



1859



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Medicina Veterinaria

Estudio del balance de nitrógeno en cuyes (*Cavia porcellus*) en etapa post destete, alimentados con diferentes niveles de fibra insoluble y soluble

Trabajo de Integración Curricular,
previo a la obtención del título de Médica
Veterinaria

AUTORA:

Jennifer Nayeli Enríquez Villacís

DIRECTORA:

Dra. Rocío del Carmen Herrera Herrera Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2024

Educamos para **Transformar**



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Sistema de Información Académico
Administrativo y Financiero - SIAAF

CERTIFICADO DE CULMINACIÓN Y APROBACIÓN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, **HERRERA HERRERA ROCIO DEL CARMEN**, director del Trabajo de Integración Curricular denominado **Estudio del balance de nitrógeno en cuyes (Cavia porcellus) en etapa post destete, alimentados con diferentes niveles de fibra insoluble y soluble**, perteneciente al estudiante **JENNIFER NAYELI ENRIQUEZ VILLACIS**, con cédula de identidad N° **1104304280**.

Certifico:

Que luego de haber dirigido el **Trabajo de Integración Curricular**, habiendo realizado una revisión exhaustiva para prevenir y eliminar cualquier forma de plagio, garantizando la debida honestidad académica, se encuentra concluido, aprobado y está en condiciones para ser presentado ante las instancias correspondientes.

Es lo que puedo certificar en honor a la verdad, a fin de que, de así considerarlo pertinente, ella señor/a docente de la asignatura de **Integración Curricular**, proceda al registro del mismo en el Sistema de Gestión Académico como parte de los requisitos de acreditación de la Unidad de Integración Curricular del mencionado estudiante.

Loja, 16 de Agosto de 2024



ROCIO DEL CARMEN
HERRERA HERRERA

DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR



Certificado TIC/TT.: UNL-2024-002819

1/1
Educamos para Transformar

Autoría

Yo, **Jennifer Nayeli Enríquez Villacís**, declaro ser autora del presente Trabajo de Integración Curricular 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 Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.



Firma:

Cédula de identidad: 1104304280

Fecha: 17/12/2024

Correo electrónico: jennifer.enriquez@unl.edu.ec

Teléfono: 0989567977

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

Yo, **Jennifer Nayeli Enríquez Villacís**, declaro ser autora del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Estudio del balance de nitrógeno en cuyes (*Cavia porcellus*) en etapa post destete, alimentados con diferentes niveles de fibra insoluble y soluble**, como requisito para optar por el título de **Médica Veterinaria**, 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 Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a veintinueve días del mes de noviembre del dos mil veinte y cuatro.



Firma:

Autora: Jennifer Nayeli Enríquez Villacís

Cédula: 1104304280

Dirección: Loja, El Rosal, Calle Enriquez Dossel y Ricardo Palma.

Correo electrónico: jennifer.enriquez@unl.edu.ec

Teléfono: 0989567977

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Directora del Trabajo de Integración Curricular: Rocío del Carmen Herrera Herrera Mg. Sc.

Dedicatoria

A mis abuelos, Martha Jiménez y Héctor Villacís, por todos estos años de paciencia y esfuerzo, por su apoyo y amor incondicional a lo largo de toda mi existencia. Todo lo que soy es gracias a ustedes y este logro y todos los que vienen es el reflejo de lo que ustedes han sembrado.

A mis padres, José Enríquez y María Villacís quienes siempre han confiado plenamente en mí y me motivaron moral y materialmente para culminar mis estudios universitarios.

Jennifer Nayeli Enríquez Villacís

Agradecimiento

A mi directora, Dra. Rocío Del Carmen Herrera, quien supo orientarme y brindarme parte de su tiempo para el desarrollo del presente proyecto, por su confianza y profesionalismo, gracias. A los docentes de investigación CIDIÑA y sobre todo a la Ing. Beatriz Guerrero, por su paciencia y guía durante el proceso de análisis de laboratorio del presente trabajo.

A mi querida abuela, siempre estaré agradecida por todo el sacrificio, apoyo y amor que me ha dado, espero con todo mi corazón poder devolverle todo lo que ha hecho por mí. A mi familia, principalmente a mis tías, quienes me han extendido su mano en momentos cruciales de mi vida.

A Santiago, por estar presente a lo largo de todo este camino, por tu amor, ayuda, motivación y ánimo, lo cual ha sido fundamental para poder culminar este trabajo de investigación. Estaré eternamente agradecida por hacerme sentir capaz de alcanzar todo lo que me proponga y por recordarme siempre lo valiosa que soy.

Finalmente, a mis amigos incondicionales de colegio y universidad, cada uno de ustedes ha sido una parte esencial en mi vida, gracias por brindarme su apoyo y darme fuerzas cuando más lo he necesitado. Deseo que la vida nos brinde más oportunidades y éxitos, para poder disfrutarlos y compartirlos.

Jennifer Nayeli Enríquez Villacís

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
Abstract	3
2. Introducción	4
3. Marco Teórico	6
3.2. Requerimientos Nutricionales	7
3.2.1. <i>Proteína y aminoácidos</i>	8
3.2.2. <i>Lípidos</i>	8
3.2.3. <i>Carbohidratos</i>	8
3.2.4. <i>Vitaminas</i>	9
3.2.5. <i>Minerales</i>	9
3.2.6. <i>Agua</i>	10
3.2.7. <i>Fibra Dietética</i>	10
3.3. Fibra dietética soluble	11
3.3.1. <i>Pectina</i>	13
3.4. Fibra dietética insoluble	14
3.5. Metabolismo del nitrógeno	14
3.5.1. <i>Nitrógeno total</i>	14

3.5.2.	<i>Retención y digestión de Nitrógeno.....</i>	15
3.5.3.	<i>Balance de Nitrógeno.....</i>	15
3.5.4.	<i>Método de Detección de Nitrógeno Total</i>	16
4.	Metodología	18
4.1.	Área de estudio.....	18
5.2.	Procedimiento	18
4.1.1.	<i>Enfoque metodológico.....</i>	18
4.1.2.	<i>Diseño de la investigación</i>	18
4.1.3.	<i>Unidades experimentales</i>	19
4.1.4.	<i>Dietas Experimentales.....</i>	19
4.1.5.	<i>Tratamientos.....</i>	20
4.1.6.	<i>Fase de campo (Manejo, toma y registro de datos).....</i>	21
4.1.7.	<i>Fase de laboratorio (Análisis de las muestras)</i>	21
4.1.8.	<i>Análisis de los resultados.....</i>	22
4.1.9.	<i>Consideraciones éticas.....</i>	22
5.	Resultados	23
6.	Discusión	25
7.	Conclusiones	29
8.	Recomendaciones	29
9.	Bibliografía	31
10.	Anexos	38

