasa cantidad, a excepción de algunos casos como en las semillas de leguminosas, que tiene una riqueza aproximada del 20%. Considerando estas adaptaciones del metabolismo de nitrógeno, es posible alimentar rumiantes con fuentes de nitrógeno no proteico y obtener una proteína de alta calidad(Ureña, 2016).

#### **2.2.15.6 Fibra cruda**

La fibra alimentaria se puede definir como la parte comestible de las plantas que resiste la digestión y absorción en el intestino y que experimenta una fermentación parcial o total en el intestino grueso. Esta parte vegetal está formada por un conjunto de compuestos químicos de naturaleza heterogénea (Perales, 2013).

Considerando que la fibra se produce en las paredes celulares de las plantas y están compuestas por polisacáridos no amiláceos, generalmente asociados con lignina, proteínas, ácidos grasos y ceras. Es una mezcla compleja de polímeros de carbohidratos unidos a otros componentes que no son carbohidratos. Los polisacáridos no amiláceos en su mayoría son resistentes a las enzimas gastrointestinales, pueden ser digeridos parcialmente por la micro flora intestinal.(Perales, 2013).

#### **2.2.15.6.1 Importancia de las fibras crudas**

Al formular dietas para especies mono gástricas se debe considerar un nivel máximo de fibra cruda; lo contrario sucede en la formulación de dietas para poligástricos donde se debe considerar un nivel mínimo de fibra cruda, esto es debido a la fisiología digestiva propia de cada especie (Perales, 2013).

En el caso del mono gástrico, la digestión de los alimentos se realiza principalmente por acción enzimática y en el caso de mono gástricos herbívoros, el proceso de aprovechamiento de los alimentos se complementa con un proceso de fermentación. Ejemplo de ello son el conejo, caballo y el cuy, estos animales pueden utilizar la fibra cruda a través del proceso de fermentación en el ciego y cuyos productos son los ácidos grasos volátiles(PAF, 2022).

#### **2.2.16 Fibras del futuro**

Según Prado & da Silva (2016) la Iniciativa "Fibras del Futuro" representa un esfuerzo innovador basado en el fomento de los productos básicos, lo que representa un cambio significativo en el tipo de diálogo que se necesita entre las partes interesadas para promover asociaciones sostenibles orientadas al mercado e insistir cada vez más en los usos finales no agrícolas. Por primera vez, los fabricantes de fibras están considerando la mejora de la calidad de vida y el respeto al medio ambiente. Hace cuarenta años las innovaciones en las fibras se centraron en una mejora de las funciones nutritivas y ofrecer nuevas alternativas para la utilización de desechos en la agroindustria que permita disminuir la contaminación.

Los bovinos poseen un sistema digestivo que tiene la capacidad de aprovechar y convertir el material fibroso con altos contenidos de carbohidratos estructurales, en alimentos de alta calidad nutritiva, la eficiencia energética de los sustratos alimenticios fermentados en el rumen, disminuye a un ritmo variable dependiendo de las características de la dieta(Carmona et al., 2005).

#### **2.2.17 Análisis microbiológicos de alimentos para animales**

Este análisis es importante porque así se podrán evitar infecciones e intoxicaciones alimentarias, siendo así, los análisis de alimentos constituyen una herramienta muy importante y a la vez obligatoria para así garantizar la calidad y seguridad, ayuda a prevenir posibles problemas como la intoxicación e infecciones. Hay varios tipos de análisis que se pueden realizar en los productos, pero todos ellos empiezan por hacer una

toma de muestras de forma correcta, estudio de superficie y el proceso de manipulación del producto final (Agrorum, 2022).

#### **2.2.17.1 Mohos y levaduras**

Los hongos son organismos eucariotas del reino *Fungi* (Hongos), son organismos heterótrofos que necesitan materiales orgánicos para obtener energía y como esqueletos carbonatados para la síntesis celular, se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza, en hábitats diversos por lo que se utilizan con mayor frecuencia como alterantes de alimentos. Se reproducen de manera sexual y asexual. Presentan dos formas principales que son hongos filamentosos y hongos levaduriformes; cuya estructura puede ser pluricelular (típicamente filamentosos) o unicelular (generalmente levaduras) (alimentaria, 2022).

La presencia de estos microorganismos puede causar enfermedades como es el caso de la micosis, y también pueden estropear los alimentos debido a las micotoxinas que producen, alteran las características organolépticas, deterioran y reducen las propiedades nutricionales de los alimentos (Trabattoni, 2016).

#### **2.2.17.2 Mesófilos aerobios**

Son bacterias aeróbicas que crecen en cualquier medio de agar nutritivo a temperaturas entre 30°C y 37°C. Este tipo de microorganismos no son necesariamente patógenos. Son también indicadores que ayudan a las propiedades higiénicas de los alimentos, ya que tienden a reflejar la calidad de los productos analizados, y cómo fueron tratadas durante su elaboración. Cuanto mayor sea la presencia de microorganismos aerobios totales, menor será la calidad de los alimentos, por el hecho de que una cantidad elevada puede significar una contaminación excesiva de las materias primas, existiendo un mal manejo durante la producción y cambios inmediatos del producto (Cabrera & Passalacqua, 2014).

#### **2.2.17.3 E.coli y coliformes fecales**

Este grupo de bacterias también pertenece a la familia *Enterobacteriaceae*, se diferencian porque fermentan la lactosa con producción de gas a 44 °C en 24 horas. El género que predomina en las contaminaciones por coliformes fecales es *Escherichia*, otros son coliformes termo tolerantes son *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter* (Silverchair, 2022).

La *Escherichia coli* se puede distinguir de los demás coliformes termo tolerantes por su capacidad para producir indol a partir de triptófano. Estos organismos se eliminan fácilmente por tratamiento térmico, por lo cual son particularmente útiles como componentes de criterios microbiológicos para indicar si aún existe contaminación después del proceso térmico. Los síntomas pueden aparecer si la concentración de la bacteria es demasiado alta. Muchos animales y mascotas pueden infectarse (Silverchair, 2022).

#### **2.2.17.4 Salmonella**

El tracto intestinal de aves y otros animales es la fuente principal de esta bacteria. Los seres humanos adquieren la bacteria a través de alimentos contaminados como carne de vaca, aves de corral, huevos y sus derivados, o incluso del agua. La prevención depende de prácticas correctas de manipulación de alimentos, refrigeración y cocinado adecuados.

La Salmonella puede causar enfermedad y muertes en los animales, resultando en un mayor coste de producción y una menor rentabilidad de la explotación. Por otra parte, la infección por Salmonella no siempre resulta en enfermedad y puede producirse una infección subclínica en la que la bacteria puede ser eliminada por heces durante meses sin que el animal muestre ninguna sintomatología. Estos portadores asintomáticos son importantes reservorios de la enfermedad y constituyen la principal fuente de contaminación (Creus, 2005).

## CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

### 3.1 Tipo de investigación

Para la presente tesis se realizó una investigación del tipo exploratorio, la búsqueda bibliográfica se centró en estudios científicos previos, sobre el aprovechamiento de los residuos orgánicos provenientes de camales; también se realizó una investigación práctico-descriptiva, ya que se describirá y se pondrá en práctica los procesos tanto de obtención de la harina ruminal, como los análisis físicos, químicos y microbiológicos de la misma, usando procedimientos descritos en las normas INEN sobre el análisis proximal en alimentos, que permitirá comprobar y garantizar que la masa ruminal se podría usar como alimento para animales menores, con el objetivo de reducir el impacto ambiental.

### 3.2 Diseño de investigación

El presente trabajo de investigación es de tipo cuantitativo, ya que durante el proceso de obtención de la harina ruminal se recopiló datos de tiempo y temperatura de secado y se determinó la composición química (%humedad, %cenizas, %grasa, %proteína, %fibra.) y carga microbiana (*Mesofilos aerobios*, *Salmonella*, *E. coli*, *coliformes totales*, *mohos* y *levaduras*).

También se midió características cualitativas (olor, color y textura) de la masa ruminal (fresca y seca) y la harina ruminal.

