



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Efecto de la inclusión en diferentes niveles de lignocelulosa sobre los parámetros digestivos en cobayos (*Cavia porcellus*)

Trabajo de Titulación, previo a
la obtención del título de Médica
Veterinaria Zootecnista.

AUTORA:

Josselyn Lisseth Bastidas Carrión

DIRECTORA:

Dra. Rocío del Carmen Herrera Herrera, Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2024

Certificación

Loja, 15 de septiembre de 2023

Dra. Rocío del Carmen Herrera Herrera, Mg. Sc.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Efecto de la inclusión en diferentes niveles de lignocelulosa sobre los parámetros digestivos en cobayos (*Cavia porcellus*)**, previo a la obtención del título de **Médica Veterinaria Zootecnista**, de la autoría de la Egresada **Josselyn Lisseth Bastidas Carrión**, con **cédula de identidad** Nro. **1104605892**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Dra. Rocío del Carmen Herrera Herrera, Mg. Sc.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Josselyn Lisseth Bastidas Carrión**, declaro ser autora del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula de identidad: 1104605892

Fecha: 06 de marzo del 2024

Correo electrónico: josselyn.bastidas@unl.edu.ec

Teléfono: 0999288771

Carta de autorización por parte de la autora, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo del Trabajo de Titulación

Yo, **Josselyn Lisseth Bastidas Carrión**, declaro ser autora del Trabajo de Titulación denominado: **Efecto de la inclusión en diferentes niveles de lignocelulosa sobre los parámetros digestivos en cobayos (*Cavia porcellus*)**, como requisito para optar por el título de **Médica Veterinaria Zootecnista**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los seis días del mes de marzo del dos mil veinticuatro.

Firma:



Autora: Josselyn Lisseth Bastidas Carrión

Cédula: 1104605892

Dirección: Barrio Yahuarcoma calles Arabiscos entre Gobernación de Mainas y Yumbingue.

Correo electrónico: josselyn.bastidas@unl.edu.ec

Teléfono: 0999288771

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Directora del Trabajo de Titulación: Dra. Rocío del Carmen Herrera Herrera, Mg. Sc

Dedicatoria

El presente trabajo de titulación lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme las fuerzas necesarias para continuar con este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mi bella madre ya que sin ella no lo habría logrado, tu bendición a lo largo de mi vida me protege y me lleva por el camino del bien, gracias por nunca rendirte y siempre sacarnos adelante a mi hermano y a mí, eres un ejemplo de superación, me siento orgullosa de ser tu hija, por eso te obsequio este trabajo, en ofrenda por tu paciencia y amor madre mía, te amo.

A mi hermosa hija Renata, quien ha sido mi mayor motivación todos los días para nunca rendirme, impulsándome cada día a superarme para poder siempre brindarle lo mejor y así poder llegar a ser un gran ejemplo para ella.

A mis abuelitos Edgar y Beatriz, los cuales han sido las personas que más se han preocupado por mí, sus canas son sinónimo de sabiduría, me enseñaron muchas cosas vitales para la vida, encaminándome por el buen sendero.

A mis amigos incondicionales que han estado siempre para mí, apoyándome en cada momento.

A mi familia en general que es lo mejor y más valioso que Dios me ha regalado.

Josselyn Lisseth Bastidas Carrión

Agradecimiento

Agradezco primeramente a Dios por la vida y la enorme oportunidad que me ha dado para poder llegar hasta este momento tan importante para mí, a mi familia, en especial a mi mamá, ya que sin su apoyo incondicional no hubiera llegado a ningún lado, ella ha sido mi guía y mi motor siempre, a mis amigos, a la Universidad Nacional de Loja, a la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, a su cuerpo docente, principalmente a mi directora de tesis Dra. Rocío del Carmen Herrera Herrera. A mi hija querida que me brinda su apoyo a cada instante, gracias por motivarme a seguir adelante para cumplir este sueño.

Josselyn Lisseth Bastidas Carrión

Índice de contenidos

Portada.....	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas	x
Índice de figuras.....	xi
Índice de anexos	xii
1. Título	1
2. Resumen.....	2
Abstract.....	3
3. Introducción.....	4
4. Marco Teórico.....	6
4.1. Fisiología Digestiva del Cuy.....	6
4.2. Requerimientos Nutricionales	7
4.2.1. Proteína Cruda.....	8
4.2.2. Energía Digestible	8
4.2.3. Fibra cruda.....	8
4.2.4. Vitaminas.....	8
4.2.5. Minerales	9
4.2.6. Agua.....	9
4.3. Fibra	10
4.3.1. Composición fisicoquímica de la fibra.....	10
4.3.2. Fibra Detergente Neutra	10
4.3.3. Fibra Detergente Ácida	10
4.4. Celulosa	11
4.4.1. Lignina.....	11
4.5. Lignocelulosa	11

4.5.1. Origen	11
4.5.2. Composición química	12
4.6. Importancia de la lignocelulosa en especies domésticas	12
4.6.1. Cuyes.....	12
4.6.2. Conejos	12
4.6.3. Aves.....	13
4.6.4. Lechones	13
4.6.5. Perros y Gatos	13
5. Metodología.....	15
5.1. Ubicación	15
5.2. Procedimiento.....	15
5.2.1. Animales e instalaciones.....	15
5.3. Tratamientos y Diseño de Experimento.	16
5.4. Dietas experimentales.....	16
5.5. Variables de estudio	17
5.6. Registro y Toma de Datos.....	17
5.6.1. Peso absoluto y relativo de los órganos digestivos.....	18
5.6.2. Longitud absoluta y relativa del intestino delgado.	18
5.6.3. pH del ciego y estómago	18
5.7. Análisis Estadístico.....	18
6. Resultados	19
6.1. Pesos absolutos del tracto digestivo, (g).....	20
6.2. Pesos relativos del tracto digestivo, (%)	21
6.3. Longitud absoluta (cm) y relativa (%) del intestino delgado.....	22
6.4. pH	22
7. Discusión	23
7.1. Pesos absolutos y relativos	23
7.2. Longitud absoluta y relativa del intestino delgado	24
7.3. pH de estómago y ciego	24
8. Conclusiones.....	25
9. Recomendaciones.....	26

10. Bibliografía.....27
11. Anexos33

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Composición de la Dieta</i>	16
Tabla 2. <i>Parámetros digestivos en cuyes (Cavia porcellus)</i>	19

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación de la Quinta Experimental Punzara y del Centro de Investigación, Desarrollo e innovación de Nutrición Animal	16
Figura 2. Peso absoluto del estómago de los animales alimentados con dietas con diferentes niveles de inclusión de lignocelulosa	21
Figura 3. Peso absoluto del intestino delgado de los animales alimentados con dietas con diferentes niveles de inclusión de lignocelulosa, según el sexo	21
Figura 4. Peso relativo del tracto digestivo total de los animales alimentados con dietas con diferentes niveles de inclusión de lignocelulosa	22
Figura 5. Peso relativo del intestino delgado de los animales con dietas con diferentes niveles de inclusión de niveles de lignocelulosa, según el sexo.....	22
Figura 6. Longitud relativa del intestino delgado de los animales alimentados con dietas con diferentes niveles de inclusión de lignocelulosa, según el sexo	23
Figura 7. Recibimiento de los cobayos.....	35
Figura 8. Adecuación de las instalaciones	36
Figura 9. Elaboración de raciones experimentales.....	37
Figura 10. Faenamiento y etiquetado de cobayos	37
Figura 11. Medición de pH, estómago y ciego	38

Índice de anexos

Anexo 1. Evidencias fotográficas del trabajo de campo	33
Anexo 2. Certificado de traducción a ingles.....	37

1. Título

Efecto de la inclusión en diferentes niveles de lignocelulosa sobre los parámetros digestivos en cobayos (*Cavia porcellus*)

2. Resumen

El cobayo es un herbívoro monogástrico con estómago simple, por el cual el alimento pasa rápidamente. El objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de la inclusión de diferentes niveles de lignocelulosa sobre los parámetros digestivos de cobayos (*Cavia porcellus*). Se asignaron 32 animales destetados a los 15 días de edad, 50% hembras y 50% machos, aplicando un arreglo factorial 4x2, dietas por sexo, organizados en un diseño completamente aleatorizado. Los cobayos se dividieron al azar en cuatro tratamientos con la inclusión de 0, 3, 8, 12% de lignocelulosa, con 8 repeticiones por tratamiento. Las variables estudiadas fueron peso absoluto y relativo de los órganos digestivos, longitud absoluta y relativa del intestino delgado y pH estomacal y cecal. Los resultados se sometieron a análisis de varianza (ANOVA) y T-test protegido para la comparación de medias. Se observó diferencia estadística en el peso absoluto del estómago 29,7 g ($p \leq 0,033$) con una inclusión del 0% de lignocelulosa e intestino delgado con 33,4 g ($p \leq 0,043$) en hembras; con respecto al peso relativo, el tracto digestivo total representó el 24,3% ($p \leq 0,055$) con la inclusión del 12% de lignocelulosa e intestino delgado el 23,5% ($p \leq 0,005$) en hembras. En la longitud absoluta y relativa del intestino delgado, hubo diferencia estadística en la longitud relativa presentado un resultado de 42,1% ($p \leq 0,005$) en hembras; No se observaron variaciones significativas en el ciego, pH estomacal y cecal. Se concluye, que los niveles de inclusión de lignocelulosa afectan los parámetros digestivos, además de existir incrementos en la longitud del intestino delgado por el porcentaje de inclusión de fibra en el forraje.

Palabras clave: peso absoluto, peso relativo, pH estomacal, pH cecal, lignocelulosa, cobayos.