Índice de tablas:

Tabla 1. Requerimientos nutricionales en cuyes 7

Tabla 2. Ingredientes y composición química de las dietas experimentales con diferentes niveles de fibra insoluble y soluble. 19

Tabla 3. Niveles de inclusión de fibra soluble e insoluble en los tratamientos..... 20

Tabla 4. Alimento ingerido, nitrógeno ingerido, nitrógeno excretado en orina y heces 23

Tabla 5. Nitrógeno retenido, tasa de retención de nitrógeno, digestibilidad del nitrógeno y tasa de retención de nitrógeno basado en lo digerido..... 24

Índice de figuras:

Figura 1. Estructura molecular básica de la pectina.....	13
Figura 2. Mapa de ubicación del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación de Nutrición Animal (CIDiNA) UNL.	18
Figura 3. Adecuación y limpieza de instalaciones.....	38
Figura 4. Elaboración de dietas experimentales.....	38
Figura 5. Recolección de muestras de heces y orina.....	39
Figura 6. Determinación de Nitrógeno/Proteína.	39

Índice de anexos:

Anexo 1. Evidencias fotográficas del trabajo de campo.....	38
Anexo 2. Evidencias de análisis de laboratorio.	39
Anexo 3. Certificación de traducción de inglés	40

1. Título

Estudio del balance de nitrógeno en cuyes (*Cavia porcellus*) en etapa post destete alimentados con diferentes niveles de fibra insoluble y soluble.

2. Resumen

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el balance de nitrógeno en cuyes (*Cavia porcellus*) en etapa post destete, alimentados con diferentes niveles de fibra insoluble y soluble. Se utilizaron 40 cuyes Tipo A1 de 15 días de edad, peso promedio de 272 ± 20 g, alojados en jaulas metabólicas individuales de 51x42x26cm, distribuidos aleatoriamente en cuatro tratamientos con dos niveles (alto/bajo) de fibra soluble e insoluble, el alimento se administró *ad libitum* durante 10 días. La recolección y pesaje de muestras se realizó los tres días posteriores al periodo de adaptación. Las variables evaluadas fueron balance de N, tasa de retención de N, digestibilidad de N y tasa de retención basada en el N digerido. Los datos se procesaron en el paquete estadístico InfoStat a través de un análisis de varianza (ANOVA), los principales factores de variación fueron los niveles de fibra soluble e insoluble, y la interacción de las mismas, y el factor aleatorio, fue la camada, se aplicó un T-test protegido para la comparación de medias. Los resultados mostraron una diferencia estadística $p= 0,015$ con la inclusión del nivel alto de fibra soluble para nitrógeno excretado en heces y orina. No presentó diferencia $p= 0,795$ significativa las variables de ingestión de alimento, nitrógeno ingerido, nitrógeno retenido y digestibilidad de N con la inclusión de fibra soluble e insoluble y la interacción de las mismas, sin embargo, se observa una tendencia $p=0,085$ con la inclusión alta de fibra soluble en tasa de retención de N y tasa de retención basada en lo digerido; así como en nitrógeno retenido en la interacción fibra soluble* insoluble. Se concluye que niveles altos de fibra soluble tienden a mejorar excreción de nitrógeno en heces y orina y la retención de nitrógeno.

Palabras clave: fibra soluble, fibra insoluble, orina, heces, balance de nitrógeno, cuyes.

Abstract

This research aimed to evaluate the nitrogen balance in post-weaning guinea pigs (*Cavia porcellus*) fed different levels of insoluble and soluble fiber. Forty Type A1 guinea pigs of 15 days of age, with an average weight of 272 ± 20 g, housed in individual metabolic cages of 51x42x26 cm, randomly distributed in four treatments with two levels (high/low) of soluble and insoluble fiber, the feed was administered ad libitum for 10 days. Samples were collected and weighed three days after the adaptation period. The variables evaluated were N balance, N retention rate, N digestibility, and retention rate based on N digested. Data were processed in the statistical package InfoStat through an analysis of variance (ANOVA), the main factors of variation were the levels of soluble and insoluble fiber, and the interaction of these, and the random factor was litter. The results showed a statistical difference of $p= 0.015$ with the inclusion of the high level of soluble fiber for nitrogen excreted in feces and urine. There was no significant difference $p=0.795$ in the variables of feed intake, ingested nitrogen, retained nitrogen, and N digestibility with the inclusion of soluble and insoluble fiber and their interaction; however, a trend of $p=0.085$ was observed with the inclusion of high soluble fiber in N retention rate and retention rate based on what was digested; as well as in retained nitrogen in the soluble*insoluble fiber*insoluble fiber interaction. It is concluded that high levels of soluble fiber tend to improve fecal and urinary nitrogen excretion and nitrogen retention.

Keywords: soluble fiber, insoluble fiber, urine, feces, nitrogen balance, guinea pigs.

2. Introducción

El cuy o cobayo (*Cavia porcellus*) es originario de la región andina de América. Se caracteriza por su facilidad de adaptación a diferentes ecosistemas, ciclo biológico corto y buena fertilidad, aspectos que favorecen su explotación y han generalizado su consumo, en países de Perú, Colombia, Ecuador y Bolivia (Aliaga et al, 2009). Además, su producción proporciona un suministro regular de proteína animal de alta calidad, la cual contribuye a la seguridad alimentaria, asimismo, proporciona un ingreso pequeño pero constante a los productores (Ngoula et al, 2017), este herbívoro monogástrico tiene un estómago simple y un ciego funcional bien desarrollado, su fisiología y anatomía permite que consuma una dieta con material inerte y voluminoso. Asimismo, permite que la celulosa almacenada fermenta mediante la acción microbiana, lo que resulta en un mejor aprovechamiento del contenido de fibra (Prosser, 1958; Cardona et al., 2020). La fibra actúa como fuente de energía mediante los ácidos grasos (acetato, butirato y propionato) generados por su fermentación. También influye en la motilidad y el tránsito intestinal y contribuye a mantener las condiciones ideales para el crecimiento y desarrollo de la flora microbiana en el ciego, lo que a su vez mejora la digestión y absorción de otros nutrientes. (Henning y Hird, 1969; García y Velasco, 2007; Sakaguchi, et al., 1997).