Se utilizaron las instalaciones de la Universidad Nacional de Chimborazo; para el secado se utilizó el laboratorio de operaciones unitarias de ingeniería industrial, para las determinaciones físicas y químicas se utilizó el laboratorio de control de calidad de ingeniería agroindustrial; el análisis de proteína se realizó en el laboratorio de servicios ambientales de ingeniería ambiental.

### 3.3 Técnicas de recolección de datos

Se realizó una revisión documental de los procedimientos fisicoquímicos y microbiológicos descritos por el INEN 2013, estos permitieron determinar la composición química de la harina ruminal, e identificar si estos productos se encuentran dentro de los rangos microbiológicos aceptables descritos por dichas normas, así también se realizó una revisión documental sobre el uso de los residuos orgánicos como la masa ruminal y como podría ser beneficioso en la alimentación de los animales.

Se llevó un registro de los tiempos de secado por bandejas y secado al ambiente de la masa ruminal; se registró también los resultados del análisis sensorial (color, olor, textura) de la



masa ruminal y de los análisis fisicoquímicos (%humedad, %cenizas, %grasa, % fibra, %proteína) y microbiológicos de la harina ruminal.

### 3.4 Población de estudio y tamaño de muestra

Para la presente investigación, se recolectó masa ruminal de bovino en el camal municipal de la ciudad de Riobamba. Se tomó aproximadamente 4 kg de masa ruminal fresca y de este se tomó dos muestras de 1 kg para ser procesadas en 2 tratamientos de secado (en bandejas y a temperatura ambiente).

### 3.5 Hipótesis

**H0:** La harina ruminal obtenida a partir de la masa ruminal bovina no puede ser usada en la alimentación de animales menores.

**H1:** La harina ruminal obtenida a partir de la masa ruminal bovina si puede ser usada en la alimentación de animales menores.

### 3.6 Materiales y métodos

#### 3.6.1 Materiales, soluciones y equipos

##### 3.6.1.1 Materiales

**Tabla 2.** Materiales

• Baldes plásticos	• Rejilla	• Cápsulas
• Bandejas de acero inoxidable	• Frascos auto lavables	• Cápsulas de gooch
• Vasos de precipitación	• Varilla	• Lana de vidrio
• Vidrio reloj	• Espátulas	• Cartuchos
• Tubos de ensayo	• Erlenmeyer	• Pinzas
• Probetas	• Pipetas	• Cajas Petri
• Buretas	• Mechero	• Pera de succión
	• Soporte universal	

**Fuente:** Autora 2022

##### 3.6.1.2 Soluciones

- Cloro al 1%
- Ácido sulfúrico al 2,5 %
- Hidróxido de sodio al 2,5 % y 40 %
- Hexano

- Ácido clorhídrico al 0,1 N
- Ácido bórico al 4%
- Agar Shigella Salmonella
- Agar PCA (Mesófilos aerobios)
- Agar MacConkey (E-coli)
- Agar PDA (Mohos y levaduras)

### 3.6.1.3 Equipos

	Marca	Serie
• Balanza analítica	MKLAB	202006010MA
• Deshidratadora (secador por bandejas construido para tesis)	SN	SN
• Estufa	MEMMERT	C1090018
• Mufla	TERMOLINE	1257090113208
• Autoclave	TUTTNAVER	153856
• Cámara de flujo laminar	BIOBASE	DXA201805
• Equipo de soxhlet	THERMO	
• Equipo de fibra	SCIENTIFIC	SN
• Ddigestor	NOVATECH	198654
• Destilador	VELP	201678
• Incubadora Marca	SCIENTIFICA	E208740
• Molino	VELP	
• Micro pipeta de 1 ml	SCIENTIFICA	
	MEMMERT	
	CORONA	
	EASY+	

### 3.6.2 Métodos

#### 3.6.2.1 Toma de muestra de la masa ruminal bovina

La masa ruminal proveniente de un ejemplar bovino se recolectó en un balde plástico de 5 kg de capacidad, en el laboratorio de procesos industriales se pesó 1 kg de muestra y se trasladó a otro balde plástico, se registró sus características físicas (aroma, textura, color), este proceso se realizó por duplicado.

### 3.6.2.2 Análisis físico y sensorial de la masa ruminal

Se realizó el análisis sensorial de la masa ruminal sus características analizadas fueron:

**Tabla 3.** Escala de olor

- 
- Extremadamente agradable
  - Muy agradable
  - Agradable
  - Neutro
  - Ligeramente agradable
  - Desagradable
  - Muy desagradable
  - Extremadamente desagradable
- 

**Tabla 4.** Escala de color

- 
- Café oscuro
  - Café claro
  - Verde amarillento
  - Verde claro
  - Verde oscuro
- 

**Tabla 5.** Escala de textura

- 
- Muy suave
  - Suave
  - Ligeramente suave
  - Blando
- 

### 3.6.2.3 Obtención de la harina ruminal

Se pesó 1 kg de masa ruminal para cada proceso de secado (en bandejas y ambiente).

#### 3.6.2.3.1 Lavado

Se realizó el lavado de la masa ruminal con una solución de cloro al 1 %, para eliminar microorganismos provenientes del ganado bovino, también para reducir malos olores.

#### **3.6.2.3.2 Secado**

El contenido ruminal se deshidrató aplicando 2 procedimientos; en el primer tratamiento (T1) se utilizó 1 kg de masa ruminal, se colocó la muestras sobre bandejas de acero inoxidable dentro del deshidratador (secador de bandejas por aire caliente), las muestras fueron secadas 8 horas a 65°C; para el segundo tratamiento (T2) se utilizó 1 kg de masa ruminal, se dejó secar a temperatura ambiente durante 4 días, cubierta con una malla para evitar insectos, se removió diariamente de 2 a 3 veces al día para lograr la eliminación de humedad.

#### **3.6.2.3.3 Pesado**

Luego del secado se pesó la masa ruminal deshidratada en una balanza analítica (MKLAB 202006010MA) para conocer la pérdida de agua.

#### **3.6.2.3.4 Esterilización**

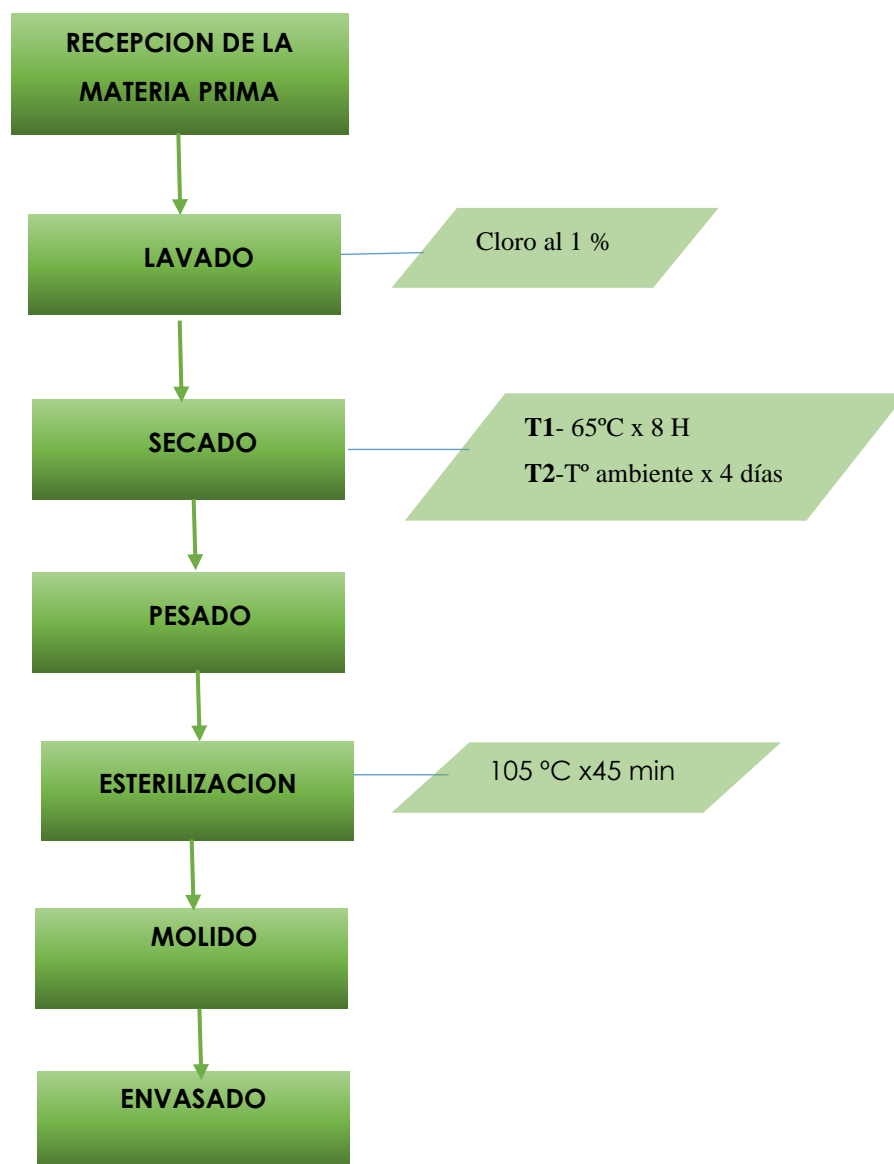
Se colocó las muestras secas en frascos autoclavables, que posteriormente fueron esterilizados en la autoclave (Marca TUTTNAVER) a 105 °C por 45 min. Esto permitirá eliminar microorganismos presentes, así como esporas y priones que sean nocivos.

