



Universidad  
Nacional  
de Loja

**Universidad Nacional de Loja**

**Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables**

**Carrera de Medicina Veterinaria**

**Estudio del efecto de inclusión de diferentes niveles de  
lignocelulosa en las dietas de cuyes (*Cavia porcellus*) sobre su  
balance de nitrógeno**

Trabajo de Titulación previo a la  
obtención del título de Médico  
Veterinario Zootecnista.

**AUTOR:**

Ángel Oswaldo Espinoza Apolo

**DIRECTOR:**

Dr. Rodrigo Medardo Abad Guamán. PhD

Loja – Ecuador

2023

## Certificación

Loja, 11 de septiembre de 2023

Dr. Rodrigo Medardo Abad Guamán. PhD

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **C E R T I F I C O:**

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Estudio del efecto de inclusión de diferentes niveles de lignocelulosa en las dietas de cuyes (*Cavia porcellus*) sobre su balance de nitrógeno**, previo a la obtención del título de **Médico Veterinario Zootecnista**, de la autoría del Egresado **Ángel Oswaldo Espinoza Apolo**, con **cedula de identidad Nro.1150230579**, 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.



Firmado electrónicamente por:  
**RODRIGO MEDARDO  
ABAD GUAMAN**

Dr. Rodrigo Medardo Abad Guamán. PhD

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **Autoría**

Yo, **Ángel Oswaldo Espinoza Apolo**, declaro ser autor 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:** 1150230579

**Fecha:** 31 de octubre del 2023

**Correo electrónico:** angel.espinoza@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0987233932

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

Yo, **Ángel Oswaldo Espinoza Apolo**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Estudio del efecto de inclusión de diferentes niveles de lignocelulosa en las dietas de cuyes (*Cavia porcellus*) sobre su balance de nitrógeno**, como requisito para optar por el título de **Médico Veterinario 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 treinta y un días del mes de octubre de dos mil veintitrés.

**Firma:**



**Autor:** Ángel Oswaldo Espinoza Apolo.

**Cédula:** 1150230579

**Dirección:** Lourdes entre Sucre y 18 de noviembre.

**Correo electrónico:** angel.espinoza@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0987233932

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director del Trabajo de Titulación:** Dr. Rodrigo Medardo Abad Guamán. PhD

## **Dedicatoria**

Las aspiraciones que desde pequeños se infunden en nuestro corazón, por parte de nuestra familia es aquello que nos promueve a tener tantas metas en mente y con ello soñar, avanzar, y obtener victorias personales, teniendo en mente a nuestra familia, por ende, ante el apoyo tan acogedor como calor de cuna, junto al inmenso amor incondicional de mis padres, y hermanos, les dedico este trabajo, en son del esfuerzo, que no solamente ha sido mío.

*Ángel Oswaldo Espinoza Apolo*

## **Agradecimiento**

En primer lugar, agradezco a mis padres por siempre brindarme su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos en la vida. Sin más extendiendo un fraternal abrazo y agradecimientos a La Alma Máter Universidad Nacional de Loja, y a quienes conforman CIDiNA, puesto que es la cuna de mis saberes y experiencia como profesional, más aún ante las personas que de forma directa e indirecta pudieron compartir sus conocimientos, apoyo, y supieron dar aliento para así poder desarrollar un óptimo Trabajo de Titulación.

*Ángel Oswaldo Espinoza Apolo*

## Índice de contenidos

Portada .....	i
Certificación.....	ii
Autoría.....	iii
Carta de autorización.....	iv
Dedicatoria .....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de contenidos .....	vii
Índice de tablas .....	ix
Índice de figuras .....	x
Índice de anexos.....	xi
1.    Título .....	1
2.    Resumen .....	2
2.1 Abstract .....	3
3.    Introducción.....	4
4.    Marco Teórico .....	6
4.1. Metabolismo en el cuy.....	6
4.2. Lignocelulosa .....	7
4.2.1. Fibra .....	7
4.2.2. Lignina.....	9
4.2.3. Celulosa .....	11
4.2.4. Hemicelulosa .....	11
4.3. Proteína .....	11
4.3.1. <i>Nitrógeno total</i> .....	12
4.3.2 <i>Retención y Digestión del Nitrógeno</i> .....	12
4.3.3. <i>Métodos de determinación de nitrógeno total</i> .....	13
5.    Metodología.....	15
5.1. Animales, alojamiento y manejo .....	15
5.2. Diseño Experimental .....	15
5.3. Elaboración de las dietas .....	16

5.4. Variables en Estudio .....	17
5.5. Procedimiento de colección .....	17
5.6. Análisis químicos .....	17
5.7. Cálculos .....	17
5.8. Análisis estadísticos .....	18
5.9. Consideraciones Éticas .....	18
6. Resultados .....	19
7. Discusión .....	25
8. Conclusiones .....	28
9. Recomendaciones .....	29
10. Bibliografía .....	30
11. Anexos .....	34



## **Índice de tablas**

<b>Tabla 1.</b> <i>Distribución de cuyes, en jaulas metabólicas</i> .....	15
<b>Tabla 2.</b> <i>Composición estructural y química de las raciones</i> .....	16
<b>Tabla 3.</b> <i>Alimento ingerido, nitrógeno ingerido y excretado en heces y orina</i> .....	19
<b>Tabla 4.</b> <i>Datos de la digestibilidad del nitrógeno y la tasa de retención de nitrógeno</i> .....	22

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> <i>Composición química de la lignina</i> .....	10
<b>Figura 2.</b> Alimento ingerido (g/día), en los diferentes niveles de inclusión de lignocelulosa. ..	19
<b>Figura 3.</b> Nitrógeno ingerido (g/día), en los diferentes niveles de inclusión de lignocelulosa. .	20
<b>Figura 4.</b> Nitrógeno excretado en orina (g/día), al incluir diferentes niveles de lignocelulosa. 21	
<b>Figura 5.</b> Nitrógeno retenido, al incluir diferentes niveles de lignocelulosa. ....	23
<b>Figura 6.</b> Tasa de retención de nitrógeno, al incluir diferentes niveles de lignocelulosa. ....	23
<b>Figura 7.</b> Tasa de retención de nitrógeno basado en lo digerido, al incluir diferentes niveles de lignocelulosa.....	24
<b>Figura 8.</b> Preparación de la instalación área de metabolismo. ....	34
<b>Figura 9.</b> Elaboración de raciones experimentales.....	34
<b>Figura 10.</b> Recolección y pesaje de muestras de orina.....	35
<b>Figura 11.</b> Pesaje de muestras para determinación de nitrógeno/proteína. ....	36
<b>Figura 12.</b> Preparación de muestras para el equipo Kjeldahl, determinación de nitrógeno/proteína. ....	36
<b>Figura 13.</b> Determinación de nitrógeno/proteína. ....	37

## **Índice de anexos**

<b>Anexo 1.</b> Evidencias fotográficas del trabajo de campo .....	34
<b>Anexo 2.</b> Evidencias fotográficas del trabajo en laboratorio. ....	36
<b>Anexo 3.</b> Certificación de traducción en inglés. ....	38

## **1. Título**

Estudio del efecto de inclusión de diferentes niveles de lignocelulosa en las dietas de cuyes  
(*Cavia porcellus*) sobre su balance de nitrógeno.

## 2. Resumen

La presente investigación se orientó a determinar el efecto de la inclusión de diferentes niveles de lignocelulosa como fuente de fibra insoluble en dietas de cuyes (*Cavia porcellus*) sobre su balance de nitrógeno; para el efecto se utilizaron 40 cuyes machos y hembras, tipo A1 mejorados, de pelaje corto; las dietas fueron isoproteicas (18%) e isoenergéticas (2800 Kcal) con niveles crecientes (0%, 3%, 8% y 12 %) de lignocelulosa; se utilizó un diseño completamente randomizado con arreglo factorial 4x2 (dietas x sexos), la recolección de muestras se realizó durante 4 días. Los resultados mostraron que la inclusión de diferentes niveles de lignocelulosa no afectó la excreción de N en heces y la digestibilidad del N. La ración con el 8% de lignocelulosa, incrementó la excreción de N urinario, frente a los niveles 3%, y 12%, los cuales son indistintos a la ración que no se añadió lignocelulosa. La digestibilidad del nitrógeno no varió con los niveles de lignocelulosa y el sexo de los animales, pese a ello el N retenido, la tasa de retención de N general, y la basada en lo digerido, se encuentran influenciadas por los mismos niveles, y además por el sexo de los animales, denotando así, que niveles (3% y 12%) de lignocelulosa pueden aportar en una mayor retención de nitrógeno, en relación a la ingesta del alimento, mientras que niveles intermedios (8%) resultan con una retención similar a la ración sin lignocelulosa.

*Palabras clave:* lignocelulosa, consumo de alimento, retención de nitrógeno, digestibilidad.

## 2.1 Abstract

The following research is based on how different levels of lignocellulose as a source of insoluble fiber affected the nitrogen balance of guinea pigs (*Cavia porcellus*); for this purpose, 40 male and female guinea pigs, type A1 improved, with short hair coat, were used; The diets were isoproteic (18%) and isoenergetic (2800 Kcal) with increasing levels (0%, 3%, 8% and 12%) of lignocellulose; a completely randomized design with a 4x2 factorial arrangement (diets x sexes) was used, and samples were collected during 4 days. The results showed that the inclusion of different levels of lignocellulose did not affect fecal N excretion and N digestibility. In comparison to the 3% and 12% lignocellulose levels that do not differ from the ration without lignocellulose, the 8% lignocellulose ration increased urinary N excretion. Nitrogen digestibility did not vary with lignocellulose levels and sex of the animals, however, N retained, overall N retention rate, and N retention rate based on digesta were influenced by the same levels, and also by the sex of the animals, Therefore, higher levels (3% and 12%) of lignocellulose contribute to higher nitrogen retention, while intermediate levels (8%) result in a similar retention to the ration without lignocellulose.

***Key words:*** *lignocellulose, feed intake, nitrogen retention, digestibility.*

### 3. Introducción

Según el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (MAGAP, 2015) en nuestro país se producen alrededor de 47 millones de cuyes anuales; de los cuales, el 97% corresponde a crianzas familiar-tradicional y el restante a explotaciones tecnificadas, con un volumen de producción de 14 300 t. El cuy posee un alto valor alimentario dentro de la población rural, por lo que existe gran demanda insatisfecha en zonas como el Azuay, Cotopaxi, Tungurahua, Loja Carchi, Chimborazo, Imbabura, y Pichincha (Reyes, 2021).