Se estima que, en la producción de cuyes manejados de manera intensiva, la alimentación representa el 60 a 70% de los costos de producción, esto debido a que las fuentes fibrosas comerciales que se introducen con el objetivo de obtener una dieta equilibrada son costosas Velecela & Lema (2023); por lo tanto, es necesario reemplazar fuentes fibrosas comerciales por convencionales que beneficie la rentabilidad de la producción (Ravindran, 2010). Además, el conocimiento de las necesidades nutricionales es indispensable para la formulación de dietas equilibradas de acuerdo a cada etapa productiva de los cuyes (Chauca, 2002).

Ocasionalmente, los productores administran dietas a base de forrajes, sin considerar su etapa de madurez, los cuales no aportan la cantidad adecuada de fibra, o, por otro lado, el suministro de forrajes demasiado maduros que no estiman el nivel de fibra que puede aportar. Debido a esto, deficientes niveles de fibra dietética afectan directamente en la salud intestinal, influyen en la funcionalidad de la mucosa, disminuyen las microvellosidades y por ende una baja absorción de nutrientes, principalmente de proteína (Chauca, 1997); que

conllevan a un crecimiento limitado, producción láctea deficiente, abortos, baja fertilidad y menor rendimiento en la absorción de nutrientes de los alimentos (Cardona et al., 2020).

Otro nutriente de importancia en la nutrición de cuyes es la proteína que contribuye al proceso de desarrollo y producción de esta especie, sin embargo, existe poca data registrada sobre el metabolismo de la misma, es así que es necesario conocer los porcentajes de ingestión, retención y excreción en el animal para conocer su balance de nitrógeno, ya que pérdidas de este elemento generan que el animal utilice sus reservas en el músculo estriado, esto debido a que los requerimientos energéticos y proteicos no fueron cubiertos, llevando al animal a un estado catabólico, suponiendo pérdida de masa corporal y bajo rendimiento productivo (Klein, 2014; Bailey, et al., 1992).

Por cuanto, es necesario realizar estudios de la inclusión de dietas con materias primas convencionales valorando la parte de niveles de nitrógeno procurando obtener balances nitrogenados positivos que demuestran que el animal está reteniendo más nitrógeno del que excreta, lo que implica un aumento de masa muscular, por cuanto también lograr una buena salud intestinal para lograr una buena absorción de nutrientes (McDonald, 1999). De igual manera, mediante la presente investigación se procura aportar con información que ayude al productor y de esta forma, además de reducir costos de producción, se podrá suplir materias primas comúnmente usadas en la alimentación de cuyes por residuos de la agroindustria.

Considerando los antecedentes mencionados en la presente investigación se ha considerado evaluar el balance de nitrógeno en cuyes (*Cavia porcellus*) en etapa post destete, alimentados con la inclusión de diferentes niveles de fibra insoluble y soluble, con la finalidad de mejorar rendimientos productivos, para lo cual se plantearon los siguientes objetivos:

- Determinar los niveles de excreción de nitrógeno en heces con diferentes niveles de fibra insoluble y soluble en etapa post destete de cuyes.
- Valorar niveles de excreción de nitrógeno en orina con diferentes niveles de fibra insoluble y soluble en etapa post destete de cuyes.
- Calcular niveles de retención de nitrógeno en el animal bajo diferentes niveles de fibra insoluble y soluble en etapa post destete de cuyes.

3. Marco Teórico

3.1. Fisiología digestiva del cuy

El sistema digestivo del cuy (*Cavia porcellus*) está compuesto de cavidad oral y órganos anexos (dientes, lengua, glándulas salivares), esófago, estómago, intestino delgado, hígado, páncreas, intestino grueso, colon, recto y ano (Chauca et al., 2011). En la boca se encuentran piezas dentarias encargadas de triturar los alimentos que se mezclan con la saliva, secretada por las glándulas parótida, mandibular y sublingual, actúa como lubricante y contiene la enzima amilasa, que degrada los carbohidratos, producto de este proceso se forma el bolo alimenticio, que por medio de movimientos de peristalsis llega al estómago a través del esófago, el cual es un órgano tubular, este último proceso se denomina deglución (Sakaguchi, 2003; Leandro, 2012).

En el estómago empieza la digestión de proteínas, la gastrina es la hormona que inicia en una primera fase la descomposición de proteínas. La presencia de alimentos en el estómago hace que las principales células de la mucosa gástrica secreten pepsinógeno, el cual es activado por el HCl el cual es originado por las células parietales de la mucosa gástrica para formar pepsina, esta se encarga de degradar las proteínas y convertirlas en polipéptidos y también amilasas, que a su vez degradan a los carbohidratos, y en lipasas, que degradan a las grasas (Cherian, 2020). La gastrina además de regular la motilidad, es fundamental en la absorción de la vitamina B12 a nivel del intestino delgado (Aliaga et al., 2009).

La siguiente parte de la digestión tiene lugar en el intestino delgado, el cual se encuentra dividido en tres porciones: duodeno, yeyuno e íleon (Arce, 2017; Ghoshal y Bal, 1989). Realiza un papel fundamental en la digestión de las proteínas. La hormona secretina en el duodeno estimula al páncreas para secretar jugo pancreático, el cual es una mezcla de enzimas digestivas que incluye tres formas inactivas: tripsinógeno, quimotripsinógeno y carboxipeptidasa y bicarbonato liberado en el duodeno, a través del conducto pancreático. Además, en el duodeno se secreta la enterocinasa, convierte el tripsinógeno en tripsina, que convierte el quimotripsinógeno y la procarboxipeptidasa en quimotripsina y carboxipeptidasa, estas son sus formas activas. El resultado de la digestión por las enzimas pancreáticas son oligopéptidos, tripéptidos, dipéptidos y aminoácidos libres (CUN, 2020; Cherian, 2020).

Al igual que los carbohidratos y las grasas, en el intestino delgado las vellosidades del

facilitan su absorción en el torrente sanguíneo. Por medio de transporte activo secundario los aminoácidos libres ingresan al interior del enterocito, que requiere energía y utiliza sodio como molécula de cotransporte. Los dipéptidos y tripéptidos ingresan al enterocito mediante un transporte acoplado a iones hidrógeno y dentro del enterocito son hidrolizados a aminoácidos, de manera que a la sangre únicamente ingresan los aminoácidos libres y se distribuyen en todo el torrente sanguíneo e ingresan a las células (Cherian, 2020).