Abstract

The guinea pig is a monogastric herbivore with a simple stomach, through which food passes speedily. The objective of the present investigation was to determine the effect of the inclusion of different levels of lignocellulose on the digestive parameters of guinea pigs (*Cavia porcellus*). Thirty-two animals weaned at 15 days of age, 50% females and 50% males, were assigned to a 4x2 factorial arrangement, diets by sex, organized in a completely randomized design. The guinea pigs were randomly divided into four treatments with the inclusion of 0, 3, 3, 8, 12% lignocellulose, with 8 replicates per treatment. The variables studied were absolute and relative weight of the digestive organs, absolute and relative length of the small intestine and stomach and cecal pH. The results were subjected to analysis of variance (ANOVA) and protected T-test for comparison of means. Statistical difference was observed in absolute weight of stomach 29.7 g ($p \leq 0.033$) with 0% inclusion of lignocellulose and small intestine with 33.4 g ($p \leq 0.043$) in females; with respect to relative weight, total digestive tract represented 24.3% ($p \leq 0.055$) with 12% inclusion of lignocellulose and small intestine 23.5% ($p \leq 0.005$) in females. In the absolute and relative length of the small intestine, there was a statistical difference in the relative length with a result of 42.1% ($p \leq 0.005$) in females; no significant variations were observed in the cecum, stomach and cecal pH. It is concluded that the levels of lignocellulose inclusion affect digestive parameters, in addition to increases in the length of the small intestine due to the percentage of fiber inclusion in the forage.

Keywords: absolute weight, relative weight, stomach pH, cecal pH, lignocellulose, guinea pigs.

3. Introducción

La carne de cobayo se destaca por su delicioso sabor y calidad sobresalientes, poseyendo un elevado aporte proteico y bajos niveles de grasa. Asimismo, cuenta con la presencia de vitaminas y minerales, lo que incrementa su valor biológico (Chauca L. , 1997). Según los datos del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), en Ecuador se registra una población promedio de 21 millones de cuyes, los cuales, gracias a su reproducción constante, generan anualmente 47 millones de estos animales los cuales son destinados a la comercialización y consumo doméstico, resultando en una producción aproximada de 14.300 toneladas de productos cárnicos al año (MAG, 2015).

La alimentación constituye el principal gasto en el costo total de producción, principalmente debido a la dependencia de materias primas de origen fibroso (Savón, 2002), la falta de documentación técnica completa y la carencia de tablas nutricionales respaldadas en la cantidad óptima de lignocelulosa necesaria en la dieta de cobayos, así como la ausencia de pautas precisas sobre las cantidades adecuadas de inclusión y suministro de alimentos según su etapa fisiológica, han llevado a que productores experimenten una disminución en los rendimientos de los parámetros productivos. Por otro lado, la falta de conocimiento acerca de fuentes alternativas de este polímero que puedan sustituir a las convencionales, así como su impacto en el desarrollo de órganos en cuyes, contribuye al aumento de los costos finales de producción. Esto, a su vez, resulta en una disminución de la rentabilidad esperada, afectando negativamente el rendimiento económico de los pequeños, medianos y grandes productores (FAO, 2022).

El cuy, al ser un fermentador post gástrico, demuestra su capacidad para consumir hasta un 30% de su peso vivo en forraje verde, aprovechando eficientemente especies fibrosas gracias a su fisiología digestiva (Sandoval, 2013). La biomasa lignocelulósica, considerada como residuos fibrosos, se presenta como una opción valiosa para esta especie, ya que este polímero de baja fermentación no solo actúa como diluyente en la dieta, sino que también ejerce influencia sobre los procesos fisiológicos y digestivos (Röhe et al., 2020). De acuerdo con Röhe y Zentek (2021), la fibra dietética va más allá de ser simplemente un diluyente en la dieta; la inclusión de virutas de madera puede tener efectos positivos en la fisiología digestiva y mejorar su funcionamiento. Cabrera y Morales (2022) señalan que la lignocelulosa se distingue físicoquímicamente de otras fuentes de fibra insoluble, provocando cambios significativos en el crecimiento, rendimiento,

digestibilidad de nutrientes, desarrollo del tracto gastrointestinal y microbiota intestinal de los cobayos.

Es importante indagar fuentes de lignocelulosa alternativas que se incluyan en dietas para cobayos que permitan disminuir costos de producción, así como determinar el efecto de la inclusión de los diferentes niveles de lignocelulosa sobre los parámetros digestivos de cobayos en la fase de crecimiento, por lo tanto, se han planteado los siguientes objetivos:

- Estudiar el efecto de la lignocelulosa sobre los pesos absolutos y relativos de los órganos digestivos.
- Evaluar el efecto de la lignocelulosa sobre las longitudes y pH de órganos digestivos.

4. Marco Teórico

4.1. Fisiología Digestiva del Cuy.

El cuy (*Cavia porcellus*) es una especie de roedor mamífero, conocido como cobayo, curí o también como conejillo de indias; proviene de la zona occidental de Latinoamérica; es un herbívoro delicado el cual requiere de un manejo cuidadoso (Aliaga et al., 2009). Su fisiología digestiva se asocia con lo que recibe del ecosistema, los alimentos que este le ofrece, guiándolos al medio interno el que se encuentra representado por el líquido extracelular, luego de esto son dirigidos a todos los elementos que conforman el individuo, ayudados por el aparato cardiovascular, encontrándose aquí la asimilación, el consumo, la ingesta de nutrientes y el traslado de todos estos en el transcurso del tubo digestivo (Gutierrez et al., 2020).

La boca de los cobayos tiene una histología similar a la de otros mamíferos (Pardo, 2016); es decir, todo proceso digestivo comienza en la cavidad oral, en donde los dientes cumplen con la función de cortar y moler todo el material vegetal. Este proceso de trituración reduce el tamaño de las partículas ingeridas (Sakaguchi, 2003), facilitando así la acción de los catalizadores digestivos al combinarse con la saliva. La interacción de estos elementos en el bolo alimenticio permite que las enzimas digestivas descompongan los componentes, preparándolos para su absorción (López, 2018).

Desde el esófago, el bolo alimenticio ingresa al estómago, un órgano glandular monocavitario (Pardo, 2016), formado por 4 partes distintas el cardias, fundus, cuerpo y píloro (Kohles, 2014). Posee células especializadas, como las parietales, principales y caliciformes. Las células parietales son las encargadas de segregar ácido clorhídrico (HCl), fundamental para la digestión del contenido (López, 2018); las células principales producen pepsinógeno que, al reaccionar con el HCl, se convierte en pepsina, desencadenando así la degradación parcial de proteínas hasta polipéptidos. Por último, las células caliciformes producen moco, el cual, al unirse al bicarbonato, forma una capa protectora sobre el epitelio del estómago, proporcionándole defensa contra la carga ácida a la que está expuesto (Morales, 2013).

El intestino delgado, la sección más extensa del tubo digestivo con una longitud aproximada de 125 cm, se compone de tres partes distintas: el duodeno, de 10 a 12 cm de longitud; el yeyuno, la porción más extensa con 95 cm; y el íleon, con una medida aproximada unos 10 cm (Suckow, 2012). Según González (2007), se producen transformaciones enzimáticas en dos fases: la fase luminal, donde las enzimas pancreáticas actúan en la luz intestinal, descomponiendo polipéptidos

y almidones; y la fase membranosa, en la que las enzimas de los enterocitos degradan los polímeros más pequeños para facilitar su absorción. Además, en el intestino delgado, se encuentran las glándulas de Brunner, las cuales secretan una solución alcalina que protege y lubrica la pared del duodeno frente al ácido clorhídrico del estómago (Morales, 2013).

Los alimentos no absorbidos ni digeridos llegan al intestino grueso en donde no se desarrolla una digestión enzimática, sino más bien hay una digestión microbiana (Gutiérrez et al., 2020); Esta última etapa concluye con la eliminación de todo el material no digerido y no absorbido a través del ano (Rico, 2012). Así, al comparar el intestino delgado con el grueso se observa como el primero es el principal escenario donde se desarrolla casi en su totalidad el proceso de digestión y absorción (Gutiérrez et al., 2020). Por otro lado, Rico (2012), sostiene que el intestino grueso mantiene una absorción relativamente limitada, aunque en este último segmento se logra la absorción de cantidades pequeñas de agua, sodio, vitaminas y otros productos derivados de la digestión microbiana.

El ciego, un órgano digestivo que, según Ocaña (2010), representa el 15% del peso total del aparato digestivo, desempeña procesos de digestión microbiana en el intestino grueso de alomorfos y roedores. Este órgano adquiere una gran relevancia al ser el sitio donde se llevan a cabo procesos de fermentación alimentaria, como destaca Ramón (2017). Además, el ciego desempeña un papel crucial en la clasificación de las heces para la cecotrofia. Esta característica lo distingue como una porción individual del intestino grueso, destacando por terminar en un apéndice tubular sin salida, y posee un volumen considerable que oscila entre los 250 y 600 cc (Ramón, 2017).

En los cuyes, se observa un proceso digestivo distintivo conocido como cecotrofia, a través del cual se lleva a cabo la ingestión secuencial del contenido digestivo ubicado en la parte inferior del tracto digestivo (Franz et al., 2011). La ingesta de las cecotrofas facilita la asimilación de proteínas presentes en las células bacterianas alojadas en el ciego. Además, este proceso demuestra la manera en que se reutiliza el nitrógeno no digerido por el intestino delgado, ya sea de origen proteico o no proteico (Chauca, 1997).