En esta región sur del Ecuador se aprovechan muy poco los residuos fibrosos en la elaboración de dietas, como alternativas para disminuir costos de las materias primas existentes en el mercado, debido al poco conocimiento sobre el nivel adecuado de lignocelulosa como fuente de fibra necesario para optimizar el rendimiento en cuyes.

Varios estudios sobre el uso de lignina en dietas para conejos han demostrado que el déficit de la misma puede presentar reducción en la velocidad de tránsito, y mayor peso de contenido cecal. Pero si se es suministrado en altas concentraciones se ve reducido el tiempo de retención total, aumento de pH cecal, y una depresión de la fermentación cecal. Se pretende fomentar el uso de lignocelulosa en la dieta de cuyes, para optimizar su etapa de engorde (Nicodemus, 1998). Al ser un fermentador post-gástrico, su flora bacteriana existente en el ciego permite el aprovechamiento de fibra, además de ser capaz de producir cecotrofos (Kawasaki, 2013).

Las dietas experimentales con diferentes niveles de lignocelulosas son suministradas con la finalidad de efectivizar el desarrollo del animal, mediante estas se podrá garantizar que cantidades de nutrientes en las dietas son realmente absorbidas, y utilizadas, reduciendo el tiempo de animales en etapa de engorde, alcanzando rápidamente su peso ideal para ser faenado.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, se muestra que puedan servir de apoyo o base para la preparación de raciones ya que, se determinó las necesidades del animal, permitiendo así disminuir costos en este parámetro, debido a que el balance de N se encuentra netamente relacionado a lo que es proteína.

La presente investigación se la realizo con la finalidad de determinar cuáles son los niveles adecuados de lignocelulosas en cuyes, para poder ser recomendado a productores, y técnicos dedicados a este tipo de explotaciones, además que trabajen con materias primas ricas en lignocelulosa. Bajo estos precedentes los objetivos específicos fueron:

- Evaluar niveles de excreción de nitrógeno en heces bajo diferentes niveles de lignocelulosas en dieta experimental.
- Medir niveles de excreción de nitrógeno en orina bajo diferentes niveles de lignocelulosas en dieta experimental.
- Valorar niveles de retención de nitrógeno en el animal bajo diferentes niveles de lignocelulosas en dieta experimental.



## 4. Marco Teórico

### 4.1. Metabolismo en el cuy

Los requerimientos energéticos basales o de mantenimiento varían en relación con el tamaño corporal metabólico ( $\text{kg}^{0.75}$ ), por lo tanto, los pequeños mamíferos necesitan más energía de mantenimiento por unidad de masa corporal en comparación con los animales más grandes (Sakaguchi, 2003).

Si bien la tasa metabólica específica aumenta con la disminución de la masa corporal, la capacidad intestinal permanece como una fracción constante de la masa corporal, o es menor que la capacidad esperada de la masa corporal, especialmente en roedores de menos de 1 kg de masa corporal. Si los requerimientos de nutrientes aumentan en proporción a los gastos metabólicos y la ingesta de alimentos está restringida directamente por la capacidad intestinal, los pequeños herbívoros deben consumir dietas altamente concentradas en nutrientes (Sakaguchi, 2003).

En los pequeños fermentadores de intestino posterior, no rumiantes, las partículas grandes de residuos de alimentos no se retienen selectivamente en el intestino. Esto probablemente hace que los pequeños fermentadores del intestino posterior toleren una dieta rica en fibra. Se observa mucha variación en la digestibilidad de la fibra en pequeños fermentadores del intestino posterior, independientemente de las diferencias en el peso corporal, lo que sugiere que existen algunas diferencias en la función del intestino grueso, especialmente en los fermentadores del ciego (Sakaguchi, 2003).

El ciego cumple con la síntesis de proteína microbial, de la vitamina K, y de la mayoría de las vitaminas del complejo B por acción de los microorganismos, llegando a cubrir los requerimientos nutricionales por la utilización del nitrógeno a través de la cecotrofia (Núñez, 2017). Cuando el alimento penetra en las horas frescas de la mañana en el colon sufre pocas transformaciones y la pared cólica segrega una mucosidad que envuelven progresivamente las cagarrutas blandas o cecotrofo. En cambio, si el contenido cecal se introduce en el colon en otro momento del día, este sufre otro tipo de modificaciones, presentando contracciones en sentido contrario las cuales empujan la digesta hacia el ciego debido a la diferencia de presión, por ende el contenido es exprimido, y las partes líquidas que agrupan sustancias solubles, y partículas menores de 0.1 penetran al ciego para su degradación, mientras que las partes sólidas a merced de esta función dual del colon fabrican dos tipos de cagarrutas: Las heces blandas o cecotrofos, estas

permanecen durante más tiempo en el estómago contrario a la primera digestión, posteriormente pasan directamente al colon sin introducirse al ciego, para formar parte de las cagarrutas o heces duras, estas son el segundo tipo de cagarruta presente en el animal. El tránsito de la digesta en el conejo varía entre 18 y 30 h con una media de 20h. Este es más rápido cuando aumenta el contenido de celulosa en el alimento o con el aumento del tamaño de la partícula (Jaramillo, 2017).

Los cuyes tienen un mecanismo de separación en el intestino grueso, el cual es de tipo trampa mucosa, este se encarga de atrapar bacterias en el moco y de transportarlas al ciego. La participación de las bacterias intestinales en diferentes actividades para la nutrición de cuyes presenta diferentes efectos de FOS, frente a otros animales, esto puede verse afectado en función de la cantidad y la calidad (Li, 2011).

Hay una serie de puntos que se deben tomar en cuenta como lo es la tasa de renovación del contenido del rumen, el cual disminuye con el aumento del contenido de fibra (partículas grandes) en la dieta, debido al hecho de que las partículas grandes se retienen hasta que su tamaño se reduce para salir del rumen, conectando una mayor digestibilidad de la fibra. Esta restricción no puede aplicarse a los pequeños mamíferos herbívoros, porque las tasas metabólicas mucho más altas deben requerir tasas más altas de suministro de energía que las de los animales más grandes. El suministro de energía por fermentación microbiana no puede cumplir con el requerimiento de energía en pequeños mamíferos como las ratas, conejillos de Indias y conejos (Sakaguchi, 2003).

## **4.2. Lignocelulosa**

Se presenta como el material más abundante en el planeta, esta se compone de lignina, celulosa, y hemicelulosa, cuyas proporciones en las plantas varían: de 15 a 40% de lignina, 20-55% de celulosa, y 16-85% de hemicelulosa. Estos componentes interactúan en una matriz molecular, con un contenido bajo de monosacáridos, proteína, y almidones o aceites (Cuervo, 2001).

### **4.2.1. Fibra**

Siendo un carbohidrato indigestible, este solo puede ser aprovechado directamente por bacterias, las cuales la usan en sintetizar ácidos grasos volátiles, aminoácidos, y vitaminas (Jaramillo, 2017).

- Fibra soluble:
  - Retrasa el vaciamiento gástrico.

- Aumenta tiempo de tránsito digestivo.
- Disminuye la velocidad de absorción de la glucosa.
- Aumenta la excreción fecal de sales biliares.
- Dificulta la absorción de colesterol y triglicéridos.
- Heces más pastosas.
- Fibra insoluble:
  - Reduce el tiempo de tránsito intestinal.
  - Disminuye la absorción de glucosa.
  - Retrasa el hidrolisis del almidón.
  - Aumenta la masa fecal.
  - Heces más duras.

La fibra dietética (FD) resulta de una mezcla compleja de polímeros de carbohidratos, asociada con otros componentes que no son carbohidratos. La FD se encuentra predominantemente en las paredes celulares de las plantas, y consiste en polisacáridos sin almidón (PSN) junto a la lignina, ácidos grasos, cera, proteína, etc (Piedra, 2015).

El termino fibra dietaría en nutrición hace referencia a componentes en los alimentos derivados de plantas, los mismos que no son digeribles por los sistemas enzimáticos de los mamíferos. Es de suma importancia que en ambos casos debido a que representa una porción orgánica de los alimentos que es de difícil digestión; mientras que las fracciones de alimentos que no son fibras son de fácil y casi completa digestión por la mayoría de las especies animales.

### **Fibra Cruda (FC)**

Es conformada principalmente por glúcidos estructurales vegetales, como lo es la celulosa, y hemicelulosa, además contiene una pequeña parte de lignina, siendo una sustancia de poca digestibilidad, siendo relacionada a la porción fibrosa del tejido vegetal. Hay carbohidratos presentes en la materia seca de alimentos, estos se dividen en dos fracciones, siendo una la FDA (fibra detergente acida), y la segunda la FDN (fibra detergente neutra), esta resulta de la suma de FDA más Hemicelulosa.

En los rumiantes la fermentación bacteriana del rumen le permite digerir celulosa y otros carbohidratos complejos, en forma más completa que los herbívoros no rumiantes. El coeficiente

de digestibilidad de la fibra cruda se encuentra sujeto a controversia debido a que una parte de los residuos no digeridos perteneciente a este componente alimenticio, puede ser desdoblado efectivamente como para formar parte en el extracto libre de nitrógeno de las heces, en vez de aparecer en la porción de la FC. La alimentación de cuyes en área de investigación o laboratorio, estos reciben dietas balanceadas, las mismas que deben tener porcentajes altos de fibra (Vásquez, 2013).

La fibra es de suma importancia en la composición dietarias, no solo por la habilidad que poseen los cuyes para digerirla, sino que la inclusión resulta necesaria para favorecer la digestibilidad de otros nutrientes por la acción microbiana a nivel del ciego y colon, debido al retardo en el pasaje del contenido alimenticio a través del tracto digestivo (Sandoval, 2013).

#### **Fibra Detergente Acida (FDA)**

Es un método que consiste en someter la muestra a ebullición con bromuro de cetiltrimetilamonio en un medio ácido, con una posterior filtración, y lavado del residuo con buena estimación de celulosa, y lignina; en el residuo se pueden analizar ambas (Angamarca, 2019).