En el cuy posee un intestino grueso bien desarrollado, comprende de ciego, colon ascendente, colon transverso, colon descendente, recto y ano (Jara et al., 2019). De esta manera, los restos de la digestión, agua no absorbida y secreciones de la última etapa del intestino delgado transitan al intestino grueso en el cual ocurre una fermentación post gástrica de los alimentos fibrosos, esto se debe a que tiene un ciego funcional desarrollado (Solorzano, 2014).

El ciego, el cual ocupa el 50% del volumen abdominal, les permite aprovechar la fibra y reutilizar el nitrógeno a través de las heces, puesto que los cobayos producen dos tipos de heces, ricas en nitrógeno destinados a la cecotrofia y otras escasas de nitrógeno (Cárdenas, 2018). Las heces con nutrientes no completamente digeridos mezclados con bacterias sirven como fuente de nutrientes para el mismo animal (Calderón & Cazares, 2008).

3.2.Requerimientos Nutricionales

Los cuyes en sus diferentes etapas de crianza requieren del racionamiento de una alimentación equilibrada, la cual no se consigue si se utiliza únicamente forraje, aunque los cobayos pueden consumir grandes cantidades de alimento, es esencial proporcionarles una dieta equilibrada para maximizar su salud y rendimiento (Chauca, 1997).

Tabla 1. Requerimientos nutricionales en cuyes

Nutrientes	Unidad	Etapa		
		Gestación	Lactancia	Crecimiento
Proteínas	%	18	18 - 22	13 - 17
Energía digestible	kcal/kg	2800	3000	2800
Fibra	%	8 - 17	8 - 17	10
Ca	%	1,4	1,4	0,8 - 1
P	%	0,8	0,8	0,4 – 0,7

Mg	%	0,1 – 0,3	0,1 – 0,3	0,1 – 0,3
K	%-	0,5 – 1,4	0,5 – 1,4	0,5 – 1,4
Vitamina C	Mg	200	200	200

Fuente: Nutrient requirements of laboratory animals. (1990), citado por Caycedo (1983).

3.2.1. *Proteína y aminoácidos*

Las proteínas son el componente principal de la mayoría de los tejidos, Los monogástricos necesitan recibir aminoácidos esenciales a través de diferentes fuentes, ya que no pueden sintetizarlos (Navia & Hunt, 1976). Un suministro inadecuado de proteínas puede resultar en un menor peso al nacer, crecimiento deficiente, baja en la producción de leche, menor fertilidad y menor eficiencia en la utilización del alimento.

Los requerimientos de proteína dependen de los diferentes aminoácidos que la conforman. Diversos aminoácidos se sintetizan y otros no se sintetizan, algunos de ellos son la, histidina, metionina, treonina, isoleucina, arginina, leucina, lisina, fenilalanina, triptófano, y valina. Se recomienda niveles de 13 al 17% de proteína, conteniendo niveles de arginina sobre el 1,26%, triptófano 0,16 a 0,20%, cistina (0,36%) y metionina (0,35%) y aminoácidos azufrados de 0,71% (NRC, 1978).

3.2.2. *Lípidos*

La deficiencia de estos nutrientes ocasiona un retraso en el crecimiento, dermatitis, úlceras en la piel, escaso desarrollo del pelaje y su posterior caída, es posible corregir estos síntomas al añadir grasa que incluya ácidos grasos insaturados, en una proporción de 4 gramos por kilogramo de alimento (Peters, 1984).

3.2.3. *Carbohidratos*

Producen buena parte de la energía en el organismo animal; se requiere para su mantenimiento, para transformar la proteína que ingieren a diario, para movilizarse de un lado a otro. Las principales fuentes de energía incluyen una variedad de granos como cebada, avena, arroz, sorgo, trigo, maíz, así como subproductos como afrecho, afrechillo, entre otros. Además, se pueden utilizar melazas de caña o maíz, cáscaras de yuca, plátano, papa, zanahoria, así como alimentos fibrosos como pastos, cáscara de algodón, paja de cebada molida, etc. El NRC,

(1978), indica un nivel de energía digestible de 3000 kcal/kg de dieta.

3.2.4. Vitaminas

El cuy requiere cantidades mínimas de vitaminas para su supervivencia, pero su consumo debe ser constante y adaptado a sus necesidades, ya que la deficiencia de vitaminas puede ocasionar alteraciones graves e incluso la muerte del animal. Aunque una porción pueda contener un alto contenido de ciertas vitaminas, la deficiencia de una de ellas podría tener repercusiones significativas. Los requerimientos varían dependiendo de la categoría del cuy, por lo que no es posible generalizar su porcentaje. Vitamina A: 2,0 mg/kg de peso vivo, Vitamina E: 1,5 mg/animal/día (mantenimiento), mg/animal/día (gestación). Vitamina K 50 mg/kg de ración, Vitamina B1: 4 a 6,5 mg/kg de ración, Vitamina B2: 3,0 mg/kg de ración, Vitamina B6: 16 mg/kg de ración, Niacina: 10 – 30 mg/kg de ración, Ac. Pantoténico: 15 – 20 mg/kg de ración, Ac. Fólico: 3 – 6 mg/kg de ración y Colina: 1,0 – 1,5 gr/kg de ración (INIA, 2018).

La vitamina C se convierte en un componente crucial en el organismo del cuy. Esta especie no sintetiza esta vitamina internamente, por lo tanto, debe ser incorporada a su dieta mediante el consumo de alimentos que la contengan, como los forrajes frescos. Quijandría (1988) establece que la necesidad diaria de vitamina C es de 10 mg por kilogramo de peso vivo; Moreno (1989) indica que el comportamiento es similar con suplementos de 10 y 20 mg al día; Hidalgo et al. (1995) sugieren que el requerimiento de vitamina C es de 7 mg por día por animal; y el National Research Council (1995) recomienda una ingesta de 200 mg de vitamina C por kilogramo de alimento.