#### **3.6.2.3.5 Molido**

Una vez seco y esterilizado se procede a moler en un molino manual (Corona construido para tesis) para reducir el tamaño de las partículas y tener una fibra suave.

### 3.6.2.4. Diagrama de proceso para la elaboración de harina ruminal

Ilustración 1. Diagrama de proceso para la obtención de harina ruminal



### 3.6.3 Análisis de la composición química de la harina ruminal

#### 3.6.3.1 Determinación de humedad

El análisis de humedad se realizó en base a la norma INEN (1980c), donde se aplicó el método de pérdida por calentamiento, se realizó por duplicado para cada tratamiento.

Se taró los crisoles en la estufa durante 15 min, y se dejó enfriar en el desecador durante 30 min, se pesó el crisol vacío y luego se colocó aproximadamente 2 g de harina ruminal, se

puso el crisol tarado más la muestra en la estufa hasta eliminar completamente la humedad, se dejó enfriar en el desecador y se registró el peso. Para su cálculo se utilizó la ecuación 1.

$$P = \frac{m1 - m2}{m1 - m} \times 100 \quad (1)$$

Dónde:  $P$  pérdida por calentamiento, en porcentaje de masa (%);  $m$  masa de crisol vacío (g);  $m1$  masa de crisol vacío con la muestra, antes del calentamiento (g);  $m2$  masa de crisol con la muestra, después del calentamiento (g).

### 3.6.3.2 Determinación de Cenizas

Este análisis se realizó bajo la norma INEN (1980e) para esto se taró los crisoles en la mufla durante 15 min, luego se colocó en un desecador durante 30 min, se pesó y se registró el peso del crisol tarado, después se colocó en la balanza analítica y se pesó aproximadamente 2g de harina ruminal.

Se colocó el crisol más la muestra en la mufla durante 3 horas aproximadamente a 600°C. el crisol con la muestra calcinada se colocó en el desecador hasta enfriarse, se pesó y registro los datos obtenidos de la muestra calcinada, por duplicado para el tratamiento 1 y tratamiento 2, para el cálculo de las cenizas se usó la ecuación 2.

$$C = \frac{m2 - m}{m1 - m} \times 100 \quad (2)$$

Dónde:  $C$  contenido de cenizas en el alimento para animales, en porcentaje de masa (%);  $m$  masa de crisol vacío (g);  $m1$  masa de crisol vacío con la muestra, antes de la incineración (g);  $m2$  masa de crisol con las cenizas, después de la incineración (g).

### 3.6.3.3 Determinación de la materia grasa

Este análisis se realizó por duplicado para cada tratamiento bajo el procedimiento descrito en la norma (INEN, 2013a).

Se pesó el papel filtro formando una cápsula, se colocó aproximadamente de 1 a 2 g de harina ruminal (extraída a partir de la masa ruminal) dentro de la cápsula de papel, se pesó nuevamente, luego se lo selló completamente y se volvió a pesar, las muestras selladas se colocaron en el aparato soxhlet seguido por el solvente orgánico en este caso se usó hexano, la extracción fue de 4 horas, para determinar el contenido de grasa de la harina ruminal se usó la ecuación 3.

$$G = \frac{\text{Peso de la grasa}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 \quad (3)$$

$$G = \frac{(PV + M + G) - (PV + MD)}{M - PV} \times 100$$

Dónde: *G* cantidad de grasa en el alimento para animales, en porcentaje de masa (%); *PV* peso del papel vacío (g); *M* peso de la muestra (g); *G* peso del papel sellado más la muestra (g); *MD* peso de la muestra desengrasada (g).

### 3.6.3.4 Determinación de fibra cruda

Este análisis se lo realizó bajo la norma, INEN (1980d) las muestras para este tratamiento fueron secadas y desengrasadas con anterioridad, el análisis se realizó por duplicado para cada tratamiento, se utilizó crisoles de gooch, se les colocó lana de vidrio, se puso en la mufla durante 15 min, se los dejó enfriar en el desecador y se pesó.

En un vaso de berzelius de 600 ml se transfirió aproximadamente 1 g de la muestra desengrasada, se añadió 100 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 1,25 % se dejó hervir durante 30 min.

Se añadió 100 ml de NaOH al 2,5 % y se dejó hervir durante 30 min.

Se filtró la muestra en el crisol que contiene la lana de vidrio que se preparó anteriormente y se realizó el lavado con agua destilada caliente, después del lavado los crisoles con la muestra se colocaron en la estufa durante 2 horas, se dejó reposar en el desecador y una vez frío se registró su peso, se colocó en la mufla hasta obtener cenizas y se registró este nuevo peso. Para el cálculo de la fibra cruda presente en la harina ruminal se usó la ecuación 4.

$$FC = \frac{P2 - P3}{P1} \times 100 \quad (4)$$

Dónde: *FC* fibra cruda (%); *P1* peso de la muestra (g); *P2* peso del crisol con la muestra seca digerida (g); *P3* peso del crisol con la ceniza (g).

### 3.6.3.5 Determinación de proteína

El análisis de proteína se realizó según la norma INEN (1980b), mediante el método Kjeldahl; la determinación se hizo por duplicado para las muestras del T1 y T2 , además de elaborar un blanco, el proceso consta de las siguientes etapas:

#### 3.6.3.5.1 Etapa de digestión

Se pesó aproximadamente 0,1-0,2 g de muestra en los tubos de kjeldahl, se colocó un catalizador y 10 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado en cada tubo, se digesto colocando los tubos en un bloque de calentamiento, se accionó la trampa para succión de gases, se dejó enfriar a temperatura ambiente y se añadió 10 ml de agua destilada moviendo lentamente para evitar que se solidifique.

### 3.6.3.5.2 Etapa de destilación

En cada matraz Erlenmeyer de 250 ml se adicionó 50 ml H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> al 4 % y 3 gotas de indicador tashiro, se trasladó al equipo de destilación donde un tubo quedó en contacto con el Erlenmeyer, se introdujo el tubo kjeldahl en el destilador con la muestra a la que se añadió 50 ml de NaOH al 40 %, con precaución de que el tubo del equipo quede hasta el fondo y el otro tubo del equipo se conectó al agua destilada, luego de dejar destilar.