#### **Fibra Detergente Neutro (FDN)**

El procedimiento arroja una estimación de fibra insoluble (celulosa, hemicelulosa y lignina), ha sido usado ampliamente para evaluar alimentos de consumo. Envuelve la extracción del alimento, mediante una solución caliente de laurilsulfato de sodio, y la subsecuente determinación gravimétrica del residuo.

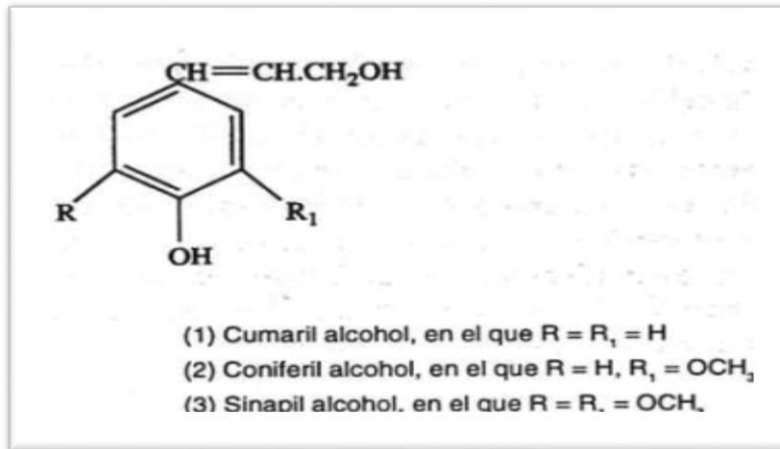
La diferencia entre el método neutro y el ácido detergente recae en la hemicelulosa, pero existen errores, estos están asociados con la estimación, por ende, se enfatiza el realizar la medición directa de hemicelulosas (Angamarca, 2019).

#### **4.2.2. Lignina**

Es totalmente indigestible en el tubo digestivo de rumiantes, debido a que la lignina ejerce un efecto negativo de forma directa sobre la digestión total, y además presenta un efecto indirecto debido a impedimentos físicos, limitando el acceso de bacterias a zonas degradables de fibra, siendo más evidente en las gramíneas ya que esta posee un alto contenido de ácidos fenólicos, en comparación a las leguminosas, ya que estas poseen una mayor concentración de lignina. Aunque se debe tener en cuenta el estado vegetativo (a mayor madurez más lignina) (Moroch, 2019).

La lignina engloba a una serie de compuestos emparentados. No es un carbohidrato, aunque está estrechamente relacionado con este grupo de compuestos. Además, es un polímero formado a partir de tres derivados del fenilpropano:

**Figura 1.** Composición química de la lignina



*Fuente:* (nutrición animal mcdonald.pdf, s. f.).

La lignina debido a la incrustación física de las fibras vegetales, la hace inaccesibles a las enzimas que podrían digerirlas, presentando así una gran resistencia a la degradación química.

Está comprobado la existencia de fuertes enlaces químicos entre la lignina y la mayoría de los polisacáridos vegetales, así como con las proteínas de la pared celular, estas impiden la digestión de estos productos, además no son absorbidas, ni atacadas por la microflora bacteriana presente en el colon. La lignina posee la capacidad de unirse a los ácidos biliares y al colesterol retrasando o disminuyendo su absorción en el intestino delgado (Álvarez & Sánchez, 2006).

“Hay productos altamente leñosos, como los heno muy maduros, y las pajas, que son ricos en lignina, por lo tanto, su digestibilidad es baja, a menos que se sometan a tratamientos químicos que rompan los enlaces existentes entre la lignina y los carbohidratos” (Greenhalgh, 1999).

Además, encontramos la lignina ácido detergente (LAD), esta se obtiene mediante oxidación por compuestos orgánicos con  $H_2SO_4$ , pese a ello la lignina y sílice son resistentes a dicha oxidación. Al restar del porcentaje de FAD, el porcentaje de LAD, obtendrá por diferencia el contenido de celulosa de la muestra analizada. En este caso se recomienda el método de análisis proximal (Brautigan, 1991).

#### **4.2.3. Celulosa**

Polímero lineal con unidades de celobiosa anhidra (dímero de D-glucosa), formado por polimerización de moléculas de D-glucosa unidas en la posición  $\beta$ -1,4-enlace glicosídico. La celulosa da lugar a microfibrillas de gran estabilidad y baja digestibilidad en monogástricos, puesto que su hidrólisis se da principalmente por acción de celulasas procedentes de los microorganismos ruminales, mientras que el enlace de la celulosa es resistente al ataque de enzimas digestivas de los mamíferos, debido a la formación de cadenas lineales planas que se unen entre sí, por puentes de hidrógeno y fuerzas de van Der Waals (Segura, 2007).

#### **4.2.4. Hemicelulosa**

Se encuentra presente en cualquier tejido vegetal, al ser parte de esta célula vegetal, la localizamos en las paredes formando parte de la fase amorfa (o no cristalina). Son heteropolisacáridos compuestos por monómeros de carbohidratos como hexosas, pentosas, deoxihexosas, y ácidos urónicos. Por ser altamente ramificadas y poseer tantos grupos polares en los diversos azúcares, estas son fácilmente solubles en agua. Además, investigadores proponen que al asociarla con la celulosa esta influye en la organización de la lignina (Segura, 2007).

#### **4.3. Proteína**

Las proteínas se forman a partir de miles de unidades pequeñas llamadas aminoácidos, uniéndose entre sí en largas cadenas. Constituyen el principal componente de la mayor parte de tejidos, y la formación de cada uno de ellos. Esta actúa en las células, siendo necesarias para la estructura, función, y regulación de los tejidos, y órganos del cuerpo.

Existen aminoácidos esenciales que se deben suministrar a los mono-gástricos a través de diferentes insumos, debido a que no pueden ser sintetizados.

El suministro inadecuado de proteína conlleva a un menor peso al nacimiento, escaso crecimiento, baja en la producción de leche, fertilidad, y menor eficiencia de utilización del alimento. Para cuyes en bioteros, la literatura señala el uso de proteína al 20%, siempre que esté compuesta por más de dos fuentes proteicas. Este valor se incrementa a 30, o, 35 %, al ser suministradas proteínas simples tales como caseína o soya, ya que son fuentes proteicas que pueden mejorarse con la adición de aminoácidos. Para el caso de la caseína con L-arginina (1 por

ciento en la dieta) o para el caso de la soya con DL-metionina (0,5 por ciento en la dieta) (FAO, 2020).

#### **4.3.1. Nitrógeno total**

Este elemento forma parte de las proteínas y los ácidos nucleicos (ADN y ARN), lo que significa que constituye parte de la base de la vida.

Esta concentración es resultado del balance entre la fijación del nitrógeno atmosférico por acción bacteriana, y su liberación a través de la descomposición de materias orgánicas por bacterias o por combustión. En estado combinado, el nitrógeno se presenta en diversas formas. Es constituyente de todas las proteínas (vegetales y animales), así como también de muchos materiales orgánicos. Su principal fuente mineral es el nitrato de sodio (Santini, 2014).

Aunque existe gran cantidad de nitrógeno en estado gaseoso ( $N_2$ ) en la atmósfera terrestre, es muy difícil para las plantas incorporarlo de esta manera, por eso lo asimilan en forma de iones amonio ( $NH_4^+$ ) o nitratos ( $NO_3^-$ ) (Robles, 2015). Debido a esto, algunas bacterias transforman el nitrógeno a estas formas que las plantas pueden absorber, para que luego los animales puedan ingerir las plantas y, mediante este proceso, incorporar el nitrógeno (Santini, 2014).

#### **4.3.2 Retención y Digestión del Nitrógeno**

La flora bacteriana existente en el ciego permite un adecuado aprovechamiento de la fibra. La producción de ácidos grasos volátiles, síntesis de proteína microbial y vitaminas del complejo B la realizan microorganismos, en su mayoría bacterias gram-positivas, que pueden contribuir a cubrir sus requerimientos nutricionales por la reutilización del nitrógeno través de la cecotrófia, que consiste en la ingestión de las cagarrutas. A pesar de que el tiempo de multiplicación de los microorganismos en el ciego son mayor que la retención del alimento, esta especie lo resuelve por mecanismos que aumentan su permanencia, y en consecuencia la utilización de la digesta (FAO, 2020).

La adición de FOS (fructooligosacáridos) en sus dietas, serán consumidos, y serán entregados al intestino grueso, para posteriormente ser fermentados por las bacterias intestinales, además los FOS pueden mejorar la asimilación de N (Li, 2011).

Los cuyes tienen un mecanismo de separación en el intestino grueso, el cual es de tipo trampa mucosa, este se encarga de atrapar bacterias en el moco, para ser transportadas al ciego. La participación de las bacterias intestinales en diferentes actividades para la nutrición de cuyes

presenta diferentes efectos de FOS, frente a otros animales, esto puede verse afectado en función de la cantidad y la calidad (Li, 2011).

La renovación del nitrógeno se relaciona proporcionalmente con el gasto de energía. La cantidad de nitrógeno urinario endógeno, que está relacionado con el recambio de proteínas y, por lo tanto, esto significa que tasas metabólicas más altas en animales pequeños deben causar una tasa más alta de requerimiento de proteínas por unidad de masa corporal. Para cumplir con ese requisito más alto, los pequeños mamíferos herbívoros deben emplear varios medios de tracto digestivo y estrategia nutricional (Sakaguchi, 2003).

#### ***4.3.3. Métodos de determinación de nitrógeno total***

Existen métodos como el de: Luminiscencia, Dumas, y finalmente el de Kjeldahl; estos métodos nos permitirán la determinación de nitrógeno total.

El método Kjeldahl es el comúnmente utilizado para la determinación de nitrógeno, siendo directo, siendo fácilmente adaptable para el análisis rutinario de una gran cantidad de muestras, posibilitando así reducir la probabilidad de errores.

El método es característico por el uso de la ebullición. El ácido sulfúrico concentrado que efectúa la destrucción oxidativa de la materia orgánica presente en la muestra, y además la reducción del nitrógeno orgánico a amoníaco. El amonio es retenido como bisulfato de amonio, y puede ser determinado in situ, o por destilación alcalina y titulación (Romero, 1997).

Las desventajas del método de Kjeldhal, se ven reflejadas en la interfieren compuestos nitrogenados no proteicos, en el uso de catalizadores tóxicos o caros, ya demás la elección del factor de conversión (Romero, 1997).