3.2.5. Minerales

Morris y O'Dell (1963) afirman que el carbono y magnesio son antagonistas, y a su vez el exceso de Ca aumenta los de Mg, por lo tanto, el requerimiento de calcio se mantiene en un rango de 0,8 a 1% de la dieta. Por el contrario, la deficiencia de Mg y K puede aumentar los niveles de fósforo en el organismo, aumentando la propensión de inducir toxicidad por fósforo (Hogan & House, 1955); así mismo, un aumento en la cantidad de fósforo disminuye la absorción de Mg, y en menor proporción la de Ca y K (O'Dell, et al, 1957). El Mg, P y K se deber mantener a un nivel de 0,3-1,2, 0,4 y 0,4-0,5%, respectivamente, se debe tener en cuenta que excesos de P producen calcificación de los tejidos blandos y que el Mg, K y Na reducen dichas lesiones al aumentar sus niveles (Morris y O'dell, 1963; Hogan & House, 1955;

Grace y O'del, 1968); entonces, los requerimientos de Mg, K y Na dependen también de los niveles de P en la dieta. Al hablar sobre el zinc, Navia y Hunt (1976) observaron buenas ganancias de peso al administrar dietas que contenían 75 a 100 ppm de sulfato de zinc.

3.2.6. Agua

El agua es sin duda uno de los elementos más críticos a considerar en la alimentación de cualquier organismo vivo. Actúa como el principal transportador de nutrientes y oxígeno a través de la sangre, contribuye al equilibrio químico del cuerpo, regula la temperatura corporal y lubrica las articulaciones (INIA, 2018).

La cantidad de agua que los cobayos necesitan consumir depende del tipo de alimentación que reciban. Cuando se les proporciona un forraje succulento en cantidades abundantes (más de 200 g), su necesidad de agua se satisface con la humedad del forraje, por lo que no es necesario ofrecer agua de bebida adicional. Sin embargo, si se suministra forraje de manera restringida (30 g por animal al día), se requieren aproximadamente 85 ml de agua, siendo su necesidad diaria de alrededor de 105 ml por kilogramo de peso vivo en el caso de los cobayos en crecimiento. Los cobayos jóvenes necesitan entre 50 y 100 ml de agua por día, aunque esta cantidad puede aumentar a más de 250 ml si no tienen acceso a forraje verde y si las temperaturas superan los 30°C (Chauca, 1997).

3.2.7. Fibra Dietética

La American Association of Cereal Chemist (2001) indica que la fibra dietética comprende la porción alimenticia de las plantas o carbohidratos similares que resisten la digestión y absorción en el intestino delgado y en el intestino grueso experimentan una fermentación total o parcial. La fibra está formada por un grupo de carbohidratos estructurales conocidos por su papel en la formación de la pared celular o estructura de la célula. Estos compuestos químicos incluyen principalmente celulosa, lignina, que es la forma no digestible y hemicelulosa, que es la forma digestible (Fernández, 2012).

Existen varios métodos para clasificar la fibra y sus componentes, siendo el más comúnmente utilizado la solubilidad o insolubilidad en diferentes solventes, a partir de la cual se pueden inferir sus efectos nutricionales (Treviño & Arosemena, 1971). En la fibra soluble,

los polisacáridos se disuelven en agua y se precipitan en alcohol o acetona, mientras que la fibra insoluble forma la estructura de la pared celular y está compuesta por celulosa, hemicelulosa, sustancias pépticas, lignina y proteína asociada a la fibra (McCahill & Hazen, 2019).

Por otro lado, Gidenne et al. (1998), señala que hay dos grupos importantes de componentes de la fibra, estos grupos se conforman según su ubicación, estructura y propiedades. En el primer grupo están los componentes de la pared celular, el cual engloba a los polisacáridos no amiláceos solubles en agua, como, por ejemplo, parte de los betaglucanos, arabinosilanos y sustancias pépticas, y polímeros insolubles en agua como la lignina, celulosa, hemicelulosas. En el segundo grupo se encuentran los componentes del citoplasma, que comprende a los oligosacáridos, fructanos y almidón resistente.

El suministro de fibra procede especialmente del consumo de forrajes, que son una fuente alimenticia primordial para el cuy. La fibra cumple un papel importante, dado que el ciego del cuy es considerablemente grande y puede soportar dietas voluminosas que incluyan material inerte como la celulosa, la cual ayuda a satisfacer las necesidades energéticas (Caycedo, 2001).

La fibra es importante debido a su influencia en la velocidad de paso de la ingesta, su papel como sustrato del microbiota y la funcionalidad de la mucosa. De la misma manera, es fundamental mantener un nivel adecuado de fibra en la composición de dietas, no solo por su capacidad que tienen los cuyes para procesarla, sino porque su inclusión mejora la asimilación de otros nutrientes y disminuye la velocidad con la que los alimentos pasan por el tracto digestivo y el ciego, obteniendo un mayor aprovechamiento de los nutrientes (Chauca, 1997).

Jácome (2004) indica que la ingesta de fibra proviene principalmente del consumo de alimentos fibrosos; el nivel de fibra necesario para la elaboración de alimentos balanceados puede variar entre el 8% y el 18%. Según otras investigaciones se ha determinado que el requerimiento de fibra cruda en etapa de crecimiento es de 10 %, para animales gestantes es de 8 a 18 % y para la etapa de lactancia varía de 8 a 18 % (Rico & Rivas, 2003).

3.3.Fibra dietética soluble

La fibra soluble interviene en la motilidad intestinal y ralentiza el flujo de la digestión, sin proporcionar ventajas en la digestión y absorción de nutrientes. La fibra dietética soluble tiene capacidad de absorber agua, y tiene influencia negativa sobre el vaciado gástrico,

favoreciendo la fermentación de algunas porciones de carbohidratos y proteínas, pudiendo generar efectos positivos y negativos dependiendo del efecto sobre el valor del pH intestinal (Torero, 2017).

Los componentes de la fibra soluble incluyen:

- Pectinas: Homopolisacáridos compuestos de unidades repetidas de ácido galacturónico.
- Mucílagos: Polímeros con bajo contenido de ácido urónico y de naturaleza viscosa. (Miranda, 2006).
- Gomas: A diferencia de los mucílagos, estas están compuestas por largas cadenas de ácido urónico, xilosa, arabinosa o manosa (Escudero & González, 2006).

La fibra soluble es altamente fermentable por los microorganismos presentes en el intestino, lo que conduce a una mayor producción de gas en este órgano. Esta alta fermentación favorece el desarrollo de la flora bacteriana intestinal, lo que resulta en un aumento del volumen de las heces y una disminución en su consistencia (Serra et al., 2006). Por lo tanto, cuando se incluye en la dieta a través de fuentes como la pulpa de remolacha o los cítricos, promueve un aumento en la biomasa y la actividad microbiana en el ciego, por parte de la microbiota saprófita fibrinolítica, lo que conduce a la obtención de ácidos grasos de cadena corta y aumenta la acidez en el ciego (Montagne, 2003).