4.2. Requerimientos Nutricionales

En el cuy, la alimentación y la nutrición son importantes ya que al ser una especie monogástrica ha tenido una gran evolución llegando a alimentarse exclusivamente de vegetales, en particular de hierbas en estado de heno (secas), lo cual resulta ser un material abrasivo, y que por

ende, genera un amplio desgaste de las piezas dentales, aunque a los cobayos les crecen continuamente los mismos (Amador, 2012). Por lo que es necesario suministrarles una alimentación acorde a los requerimientos nutricionales de su especie herbívora (Calvopiña, 2018). El cuy requiere nutrientes similares a las demás especies animales, en función de la edad, el estado fisiológico, genotipo y también el ambiente donde se desarrollan, durante su crianza como en su desarrollo posterior (Chauca, 1997). Los principales requerimientos nutricionales son:

4.2.1. Proteína Cruda

Es fundamental ya que ayuda a la formación del cabello, músculos y vísceras del cuerpo. Los forrajes o pastos más apetitosos para los cobayos son las leguminosas como el kudzú, el gandul, la alfalfa, etc. Por otro lado, entre las mejores gramíneas para esta especie están: el king grass, el maíz forrajero y el pasto elefante. Estas gramíneas cuentan con poca proteína pero tienen un alto contenido de energía (Vivas, 2013). Según Chauca (1997), los porcentajes de proteína requeridos en la etapa de gestación, lactancia y crecimiento es de (18, 18-22 y 13-17%) respectivamente.

4.2.2. Energía Digestible

Se la define como la porción de la energía total que puede ser digerida por el animal. Chauca (1997), indica que para las etapas de gestación, lactancia y crecimiento la energía digestible necesaria es de (2800, 3000 y 2800) kcal/kg, respectivamente.

4.2.3. Fibra cruda

La contribución nutricional de los cobayos se encuentra principalmente vinculada al consumo de forrajes esenciales para su alimentación. Sin embargo, la importancia de cumplir con este requisito nutricional en una dieta equilibrada disminuye notablemente cuando se suministra una alimentación mixta a los cuyes. En este sentido, se establece que el aporte de fibra durante las etapas de gestación y lactancia debería oscilar entre el 8% y el 17%, mientras que para los cuyes en etapa de crecimiento se recomienda un nivel de alrededor del 10% (Chauca, 1997).

4.2.4. Vitaminas

Son muy esenciales ya que estimulan las funciones de todo el cuerpo del animal aportando así en el crecimiento, mejoramiento reproductivo, y protegiéndolo de diferentes patologías: la vitamina de mayor importancia dentro de la dieta de los cobayos es la C, ya que la falta de esta impide el correcto crecimiento e incluso la muerte del animal (Vivas, 2013). Por lo tanto, según

(Chauca, 1997), en las etapas de gestación, lactancia y crecimiento su requerimiento es de 200 mg al día/kg.

4.2.5. *Minerales*

Los minerales son muy importantes ya que ayudan a la formación principalmente de nervios, huesos, dientes y músculo; Si se le suministra al cobayo un apropiado forraje, no será obligatorio proveer de estos minerales en su dieta. Si el animal dispone dentro de su alimentación sal mineralizada, será apto de poder normalizar por si solo la dosis que desea consumir (Vivas, 2013). Los minerales más importantes que los cobayos deben consumir en su dieta, según Chauca (1997) son:

- **Calcio:** Etapa de gestación y lactancia, 1,4% y en crecimiento 0,8-1,0%.
- **Fósforo:** Etapa de gestación y lactancia, 0,8% y en crecimiento 0,4-0,7%.
- **Magnesio:** Etapa de gestación, lactancia y crecimiento 0,1-0,3%.
- **Potasio:** Etapa de gestación, lactancia y crecimiento 0,5-1,4%.

4.2.6. *Agua*

El agua constituye el componente primordial del cuerpo, factor crucial a considerar al momento de alimentar cualquier organismo vivo. Este se obtiene a través de tres principales fuentes: en primer lugar, el suministro diario de agua; en segundo lugar, el contenido de humedad presente en los alimentos consumidos, es decir, la contribución líquida proporcionada al organismo a través de su ingesta alimentaria; y por último, el agua generada durante la transformación de nutrientes (Chauca, 1997). Por ende, cuando se ofrece forraje con bajo contenido hídrico a los cobayos, ya sea marchito o de textura blanda, se hace necesario proveer agua de bebida adicional (Vivas, 2013). Si la cantidad de forraje proporcionado supera los 200 gramos, no se requiere suministrar agua por separado, ya que la humedad presente en el forraje cubre las necesidades del animal. No obstante, en el caso de un suministro limitado de forraje (30 gramos por animal al día), se necesitará aportar 85 mililitros de agua, equivalente a 105 ml/kg de peso vivo diariamente (Zaldívar y Chauca, 1975).

Los cobayos de recría, en particular, requieren entre 50 y 100 mililitros de agua diarios, cantidad que debe aumentar a más de 250 mililitros si no se les suministra pasto verde y la temperatura supera los 30°C. Al proporcionar forraje verde en ambientes moderados, los cobayos de siete semanas de edad consumen alrededor de 51 mililitros de agua, mientras que los de trece

semanas ingieren aproximadamente 89 mililitros (Chauca, 1997). Los beneficios de garantizar un adecuado suministro de agua a los cobayos reproductores incluyen la reducción de la mortalidad de los cuyes recién nacidos en un 3,22%, un aumento en los pesos al momento del nacimiento de 17,81 gramos y al destete de 33,73 gramos, así como una mejora en la capacidad reproductiva (Chauca et al., 1992).

4.3. Fibra

La fibra es reconocida como el nutriente que genera beneficios en la alimentación de los humanos como en la veterinaria; pasando de ser un mal necesario para el organismo, a considerarse como un nutriente indispensable y fundamental para el buen desarrollo (Malo, 2020).

4.3.1. Composición fisicoquímica de la fibra

La fibra se constituye por varios componentes, entre ellos se encuentra la pectina, agar, quitina, hemicelulosa, gomas, silicatos; también se encuentran la celulosa y lignina que suele ser denominada como lignocelulosa. Según Mertens (2022) los componentes con mayor relevancia, según su el alto nivel de fibra, con el que cuentan, están la celulosa, hemicelulosa, lignina y pectinas; mientras que los componentes restantes no tienen mayor significancia ya que sus cifras son relativamente bajas. En la actualidad los nutricionistas están aplicando como parámetros importantes la fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y lignina detergente ácida (LDA) dentro de la actividad nutricional y del consumo, siendo la FDN y FDA las que facilitan el cálculo de las cantidades adecuadas que pueden digerir los animales para alcanzar su máximo rendimiento (Measure, 2018).

4.3.2. Fibra Detergente Neutra

La Asociación Oficial de Control Animal (AAFCO) afirma que la fibra tiende a definirse según el método que utilicen para su aislación; tal es el caso de la fibra detergente tuvo su desarrollo a inicios del siglo XIX (Measure, 2018); La fracción de fibra detergente neutra (FDN) es una medida efectiva para evaluar la capacidad de los alimentos y forrajes de llenar el tracto gastrointestinal de un animal, lo que a su vez se relaciona con su capacidad de consumir materia seca (Van Soest et al., 1991).

4.3.3. Fibra Detergente Ácida

La FDA es un excelente indicador de los niveles de digestibilidad y por ende de la ingesta energética que produce el animal (Measure, 2018). Es el residuo restante del sometimiento de la

FDN a una solución detergente ácido (ácido sulfúrico y bromuro de acetiltrimetilamonio); proceso que consiste en extraer la hemicelulosa dejando la fibra constituida por celulosa y lignina (Demagnet, 2019).

4.4. Celulosa

La celulosa desempeña un papel esencial en la estructura de las paredes celulares de filamentos vegetales y plantas. Sus principales componentes incluyen hemicelulosa, lignina, pectinas, triglicéridos y azúcares (Sanz, 2009). En el contexto de la alimentación de los cobayos, la celulosa juega un papel crucial al ralentizar el tránsito a través de la capacidad abdominal. Este proceso facilita una absorción más efectiva de los alimentos, ya que en el intestino grueso y el ciego ocurre la descomposición de cadenas cortas y triglicéridos (Chauca, 1997). Esta capacidad se ve favorecida en los cobayos gracias a la población bacteriana que albergan, otorgándoles una ventaja distintiva frente a otras especies debido a su notable adaptación a las condiciones alimenticias del entorno. Esta adaptación varía según el contenido de nutrientes en el alimento, ya sea rico en celulosa (favoreciendo la proliferación bacteriana) o bajo en celulosa (manteniendo una población bacteriana estable) (Snipes et al., 1988).

4.4.1. Lignina

La lignina es “un compuesto fenólico indigestible que se encuentra asociado a la celulosa”. Mientras mayor cantidad de lignina menor es la digestibilidad del material en el animal (Condori, 2014). Según Maceda (2022) la lignina es un polímero que forma parte de la pared celular del tejido vascular de las plantas, su concentración se enfoca en la especie de forraje; por tanto, es reconocido que tiene mayor nivel en las leguminosas que en las gramíneas. Mientras más maduras están, mayor nivel de lignina poseen, un claro ejemplo es la alfalfa que cuenta con alto valor energético y proteico (Nuñez, 2017).

4.5. Lignocelulosa

4.5.1. Origen

La fibra comprende algunos componentes estructurales que provienen de los tejidos vegetales; tal es el caso que la fibra de los forrajes se compone por tres elementos que diseñan las paredes celulares de todos los tejidos, como son: celulosa, hemicelulosa y lignina. Esta última es una clara combinación fenólica indigestible que se asocia a la celulosa y que se ambas son denominadas lignocelulosa (Calderón, 2008).