El análisis implica los siguientes pasos:

1. Digerir una muestra con ácido sulfúrico concentrado para convertir nitrógeno orgánico en amonio.
2. Agregar hidróxido de sodio después de que la muestra se haya "limpiado" para liberar el nitrógeno como gas amoníaco (NH<sub>3</sub>).
3. Llevar el gas a una solución de ácido bórico, que convierte el gas nuevamente en amonio.
4. Titulación, por ejemplo, con ácido sulfúrico, para determinar la cantidad de amonio, y por lo tanto la cantidad total de nitrógeno orgánico y amonio, en la muestra original.



Debido a que el método está estandarizado, gran parte puede automatizarse. Esto deja a la recolección y preparación de muestras como el cuello de botella más importante y la fuente de variabilidad (Koceba, 2021).

## 5. Metodología

### 5.1. Animales, alojamiento y manejo

Se utilizaron 40 cuyes, 20 machos y 20 hembras, tipo A1 mejorados, de pelaje corto y de colores claro, oscuro y combinado, de 60 días de edad y peso promedio de  $1091 \pm 189,7$  g. Los ejemplares fueron pesados al iniciar y al finalizar el período experimental. Se alojaron en jaulas metabólicas individuales de malla galvanizada (0.40cm ancho x 0.80cm largo x 0.40cm alto) con una temperatura ambiente de 19,5 °C y 73,88 % de humedad (media más su desviación estándar). El alimento y agua se administró *ad libitum*, en comederos tipo tolva y bebederos de chupón con botella, respectivamente. Se estableció un periodo de adaptación de siete días, mientras que los 4 días posteriores se colectó las heces y orina.

### 5.2. Diseño Experimental

Se utilizó un diseño completamente randomizado, con arreglo factorial, en el cual intervendrán las dietas y sexo del animal. Los cuyes deberán ser ubicados de forma individual, 20 hembras y 20 machos, en 4 secciones de 3 pisos cada uno, como se puede observar en la siguiente distribución, cada grupo de 4 cuyes deberá estar compuesto netamente del mismo sexo.

**Tabla 1.** Distribución de cuyes, en jaulas metabólicas

T1 1 H	T2 2 H	T3 3 H	T4 4 H	T2 5 M	T3 6 M	T4 7 M	T1 8 M	T3 9 H	T4 10 H	T1 11 H	T2 12 H	T4 13 M	T1 14 M
T2 15 M	T3 16 M	T1 17 H	T2 18 H	T3 19 H	T4 20 H	T2 21 M	T3 22 M	T4 23 M	T1 24 M	T3 25 H	T4 26 H	T1 27 H	T2 28 H
T4 29 M	T1 30 M	T2 31 M	T3 32 M	T1 33 H	T2 34 H	T3 35 H	T4 36 H	T2 37 M	T3 38 M	T4 39 M	T1 40 M		
Lateral I			Central I				Central D				Lateral D		

Leyenda

T	→	Tratamiento
#	→	Jaula
H	→	Sexo

### 5.3. Elaboración de las dietas

Las dietas se formularon considerando los requerimientos nutricionales para cobayos del National Research Council (NRC) (1995); fueron isoproteicas (18%) e isoenergéticas (2800 Kcal).

**Tabla 2.** Composición estructural y química de las raciones

Ingredientes	Nivel de inclusión de Lignocelulosa			
	0%	3%	8%	12%
<i>Ingredientes, % en base fresca del pienso</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 sodio	0,01	0,07	0,15	0,23
Premezcla <sup>1</sup>	0,30	0,30	0,30	0,30
Carbonato de calcio	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	0,20	0,20	0,20	0,20
<i>Composición química obtenida (% en base seca)</i>				
Cenizas	13,6	11,3	11,0	8,30
Proteína cruda	19,3	18,75	18,99	18,96
Extracto etéreo	6,64	6,80	7,18	7,01
E.L.N.	41,46	46,25	46,23	49,23
<i>Composición química estimada (% en tal como ofrecido)</i>				
Energía digestible, kcal/kg	2800	2800	2800	2800
Fibra Detergente Neutra (FND)	40,0	40,0	40,0	40,0
Fibra detergente acida (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

<sup>1</sup>La premezcla vitamínica-mineral proveyó por kg 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.

#### 5.4. Variables en Estudio

- Nitrógeno ingerido.
- Nitrógeno excretado en heces.
- Nitrógeno excretado en orina.
- Balance de nitrógeno.
- Retención de nitrógeno.

#### 5.5. Procedimiento de colección

Las heces fueron colectadas, pesadas y almacenadas una vez al día (8 a.m.); mientras que la orina fue colectada, pesada y almacenada, tres veces por día (8 a.m. - 15 p.m. - 22 p.m.). Luego de 4 días, las muestras fueron remitidas al Laboratorio de Suelos, Agua y Bromatología de la Universidad Nacional de Loja, para los análisis correspondientes.

#### 5.6. Análisis químicos

Se tomó en consideración los métodos normados, y establecidos por la AOAC (2016), obteniendo el análisis químico de humedad (934,01), y la materia seca (calculo por diferencia), nitrógeno total/proteína cruda (2001,11), extracto etéreo (948,22), cenizas (923,03), y extracto libre de nitrógeno (caculo por diferencia) de cada dieta. En las heces y orina se determinó únicamente el nitrógeno total, siguiendo el mismo método.

#### 5.7. Cálculos

El balance de nitrógeno se calculó como la diferencia entre la ingesta de N y la excreción total de N en heces y orina.

$$\text{Balance de nitrógeno} = N \text{ ingerido} - N \text{ excretado en heces} - N \text{ excretado en orina}$$

La tasa de retención de N se calculará como la relación del N retenido con el ingerido.

$$\text{Tasa de retención de N} = \frac{N \text{ retenido}}{N \text{ ingerido}} \times 100$$

La digestibilidad del N se terminó como la diferencia entre el N ingerido y el excretado.

$$N \text{ digerido} = N \text{ ingerido} - N \text{ fecal}$$

$$\text{Digestibilidad del N} = \frac{N \text{ digerido}}{N \text{ ingerido}} \times 100$$

La tasa de retención basado en el N digerido se calculó como la relación entre el N retenido y el digerido.

$$\text{Tasa de retención de N basado en lo digerido} = \frac{N \text{ retenido}}{N \text{ digerido}} \times 100$$

### **5.8. Análisis estadísticos**

Los resultados fueron analizados por medio de un ANOVA, donde los factores de variación fueron las dietas, el sexo de los animales, y la interacción de estos dos factores. Las medias tendrán una comparación por medio de un t-test protegido. Los p-valores  $\leq 0,05$  fueron considerados como significativos.

### **5.9. Consideraciones Éticas**

Para el manejo de los animales se tomó en cuenta el Registro Oficial N° 983 del “CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE”, Artículo 151.- Producción y consumo de animales. (Nacional, 2017).

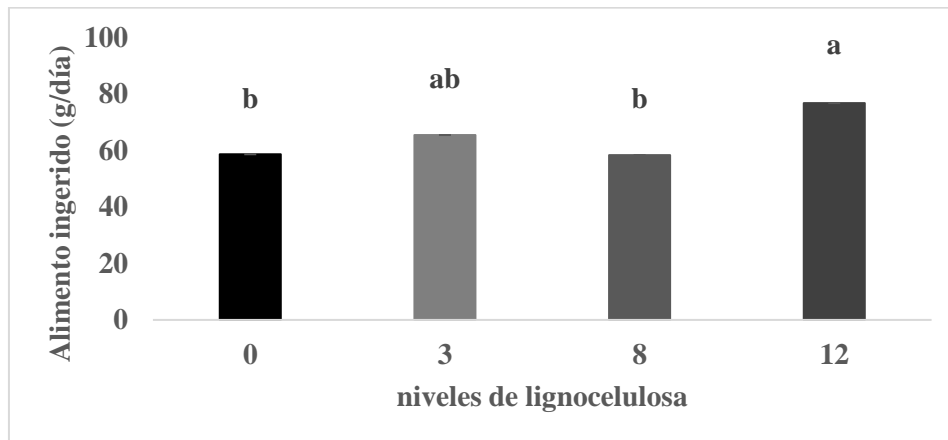
## 6. Resultados

En la tabla 3 se presenta los resultados del alimento ingerido, nitrógeno ingerido y excretado en heces y orina. Los valores representan las medias, errores estándares de la media y p-valores.

**Tabla 3.** Alimento ingerido, nitrógeno ingerido y excretado en heces y orina

Nivel de lignocelulosa	Sexo	Alimento ingerido (g/día)	Nitrógeno ingerido (g/día)	Nitrógeno excretado en heces (g/día)	Nitrógeno excretado en orina (g/día)
0 %		58,6 <sup>b</sup>	1,66 <sup>b</sup>	0,122	0,770 <sup>ab</sup>
3 %		65,4 <sup>ab</sup>	1,79 <sup>ab</sup>	0,104	0,714 <sup>b</sup>
8 %		58,3 <sup>b</sup>	1,61 <sup>b</sup>	0,108	1,03 <sup>a</sup>
12 %		76,7 <sup>a</sup>	2,15 <sup>a</sup>	0,128	0,614 <sup>b</sup>
	M	75,7	2,11	0,139	0,700
	H	53,9	1,50	0,091	0,866
EEM	Nivel	4,76	0,133	0,010	0,088
	Sexo	3,37	0,094	0,007	0,062
	Nivel x Sexo	6,74	0,188	0,015	0,125
P valor	Nivel	0,034	0,032	0,322	0,014
	Sexo	<0,001	<0,001	<0,001	0,069
	Nivel x Sexo	0,244	0,234	0,882	0,249

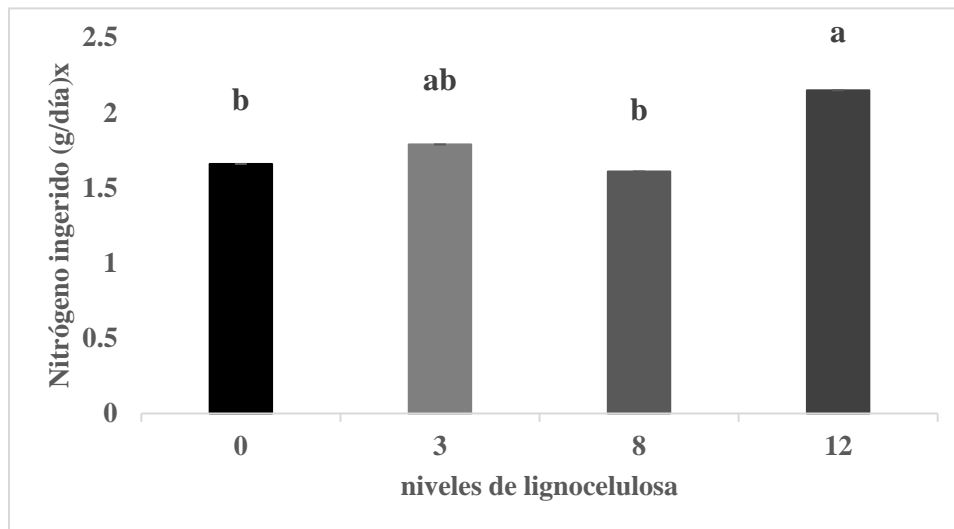
Para el consumo de alimento, N ingerido, N excretado en heces y en orina, presentadas en la tabla 3, no se detectaron interacciones entre el nivel de inclusión de lignocelulosa en las dietas y el sexo de los animales ( $p \geq 0,234$ ).