Por otro lado, se ha observado que la fibra dietética soluble altera la motilidad intestinal y ralentiza el avance del contenido digestivo a través del intestino. Sin embargo, este efecto no parece proporcionar ningún beneficio, ya que sus propiedades hidrofóbicas y adsorbentes retardan la digestión y la absorción de los nutrientes, este aspecto está relacionado con una reducción en la absorción de glucosa, lípidos y aminoácidos debido al incremento en el espesor de la capa acuosa, lo que disminuye el transporte de solutos hacia la membrana del enterocito. Esto, a su vez, afecta el metabolismo después de la ingesta de alimentos. (Periago et al., 1993; Escudero & González, 2006).

Fisiológicamente, los efectos de la fibra dietética soluble proceden en gran parte de su fermentación colónica. Este proceso es primordial, debido a que gracias a él se produce el mantenimiento y el desarrollo de la flora bacteriana e integridad y fisiología de las células epiteliales, siendo importante para una correcta absorción y metabolismo de nutrientes.

Las principales fuentes de fibra soluble son el maíz, trigo, manzanas, principalmente en

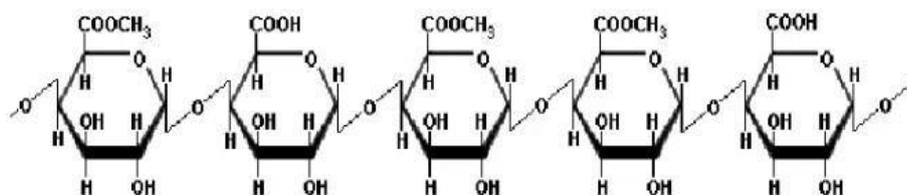
la pulpa, cebada, frijoles o alubias, lentejas, avena, salvado de arroz, fresas y pectinas (Miranda, 2006; Potty, 1996); esta última fuente se emplea en investigaciones sobre dietas, la cual cumple importantes funciones, especialmente relacionadas con la salud gastrointestinal, tanto en su forma natural como en su forma de complemento dietético, se encuentran fácilmente en la parte carnosa de frutas, verduras y plantas comestibles, así como el albedo presente en la cáscara de los cítricos Potty, 1996).

3.3.1. Pectina

Las pectinas componen la familia de heteropolisacáridos y se encuentran en las paredes celulares primarias de las plantas terrestres. Las pectinas son sustancias abundantes en los vegetales y frutas, forman aproximadamente el 35% de la pared vegetal en dicotiledóneas y en menor porcentaje en monocotiledóneas y actúa como fibra dietética soluble (Zhang, Xu y Zhang, 2015).

La pectina, es un carbohidrato complejo, sus cadenas están conformadas por anillos de este ácido, que pueden variar en número, desde algunos centenares, con masas moleculares aproximadas de 50 000 a 150 000 daltons (Sriamornsak, 2003). Cada anillo de la cadena posee un grupo carboxilo (-COOH), que puede estar esterificado con metanol para producir ésteres metílicos (-COOCH₃) o puede ser neutralizado por una base. Además del ácido galacturónico, la pectina contiene azúcares neutros como D-galactosa, L-arabinosa y L-ranamosa. (Sriamornsak, 2003; Gilabert, 1998).

Figura 1. Estructura molecular básica de la pectina.



Fuente: A Introduction to pectin. Shubhanjana, S. (s.f.). Scribd

Las fibras solubles como las pectinas cuando son ingeridas, en el estómago absorben agua y aumentan su tamaño, lo que provoca una sensación de saciedad. Además, en el intestino delgado, las pectinas aumentan la viscosidad del contenido intestinal, lo que ralentiza los movimientos peristálticos y antiperistálticos y aumenta el grosor de la capa de agua que

traspasan los solutos para alcanzar la membrana del enterocito (Álvarez y Sánchez, 2006),

3.4.Fibra dietética insoluble

Los componentes de este tipo de fibra son difíciles de fermentar y, además, no son fácilmente descompuestos por los microorganismos en el intestino (Serra et al., 2006). La fibra insoluble atraviesa el colon sin alteraciones, incrementando el peso de las deposiciones debido a su propia masa y su capacidad de absorber agua. Como resultado, se observa un aumento en la regularidad intestinal con heces voluminosas y de consistencia suave (Stanton et al, 2007).

Inversamente a lo que ocurre con la porción soluble, esta reduce el tiempo de tránsito de los alimentos a nivel intestinal, al igual que la soluble absorbe agua y la retiene, pero por el tamaño de las cadenas, gana peso y tiende a instalarse hacia el fondo del intestino, generando una estimulación física que favorece el peristaltismo y limita los procesos digestivos. Este proceso acelera el vaciado gástrico e intestinal (Torero, 2017).

Sin embargo, Cherbut et al. (1994), indican que esta aceleración reduce el tiempo disponible para la digestión y la absorción de nutrientes, limitando así su aprovechamiento. Por lo tanto, los efectos de la fibra dietética insoluble (FDI) en la motilidad intestinal están determinados por su cantidad en la dieta y su origen.

Las fuentes principales de fibra insoluble son harinas integrales, manzanas (principalmente en la piel de la manzana), follajes de leguminosas, arroz integral, peras, ciruelas pasas, verduras, incluyendo repollo, hortalizas y calabacín, cereales, panes y pastas integrales (Potty, 1996).

3.5.Metabolismo del nitrógeno

3.5.1. Nitrógeno total

El nitrógeno es un elemento esencial el cual forma parte de proteínas y ácidos nucleicos, constituyente de todas las proteínas (vegetales y animales), además de muchos materiales orgánicos, cuya principal fuente mineral es el nitrato de sodio. El nitrógeno total engloba todas las formas de nitrógeno presentes en el agua, que incluyen el amoníaco y el nitrógeno orgánicamente enlazado (nitrógeno total Kjeldahl), así como el nitrito y el nitrato (Santini, 2014).

En las labores habituales, es más común analizar la proteína total en lugar de los aminoácidos o proteínas individuales. Dado que el nitrógeno constituye, en la mayoría de las proteínas, un porcentaje bastante constante, aproximadamente un 16%, su medición se utiliza como indicador del contenido proteico en los alimentos (Méndez, 2020).