### 3.6.3.5.3 Etapa de la titulación

La muestra se tituló con HCL a 0.1 N, hasta la aparición de un color rosa pálido y se registró la cantidad de HCl 0,1 N gastado, este proceso se realiza para las muestras y para el blanco, para el cálculo del contenido de proteína se usó la ecuación 5.

$$P = \frac{14xNxVx100x6,25}{mx1000} \quad (5)$$

Dónde: *P* proteína (%); *N* normalidad del ácido de valoración; *V* volumen de ácido consumido (ml); *14* peso atómico del nitrógeno; *m* es el peso de la muestra (g).

## 3.6.4 Rendimiento de los tratamientos aplicados para la obtención de la harina ruminal

Para calcular el rendimiento de los tratamientos se usó la ecuación 6, se tomó en consideración el peso de la masa ruminal fresca al inicio del tratamiento y el peso útil de la harina obtenida luego del secado y la molienda.

$$\% \text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso util}}{\text{Peso total}} \times 100 \quad (6)$$

## 3.6.5 Análisis microbiológico de la harina ruminal

### 3.6.5.1 Determinación de la presencia de mohos y levaduras

Se realizó esta determinación bajo el procedimiento descrito en la norma (INEN, 2013a).

#### 3.6.5.1.1 Preparación del medio de cultivo

Se usó el agar PDA.

#### 3.6.5.1.2 Preparación de la muestra y diluciones

Se pesó 1 g de harina ruminal y 9 ml de agua destilada estéril, a partir de esta se preparó dos diluciones y cada dilución por duplicado. La dilución 10<sup>-1</sup> se filtró con la ayuda de una gasa y se preparó la dilución 10<sup>-2</sup>.



### **3.6.5.1.3 Siembra e incubación de las placas**

Se sembró a profundidad, 1 ml de dilución por placa, se dispersó y se colocó 20 ml de agar y posteriormente se colocó las placas sembradas en la incubadora a 22°C, el conteo se realizó después de 5 días.

### **3.6.5.1.4 Cálculo de UFCs**

Para identificar las ufc (unidades formadoras de colonias) se usó la ecuación 7.

$$N = \frac{\Sigma C}{V(n1 + 0,1n2)} \quad (7)$$

Dónde: N número de microorganismos por cm<sup>3</sup>;  $\Sigma C$  suma de las colonias contadas en las placas; n1 número de placas contadas en la primera dilución; n2 número de placas contadas en la segunda dilución; d dilución de la cual se obtuvieron los primeros recuentos; *V Volumen* de inóculo sembrado en cada placa (ml).

### **3.6.5.2 Determinación de mesófilos aerobios**

Se realizó bajo el procedimiento descrito en la norma INEN (2006b).

#### **3.6.5.2.1 Preparación del medio de cultivo**

Se usó como medio de cultivo el agar PCA

Para la preparación de la muestra, diluciones y siembra se utilizó el procedimiento descrito en el apartado 3.6.5.1.2 (Preparación de muestra y diluciones) y el 3.6.5.1.3 (siembra e incubación de placas), sin embargo, las placas sembradas se las colocó en la incubadora a 30 °C por 48 horas y para la determinación del número de colonias en placas, se usó la ecuación 7.

#### **3.6.5.3 Determinación de salmonella**

La determinación se realizó bajo el procedimiento descrito en la Norma INEN (2013b).

##### **3.6.5.3.1 Preparación del medio de cultivo**

Se utilizó el Agar *Shigella Salmonella*.

Para la preparación de la muestra, diluciones y siembra se utilizó el procedimiento descrito en el apartado 3.6.5.1.2 (Preparación de muestra y diluciones) y el 3.6.5.1.3 (siembra e incubación de placas), sin embargo, las placas se las colocó en la incubadora a 37 °C durante 24 horas; para la determinación del número de colonias en las placas, se usó la ecuación 7.

#### **3.6.5.4 Determinación de *E. coli* y coliformes totales**

La determinación microbiológica de *E.coli* y *coliformes* totales se realizó bajo el procedimiento descrito en la norma INEN (2013a).

##### **3.6.5.4.1 Preparación del medio de cultivo**

Se utilizó el Agar MacConkey.

Se aplicó el mismo procedimiento descrito en el apartado 3.6.5.1.2 (Preparación de muestra y diluciones) y el 3.6.5.1.3 (siembra e incubación de placas), sin embargo, las placas sembradas se las colocó en la incubadora en un ambiente de 36 °C, durante 24 horas; para la determinación del número de colonias en placa, se usó la ecuación 7.

#### **3.7 Procesamiento de datos**

Los datos obtenidos a partir de los análisis (físicoquímicos, microbiológicos y organolépticos) de la masa y harina ruminal se los procesó en el Microsoft Excel 2018 y el programa estadístico SPSS; los análisis exploratorios se lo realizo mediante ANOVA, medias y desviación estándar de los análisis de la composición química de la muestra, los resultados de la carga microbiana fueron ordenados y clasificados mediante tablas.

## **CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 Análisis físico del contenido ruminal**

La alimentación del rumiante depende de materiales fibrosos como los forrajes que sean ricas en celulosa y/o materiales de diferente naturaleza como los alimentos concentrados que incluyen carbohidratos, proteínas, grasas, vitaminas y minerales, que aporta todo lo que el organismo necesita para el crecimiento del animal. La hierba verde en crecimiento contiene todos los nutrientes, pero que las enzimas digestivas no pueden descomponer, pero mediante la fermentación son aprovechados (FAO, 2012).

Las características físicas evaluadas (olor, color y textura) de la masa ruminal fresca se muestra en la tabla 6 donde la masa ruminal en su estado fresco es de olor muy desagradable, con un color café oscuro y una textura blanda, Noro & Sepúlveda (2010), mencionan que en el rumen se produce la fermentación debido a que contiene microorganismos ruminales como son bacterias, protozoarios u hongos estos microorganismos convierten el material vegetal (la celulosa, el almidón y otros nutrientes) en dióxido de carbono, hidrógeno gaseoso, metano y ácidos orgánicos de bajo peso molecular, como el ácido acético, el propiónico y el butírico siendo estos responsables de

que ocurra los procesos bioquímicos, y compuestos nitrogenados siendo causa de característico olor, color y textura.

El contenido ruminal es uno de los desechos de los mataderos que provoca contaminación del medio ambiente debido a que el dióxido de carbono y el metano producidos en el rumen por la fermentación se expulsan al exterior. Al ser procesado puede tener un valor agregado para las industrias agroindustriales, en la actualidad se abren caminos para el aprovechamiento de estos desechos, generando productos que sirvan al proceso de reciclado de los residuos orgánicos, y su transformación puede ser más relevante, por sus propiedades físico-químicas que además de ser una solución ambientalmente se utiliza principalmente como fertilizante para restaurar muchas de las propiedades del suelo (Febres & López, 2007).

**Tabla 6.** Características físicas de la masa ruminal fresca

<b>Parámetro analizado</b>	<b>Masa ruminal Fresca</b>
<b>Olor</b>	Muy desagradable
<b>Color</b>	Café oscuro
<b>Textura</b>	Blando

**Fuente:** Autora 2022

#### **4.2 Rendimiento del proceso de obtención de harina a partir del contenido ruminal**

Al pasar por el proceso de secado existe una disminución de color, olor y cambio en la textura siendo suave por lo que son más agradables a los sentidos esto debido a que como menciona MORENO-GUARÍN et al. (2012) al estar expuesto a temperaturas superiores a 40 °C su olor disminuirá y color tendrá cambios significativos donde su tonalidad puede aumentar o disminuir, la textura cambia debido a la pérdida de la permeabilidad y a los efectos en los tratamientos térmicos Geankoplis (2006), nos dice el secado cambia las propiedades químicas, ya que son susceptibles a la degradación, al secar un alimento pierde su contenido de humedad lo que da como resultado un aumento en la concentración de nutrientes en la masa restante como son las proteínas, grasas y carbohidratos están presentes en mayor cantidad por unidad de peso en los alimentos secados que en su contrario fresco.