**Figura 2.** Alimento ingerido (g/día), en los diferentes niveles de inclusión de lignocelulosa.

En el consumo de alimento (tabla 3-figura 2) los machos consumieron un 40% más que las hembras ( $P < 0,001$ ). De la misma forma la inclusión del 12% de lignocelulosa en las dietas de cuyos incremento el consumo en un 31% respecto de los animales que no se incluyó en su dieta

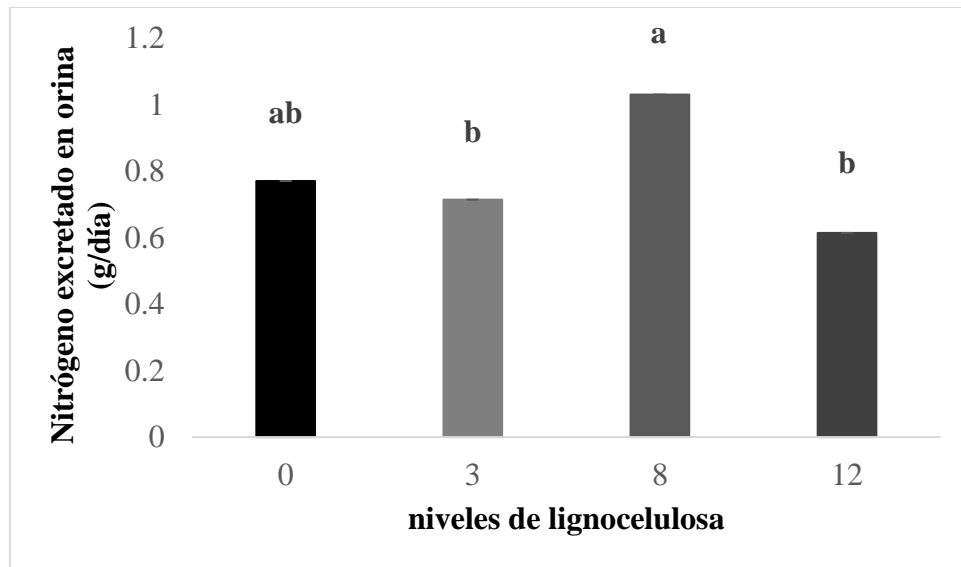
lignocelulosa ( $P=0,034$ ). Los animales que consumieron las dietas del 3% y el 8% de lignocelulosa no mostraron diferencias en el consumo respecto la dieta que no se incluyó lignocelulosa.



**Figura 3.** Nitrógeno ingerido (g/día), en los diferentes niveles de inclusión de lignocelulosa.

El nitrógeno ingerido (tabla 3-figura 3) presenta diferencias en el sexo de los animales ( $p<0,001$ ), en consecuencia, los machos ingirieron un 41% más de N que las hembras. El nivel 3% y 8% no presentan diferencia en comparación al 0% de lignocelulosa. Mientras, que el nivel 12% de lignocelulosa presento un 30% de incremento en N ingerido.

Además, al examinar la tabla, esta indica que el nitrógeno excretado en heces presenta diferencia significativa en el sexo de los animales ( $p<0,001$ ), en el cual los machos han excretado un 53% más de N que las hembras, y no hay diferencia entre los niveles de lignocelulosa ( $p=0,322$ ), obteniendo una media del 0,116g/día del total de unidades experimentales utilizada.



**Figura 4.** Nitrógeno excretado en orina (g/día), al incluir diferentes niveles de lignocelulosa.

Como se puede observar el nitrógeno excretado en la orina (tabla 3-figura 4), no presenta diferencia entre sexo ( $p=0,069$ ), pese a ello se denota una diferencia estadística en el consumo por parte de la hembra siendo un 24% más en relación al macho. Pero entre niveles hay diferencia ( $p=0,014$ ), y se evidencia que el nivel 8% de lignocelulosa, no guarda relación al nivel del 0% debido al incremento del 34% que posee, al contrario de los niveles 3%, y 12% de lignocelulosa que son similares a la dieta que no se incluyó lignocelulosa.

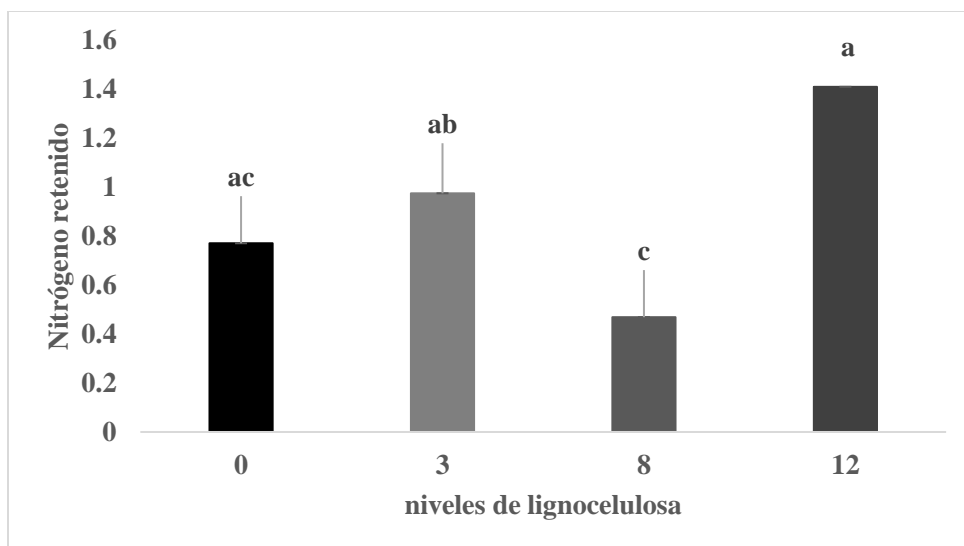
La tabla 4 presenta los resultados del análisis sobre: nitrógeno retenido, tasa de retención de nitrógeno, digestibilidad de nitrógeno y tasa de retención de nitrógeno basado en lo digerido. Los valores representan las medias, el error estándar de la media, y p-valores.



**Tabla 4.** Datos de la digestibilidad del nitrógeno, y la tasa de retención de nitrógeno

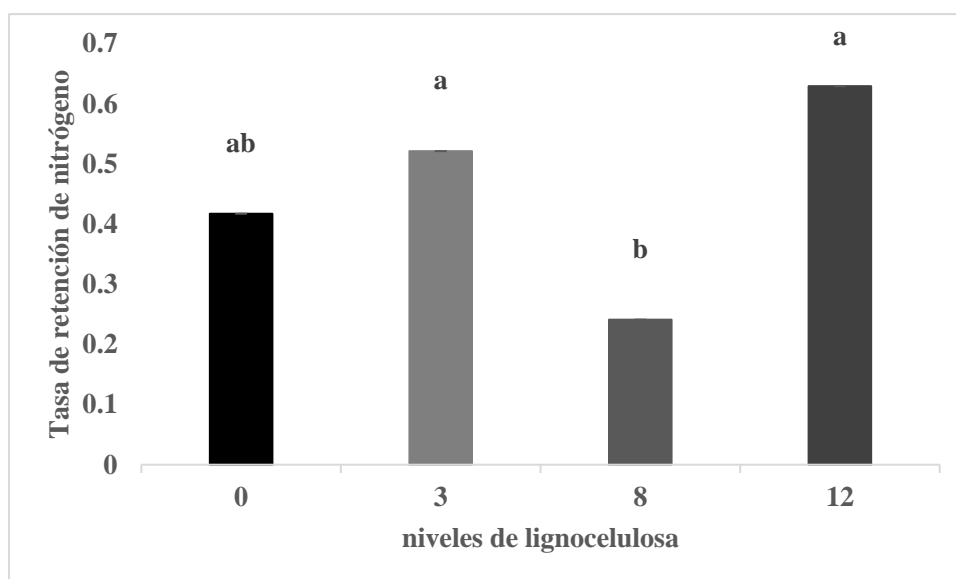
Nivel de lignocelulosa	Sexo	Nitrógeno retenido (g/día)	Tasa de retención de nitrógeno (%)	Digestibilidad del nitrógeno (%)	Tasa de retención de nitrógeno basado en lo digerido (%)
0 %		0,771 <sup>ac</sup>	41,7 <sup>ab</sup>	92,8	45,1 <sup>ab</sup>
3 %		0,975 <sup>ab</sup>	52,1 <sup>a</sup>	94,2	55,4 <sup>a</sup>
8 %		0,469 <sup>c</sup>	24,1 <sup>b</sup>	93,3	25,9 <sup>b</sup>
12 %		1,41 <sup>a</sup>	62,9 <sup>a</sup>	93,8	67,0 <sup>a</sup>
	M	1,27	57,5	93,2	61,7
	H	0,542	32,8	93,9	35,0
EEM	Nivel	0,161	7,40	0,400	7,90
	Sexo	0,114	5,20	0,300	5,60
	Nivel x Sexo	0,227	10,5	0,600	11,2
P valor	Nivel	0,002	0,006	0,106	0,007
	Sexo	<0,001	0,002	0,109	0,002
	Nivel x Sexo	0,863	0,522	0,227	0,491

Los parámetros: N retenido, la tasa de retención de N, la digestibilidad del N, y finalmente la tasa de retención del N basado en lo digerido, al igual que la tabla 3 no presenta diferencia significativa en las interacciones entre el nivel de inclusión de lignocelulosa en las dietas y el sexo de los animales ( $p \geq 0,227$ ).