3.5.2. Retención y digestión de Nitrógeno

La flora bacteriana presente en el ciego facilita la digestión eficiente de la fibra. Microorganismos, predominantemente bacterias gram-positivas, llevan a cabo la producción de ácidos grasos volátiles, la síntesis de proteínas microbianas y la producción de vitaminas del complejo B. Estos procesos pueden ayudar a satisfacer las necesidades nutricionales de los conejos al reciclar el nitrógeno a través de la cecotrofia, que implica la ingestión de las heces blandas. Aunque el tiempo de reproducción de los microorganismos en el ciego es más largo que el tiempo de retención del alimento, los cobayos resuelven este desafío mediante mecanismos que prolongan su estancia en el ciego, mejorando así la eficacia de la digestión. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2020).

Con la adición de fructooligosacáridos en las dietas, al momento de ser consumidos, se transportarán al intestino grueso y continuamente a esto serán fermentados por la flora bacteriana ayudando a la asimilación de nitrógeno. Los cuyes poseen una trampa mucosa la cual trabaja como mecanismo de separación en el intestino grueso, la cual atrapa las bacterias en el moco y posteriormente son transportadas hacia el ciego (Li, 2011).

La renovación del nitrógeno está relacionada proporcionalmente con el gasto de energía; la cantidad de nitrógeno presente en la orina, que está vinculada al recambio de proteínas, sugiere que los animales más pequeños con tasas metabólicas más elevadas necesitarán una cantidad proporcionalmente mayor de proteínas por unidad de masa corporal. Para satisfacer estas demandas, los mamíferos herbívoros de menor tamaño deben recurrir a diversas estrategias nutricionales y adaptaciones en su tracto digestivo (Sakaguchi, 2003).

3.5.3. Balance de Nitrógeno

El balance de nitrógeno, es la diferencia entre el nitrógeno ingerido y el excretado en heces y orina (Jensen, et al., 2014), este último representan los productos del metabolismo animal, el N de la orina proviene principalmente de la urea, reflejado en el catabolismo

proteico, y de los aminoácidos excedentes, mientras que el fecal refleja el nitrógeno de enzimas digestivas, enterocitos descamados y el N dietético (Thiers & Bowen 2011; Shah et al., 1982). Un animal puede encontrarse en balance nitrogenado positivo, negativo o en equilibrio (McDonald, 1999).

El balance de nitrógeno es positivo cuando la ingesta de este elemento es mayor que la suma de N excretado en orinas y heces. Todos los animales en crecimiento, en condiciones normales, se encuentran en un balance nitrogenado positivo. Si el nitrógeno ingerido es igual a la suma del N excretado en heces y orina, el balance de N se encuentra en equilibrio, generalmente los animales adultos en condiciones normales se encuentran en equilibrio. Por el contrario, si la suma de N en las heces y orina es mayor al N ingerido el balance es negativo. Generalmente las desproporciones dietéticas de aminoácidos producen un balance de N negativo, pérdida de peso y disminución de crecimiento (Béhar & Bressani 1970; Soldevia et al., 2024).

El balance de nitrógeno se ve afectado por factores como: edad, alteraciones fisiológicas, determinadas hormonas, procesos traumáticos, energía de la dieta y principalmente por la calidad de las proteínas dietéticas. Por otro lado, los factores que favorecen para lograr un balance de N positivo son la calidad y cantidad de proteína proporcionada en la dieta, energía equilibrada de la dieta, suplementación de vitaminas y minerales, buen estado de salud de los cuyes, ausencia de estrés. Por lo tanto, conservar un balance de nitrógeno en equilibrio en cuyes es importante en varios aspectos, como mantener un crecimiento y desarrollo óptimo, aumento en la conversión alimenticia y por ende mejora en la producción de carne y reproducción y salud general óptima, fortaleciendo su sistema inmunológico y reduciendo el riesgo de enfermedades (Ramírez et al., 2014).

3.5.4. Método de Detección de Nitrógeno Total

El contenido en nitrógeno expresado como nitrógeno total o proteína bruta ($N \times 6,25$), generalmente se evalúa mediante un proceso de combustión líquida. En este método, el nitrógeno se convierte inicialmente en sulfato de amonio y luego en amoníaco; el amoníaco resultante se destila, se recoge en ácido bórico y se titula con una solución ácida estandarizada (Méndez, 2020).

El método nitrógeno total Kjeldahl (TKN), es utilizado en el análisis químico de un

compuesto para determinar cuantitativamente el nitrógeno orgánico más amoníaco (NH_3) y amonio (NH_4) (Romero, 1997). El método es representativo por el uso de la ebullición; el ácido sulfúrico concentrado efectúa la destrucción oxidativa de la materia orgánica presente en la muestra, y además la reducción del nitrógeno orgánico a amonio, este es retenido como bisulfato de amonio, y puede ser determinado in situ, o por destilación alcalina y titulación (Romero, 1997).

Análisis:

- Digerir una muestra con ácido sulfúrico concentrado para convertir nitrógeno orgánico en amonio.
- Oxidación de la muestra con H_2SO_4 y un catalizador, aquí la materia orgánica se destruye y el nitrógeno se transforma en sulfato ácido de amonio.
- Descomposición del sulfato ácido de amonio por medio de un exceso de álcali fuerte para liberar el amoníaco, el cual se recoge por destilación sobre ácido bórico.
- Titulación del borato de amonio formado con solución patrón de HCl o de H_2SO_4 , usando como indicadores de punto final rojo de metilo y azul de metileno o una mezcla de rojo de metilo y verde de bromocresol (Méndez, 2020).

4. Metodología

4.1. Área de estudio

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación de Nutrición Animal (CIDiNA), ubicado en la Quinta Experimental Punzara de la Universidad Nacional de Loja, al sur oeste de la Ciudad de Loja; entre las coordenadas 04°02'11" de latitud sur y 79°12'4" de latitud este, a una altitud de 2.211,0299972 m.s.n.m, temperatura media anual de 15,8°C, precipitación media anual de 1066 mm y una humedad relativa media de 75% (Estación Meteorológico la Argelia, 2014).