La lignina y la celulosa que son los componentes de la lignocelulosa, teniendo como finalidad proporcionar endurecimiento estructural a los tejidos de las plantas, incrementando el contenido a medida que los vegetales maduran (Condori, 2014). Según Azanza (2019), un claro ejemplo es la paja, que resulta de los residuos de los forrajes y granos maduros, que presentan un mínimo valor nutricional, por su elevado nivel de lignificación.

En la producción de los cuyes, se utilizan diversas formas de alimentación, que contribuyen a un rendimiento óptimo. Es de singular importancia la fracción de fibra que es digestible para los cobayos, ya que la lignocelulosa muestra una amplia variación dependiendo de si el forraje está seco o fresco (Pietsch y Bosse, 2016). La fibra utilizada dentro de las dietas está netamente relacionada con el aprovechamiento de las raciones y la capacidad de digestión del animal (Cardona et al., 2020).

4.5.2. Composición química

Aunque la fibra tiene una amplia variedad de componentes estructurales de los tejidos vegetales, su composición química depende según del tipo de materia vegetal (Azanza, 2019). Su composición incluye principalmente tres tipos de polímeros: celulosa, hemicelulosa y lignina, los cuales forman una red tridimensional en la estructura de la pared celular, proporcionando a las plantas la resistencia y la rigidez necesarias para su crecimiento y desarrollo (Condori, 2014).

4.6 Importancia de la lignocelulosa en especies domésticas

4.6.1. Cuyes

La lignocelulosa tiene la capacidad de retener agua, lo que puede contribuir a la ingesta de alimentos y estimular la producción de ácido clorhídrico en el estómago. Esto, a su vez, puede reducir la velocidad de vaciado gástrico, lo que resulta en modificaciones en la peristalsis estomacal y, por ende, genera alteraciones en la mezcla de los alimentos, aumentando la retención gástrica, mejorando la digestión de proteínas y el deterioro del almidón (Espino, 2022).

4.6.2. Conejos

La inclusión de un 23% de lignocelulosa en dietas con una alta concentración de nutrientes para conejos no tiene un efecto negativo en el aumento de peso ni en la eficiencia de la conversión de alimentos en energía. Esto se debe a que la fibra no digerible actúa como portadora de nutrientes y también regula el movimiento de los alimentos a través del sistema digestivo (Dos Santos et al., 2004).

4.6.3. Aves

La utilización de dietas con un contenido reducido de energía y nutrientes, que incorporan un 10% de lignocelulosa, conlleva una disminución en el porcentaje de grasa corporal en gallinas de doble propósito y, al mismo tiempo, mejora su rendimiento en la producción de huevos, como se demostró en estudios realizados por (Rohe et al., 2018). Además, investigaciones posteriores en la misma especie (Rohe et al., 2020), señalan que una alimentación rica en lignocelulosa resulta en un aumento del tamaño de los órganos gastrointestinales de las gallinas doble propósito, este aumento se acompaña de un desarrollo de la superficie de la mucosa en el colon y de una reducción en los niveles de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) cecales y amoníaco en comparación con las gallinas alimentadas con una dieta estándar.

4.6.4. Lechones

En el estómago, provoca un aumento en su tamaño, lo que estimula una mayor producción de ácido clorhídrico y, como resultado, una reducción en el pH del contenido gástrico. En el intestino delgado, favorece la contracción muscular, lo que disminuye la retención del quimo en el intestino y previene la colonización de bacterias como E.coli, reduciendo así la incidencia de diarreas posteriores al destete. Además, mejora la actividad de la amilasa pancreática en las células borde de cepillo, estimula la proliferación de células caliciformes, lo que aumenta la producción de mucina, y reduce la proliferación de bacterias perjudiciales en el intestino. En el colon, prolonga el tiempo de retención del alimento digerido, lo que conlleva a una mayor actividad microbiana en el intestino de los cerdos, resultando en un mayor volumen de heces y una disminución en la concentración de amonio y aminos en las mismas. En el intestino grueso, incrementa la concentración de ácidos grasos de cadena corta (como el acético, propiónico y butírico) y aumenta la expresión génica de proteínas como ocludín y claudín, que son responsables de mantener unido el epitelio intestinal entre las células, cuando este mecanismo de unión es deficiente, se produce una permeabilidad intestinal que desencadena una respuesta inmune intensa, como se señala en el estudio de (Espino, 2022).

4.6.5. Perros y Gatos

La lignocelulosa desempeña un papel fundamental en la satisfacción más rápida de perros y gatos, siendo un componente común en alimentos para mascotas bajos en calorías e hipoalergénicos, y su uso se ha extendido a otros tipos de alimentos para animales (Vicent, 2021). Un estudio realizado por investigadores de la Universidad de Medicina Veterinaria de Hanover,

Alemania, y la Universidad de Mansoura en Egipto examinó a ocho perros de raza Beagle que consumieron uno de cuatro alimentos diferentes durante 14 días, los alimentos eran idénticos, excepto por el tipo de fibra presente: celulosa en polvo, celulosa granulada, lignocelulosa y un alimento de control sin adiciones. Los resultados de este estudio permitieron a los profesionales concluir que la lignocelulosa puede ser una alternativa a la celulosa como fuente de fibra en la comida húmeda para perros. Debido a que la lignocelulosa reduce la digestibilidad bruta de la energía de manera similar a la celulosa, también puede ser utilizada en alimentos para perros con sobrepeso (Candelaria, 2023). Investigaciones recientes han demostrado que la incorporación de una fuente específica de celulosa y fuentes de fibra basada en lignocelulosa puede mejorar la salud y el bienestar de las mascotas (Pietsch, 2022).

5. Metodología

5.1. Ubicación

La presente investigación se realizó en el sector de Punzara, en la Quinta Experimental Punzara de la Universidad Nacional de Loja, en el Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación de Nutrición Animal (CIDINA), ubicada al sur oeste de la provincia de Loja, en el sector “La Argelia”. Dichas instalaciones cuentan con las siguientes características meteorológicas:

- **Altitud:** 2 160 m s.n.m,
- **Temperatura:** 12 a 18 °C,
- **Precipitaciones:** 759,7 mm anuales.
- **Humedad relativa:** 70%
- **Formación de ecológica:** seco-montañoso bajo.



Figura 1. Ubicación de la Quinta Experimental Punzara y del Centro de Investigación, Desarrollo e innovación de Nutrición Animal.

5.2. Procedimiento

5.2.1. Animales e instalaciones

Se utilizaron 32 cobayos destetados, distribuidos equitativamente entre 16 hembras y 16 machos, de tipo A1 y con una edad de 15 días, alojados en las instalaciones ocupando un área total de 35,4 m². Los cobayos se distribuyeron al azar y se los colocó en jaulas de malla galvanizada con dimensiones de 51x42x26 cm. Cada jaula contó con su respectivo comedero y bebedero; los animales fueron identificándolos en cada tratamiento. Previo a la llegada de los animales, los equipos e instalaciones fueron desinfectados con amonio cuaternario, en dosis de 5ml/l.

5.3. Tratamientos y Diseño de Experimento.

En la presente investigación se utilizó un arreglo factorial 2x4, considerando tanto el sexo como las dietas, organizado en un diseño completamente aleatorizado (DCA) con sus 4 tratamientos, sumando un total de 32 unidades experimentales. Se evaluaron diferentes niveles de inclusión de lignocelulosa tanto en cuyes hembras como en machos, de la siguiente manera:

- **T1:** 0% de lignocelulosa
- **T2:** 3% de lignocelulosa
- **T3:** 8% de lignocelulosa
- **T4:** 12% de lignocelulosa

5.4. Dietas experimentales

El periodo de adaptación de las dietas correspondientes a cada tratamiento tuvo una duración de tres días, seguidos de un periodo de 15 días de experimento. Durante todo ese tiempo los animales tuvieron disponibilidad de agua *ad libitum*.

Tabla 1. Composición de la Dieta

Ítem	Nivel de inclusión de Lignocelulosa			
	0%	3%	8%	12%
<i>Ingredientes</i>				
Afrecho de trigo	6,61	26,6	27,1	25,4
Arrocillo	8,48	7,00	8,63	10,6
Lignocelulosa (aserrín madera de pino)	0,00	3,03	7,65	12,4
Paja de arroz	23,9	10,1	4,57	0,00
King Grass	26,4	24,5	23,3	22,1
Soya	24,4	18,9	18,9	19,5
Aceite de palma	5,80	5,37	5,35	5,38
Melaza	1,00	1,00	1,00	1,00
Sal	0,48	0,48	0,48	0,48
Vitamina C	0,04	0,04	0,04	0,04
L-Lisina-HCL	0,15	0,22	0,22	0,20
DL-Metionina	0,13	0,13	0,12	0,12
Treonina	0,17	0,19	0,18	0,17
Bicarbonato de Na	0,01	0,07	0,15	0,23
Premezcla vitamínico mineral ¹	0,30	0,30	0,30	0,30
Carbonato de Ca	0,87	1,52	1,59	1,59
Fosfato bicalcico dihidratado	0,76	0,00	0,00	0,08
Bentonina	0,30	0,30	0,30	0,30
Atrapador de toxinas	0,20	0,20	0,20	0,20
<i>Composición química analizada, % MS</i>				
Cenizas	13,6	11,3	11,0	8,30
Proteína cruda	19,3	18,7	18,9	18,9
Extracto etéreo	6,64	6,80	7,18	7,01
E.L.N	41,4	46,2	46,2	49,2

Composición química Calculada

Energía digestible, kcal/kg	2800	2800	2800	2800
Fibra Detergente Neutra (FDN)	40,0	40,0	40,0	40,0
Fibra Detergente Ácida (FAD)	24,0	22,0	22,6	23,6
Lignina (LAD)	2,90	3,60	4,30	5
Almidón	7,58	9,27	10,4	11,5
Lisina	0,800	0,800	0,800	0,800
Metionina	0,300	0,300	0,300	0,300
Treonina	0,600	0,600	0,600	0,600
Calcio	0,800	0,800	0,800	0,800
Fósforo total	0,400	0,400	0,400	0,400
Na	0,229	0,240	0,258	0,278
K	0,544	0,505	0,477	1,002
Cl	1,19	1,13	1,06	0,451

¹La premezcla vitamínica-mineral proveyó por kilogramo: Zn, 90 000 mg; Fe, 75 000 mg; Mn, 25 000 mg; Cu, 7000; Mg, 2000 mg; I, 500 mg; Se, 200 mg; Vitamina A, 7 000 000 UI; Vitamina D3, 1 200 000 UI; Vitamina E, 35 000 UI, Vitamina K3, 2000 mg; Vitamina B1, 1500 mg; Vitamina B2, 3000 mg; Vitamina B6, 2500 mg; Vitamina B12, 20 mg; Niacina, 20 000 mg; Biotina, 80 mg; Ácido pantoténico, 12 000 mg; Ácido Fólico, 250 mg; Colina, 100 000 mg y Antioxidante, 2000 mg.