**Figura 5.** Nitrógeno retenido, al incluir diferentes niveles de lignocelulosa.

En análisis de nitrógeno retenido (tabla 4-figura 5) demuestra que hay diferencia en el sexo, en el cual los machos consumieron un 134% más que las hembras ( $p < 0,001$ ). Por consiguiente la inclusión del 12% de lignocelulosa incremento la retención en un 1,70% respecto de los animales que no se incluyó en su dieta lignocelulosa ( $p = 0,002$ ). Los niveles del 3% y el 8% de lignocelulosa no mostraron diferencias en retención de N respecto a la dieta que no se incluyó lignocelulosa.

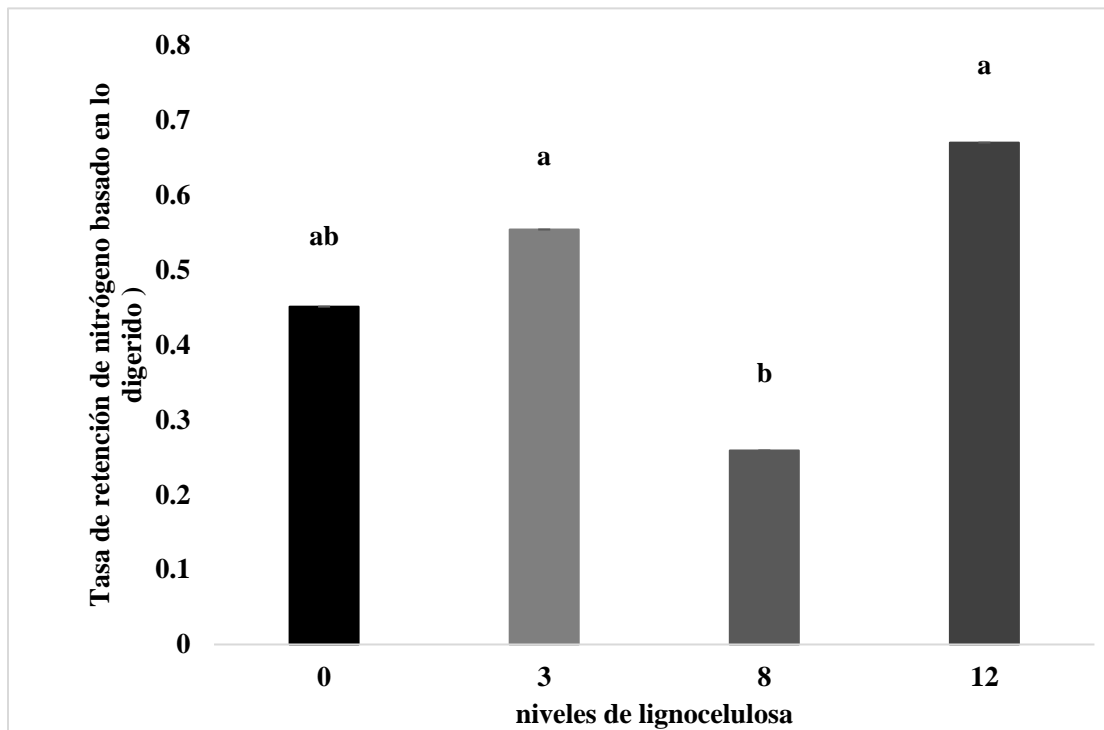


**Figura 6.** Tasa de retención de nitrógeno, al incluir diferentes niveles de lignocelulosa.

En la tabla 4 y figura 6, se observa que los machos poseen una tasa de retención de nitrógeno del 75,3% más que las hembras ( $p = 0,002$ ). Mientras que la inclusión del nivel 12% de

lignocelulosa afecto la tasa de retención de N ( $p=0,006$ ), obteniendo un 15% más frente al nivel de control (0%); en comparación a los niveles 3%, y 8% de lignocelulosa que no mostraron diferencias en el consumo respecto a la dieta que no se incluyó lignocelulosa.

La digestibilidad del nitrógeno, no evidencian diferencia significativa en ninguno de los parámetros de estudio: sexo ( $p=0,109$ ), niveles ( $p=106$ ) de lignocelulosa. Dando como resultado una media de digestibilidad entre todos los tratamientos del 0,935 g/día.



**Figura 7.** Tasa de retención de nitrógeno basado en lo digerido, al incluir diferentes niveles de lignocelulosa.

La tasa de retención del nitrógeno basado en lo digerido (tabla 4-figura 8), evidencia diferencia significativa en el sexo ( $p=0,002$ ), en el cual los machos consumieron un 76,3% más que las hembras. Además, presenta diferencia significativa en los niveles de lignocelulosa ( $p=0,007$ ). El nivel 12% de lignocelulosa, refleja un incremento en retención de nitrógeno del 15%, en comparación al nivel 3%, 8%, de lignocelulosa, los mismos que son similares al nivel que no se añadió lignocelulosa.

## 7. Discusión

Resultados similares a la ingesta de alimento fueron reportados por Burbanol (2006), también por parte de Sánchez (2019), Silvana (2019), y Oviedo (2020), en los cuales el sexo del animal denota diferencias significativas ante la ingesta de los alimentos. Referente al N ingerido, se correlaciona al alimento ingerido. Mientras que el análisis del N excretado en heces es similar en cada tratamiento, únicamente la relevancia evidenciada se ve nuevamente reflejada en el sexo de los animales, puesto que, por condiciones fisiológicas y morfológicas, los machos mantienen un mayor consumo de alimento frente a las hembras, criterio compartido con los autores mencionados anteriormente, por lo tanto, habrá una diferencia significativa, tal como lo que menciona Gidene (2016), en el conejo, y en otros animales monogástricos, la fibra mejora la ingesta, la velocidad de tránsito, y funcionalidad de la mucosa. Dados estos precedentes, no se puede correlacionar la excreción de N en orina, ya que intervienen procesos fisiológicos, y metabolismo del cual, además se puede ver influenciada por aspectos externos como una mala adaptación al medio de estudio, y salud en decadencia del animal. Este parámetro demuestra que la carga porcentual de lignocelulosa afecta significativamente, en cómo es metabolizado y excretado por la orina el N, estos resultados son similares a autores como LI (2011), Kawasaki (2013), y Palta (2023). La renovación del N se relaciona proporcionalmente con el gasto de energía, ya que los requerimientos energéticos basales o de mantenimiento varían en relación con el tamaño corporal metabólico ( $\text{kg}^{0.75}$ ), por lo tanto, los pequeños mamíferos necesitan más energía de mantenimiento por unidad de masa corporal en comparación con los animales más grandes, aspectos similares aporta Church (2002). La cantidad de N urinario endógeno, que está relacionado con el recambio de proteínas y, por lo tanto, esto significa que tasas metabólicas más altas en animales pequeños deben causar una tasa más alta de requerimiento de proteínas por unidad de masa corporal. Para cumplir con ese requisito más alto, los pequeños mamíferos herbívoros deben emplear varios medios de tracto digestivo y estrategia nutricional, así lo afirma Sakaguchi (2003).

Referente a la tabla 4, El N retenido (g/día), la tasa de retención de N (%), la digestibilidad del nitrógeno (%), tasa de retención de N basado en lo digerido (%), los autores como LI (2011), reflejan resultados similares, mientras que autores como Kawasaku (2013), y Palta (2023) arrojan valores  $p > 0,05$ . Además, se refleja en las figuras 5-6-7, que la retención del nivel 8% de

lignocelulosa presenta una notable disminución en retención De N frente a los demás niveles de lignocelulosa. Un estudio de Nicodemus (1998), realizado en conejos, demuestra que una reducción de la concentración de lignina en raciones equilibradas, resulta en un aumento al peso del contenido cecal, lo cual podría dar lugar a un menor consumo, y por consiguiente presentar descansos en la producción; algo similar menciona Gidenne (1994) en uno de sus estudios en el cual demuestra que el déficit de lignina en dietas para conejos, implica una menor velocidad de tránsito, y un mayor peso del contenido cecal. Por el contrario, en dietas con mayor lignificación presentan una reducción en el tiempo de retención total, junto a un aumento del pH cecal, por lo tanto, al no haber un óptimo de aporte en lignina, podría producirse problemas respecto a acidez en el ciego. Con las previas premisas se puede constatar que el nivel de lignocelulosa por debajo del 12% es indistinguible para afectar la retención de N en el animal, aunque se debe tener en cuenta como se recomienda, el utilizar un mínimo de 4,13% de lignina ácido detergente (LAD) (%MS), evitando así trastornos digestivos debido a la acumulación de la digesta en el ciego (Nicodemus, 1998). Palta (2023) sugiere una conjetura en la cual los parámetros de estudio tanto en retención de nitrógeno, como el ingerido, únicamente demuestra relevancia numérica, debido al mayor consumo de alimento, y el consumo de nitrógeno en los machos, tal como se expresa en el presente trabajo, pese a ello Kawasaki (2011) menciona que en cuyes, la cecotrofia, y la adición de 5% de FOS (fructooligosacáridos) reduce la excreción urinaria y fecal de N, esto se debe al tipo de tracto digestivo, en cuyes, ya que es tipo trampa de moco, la presente mucosidad atrapa las bacterias intestinales, la cual es transportada de manera retrógrada al ciego a través del surco del colon. Esto sugiere que el tipo de mecanismo de separación de lavado permite que las heces blandas contengan más proteína cruda.

La cecotrofia tienen importancia nutricional en la suplementación con N en conejos, ya que puede proporcionar hasta el 30% de la ingesta diaria de N, esta se deriva principalmente de microbios cecales, por consiguiente esta premisa puede ser utilizada en cuyes, no obstante, se puede obtener una menor contribución nutricional (Li, 2011).