En la tabla 7 se pudo evidenciar que la masa ruminal pierde agua al pasar por el proceso de secado sin alterar la parte sólida, sin embargo, reduce su peso y volumen, por lo que se puede evidenciar que existe un mayor rendimiento en el T2 con 28,9 % como menciona

García Cruz (2011), el rendimiento de secado puede variar de acuerdo con las diferentes condiciones de secado externas e internas como es la velocidad de secado y calor controlado. Sin embargo, el T2 se observa un mayor rendimiento debido a que se realizó un secado al ambiente, la cual se ve afectada por la humedad del ambiente, por lo que tendrá aún humedad, por lo que al tener un mayor peso y más volumen tendrá mayor rendimiento, pero lo que lo hace más propenso de ataque microbiano GNA (2012), el agua se evapora más rápido al pasar por aire caliente que por aire frío, por lo que se debe controlar las temperaturas seguras del secado. Cualquiera que sea el método usado para el secado, se debe tener cuidado de que la temperatura de secado no sea demasiado alta, ya que esto hace que decrezca el rendimiento.

**Tabla 7.** Rendimiento de los tratamientos para la obtención de harina a partir del contenido ruminal

Parámetros analizados	Resultados		
	Unidades	T1	T2
Rendimiento	%	22	28,9

T1: Tratamiento de secado por bandejas; T2: Tratamiento de secado al ambiente.

**Fuente:** Autora 2022

#### 4.3 Análisis físico y composición química de la harina ruminal

En la tabla 8 se presenta los resultados finales del análisis físicos y químico de la harina ruminal se observó que en el T1 y el T2 tienen resultados similares, sin embargo, como mejores resultados tiene el T1, ya que presenta una menor cantidad de proteína y se encuentra dentro de los parámetros aceptables y contiene menor cantidad de fibra cruda. Durante el secado debido al aumento de temperatura la duración de la conservación del producto es mayor, pero modifica su color, aroma, textura, composición química y carga microbiana las diferencias se deben a las diferentes variables como son la temperatura de secado, humedad de la materia prima, duración del secado y la velocidad del aire del secado, ya que mientras mayor temperatura mayor será la velocidad de secado, al estar un producto a baja temperatura el tiempo de secado es mayor lo que favorece al desarrollo microbiano por lo que es recomendable secar a temperaturas altas (Geankoplis, 2006).

De acuerdo a las normas ISO (2009) y la norma INEN (2014), se establece de manera general que el porcentaje de humedad tendrá como límite máximo el 13 %, ya que si es mayor esto podría ser la causa de la proliferación de microorganismos, mientras que de proteína deberá contener como mínimo un 8 % hasta un 24 %, cenizas como máximo el 8

% y para grasas deberá contar con un mínimo de 3% hasta un 4 % como máximo para animales menores.

Por lo que de acuerdo a los análisis realizados, la harina ruminal cumple con los requerimientos nutricionales como es la proteína, ya que se obtuvo un 20,43 % una fibra del 28, 41 % y una humedad del 7,59 % por lo que sería favorable incluir en la alimentación de animales menores, mientras que sus características físicas son agradables a la vista, tacto y olfato debido al cambio que se produjo por la temperatura y velocidad de secado.

**Tabla 8.** Características físicas y composición química de la harina a partir del contenido ruminal

Parámetros analizados	Harina de contenido ruminal	
	T1	T2
Humedad (%)	7,59	7,98
Cenizas (%)	7,17	7,73
Grasa (%)	4,84	3,71
Fibra	28,41	34,76
Proteína	20,43	27,19
Olor	Agradable	Ligeramente agradable
Color	Verde oscuro	Verde claro
Textura	Suave	Suave

T1: Tratamiento de secado por bandejas; T2: Tratamiento de secado al ambiente.

**Fuente:** Autora 2022

#### 4.4 Análisis microbiológico de la harina a partir del contenido ruminal

En la tabla 9 se evidencia los resultados del análisis microbiológico, por lo que se pudo observar que en el tratamiento 1 y tratamiento 2 tuvieron valores menores a 10 UFC/g (unidades formadoras de colonias por gramo) en *Mesofilos aerobios*, *Mohos* y *levaduras*, mientras que *E coli*, *Salmonella* y *Coliformes totales* no fueron detectadas lo que indica que la fibra obtenida del contenido ruminal no presenta microorganismos nocivos esto debido a su baja humedad. Al no existir un aumento significativo de mohos ni presencia de levaduras, no existe reacciones de fermentación y refleja la calidad sanitaria de los productos analizados, indicando además de las condiciones higiénicas de la materia prima, la forma como fueron manipulados durante su elaboración (Cabrera & Passalacqua, 2014)

La norma INEN (2014), establece que para la alimentación de animales debe contar con la ausencia de salmonella en cuanto a coliformes debe presentar un máximo de  $1 \times 10^4$  ufc y mohos máximos con  $1 \times 10^4$  ufc.

Uno de los factores importantes para una carga microbiana baja en la harina ruminal es la esterilización, que como menciona Capilla (2017), la esterilización destruye los microorganismos patógenos que se encuentren presentes, lo que permite tener un producto seguro, alargar su vida útil y conservar sus propiedades nutricionales.

**Tabla 9.** Carga microbiológica de la harina a partir de contenido ruminal

Parámetro analizado	Unidad	Resultados	
		T1	T2
<i>Mohos y levaduras</i>	UFC/g	<10	<10
<i>Mesofilos aerobios</i>	UFC/g	<10	<10
<i>E.Coli</i>	UFC/g	No detectado	No detectado
<i>Salmonella</i>	UFC/g	No detectado	No detectado
<i>Coliformes totales</i>	UFC/g	No detectado	No detectado

T1: Tratamiento de secado por bandejas; T2: Tratamiento de secado al ambiente.

**Fuente:** Autora 2022

Se acepta la hipótesis alternativa debido a que se obtuvo una harina que cumple con los parámetros químicos y microbiológicos establecida por la norma para alimentos de animales menores, específicamente el T1 porque la harina obtenida a pesar de que su rendimiento es menor indica que tuvo un mejor secado lo que evita la proliferación de microorganismos mientras que sus características químicas demuestran que sería un alimento rico y nutritivo para los animales por lo que la harina obtenida a partir de la masa ruminal de los bovinos si se podría usar en la alimentación de animales.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- Mediante los dos tipos de secado realizado se obtuvo harina del contenido ruminal la cual se denominó como fibras naturales que pueden ser aplicadas en la agroindustria como una posibilidad para alimentación de animales menores y de esta manera reducir el impacto ambiental que se ha estado produciendo por este tipo de desechos orgánicos.
- Se determinó que el mejor método más eficiente para obtención de harina ruminal fue el tratamiento 1 (secado por bandejas) debido a que es un secado más rápido, es sencillo controlar temperaturas, permitiendo reducir mucho más la humedad, haciéndolo un producto más estable y menos susceptible al ataque microbiano, esto con respecto al tratamiento 2, por lo que es adecuado para la industria.
- Se evaluó las propiedades físico-sensoriales de la masa ruminal y análisis proximal de la harina ruminal, el producto obtenido paso de tener características desagradables a tener características agradables; el análisis de su composición química mostró que no existe grandes diferencias entre tratamientos y se puede obtener un producto que cumple con los requisitos nutricionales que son necesarios dentro de la alimentación animal.
- Uno de los parámetros importantes dentro de la alimentación de animales es el análisis microbiológico, por lo que al realizar este análisis se determinó que la harina ruminal obtenida en los tratamientos no presenta cargas microbianas perjudiciales, ya que la presencia de *Mesófilos aerobios*, *mohos* y *levaduras* fueron menores a 10 ufc, además no existió presencia de *Salmonella*, *E.coli* y *coliformes* por lo que la harina ruminal podría ser usada como pienso para alimentación animal, ya que cumple con los requisitos microbiológicos descritos por las normas INEN 1829

## **5.2 Recomendaciones**

- Tomar muestras de la masa ruminal de bovinos en distintos camales para lograr una muestra significativa.
- Usar otros métodos de secado (tambor, microondas, convectivo) para la obtención de harina ruminal que permita la comparación entre métodos, con el objetivo de seleccionar el tratamiento de secado más eficiente y que menor daño provoque a la composición química y nutricional de la harina ruminal.
- Elaborar un alimento destinado a animales con la adición de harina a partir del contenido ruminal, para evaluar su composición química y su aceptabilidad.