5.5. Variables de estudio

Parámetros digestivos

a) Pesos absolutos y relativos de órganos digestivos

- Estómago
- Intestino delgado
- Ciego

b) Medidas absolutas y relativas de órganos digestivos

- Intestino delgado

c) pH de órganos digestivos

- Estómago
- Ciego

5.6. Registro y Toma de Datos

Considerando los criterios de bienestar animal del Reglamento Biológico Ambiental (ROS No. 983, Ecuador), los 32 animales fueron sacrificados mediante el método de aturdimiento expuesto por (Blakmore et al., 1988), el mismo que consiste en dar un golpe decisivo en la cabeza, seguido de la pérdida de sangre. Posteriormente, se diseccionó el abdomen para así poder extraer, medir y pesar el tracto digestivo entero, junto con el estómago, intestino delgado y ciego por separado. Finalmente, con la ayuda de un peachímetro se valoró el pH de la capacidad estomacal y cecal.

5.6.1. *Peso absoluto y relativo de los órganos digestivos.*

Con la ayuda de una balanza digital comercial (SB32001), se realizó la toma del peso absoluto en gramos de cada uno de los órganos digestivos como son: tracto digestivo total, ciego e intestino delgado. El peso relativo de los órganos, se lo calculó mediante la siguiente fórmula:

$$PR = (\text{Peso de cada órgano} / \text{Peso vivo}) * 100$$

5.6.2. *Longitud absoluta y relativa del intestino delgado.*

Para determinar la longitud absoluta en centímetros del intestino delgado, se contó con la ayuda de una cinta métrica; mientras que, para calcular la longitud relativa se empleó la siguiente fórmula:

$$LR \text{ de intestino} = (\text{Largo de intestino} / \text{Peso vivo}) * 100$$

5.6.3. *pH del ciego y estómago*

Para medir el pH se utilizó un peachímetro, el cual fue calibrado con una solución buffer de pH7 y pH4.

5.7. Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA), donde los factores de variación más importantes son la dieta, el sexo y su interacción. Las medias se compararon mediante una prueba t protegida.

6. Resultados

En la tabla 2 se observa el efecto de diferentes niveles de lignocelulosa sobre los pesos absolutos y relativos del tracto digestivo total, estómago, intestino delgado y ciego.

Tabla 2. *Parámetros digestivos en cuyes (Cavia porcellus) alimentados con diferentes niveles de lignocelulosa.*

Variables	Niveles de Lignocelulosa				Sexo		EEM			P- valor		
	0	3	8	12	Machos	Hembras	Nivel	Sexo	Nivel *Sexo	Nivel	Sexo	Nivel *Sexo
<i>Pesos absolutos del tracto digestivo (g)</i>												
Tracto digestivo total	150	135	116	145	138	135	11,8	8,36	16,7	0,217	0,754	0,461
Estómago	29,7 ^b	19,2 ^a	18,8 ^a	26,0 ^{ab}	24,2	22,7	2,87	2,03	4,06	0,033	0,596	0,447
Intestino delgado	29,5	29,6	25,6	29,9	23,9 ^a	33,4 ^b	4,42	3,13	6,25	0,883	0,043	0,783
Ciego	46,0	36,6	43,6	43,6	44,9	40,0	2,88	2,04	4,07	0,145	0,103	0,933
<i>Pesos relativos (% PV)</i>												
Tracto digestivo total	22,1 ^{ab}	23,9 ^b	18,6 ^a	24,3 ^b	20,9	23,5	1,52	1,07	2,15	0,055	0,091	0,451
Estómago	4,38	3,45	3,05	4,37	3,66	3,97	0,47	0,33	0,66	0,136	0,517	0,706
Intestino delgado	4,50	5,39	4,07	5,24	3,77 ^a	5,84 ^b	0,67	0,48	0,95	0,475	0,005	0,872
Ciego	6,81	6,53	7,01	7,26	6,84	6,97	0,36	0,25	0,51	0,549	0,712	0,690
<i>Longitud absoluta del intestino delgado (cm)</i>												
Intestino delgado	249	233	228	230	232	238	5,78	4,09	8,18	0,060	0,340	0,270
<i>Longitud relativa del intestino delgado (%PV)</i>												
Intestino delgado	37,1	42,1	37,7	39,0	35,7 ^a	42,1 ^b	2,06	1,46	2,92	0,345	0,005	0,950
<i>pH</i>												
Estómago	3,63	2,51	3,47	3,13	3,03	3,34	0,45	0,32	0,64	0,329	0,493	0,558
Ciego	6,72	6,75	6,66	6,65	6,69	6,69	0,05	0,04	0,08	0,514	0,991	0,117

6.1. Pesos absolutos del tracto digestivo, (g)

Se observó una diferencia estadística en el peso absoluto del estómago ($p \leq 0,033$), con 29,7 g en los animales alimentados con las dietas sin la inclusión de lignocelulosa. Así mismo, se registró una diferencia en el peso absoluto del intestino delgado ($p \leq 0,043$), donde las hembras presentaron un mayor peso de 33,4g. En lo que respecta a las variables: peso del tracto digestivo total ($p \leq 0,754$), del y ciego ($p \leq 0,933$) no se encontraron diferencias estadísticas, registrando un peso promedio de 136,43 g y 42,47g respectivamente. Los resultados se detallan en la Tabla 2 y Figuras 2 y 3.

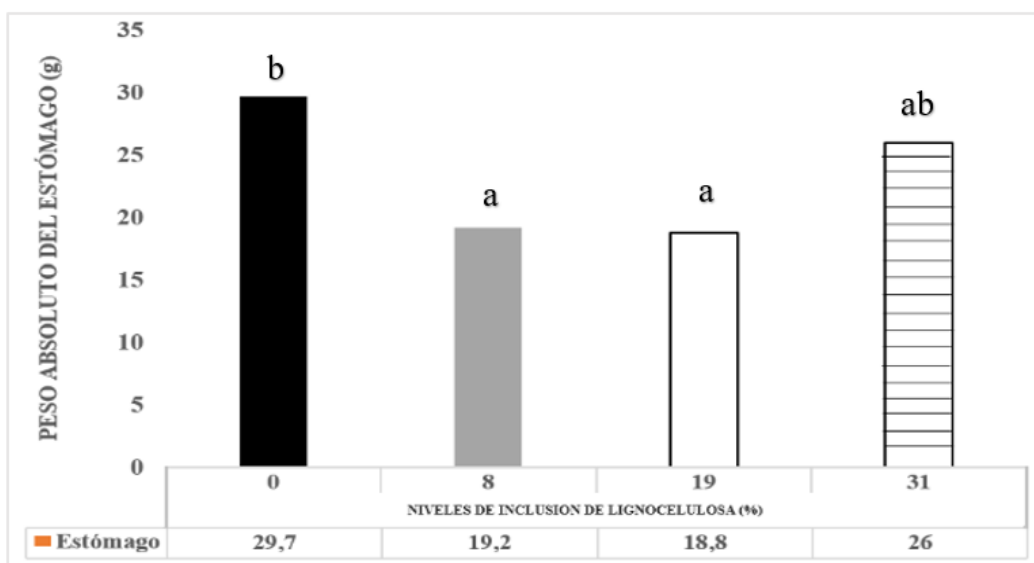


Figura 2. Peso absoluto del estómago de los animales alimentados con dietas con diferentes niveles de inclusión de lignocelulosa.

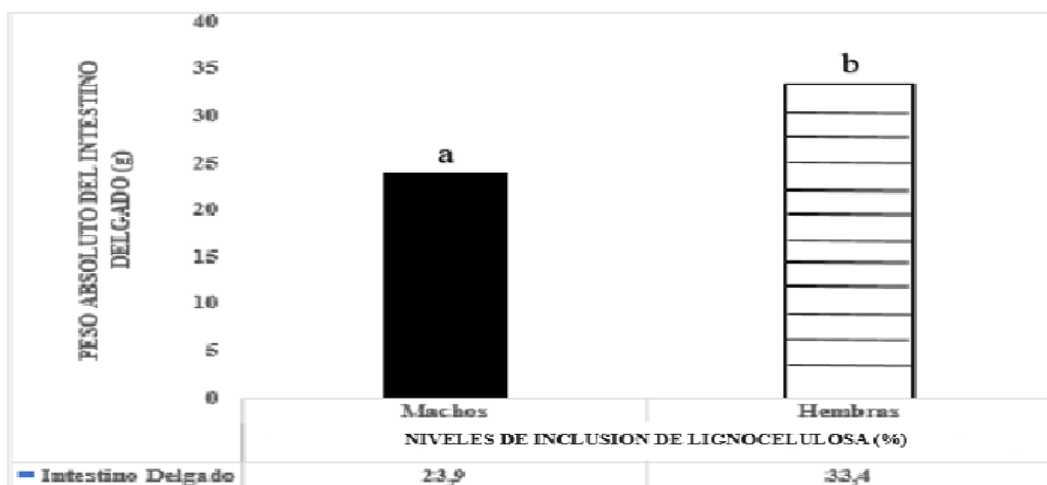


Figura 3. Peso absoluto del intestino delgado de los animales alimentados con dietas con diferentes niveles de inclusión de lignocelulosa, según el sexo.