Los carbohidratos no digeribles escapan de la digestión, y de la degradación enzimática del intestino delgado, posterior a ello, llegan al intestino grueso, donde pueden llegar a fermentarse parcial o totalmente, aumentando así profundamente la multiplicación microbiana en roedores. También estimulan la actividad de la desaminasa y la ureasa bacteriana, aumentando

sustancialmente el amoníaco, esto resulta en un aumento considerable del N microbiano en el ciego, y las heces en paralelo, con una disminución del N urinario. Siendo la principal fuente de N para la flora microbiana anaerobia presente en porción del ciego-colon. Estos efectos tienen una estrecha relación con el aumento del flujo de urea N en sangre hacia el intestino grueso (Li, 2011). La FAO (2020) menciona que, en el ciego, el tiempo de multiplicación de los microorganismos es mayor que la retención de alimento, el cual lo resuelve por medio de mecanismos los cuales aumentan su permanencia, y en consecuencia la utilización de la digesta. Los microorganismos en su mayoría bacterias gram-positivas, aportan la producción de ácidos grasos volátiles, síntesis de proteína microbiana, y vitaminas del complejo B, además la flora bacteriana existente en el ciego permite el adecuado aprovechamiento de la fibra, por lo cual estos aspectos pueden aportar el cubrir requerimientos nutricionales debido a la reutilización del nitrógeno por medio de la cecotrófia. En los pequeños fermentadores de intestino posterior, no rumiantes, las partículas grandes de residuos de alimentos no se retienen selectivamente en el intestino. Esto probablemente hace que los pequeños fermentadores del intestino posterior toleren una dieta rica en fibra, aunque puede haber variación en su digestibilidad debido a diferencias en la función del intestino grueso, especialmente en los fermentadores del ciego.

García (1995, 2000) evidencia que las fuentes de fibra en relación con cecótrofos y aspectos de fermentación cecal, pueden influir en los materiales fermentables, alterando así la producción de cecótrofos, e influir aún más en los nutrientes.

## 8. Conclusiones

- La inclusión de niveles crecientes de lignocelulosa del 3, y 12% en las dietas de cuyes demuestra un efecto significativo en el aumento del consumo de alimento y el consumo de nitrógeno. Sin embargo, esto no afecta la excreción de nitrógeno en las heces ni se detectan diferencias en la digestibilidad de nitrógeno, lo que sugiere que es una estrategia viable para mejorar la alimentación de los cuyes sin comprometer la eficiencia de digestión.
- Se nota un patrón interesante en cuanto a la excreción de nitrógeno en la orina de los cuyes. A medida que aumenta la inclusión de lignocelulosa en las dietas, especialmente en los niveles del 3 y 12%, se observa una tendencia a la reducción del nitrógeno excretado a través de la orina. Este hallazgo indica que la lignocelulosa podría tener beneficios potenciales en la digestión del nitrógeno y, posiblemente, en la calidad del ambiente en el que se crían los cuyes.
- Los resultados revelan una relación lineal al aumentar los niveles de inclusión de lignocelulosa del 3 y 12% en las dietas de cuyes, mejorando de forma constante las tasas de retención de nitrógeno. Este efecto lineal sugiere que el incremento de lignocelulosa en la dieta podría ser una estrategia para mejorar la eficiencia en la retención de nitrógeno en cuyes, lo que podría tener implicaciones positivas para la cría y la producción de estos animales.

## **9. Recomendaciones**

- Utilizar dietas con niveles altos en lignocelulosa, promueve una mayor retención de N y mejora motilidad intestinal, por consiguiente hay mejora en la compactación de cecotrofos.
- Investigar si el aumento de N excretado, se debe a factores netamente endógenos del animal, o factores exógenos que puedan repercutir en el mismo, tanto como temperatura, salud del animal o la ingesta de agua.
- Realizar nuevas investigaciones referentes a las afectaciones, y/o beneficios que puedan producir la excesiva excreción, y retención de N por parte del animales, al añadir en las raciones lignocelulosa.
- Determinar la proporción de FDN, y FDA presente en las raciones.



## 10. Bibliografía

- Álvarez, E. E., & Sánchez, P. G. (2006). La fibra dietética. <https://scielo.es>. Obtenido de <https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v21s2/original6.pdf>
- Angamarca, C. (2019). “Efectos de niveles altos de fibra cruda, sobre parámetros productivos y digestivos en cobayos tipo 1a (cavia porcellus), utilizando como fuente de fibra la paja.” Trabajo de tesis previo a la obtención del título de Médico Veterinario Zootecnista. Obtenido de: Universidad Nacional de Loja Dspace. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/9269/browse?type=author&order=ASC&rpp=20&value=Angamarca+Morocho%2C+Cristian+Fernando>
- AOAC. (2016). Official Methods of Analysis of AOAC International. Gaithersburg, United States. Obtenido de: <https://doi.org/10.1093/9780197610145.001.0001>
- Brautigan, I. M. (1991). Nutrición Animal (Primer Edición ed.). Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia. Obtenido de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=\\_K5VL2Z5aQwC&oi=fnd&pg=PA13&dq=celulosa+hemicelulosa+nutricion+animal&ots=LlcKvUyJxj&sig=nJOiidWbZzwh7ZqDaBJmODQxvhE#v=snippet&q=celulosa&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=_K5VL2Z5aQwC&oi=fnd&pg=PA13&dq=celulosa+hemicelulosa+nutricion+animal&ots=LlcKvUyJxj&sig=nJOiidWbZzwh7ZqDaBJmODQxvhE#v=snippet&q=celulosa&f=false)
- Cano, I. (2009). Rol de la fibra dietaria en animales no rumiantes. <https://www.u-cursos.cl>. Obtenido de: [https://www.u-cursos.cl/veterinaria/2009/1/PG062/1/material\\_docente/bajar?id\\_material=552033#:~:text=La%20fibra%20insoluble%20o%20poco,que%20acelera%20el%20tr%C3%A1nsito%20intestinal](https://www.u-cursos.cl/veterinaria/2009/1/PG062/1/material_docente/bajar?id_material=552033#:~:text=La%20fibra%20insoluble%20o%20poco,que%20acelera%20el%20tr%C3%A1nsito%20intestinal).
- Cuervo, L. (2001). Lignocelulosa Como Fuente de Azúcares Para la Producción de Etanol. <https://www.researchgate.net>. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Folch-Mallol/publication/266610846\\_Lignocelulosa\\_Como\\_Fuente\\_de\\_Azucres\\_Para\\_la\\_Produccion\\_de\\_Etanol/links/54451eba0cf2f14fb80e9651/Lignocelulosa-Como-Fuente-de-Azucres-Para-la-Produccion-de-Etanol.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Folch-Mallol/publication/266610846_Lignocelulosa_Como_Fuente_de_Azucres_Para_la_Produccion_de_Etanol/links/54451eba0cf2f14fb80e9651/Lignocelulosa-Como-Fuente-de-Azucres-Para-la-Produccion-de-Etanol.pdf)
- FAO. (2020). Capítulo 4 Nutrición y alimentación. <https://www.fao.org>. Obtenido de: <https://www.fao.org/3/w6562s/w6562s04.htm>

- García, J. (1995). Effect of type of lucerne hay on caecal fermentation and nitrogen contribution through caecotrophy in rabbits. <https://rnd.edpsciences.org/>. Obtenido de [https://rnd.edpsciences.org/articles/rnd/pdf/1995/03/RND\\_0926-5287\\_1995\\_35\\_3\\_ART0003.pdf](https://rnd.edpsciences.org/articles/rnd/pdf/1995/03/RND_0926-5287_1995_35_3_ART0003.pdf)
- García, J. (2000). Effect of fiber source on cecal fermentation and nitrogen recycled through cecotrophy in rabbits. <https://academic.oup.com>. Obtenido de: <https://doi.org/10.2527/2000.783638x>
- Gidene, T. (2016). La Fibra en la Nutrición Animal. Una guía práctica para monogástricos. European Union: AGRIMEDIA.
- Gidene, T. (1994). Apports de lignines et alimentation du lapin en croissance. I. Conséquences sur la digestion et le transit. <https://hal.science/>. Obtenido de: <https://hal.science/hal-00889052/document>
- Greenhalgh, M. (1999). Nutricion animal 5° Edición. Editorial ACRIBIA, S.A. Obtenido de: [https://drive.google.com/file/d/1fbMHUITJuXFHqHG9ng0D71jhVx8jUx2E/view?fbclid=IwAR0ZeBDla4eX9aW2cocW6pC6Oh4FUW3bRo-aIKQe\\_MkikbtsW9PMp4s9y8k](https://drive.google.com/file/d/1fbMHUITJuXFHqHG9ng0D71jhVx8jUx2E/view?fbclid=IwAR0ZeBDla4eX9aW2cocW6pC6Oh4FUW3bRo-aIKQe_MkikbtsW9PMp4s9y8k)
- Jaramillo, A. M. (2017). “Determinacion de características morfofisiológicas del tracto digestivo del cuy (cavia porcellus)” Trabajo de tesis previo a la obtención del título de Médico Veterinario Zootecnista. Obtenido de: Universidad Nacional de Loja Dspace. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/18826/1/Alex%20Mauricio%20Ram%C3%B3n%20Jaramillo.pdf>
- Kawasaki, K. (2013). Efecto del fructooligosacárido sobre la utilización del nitrógeno en cobayas Obtenido de: <https://onlinelibrary.wiley.com>. <https://doi.org/10.1111/asj.12009>
- Koceba, J. (2021). Measuring nitrogen levels with the Kjeldahl method. <https://www.cytivalifesciences.com>. Obtenido de: <https://www.cytivalifesciences.com/en/es/news-center/measuring-nitrogen-levels-with-the-kjeldahl-method-10001>
- Li, X. (2011). Efecto de los azúcares no digeribles sobre la utilización del nitrógeno en conejos adultos. <https://onlinelibrary.wiley.com>. Obtenido de: <https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2010.00849.x>