## REFERENCIAS

### **BIBLIOGRAFÍA**

- Apráez Guerrero, J. E. (2020). *Análisis Químico De Alimentos Para Animales* (Vol. 1). Universidad de Nariño.
- Bogarín, F. M., Marín, A. H., Díaz, G. M., & González, S. M. (2019). Parámetros productivos de vacunos alimentados con contenido ruminal seco. 2-3.
- Borja, Claudia. (2020). Genes y proteínas. Liceo Pablo Neruda. Departamento de Ciencias biológicas, N,º2.
- Brooks, G., Carroll, K., Butel, J., Morse, S., & Mietzner, T. (2010). Bacilos Gram negativos entéricos (Enterobacteriaceae). *Brooks G, Carroll K., Butel J, Morse S, Mietzner T, autores. Microbiología médica. 25ª ed. Santa Fe: McGraw-Hill Interamericana, 213-226.*
- Cabrera, J., & Passalacqua, N. (2014a). Análisis Microbiológico de los Alimentos, Metodología Analítica Oficial, Microorganismos Indicadores. In (pp. 1-153): Volumen.
- Cabrera, J., & Passalacqua, N. (2014b). Análisis Microbiológico de los Alimentos, Metodología Analítica Oficial, Microorganismos Indicadores. In: Volumen.
- Carmona, J. C., Bolívar, D. M., & Giraldo, L. A. (2005). El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 18(1), 49-63.*
- Castillo-González, A., Burrola-Barraza, M., Domínguez-Viveros, J., & Chávez-Martínez, A. (2014). Rumen microorganisms and fermentation. *Archivos de Medicina Veterinaria, 46(3), 349-361.*
- Creus, E. (2005). Salmonella en la Alimentación animal (I): Contaminación en material primas y piensos. *Albéitar, 85, 115-126.*
- ESCOBAR, J. (2013). *ANALISIS MICROBIOLOGICOS Y FISICOQUIMICOS EN LINEAS DE PRODUCCION DE ALIMENTOS* Universidad de Carabobo. Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología.]. Carabobo – Venezuela.
- FAO. (2000). Mejorando la nutrición a través de huertos y granjas familiares. *Producido por el departamento de agricultura. Cartilla. Servicio de programas de nutrición*
- FAO. (2012). Alimentos y agua para rumiantes. 23.

- Febres, O. A., & López, J. (2007). Propiedades físicas y químicas del rumen. *Arch. Latinoam. Prod. Anim*, 15(1), 133-140.
- Figueroa, V. (1997). *Tratamiento Y Utilizaciaon de Residuos de Origen Animal, Pesquero Y Alimenticio en la Alimentaciaon Animal (Estudios Fao: Produccion Y Sanidad Animal)* (Vol. 134). Food & Agriculture Org.
- García Cruz, E. E. (2011). *Optimización del secado por aspersión de mucílago de pitahaya (Hylocereus undatus) en función de sus propiedades reológicas*
- Geankoplis, C. J. (2006). Procesos de transporte y principios de procesos de separación. *CECSA Editorial México*, 773-783.
- GNA. (2012). Secamientos 9.
- Grudsky, P., & Arias, J. (2014). Aspectos generales de la microbiología del rumen. *Monografías de Medicina Veterinaria. Laboratorio Biología Celular. Patología Veterinaria. Facultad Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. Universidad de Chile*, 5(2).
- INATEC. (2016). Nutrición animal. In *Manual del protagonista* (pp. 140). Nicaragua.
- INEN. (1980b). ALIMENTOS PARA ANIMALES, DETERMINACION DE LA PERDIDA POR CALENTAMIENTO. N° 540, 1-5.
- Matute, E. P., & Chavarria, R. S. (2007). *Transferencia de líquido ruminal o transfaunación*
- MORENO-GUARÍN, D., SIERRA-HOYOS, H., & Consuelo, D.-M. (2012). Color y Textura, Características Asociadas a la calidad de tomate deshidratado. *Vitae*, 19(1), S201-S203.
- Noro, M., & Sepúlveda, P. (2010). Acidosis y alcalosis ruminal. *Contreras, PA; Noro, M. Rumen: Morfofisiología, trastornos y modulación de la actividad fermentativa. 3ª ed. Consorcio lechero. Chile*, 81-93.
- Ocaña Sánchez, M. C. (2013). Propuesta de reuso de desechos orgánicos obtenidos del proceso de eviserado del Centro de Faenamamiento Ocaña Cía. Ltda. de la ciudad de Quero para disminuir la contaminación del suelo.
- ORG, F. (2000). Mejorando la nutrición a través de huertos y granjas familiares. *Producido por el departamento de agricultura. Cartilla(20)*.
- Pleite, J. O. (2001a). Las harinas de origen animal en la alimentación de los rumiantes. *Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias*, 9(9), 175-194.
- Pleite, J. O. (2001b). Las harinas de origen animal en la alimentación de los rumiantes. *Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias*,

- Prado, F., & da Silva, M. (2016). El mercado de fibras naturales en una economía globalizada. *I*, 239-244.
- Quispe, E. R. F. (2018). Estudio para la Instalación de un Matadero Municipal.
- Ramírez, L., & Ríos, M. (2012). Aprovechamiento del contenido ruminal bovino para ceba cunicola, como estrategia para diezmar la contaminación generada por el matadero en San Alberto.
- Reyna, F. A. H. (2014). *Utilización de la harina de plumas en la alimentación* UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA J. Lima-Peru.
- Rottman, D. (2017). *Convierte estiércol de vaca en moda de alta costura*.
- Silverchair. (2022). Bacilos gram negativos. 9-18.
- Toledo, M., & La Esperanza, I. (2004). Secretaría de Agricultura y Ganadería Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, Cartilla de especies menores: aves, cerdos, peces.
- Trabattoni, E. (2016). *Efecto de los hongos (micotoxinas) en granos, alimentos y forrajes destinados al consumo animal*.
- Trillos, G., Plata, O., Mestre, A., & Araujo, G. (2007). Análisis físico-químicos de los contenidos ruminales frescos y ensilados de bovinos sacrificados en el Valle del César. Facultad de Ingeniería. Programa de Agroindustria. Universidad Popular del César. Valledupar. Colombia. In: Universidad Popular del César Valledupar. Colombia.
- Uicab-Brito, L. A., & Castro, S. C. A. (2003). Uso del contenido ruminal y algunos residuos de la industria cárnica en la elaboración de composta. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 2(2), 45-63.
- Vélez, V. (2015). *Manejo De Residuos Generados En El Camal Municipal De Milagro, Aprovechamiento Y Alternativas De Gestión Ambiental* Universidad de Guayaquil, Dirección de Posgrado, Maestría en Administración Ambiental].
- ZARAGOZA, U. (2006). *DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN ALIMENTOS*.