6.2. Pesos relativos del tracto digestivo, (%)

Los factores nivel de inclusión de lignocelulosa y sexo mostraron diferencias estadísticas significativas para el tracto digestivo total ($p \leq 0,055$), en el tratamiento con el 12 % de inclusión de lignocelulosa, donde se registró un peso relativo del 24,3 %. Para el intestino delgado ($p \leq 0,005$), las hembras tuvieron un mayor peso con 23,5 %. Para las variables peso relativo del estómago y peso relativo del ciego, no se observaron diferencias significativas, ($p \leq 0,706$) y ($p \leq 0,712$), respectivamente. Los promedios fueron de 3,81 % y 6,90 % en su orden. En lo que es referente al peso relativo del tracto digestivo total, se observó una tendencia ($p \leq 0,091$). Estos hallazgos se detallan en la Tabla 2 y Figuras 4 y 5.

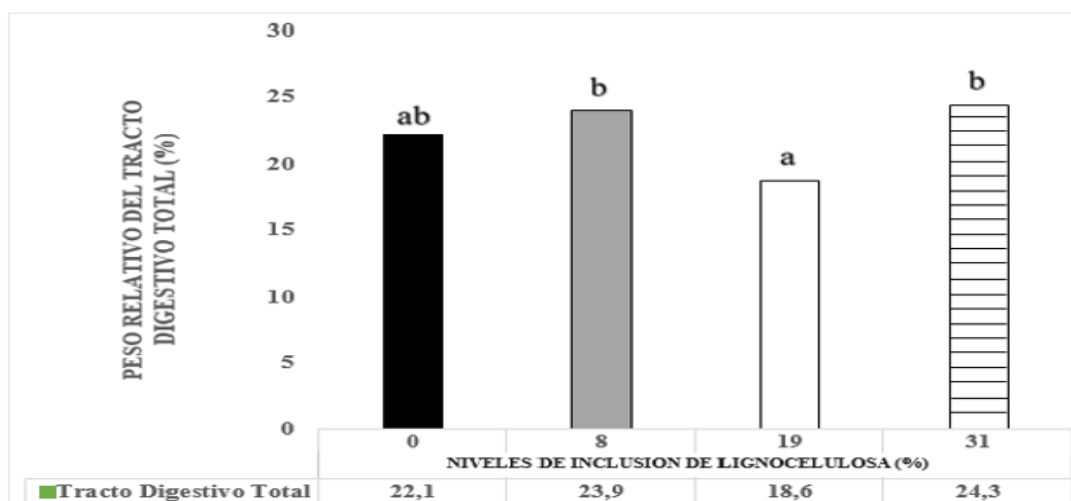


Figura 4. Peso relativo del tracto digestivo total de los animales alimentados con dietas con diferentes niveles de inclusión de lignocelulosa.

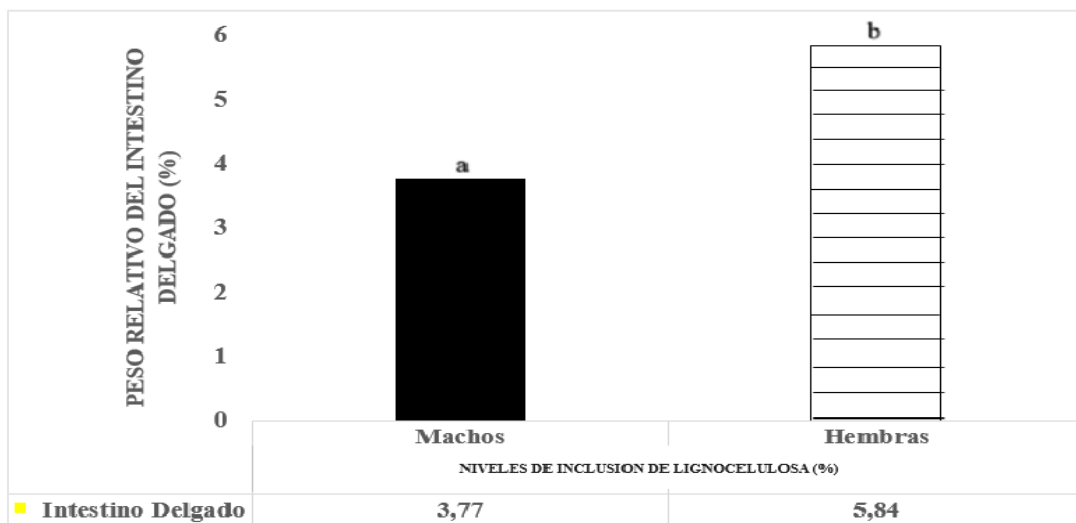


Figura 5. Peso relativo del intestino delgado de los animales con dietas con diferentes niveles de inclusión de niveles de lignocelulosa, según el sexo.

6.3. Longitud absoluta (cm) y relativa (%) del intestino delgado

Se detectó diferencia estadística en la longitud relativa del intestino delgado ($p \leq 0,005$), siendo las hembras las que se presentaron un mayor peso con 42,1 %; sin embargo, la longitud absoluta del intestino delgado no mostró diferencia estadística ($p \leq 0,060$), manteniendo un promedio de 234,59 cm. En lo que respecta a la longitud absoluta del intestino delgado, se observó una tendencia del ($p \leq 0,060$). Estos resultados se detallan en la Tabla 2 y se presentan gráficamente en la Figura 6.

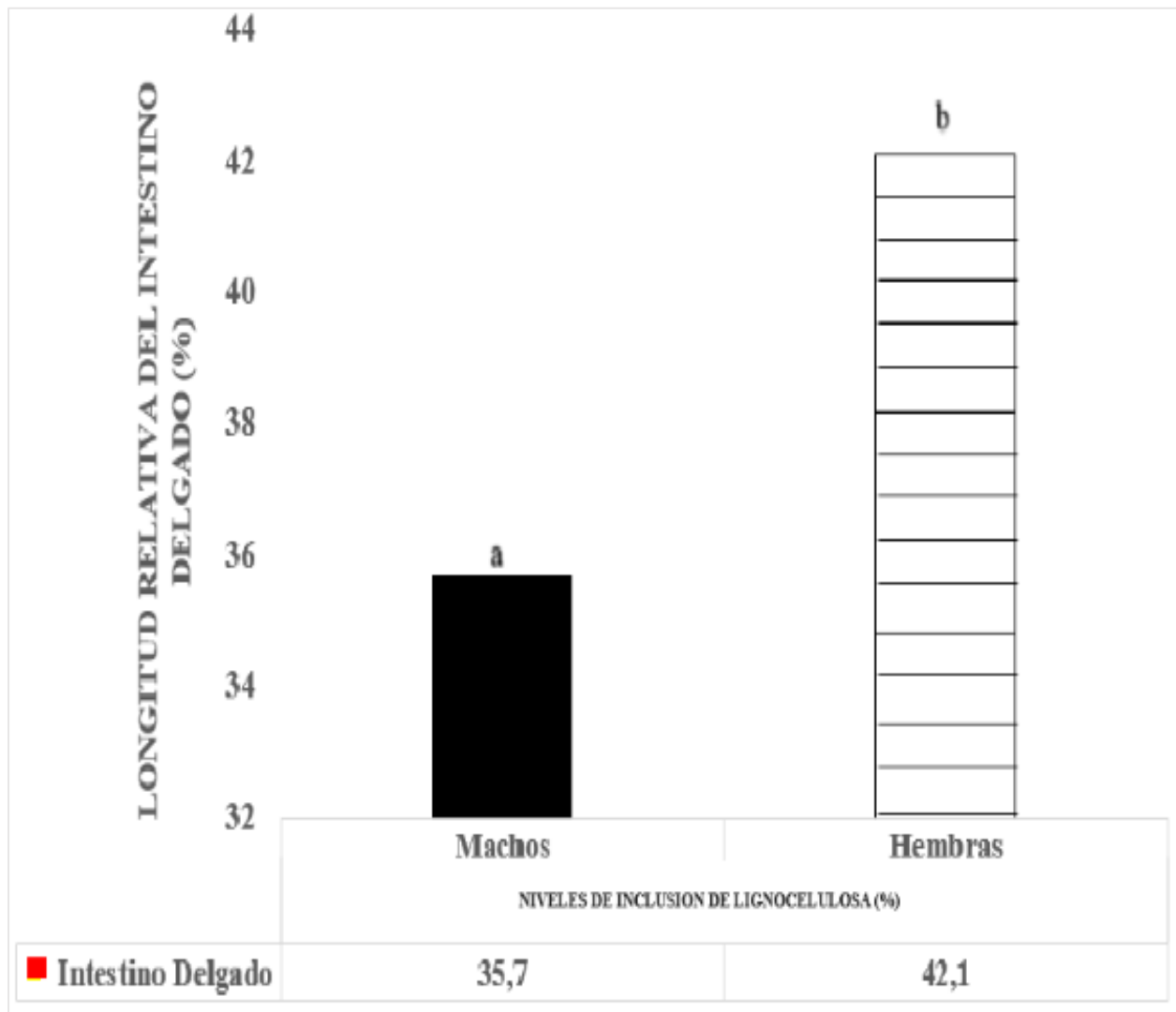


Figura 6. Longitud relativa del intestino delgado de los animales alimentados con dietas con diferentes niveles de inclusión de lignocelulosa, según el sexo

6.4. pH

Las variables de pH estomacal y cecal; no presentaron diferencia estadística, mostrando un promedio de 3,19 % y 6,70 %, respectivamente. Estos resultados se detallan en la Tabla 2.