- MAGAP. (2015). Crianza de cuyes ayuda a reconversión de actividades productivas. <https://www.agricultura.gob.ec>. Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/crianza-de-cuyes-ayuda-a-reconversion-de-actividades-productivas/#:~:text=En%20Ecuador%20existe%20un%20promedio,Nacional%20Aut%C3%B3nomo%20de%20Investigaciones%20Agropecuarias>.
- Nacional, A. (2017). Registro oficial. Código Orgánico del Ambiente. <http://mesadeayuda.ambiente.gob.ec>. Obtenido de [http://mesadeayuda.ambiente.gob.ec/Documentacion/MesaAyuda/Normativa/CODIGO\\_ORGANICO\\_DEL\\_AMBIENTE%20RO%20983%2012-ABR-17.pdf](http://mesadeayuda.ambiente.gob.ec/Documentacion/MesaAyuda/Normativa/CODIGO_ORGANICO_DEL_AMBIENTE%20RO%20983%2012-ABR-17.pdf)
- Nicodemus, N. (1998). Efecto de la concentración de lignina en la dieta sobre la digestión en conejos. <https://dialnet.unirioja.es>. Obtenido de: <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/2879403.pdf>
- NRC. (1995). Nutrient requirements of laboratory animals. National Academy of Science. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>. Obtenido de: 10.17226/4758
- Núñez, C. (2017). Comportamiento productivo y cuantificación de la biomasa residual disponible en un sistema caviícola. Documento final del proyecto de investigación como requisito para obtener el grado de Médico Veterinario Zootecnista. Obtenido de Universidad Técnica de Ambato. Repositorio: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26212/1/Tesis%2093%20Medicina%20Veterinaria%20y%20Zootecnia%20-CD%20503.pdf>
- Piedra, M. (2015). “Evaluación de tres niveles de inclusión de subproductos a base de cáscara de maracuyá y afrecho de trigo dentro de la alimentación de cuyes criollos en etapa recria”. Trabajo de grado previo a la obtención del título de Médico Veterinario Zootecnista. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Dspace: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7546/1/UPS-CT004480.pdf>
- Reyes, F. (6 de Octubre de 2021). Análisis del manejo, producción y comercialización del cuy (*Cavia porcellus* L.) en Ecuador. Revista Científica. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i6.2377>
- Robles, J. (2015). Concentración de nitrógeno en la alimentación y estiércol en cuyes destetados del centro de producción e investigación Kotosh-Huanuco. Para optar el título profesional

- de Medico Veterinario. Obtenido de E.A.P. de Medicina Veterinaria. 1library: <https://1library.co/document/yd724wly-concentracion-nitrogeno-alimentacion-estiercol-destetados-produccion-investigacion-huanuco.html>
- Romero, N. (1997). Métodos de análisis para la determinación de nitrógeno y constituyentes nitrogenados en alimentos. <https://www.fao.org>. Obtenido de: <https://www.fao.org/3/ah833s/Ah833s17.htm>
- Sakaguchi. (2003). Estrategias digestivas de pequeños fermentadores del intestino posterior. Revista de ciencia animal. Obtenido de: <https://doi.org/10.1046/j.1344-3941.2003.00124.x>
- Sandoval, H. (2013). “Evaluación de diferentes tipos de dietas en cobayos en crecimiento”. Trabajo de investigación estructurado de manera independiente como requisito para optar el título de Medico Veterinario Zootecnista. Obtenido de: Universidad Tècnica de Ambato. Repositorio. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/5225/1/Tesis%202003%20Medicina%20Veterinaria%20y%20Zootecnia%20%282%29%20-CD%20171.pdf>
- Santini, F. (2014). Nutriciòn Animal Aplicada. Área de Investigación en Producción Animal. Grupo de Nutriciòn Animal INTA, EEA Balcarce. <https://inta.gob.ar>. Obtenido de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_curso\\_nutricin\\_animal\\_aplicada\\_2014.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_curso_nutricin_animal_aplicada_2014.pdf)
- Segura, F. (2007). Descripción y Discusión acerca de los Métodos de Análisis de Fibra y del Valor Nutricional de Forrajes y Alimentos para Animales. <http://www.scielo.org.co>. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-40042007000100011&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-40042007000100011&script=sci_arttext)
- Usca, J. (2022). Manejo General en la cría del cuy. <http://cimogsys.esPOCH.edu.ec>. Obtenido de: <http://cimogsys.esPOCH.edu.ec/direccion-publicaciones/public/docs/books/2022-04-05-161827-Manejo%20general%20en%20la%20cria%20del%20cuy.pdf>
- Vásquez, E. F. (2013). Evaluación de 2 niveles de fibra y 2 niveles de proteína en la dieta sobre los parámetros zootécnicos en los cuyes. Trabajo de Grado Presentado Como Requisito Parcial Para Optar Al Título de Medico Veterinario Zootecnista. Obtenido de Universidad Central del Ecuador. Dspace: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/4445/1/T-UCE-0014-65.pdf>

## 11. Anexos

### Anexo 1. Evidencias fotográficas del trabajo de campo



**Figura 8.** Preparación de la instalación en el área de metabolismo.



**Figura 9.** Elaboración de las dietas experimentales.



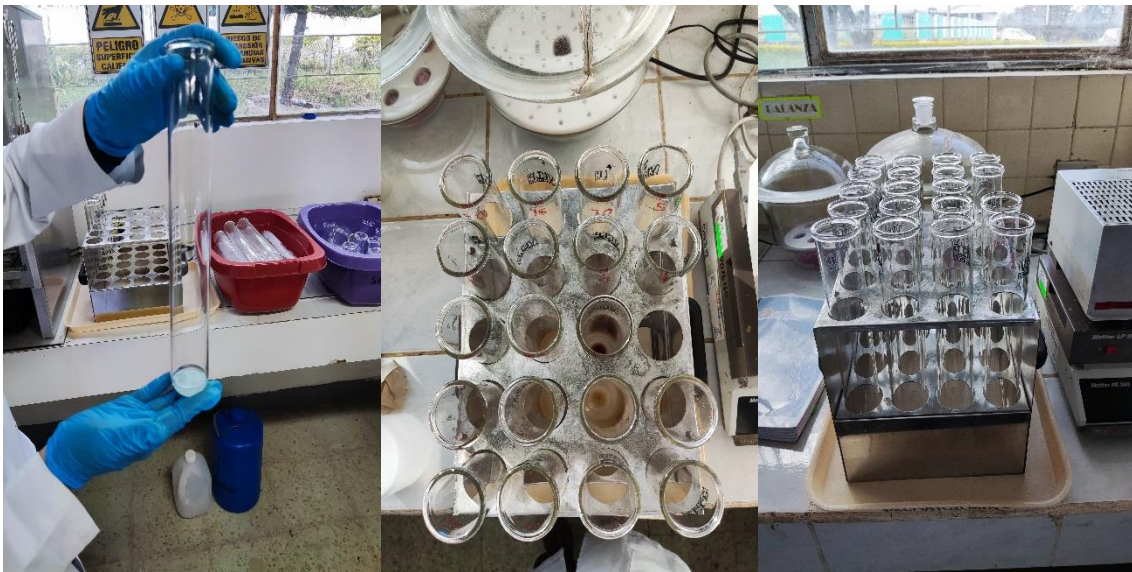
**Figura 10.** Recolección y pesaje de muestras de orina.



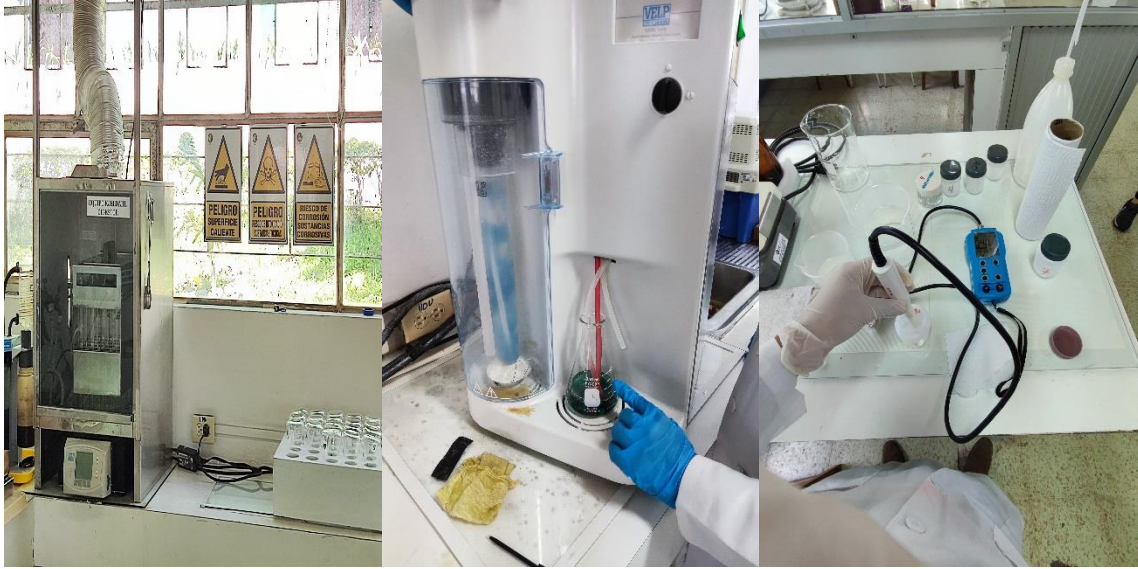
**Anexo 2. Evidencias fotográficas del trabajo en laboratorio.**



**Figura 11.** Pesaje de muestras para determinación de nitrógeno/proteína.



**Figura 12.** Preparación de muestras para el equipo Kjeldahl, determinación de nitrógeno/proteína.



**Figura 13.** Determinación de nitrógeno/proteína.



### **Anexo 3.** Certificación de traducción en inglés.

Loja, 29 de octubre de 2023

Yo, Lic. Yanina Quizhpe Espinoza, con cédula de identidad 1104337553, docente del Instituto de Idiomas de la Universidad Nacional de Loja, y certificada como traductora e interprete en la Senescyt y en el Ministerio de trabajo del Ecuador con registro **MDT-3104-CCL-252640**, certifico:

Que tengo el conocimiento y dominio de los idiomas español e inglés y que la traducción del resumen del Trabajo de Titulación **Estudio del efecto de inclusión de diferentes niveles de lignocelulosa en las dietas de cuyes (*Cavia porcellus*) sobre su balance de nitrógeno**, de autoría del estudiante Ángel Oswaldo Espinoza Apolo, con cédula 1150230579 es verdadero y correcto a mi mejor saber y entender.

Atentamente

YANINA  
BELEN  
QUIZHPE  
ESPINOZA  
Firmado digitalmente por YANINABELEN QUIZHPE ESPINOZA  
Fecha: 2023.10.29 21:03:10 -0500

Yanina Quizhpe Espinoza.

**Traductora Freelance**