### **WEBGRAFIA**

- Agrorum. (2022). Importancia del análisis de los alimentos.  
<https://www.agrorum.net/blog/viajes-711/importancia-del-analisis-de-los-alimentos-734#:~:text=Por%20ejemplo%20el%20realizar%20an%C3%A1lisis,prevenci%C3%B3n%20de%20intolerancias%20y%20control>

- alimentaria, C. (2022). Hongos filamentosos y levaduras.  
[http://coli.usal.es/web/demos/demo\\_alteracion/RtoHongosLev/RtoHongosLev.html#:~:text=Son%20heter%C3%B3trofos%20y%20requieren%20materiales,aparici%C3%B3n%20como%20alterantes%20en%20alimentos.](http://coli.usal.es/web/demos/demo_alteracion/RtoHongosLev/RtoHongosLev.html#:~:text=Son%20heter%C3%B3trofos%20y%20requieren%20materiales,aparici%C3%B3n%20como%20alterantes%20en%20alimentos.)
- Bohórquez, L. J., & Pulido, N. (2019). Transformación del contenido ruminal de la planta de sacrificio de villapinzón, en abono orgánico: una estrategia de mitigación de impacto ambiental. *Facultad Nacional de Agronomía*, 73, N.º2.  
<https://doi.org/10.15446/rfnam.v73n2.80104>
- Capilla, A. (2017). La esterilización de alimentos. *LEKUE*.  
<https://www.lekue.com/es/blog/lo-necesitas-saber-la-esterilizacion-alimentos#>
- Cuéllar, J. A. (2021). Importancia de los minerales en la nutrición animal. *Toda la información sobre medicina veterinaria y producción animal*.  
<https://www.veterinariadigital.com/articulos/importancia-de-los-minerales-en-la-nutricion-animal/>
- Gallardo, M. (2007). El valor de los alimentos.  
[http://rafaela.inta.gov.ar/info/documentos/nutricion/nutricion\\_valordealimentos.htm#:~:text=Extracto%20et%C3%A9reo%20\(%EE\).,t%C3%B3xicos%20para%20las%20bacterias%20ruminales.](http://rafaela.inta.gov.ar/info/documentos/nutricion/nutricion_valordealimentos.htm#:~:text=Extracto%20et%C3%A9reo%20(%EE).,t%C3%B3xicos%20para%20las%20bacterias%20ruminales.)
- Hacienda. (2015). Los cuatro estómagos de los bovinos.  
<https://www.haciendaelcucharo.com/post/los-cuatro-est%C3%B3magos-de-los-bovinos>
- INEN. (1980a). ALIMENTOS PARA ANIMALES, DETERMINACION DE LA PROTEINA CRUDA. N° 543, 1-8.  
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/543.pdf>
- INEN. (1980c). DETERMINACION DE LA FIBRA CRUDA . Obtenido de DETERMINACION DE LA FIBRA CRUDA. N° 542, 1-7.  
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/542.pdf>
- INEN. (1980d). DETERMINACION DE LAS CENIZAS. 544, 1-5.  
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/544.pdf>
- INEN. (2006). CONTROL MICROBIOLÓGICO DE LOS ALIMENTOS. DETERMINACION DE MICROORGANISMOS MESOFILOS AEROBIOS., N°1529-5, 1-9. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1529-5.pdf>

- INEN. (2013a). ALIMENTOS PARA ANIMALES, CONTROL MICROBIOLÓGICO MOHOS Y LEVADURAS. N° 1529, 1-9.  
[https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_1529-10-1.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1529-10-1.pdf)
- INEN. (2013b). ALIMENTOS PARA ANIMALES, DETERMINACION DE LA MATERIA GRASA. N° 6492, 1-6.  
[https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_iso\\_6492.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_6492.pdf)
- INEN. (2013c). CONTROL MICROBIOLOGICO DE LOS ALIMENTOS .DETERMINACION DE MICROORGANISMOS COLIFORMES POR LA TECNICA DE RECUENTO DE COLONIAS. N° 1529-7, 1-8.  
[https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_1529-7-1.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1529-7-1.pdf)
- INEN. (2013d). CONTROL MICROBIOLOGICO DE LOS ALIMENTOS SALMONELLA.MÉTODO DE DETECCIÓN. N° 1529-15.  
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1529-15-1R.pdf>
- INEN. (2014). ALIMENTOS PARA ANIMALES, ALIMENTOS BALANCEADOS PARA AVES DE PRODUCCIÓN ZOOTECNICA. N° 1829, 1-9.  
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1829-1.pdf>
- ISO. (2009). sistema de gestión de la inocuidad de los alimentos (ISO 22000).  
<https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:22000:ed-2:v2:es>
- ONU. (2006). La ganadería produce más gases contaminantes que el transporte.  
<https://news.un.org/es/story/2006/11/1092601>
- PAF. (2022). La importancia de la fibra en la nutrición animal <https://paf.com.co/la-importancia-de-la-fibra-en-la-nutricion-animal-y-los-metodos-para-cuantificarla/#:~:text=La%20fibra%20es%20un%20componente%20de%20gran%20importancia%20tanto%20para,la%20absorci%C3%B3n%20de%20los%20nutrientes.>
- Perales, C. V. (2013). La fibra cruda y su importancia en la alimentación. 1.  
<https://actualidadavipecuaria.com/articulos/fibra-cruda-importancia.html>
- Stage, R. (2021). MÉTODOS DE SECADO INDUSTRIAL.  
<https://blog.somengil.com/es/metodos-de-secado-industrial-cual-es-el-mas-adeecuado/>
- Ureña, F. (2016). Digestión, absorción y metabolismo de las materias nitrogenadas en monogástricos y rumiantes. *Produccion Animal y Gestión de Empresas*. <https://www.uco.es/zootecniaygestion/menu.php>.

## ANEXOS

### A. TABLAS DE DATOS OBTENIDOS

**Tabla A 1:** Pesos para la determinación de humedad de la harina ruminal

<b>Código</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Crisol vacío(g)</b>	<b>Crisol con muestra humedad (g)</b>	<b>Crisol con muestra seca (g)</b>	<b>% de humedad</b>
T1	R1	25,1370	27,6801	27,4867	7,60
	R2	19,8089	21,711	21,5666	7,59
T2	R1	36,8391	40,3519	40,0716	7,98
	R2	19,4235	22,1406	21,9236	7,99

**Tabla A 2:** Pesos para determinación del contenido de cenizas de la harina ruminal

<b>Código</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Muestra</b>	<b>Crisol vacío(g)CC</b>	<b>Crisol con muestra humedad (g)C</b>	<b>Crisol con muestra seca (g)W</b>	<b>% de cenizas</b>
T1	R1	2,0137	47,8932	47,7488	49,7625	7,17
	R2	2,0386	23,4172	23,2708	25,3094	7,18
T2	R1	2,0318	22,4418	22,2846	24,3164	7,74
	R2	2,0970	36,4245	36,2625	38,3595	7,73

**Tabla A 3:** Pesos para determinación de grasa de la harina ruminal

<b>Código</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Muestra</b>	<b>Papel con muestra (g)</b>	<b>Papel con muestra cerrado(g)</b>	<b>Papel con muestra desengrasada (g)</b>	<b>% de grasa</b>
T1	R1	1,0022	1,7565	1,7973	1,7488	4,84
	R2	1,0021	1,7871	1,8521	1,8037	4,83
T2	R1	1,0993	1,8173	1,8205	1,7798	3,70
	R2	1,0992	1,8194	1,8249	1,7841	3,71

**Tabla A 4:** Pesos para determinación de fibra cruda de la harina ruminal

<b>Código</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Muestra</b>	<b>Desecado (g)</b>	<b>Cenizas (g)</b>	<b>% de fibra</b>
T1	R1	0,9538	31,8756	31,6046	28,41
	R2	0,9538	37,7820	37,5109	28,42
T2	R1	1,0623	32,0856	31,7164	34,76
	R2	1,0621	33,6742	33,3050	34,76

**Tabla A 5:** Datos del número de colonias de mohos y levaduras

<b>Código</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Dilución <sup>-1</sup></b>	<b>Dilución <sup>-2</sup></b>	<b>Placas</b>	<b>Ufc/g</b>
T1	R1	3	2	2	0,063x10 <sup>2</sup>
	R2	6	3	2	
T2	R1	4	2	2	0,054x10 <sup>2</sup>
	R2	3	2	2	

**Tabla A 6:** Datos del número de colonia de mesófilos aerobios

<b>Código</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Dilución <sup>-1</sup></b>	<b>Dilución <sup>-2</sup></b>	<b>Placas</b>	<b>Ufc/g</b>
T1	R1	4	2	2	0,063x10 <sup>2</sup>
	R2	5	3	2	
T2	R1	7	5	2	0,01x10 <sup>3</sup>
	R2	7	4	2	

**Tabla A 7:** Datos del número de colonia de E. coli

<b>Código</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Dilución <sup>-1</sup></b>	<b>Dilución <sup>-2</sup></b>	<b>Placas</b>	<b>Ufc/g</b>
T1	R1	0	0	2	-----
	R2	0	0	2	
T2	R1	0	0	2	-----
	R2	0	0	2	