7. Discusión

7.1. Pesos absolutos y relativos

En la presente investigación los pesos absolutos y relativos del tracto digestivo total alcanzaron un promedio de 136,5 g, siendo los mayores pesos relativos los registrados en los animales alimentados con la dieta con la inclusión de 12 % de lignocelulosa, con 24,3 % al igual que el factor sexo, donde las hembras tienen un peso de 23,5 % en comparación con los machos. En cuanto al estómago, el mayor peso se observó en el nivel con 0% de inclusión de lignocelulosa, alcanzando 29,7 g y un peso relativo promedio de 3,81 %. En los pesos absoluto y relativo del intestino delgado, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos, registrando un promedio de 28,65 g y 4,8 %, respectivamente. En este segmento, las hembras presentaron un mayor peso absoluto de 33,4 g y un peso relativo de 5,84%. Para el ciego, los promedios alcanzados fueron de 42,45 g y 6,9 %.

Machado y Ferreira (2016), en su investigación sobre conejos blancos de Nueva Zelanda, destetados a los 35 días y sacrificados a los 75 días de edad, reportaron un peso relativo del tracto digestivo del 20% al añadir a su dieta una mezcla de harina de hojas de yuca y heno de alfalfa, con una inclusión del 23,76 % de FDA. Por otro lado, De Bias et al., (1986) en su investigación sobre los niveles de fibra y almidón en las dietas de conejos de engorde, reportaron que incluyendo en su dieta 9,8% de FDA, obtuvieron un peso relativo estomacal de 0,91%; En su estudio sobre la estrategia nutricional de los conejos europeos Marin et al., (2023) reportan que las hembras optimizan de manera más eficiente los nutrientes, ya que su ingesta es superior que la de los machos, incluyendo en su dieta un 64 % de FDA, lo que resulta en un mayor consumo de nutrientes. Por otro lado, Machado y Ferreira (2016) en su investigación sobre conejos blancos consiguieron un peso absoluto y relativo del ciego de 120,7 g y 6,89 %, respectivamente, al añadir a su dieta una mezcla de harina de hojas de yuca y heno de alfalfa con una inclusión del 23,76% de FDA.

Así mismo, en estudios realizados en otras especies como son las aves, se ha evidenciado que incluir lignocelulosa en las dietas, según Röhe et al., (2020), en su trabajo de inclusión de 10% de lignocelulosa para gallinas ponedoras de doble propósito de un día de edad, reportaron un peso absoluto del tracto digestivo total de 6,84 g. Por otro lado, Pérez et al., (2008), en su investigación sobre el efecto de la inclusión de follaje de *Lablab purpureus* (49,92% de FDA), en las raciones para pollos de engorde suministradas desde el día 18 al 42 de edad, sobre los indicadores morfométricos del tracto gastrointestinal y órganos accesorios con peso absoluto del intestino

delgado de 50,07 g. Por su parte, Makivic et al., (2018) en su investigación centrada en los efectos de la lignocelulosa de la dieta sobre el rendimiento de los pollos de engorde, la microbiota, morfología intestinal, el pH de la ingesta y la humedad de la cama. Evaluaron un total de 384 pollos Cobb500, durante un periodo experimental de 28 y 42 días; estos fueron alimentados con una dieta control a la que se le añadió un 0,6% de lignocelulosa. Los resultados revelaron un peso relativo del intestino delgado del 5,84% con vellosidades en los segmentos significativamente más altas y más anchas, en comparación con los pollos de engorde que consumieron un 0,4% de lignocelulosa.

7.2. Longitud absoluta y relativa del intestino delgado

La longitud absoluta del intestino delgado alcanzó un promedio de 235 cm, destacándose notoriamente la influencia del factor sexo con una mayor longitud relativa del 42,1%, donde las hembras predominan en comparación con los machos. Por otro lado, en su estudio sobre las características morfofisiológicas del tracto digestivo del cuy, Ramón (2017) utilizó 8 cuyes machos de 2,5 meses de edad, con un peso promedio de 865 ± 83 g por tratamiento. La dieta empleada consistió en un 12% de proteína cruda, 4% de extracto etéreo y 36% de fibra detergente neutra en base seca, logrando un peso del 60%. Estos valores fueron superiores a los obtenidos en la presente investigación.

7.3. pH de estómago y ciego

El pH promedio del estómago obtenido en la presente investigación fue de 3,18; resultado que supera al detectado en la investigación de Azanza (2019) quien investigó los efectos de niveles altos de fibra cruda en cuyes de 15 días de edad, donde el pH promedio del estómago alcanzó 1,71. En este estudio el autor reportó que no se detectó diferencias significativas entre las dietas suministradas con 12 y 15% de fibra. Sin embargo, se evidenció una mayor digestibilidad del alimento en el intestino. En lo referente al contenido cecal, se observó un pH promedio de 6,75; sin embargo, no se detectó diferencia estadística significativa. Similar situación reportó Ramón (2017) en su investigación basada en la determinación de características morfológicas del tracto digestivo del cuy de 2,5 meses de edad, donde reporta un pH de 6,63 del contenido cecal. Por otro lado, Martínez-Vallespín et al (2013) al estudiar los efectos sobre la digestibilidad de la dieta y ambiente cecal de conejos en crecimiento de 17 días de edad, encontró un pH superior, de 8,5. Los autores argumentan que esto se debió a la interacción entre los niveles de la dieta de fibra detergente ácida y fibra soluble en detergente neutro que afectaron el peso total del ciego y del pH de la digesta cecal.

8. Conclusiones

Al culminar el análisis de los resultados realizados en el presente trabajo investigativo se obtienen las siguientes conclusiones:

- La inclusión de lignocelulosa provocó un incremento sustancial en el peso absoluto del contenido estomacal e influyó significativamente sobre el peso relativo del intestino delgado, especialmente en las hembras.
- La longitud del intestino delgado, tuvo un impacto significativo en las hembras.
- Los valores del pH estomacal y cecal no mostraron cambios, manteniéndose similares después de la incorporación de lignocelulosa en su dieta.

9. Recomendaciones

Una vez obtenidos los resultados y reconocidas las conclusiones, se llegan a establecer como recomendaciones las siguientes:

- Incrementar progresivamente los niveles de lignocelulosa, específicamente del 3, y 12% en las dietas de cuyes en fase de crecimiento con el objetivo de mejorar los parámetros digestivos.
- Realizar investigaciones futuras que aborden distintas especies forrajeras como fuente de fibra, evaluando diversos niveles de inclusión y su impacto en los parámetros digestivos de cuyes (*Cavia porcellus*).

10. Bibliografía

- Aliaga, L., Moncayo, R., Rico, E., & Caycedo, A. (2009). *Producción de cuyes*. Lima: Fondo Editorial de la Universidad Católica Sedes Sapientiae.
- Aliaga, R. (1979). *Producción de cuyes*. Universidad Nacional del Centro de Perú.
- Amador, C. (2012). *Calidad de biomasa producida por el frijol gandul (Cajanus cajan (L) Millsp), en suelo franco arenosos zonas seca de Managua. (Tesis de pregrado. Universidad de Nicaragua)*.
- Azanza, D. (2019). *Efectos de niveles altos de fibra cruda, sobre parámetros productivos y digestivos en cobayos tipo IA (Cavia porcellus), utilizando como fuente de fibra la alfalfa (Medicago sativa)*. Obtenido de (Tesis de pregrado) Universidad Nacional de Loja: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/22405/1/Danny%20Patricio%20Azanza%20Celi.pdf>
- Calderón, G., & Cazares, R. (2008). *Evaluación del comportamiento productivo de cuyes (Cavia porcellus) en las etapas de crecimiento y engorde, alimentados con bloques nutricionales en base a paja de cebada y alfarina, (Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte)*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/465/1/03%20AGI%20220%20TESIS.pdf>
- Calvopiña, A. (2018). *Estudio patológico del sistema digestivo del cuy*. Quito.
- Candelaria, M. (13 de Septiembre de 2023). *Celulosa y lignocelulosa en dog food: aportar fibra a los alimentos*. Obtenido de <https://allpetfood.net/entrada/celulosa-y-lignocelulosa-en-dog-food-aportar-fibra-a-los-alimentos-54562>
- Cardona, J., Portillo, P., Carlosama, L., Vargas, J., Avellaneda, Y., Burgos, W., & Patiño, R. (2020). *Importancia de la alimentación en el sistema productivo del cuy*. Mosquera: Agrosavia.
- Chauca, L. (1997). *Producción de cuyes (Cavia porcellus), estudio FAO producción y sanidad animal 138*. La Molina: FAO.