**Tabla A 8:** Datos del número de colonia de Salmonella

<b>Código</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Dilución <sup>-1</sup></b>	<b>Dilución <sup>-2</sup></b>	<b>Placas</b>	<b>Ufc/g</b>
T1	R1	0	0	2	-----
	R2	0	0	2	
T2	R1	0	0	2	-----

R2	0	0	2
----	---	---	---

**Tabla A 9:** Datos del número de colonia de coliformes totales

Código	Tratamiento	Dilución <sup>-1</sup>	Dilución <sup>-2</sup>	Placas	Ufc/g
T1	R1	0	0	2	
	R2	0	0	2	-----
T2	R1	0	0	2	
	R2	0	0	2	-----

**Tabla A 10:** Resultados de las medias y desviación de la composición de la harina.

		N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media			
						Límite inferior	Límite superior	Mínimo	Máximo
HUMEDAD	T1	2	7,5950	0,00707	0,00500	7,5315	7,6585	7,59	7,60
	T2	2	7,9850	0,00707	0,00500	7,9215	8,0485	7,98	7,99
	Total	4	7,7900	0,22524	0,11262	7,4316	8,1484	7,59	7,99
CENIZA	T1	2	7,1750	0,00707	0,00500	7,1115	7,2385	7,17	7,18
	T2	2	7,7350	0,00707	0,00500	7,6715	7,7985	7,73	7,74
	Total	4	7,4550	0,32337	0,16168	6,9404	7,9696	7,17	7,74
GRASA	T1	2	4,8350	0,00707	0,00500	4,7715	4,8985	4,83	4,84
	T2	2	3,7050	0,00707	0,00500	3,6415	3,7685	3,70	3,71
	Total	4	4,2700	0,65243	0,32622	3,2318	5,3082	3,70	4,84
FIBRA	T1	2	28,4150	0,00707	0,00500	28,3515	28,4785	28,41	28,42
	T2	2	34,7600	0,00000	0,00000	34,7600	34,7600	34,76	34,76
	Total	4	31,5875	3,66329	1,83164	25,7584	37,4166	28,41	34,76
PROTEÍNA	T1	2	20,4300	0,56569	0,40000	15,3475	25,5125	20,03	20,83
	T2	2	27,1950	0,13435	0,09500	25,9879	28,4021	27,10	27,29
	Total	4	23,8125	3,92017	1,96009	17,5746	30,0504	20,03	27,29

**Tabla A 11:** Resultados del análisis ANOVA de la composición de la harina

		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
HUMEDAD	Entre grupos	0,152	1	0,152	3042,000	0,000
	Dentro de grupos	0,000	2	0,000		
	Total	0,152	3			
CENIZA	Entre grupos	0,314	1	0,314	6272,000	0,000



	Dentro de grupos	0,000	2	0,000		
	Total	0,314	3			
GRASA	Entre grupos	1,277	1	10,277	25538,000	0,000
	Dentro de grupos	0,000	2	0,000		
	Total	1,277	3			
FIBRA	Entre grupos	40,259	1	40,259	1610361,000	0,000
	Dentro de grupos	0,000	2	0,000		
	Total	40,259	3			
PROTEÍNA	Entre grupos	45,765	1	45,765	270,760	0,004
	Dentro de grupos	0,338	2	0,169		
	Total	46,103	3			

## B. FOTOGRAFÍAS DE LA INVESTIGACIÓN

**Fotografía B 1:** Obtención de la masa ruminal



**Fotografía B 2:** Pesado de la masa ruminal



**Fotografía B 3:** Lavado de la masa ruminal



**Fotografía B 4:** Secado de la masa ruminal



**Fotografía B 5:** Pesado



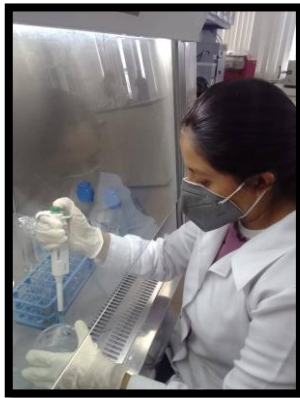
**Fotografía B 6:** Esterilizado de la masa ruminal



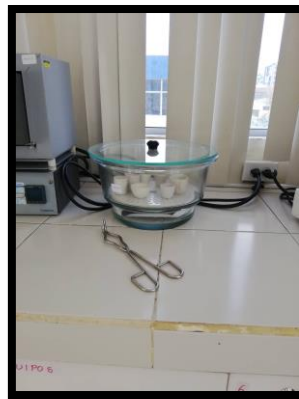
**Fotografía B 7:** Molido de la harina ruminal



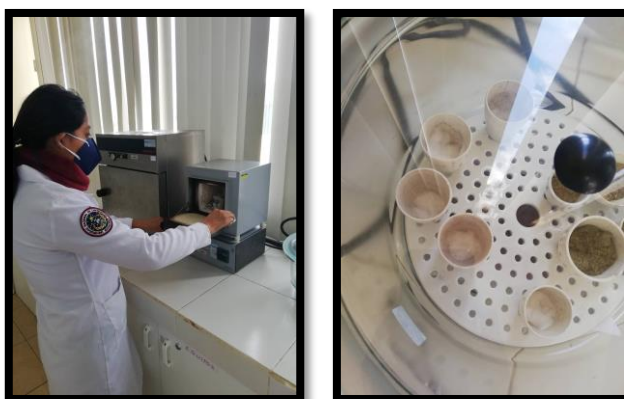
**Fotografía B 8:** Análisis microbiológico de la harina ruminal



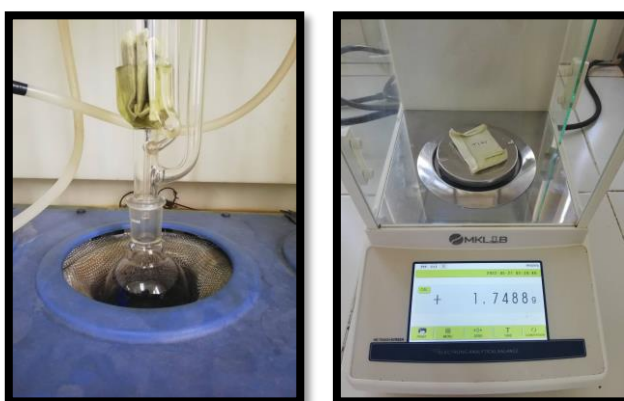
**Fotografía B 9:** Análisis de humedad de la harina ruminal



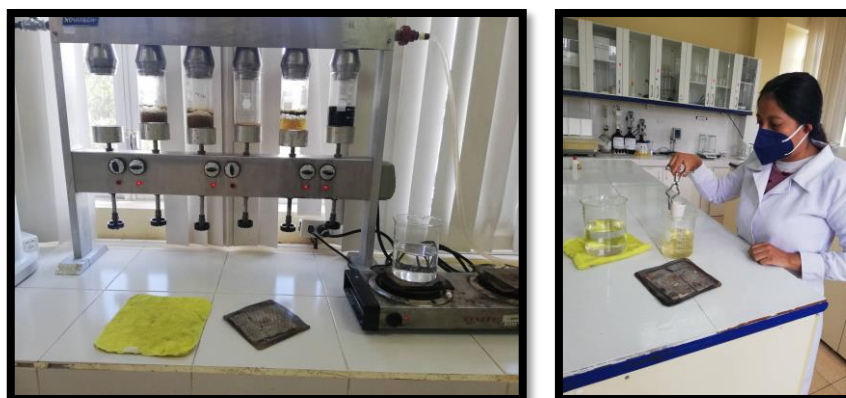
**Fotografía B 10:** Análisis de Cenizas de la harina ruminal.



**Fotografía B 11:** Análisis de Grasa de la harina ruminal.



**Fotografía B 12:** Análisis de fibra de la harina ruminal.



**Fotografía B 13:** Análisis de proteína de la harina ruminal