- Condori, R. (2014). *Evaluación de bajos niveles de fibra en dietas de inicio y crecimiento de cuyes (Cavia porcellus) con exclusión de forraje, (Tesis de pregrado) Universidad Nacional Agraria La Molina.* Obtenido de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2371/L02-C655-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Demagnet, R. (2019). *Conceptos básicos en praderas y pasturas.* Obtenido de https://praderasypasturas.com/rolando/01.-Catedras/01.-Praderas_y_Pasturas/2011/01.-Conceptos_Basicos_Praderas_y_Pasturas.pdf
- Dos Santos, E., Lui, J., & Scapinello, C. (2004). Efeito dos níveis de fibra em detergente ácido sobre os coeficientes de digestibilidade das dietas e desempenho de coelhos em crescimento. *Universidad Estadual de Maringa*, 26(1), 1-7. Obtenido de <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/view/1932/1216>
- Espino, J. (20 de Octubre de 2022). *Efecto de la lignocelulosa en dietas de lechones.* Obtenido de Nutrinews Latam: <https://nutrinews.com/fibra-insoluble-en-dietas-de-lechones-efecto-de-la-lignocelulosa-2/#:~:text=L%20lignocelulosa%20posee%20la%20caracter%C3%ADstica,y%20el%20doblamiento%20del%20almid%C3%B3n>.
- FAO. (2022). *Cartillas tenológicas. Mejorando la nutrición de la familia a través del desarrollo de huertos y granjas familiares.* Obtenido de <https://www.fao.org/3/V5290S/v5290s25.htm#TopOfPage>
- Franz, R., Kreuzer, M., Hummel, J., & Hatt, J. (2011). Intake, selection, digesta retention, digestion and gut fill of two coprophageous species, rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) and guinea pigs (*Cavia porcellus*). *Revista de psicología animal y su nutrición*, 564-570.
- Gutierrez, I., Ramos, L., & Soscue, M. (2020). *Fisiopatología del sistema digestivo y necesidades. Nutricionales del Cuy (Cavia porcellus). (Tesis de pregrado. Universidad Antonio Nariño).* Obtenido de http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/2379/4/2020_T.G.MabelSoscue.pdf

- INIAP. (17 de Agosto de 2009). *Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias*. Obtenido de <http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/ecuador-quiere-comer-mas-cuy-363386.html>
- Kohles, M. (2014). Gastrointestinal Anatomy and Physiology of select exotic companion mammals. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, 17(2), 165-178. doi:10.1016/j.cvex.2014.01.010
- López, B. (2018). *Efecto de la suplementación oral de una mezcla probiótica en cuyes (Cavia porcellus) de engorde desafiados con salmonella typhimurium sobre la morfología intestinal*.
- Machado, L. C., & Ferreira, W. M. (2016). UTILIZAÇÃO DE DIETAS DE ALTO CONTEÚDO DE VOLUMOSOS SOBRE O PESO DOS ÓRGÃOS DO SISTEMA DIGESTÓRIO EM COELHOS. *Veterinária e Zootecnia*, 664-671.
- MAG. (23 de Octubre de 2015). *Ministerio de Agricultura y Ganadería*. Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/crianza-de-cuyes-ayuda-a-reconversion-de-actividades-productivas/>
- Makivic, L., Glisic, M., & Marija Boskovic, J. D. (2018). Performances, Ileal and Cecal Microbial Populations and Histological Characteristics in Broilers Fed Diets Supplemented with Lignocellulose. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*, 83-91.
- Malo, M. (2020). El papel de la fibra en la nutrición cunícola. *Boletín de cunicultura No. 197*, 28-32. Obtenido de <https://asescu.com/wp-content/uploads/2020/09/197Alimentaci%C3%B3n.pdf>
- Marín, P., Aguayo, J., Lersen, T., Cambra, M., Blas, E., Pascual, J., & Rouco, C. (2023). La estrategia nutricional de los conejos europeos se ve afectada por la edad y el sexo: las hembras comen más y optiizan mejor los nutrientes. *Revista de Psicología Animal y Nutrición Animal*, 107(5), 1294-1301. Obtenido de <https://doi.org/10.1111/jpn.13826>
- Martínez-Vallespín, B., Martínez-Paredes, E., Rodenas, L., Moya, V., & Cervera, C. (2013). Reemplazo parcial de almidón con fibra detergente ácida y/o fibra soluble en detergente neutro en dos niveles de proteína: efectos sobre la digestibilidad aparente ileal y el ambiente

- cecal de conejos en crecimiento. *Revista ELSEVIER*, 153(1-3), 123-130. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871141313001042>
- Measure, A. B. (2018). *El análisis de la fibra en el pienso animal. Fibra cruda, fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) - los estándares y las opciones de automatización.* Obtenido de <https://www.fossanalytics.com/-/media/files/documents/papers/laboratories-segment/ebook-fibre-analysis-of-animal-feed-es.pdf>
- Morales, S. (2013). La sanidad en sistemas de crianza comercial de cuyes. *XXXVI Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal*, (págs. 38-44). Perú.
- Nuñez, C. (2017). *Comportamiento productivo y cuantificación de la biomasa residual disponible en un sistema cavícola. (Tesis de pregrado).* Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26212/1/Tesis%2093%20Medicina%20Veterinaria%20y%20Zootecnia%20-CD%20503.pdf>
- Pardo, A. (2016). *enterodisbiosis en cobayos Cavia porcellus rodentia Caviidae etiología, fisiopatología, signos, diagnóstico y terapéutica. (Tesis de pregrado. Universidad de La Salle).* Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1180&context=medicina_veterinaria
- Pietsch, M. (Septiembre de 2022). *Fibra, El nutriente olvidado en la producción avícola.* Obtenido de <https://nutreco-colombia.com/noticias/>
- Pietsch, M., & Bosse, A. (2016). *La fibra en la nutrición animal.* Unión Europea: Agrimedia.
- RAFER. (2019). *Determinación de fibra neutra detergente en pienso. Método Van Sest.* Obtenido de https://www.rafer.es/sites/default/files/determinacion_de_fibra_ndf_en_pienso_gluten_m aiz2.pdf
- Ramón, A. (2017). *Determinación de características morfofisiológicas del tracto digestivo del cuy (Cavia porcellus), (Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Loja).* Obtenido de

<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/18826/1/Alex%20Mauricio%20Ram%C3%B3n%20Jaramillo.pdf>

- Revollo, K. (2010). Apartado del cuy. *Documentos guía para productores*, (pág. 9). México.
- Rico, E. (2012). Nutrición y alimentación. *Ier curso y reunión nacional de cuye cultura*. (págs. 33-45). Cochabamba: Universidad Mayor de San Simón.
- Rohe, I., Vahjen, W., Metzger, F., & Zentek, J. (2020). Efecto de una dieta "diluida" que contiene 10% de lignocelulosa sobre el tracto gastrointestinal, la microbiota intestinal y las características de las excretas de gallinas ponedoras de doble propósito. *Revista ELSEVIER*, 99(1), 310-319. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119578762>
- Sakaguchi, E. (2003). Digestive strategies of small hindgut fermenters. *Tevista Científica Animal*, 74(5), 327-337.
- Sandoval, H. (2013). *Evaluación de diferentes tipos de dietas en cobayos en crecimiento*, (Tesis de pregrado) Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/5225/1/Tesis%2003%20Medicina%20Veterinaria%20y%20Zootecnia%20%282%29%20-CD%20171.pdf>
- Savón, L. (2002). Alimentos altos en fibra para especies monogástricas. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 91-102.
- Snipes, R., Hömicke, H., Bjömhag, G., & Stahl, W. (1988). Regional differences in hindgut structure and function in the nutria. *Celi tissue Research*, 252(2), 435-447. doi: 10.1007/BF00214387
- Suckow, M. (2012). The Laboratory rabbit, guinea pig, hamster, and other rodents. *Revista Elsevier*.
- Vicent, V. (10 de Noviembre de 2021). *¿Sabes que es la lignocelulosa del pienso?* Obtenido de https://www.naturzoo.com/sabes-que-es-la-lignocelulosa-del-pienso/?_gl=1*otvmwm*_up*MQ.*_ga*MTYyMjQ5MDI2MS4xNjk4ODI0OTIx*_ga_S87XPGB6VN*MTY5ODgyNDkxOS4xLjAuMTY5ODgyNDkxOS4wLjAuMA..

Vivas, J. (2013). *Especies alternativas: Manual de crianza de cobayos (Cavia porcellus)*.
Nicaragua.

11. Anexos.

Anexo 1. Evidencias fotográficas del trabajo de campo



Figura 7. Recibimiento de los cobayos



Figura 8. Adecuación de las instalaciones



Figura 9. Elaboración de raciones experimentales



Figura 10. Faenamiento y etiquetado de cobayos



Figura 11. Medición de pH, estómago y ciego

Anexo 2. Certificado de traducción a inglés

Loja, 27 de febrero de 2024

CERTF. No. 005-LR-2024

La suscrita, **Lic. Laura Dayanna Ramos Montaña**, con CI: 1150489811. **LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN MENCIÓN INGLÉS**, a petición de la parte interesada y en forma legal,

CERTIFICA:

Que el **ABSTRACT**, del trabajo de titulación denominado **“EFECTO DE LA INCLUSIÓN EN DIFERENTES NIVELES DE LIGNOCELULOSA SOBRE LOS PARÁMETROS DIGESTIVOS EN COBAYOS (CAVIA PORCELLUS)”**, bajo la autoría de **Josselyn Lisseth Bastidas Carrión** con **CI: 1104605892**, estudiante de la carrera de **Medicina Veterinaria y Zootecnia** en **La Universidad Nacional de Loja**, está correctamente traducido al idioma inglés de un documento redactado en español, para lo cual se autoriza la impresión y presentación del mismo para los fines pertinentes.

Lo certifica en honor a la verdad y faculta a la interesada hacer uso del presente en lo que estime conveniente.



Lic. Laura Dayanna Ramos Montaña

DOCENTE DE INGLÉS

CI: 1150489811

1031-2021-2295814