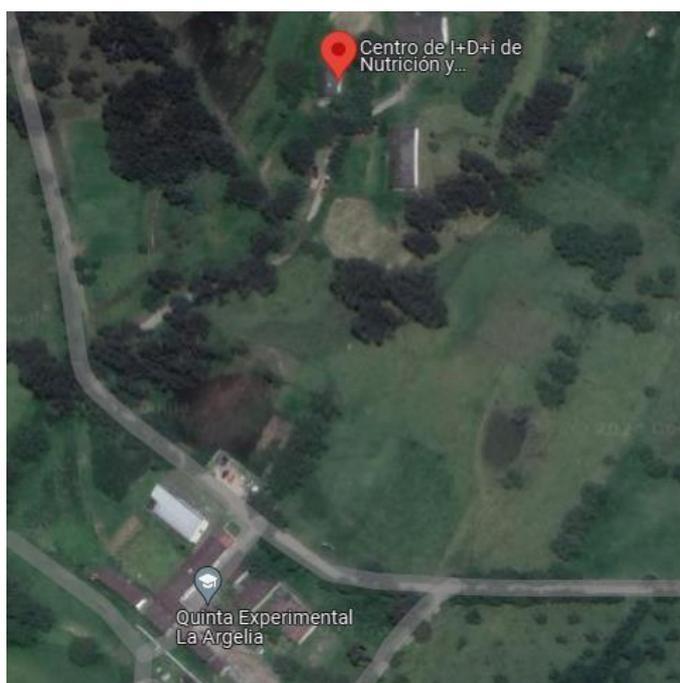


Figura 2. Mapa de ubicación del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación de Nutrición Animal (CIDiNA) UNL(*Google Maps, 2023*).

5.2. Procedimiento

4.1.1. Enfoque metodológico

Se trata de una investigación de tipo cuantitativo.

4.1.2. Diseño de la investigación

La presente investigación fue de tipo experimental, en el cual se utilizó un diseño de bloques aleatorizados, con arreglo factorial 2x2, con 10 repeticiones (animales) por tratamiento, donde cada bloque estuvo constituido por la camada de cada madre.

4.1.3. Unidades experimentales

Se utilizaron 40 cuyes destetados de 15 días de edad de ambos sexos, de tipo A1, con un peso promedio de 294 gramos, se les suministró *ad libitum* por 10 días cuatro dietas experimentales diferentes aleatoriamente (10 cuyes/dieta) *ad libitum*; los mismos que fueron alojados en jaulas metabólicas individuales de malla galvanizada de 42 x 26 x 51 cm de largo, ancho y altura con su respectiva identificación, cada jaula contó con su respectivo bebedero de chupón, comedero tipo tolva y tubos de recolección Falcón y malla plástica para el almacenamiento de muestras, hasta su recolección. Además, las jaulas contaron con tubos de recolección Falcón y malla plástica para el almacenamiento de muestras, hasta su recolección. La temperatura promedio que se trabajó fue de 18 a 21 °C.

4.1.4. Dietas Experimentales

Se elaboraron cuatro dietas experimentales con diferentes niveles de inclusión de fibra. Para la formulación de las raciones se tomaron en cuenta los requerimientos nutricionales de la etapa fisiológica de NRC (1995) para cuyes. Se utilizaron ingredientes como afrecho de trigo y King Grass como principales fuentes de fibra insoluble, cuantificados como FND. Asimismo, la pectina de cítricos fue seleccionada como la principal fuente de fibra soluble en la formulación de las dietas, cuantificada por la diferencia de fibra dietética total y FND.

En la Tabla 2, se muestran los ingredientes y la composición química porcentual estimados para la formulación y elaboración de las dietas experimentales.

Tabla 2. Ingredientes y composición química de las dietas experimentales con diferentes niveles de fibra insoluble y soluble.

		Dietas experimentales		
		Baja	Alta	Alta
Nivel de fibra insoluble	Baja	Baja	Alta	Alta
Nivel de fibra soluble	Baja	Alta	Baja	Alta
Ingredientes, % tal como se ofrece				
Afrecho de trigo	52,63	10,0	10,0	10,0
Arrocillo	16,7	25,0	20,5	13,8
King Grass	7,69	30,2	40,9	40,4
Pectina	0,00	6,48	0,00	5,85
Soya	9,53	19,5	20,0	20,3
Aceite de Palma	4,00	2,71	2,75	4,00

Melaza	5,98	3,00	3,00	3,00
Sal	0,291	0,291	0,200	0,219
L-Lisina-HCl	0,251	0,173	0,187	0,219
DL-Metionina	0,387	0,402	0,411	0,418
Treonina	0,125	0,119	0,133	0,135
Premezcla vitamínico mineral ¹	0,150	0,150	0,150	0,150
Vitamina C	0,0300	0,0300	0,0300	0,0300
Carbonato de C	1,85	1,45	1,32	1,10
Bentonita ²	0,400	0,400	0,400	0,400
Composición Química Analizada, % MS				
Materia seca	82,8	84,3	84,1	77,4
Ceniza	6,34	5,27	5,90	5,28
Proteína cruda	12,14	12,08	12,36	11,55
FDN	21,43	20,81	30,44	28,99
Composición Química Calculada				
Proteína	15,00	15,00	15,00	15,00
Energía Digestible	2800	2864	2800	2800
Extracto Etéreo	5,42	4,00	4,00	5,33
FDN	29,0	28,0	35,5	35,8
FAD	13,9	16,5	21,4	21,0
LAD	2,95	2,98	3,88	3,92
FC	11,1	13,6	16,6	17,0
Fibra soluble	4,48	12,0	6,52	12,0
Almidón	20,0	20,0	16,9	11,6
Lisina	0,840	0,840	0,840	0,840
Metionina	0,600	0,600	0,600	0,600
Treonina	0,600	0,600	0,600	0,600
Calcio	0,900	0,900	0,800	0,800
Fósforo total	0,544	0,293	0,294	0,318
Na	0,142	0,154	0,119	0,122
Cl	0,400	0,400	0,388	0,400
K	1,15	1,05	1,10	1,15

¹ LOFAC premezcla vitamínico mineral, 12 000 000 UI Vitamina A; 2 400 000 UI Vitamina D3; 15 000 UI Vitamina E; 2 500 mg Vitamina K3; 3 000 mg Vitamina B1; 8 000 mg Vitamina B2; 3 500 mg Vitamina B6; 15 mg Vitamina B12; 35 000 mg Niacina; 75 mg Biotina; 12 000 mg Ácido pantoténico; 1 000 mg Ácido fólico; 250 000 mg Colina; 2 000 mg Antioxidante; 75 000 mg Manganeseo; 50 000 mg Zinc; 30 000 mg Hierro; 5 000 mg Cobre; 1 250 mg Yodo; 200 mg Cobalto; 250 mg Selenio; 1 500 g Excipiente c.s.p.

²Bentonita, 51,35% Silicio; 27,03% Aluminio; 5,83% Hierro; 1,65% Potasio; 1,04% Calcio; 0,77% Magnesio; 0,68% Sodio

4.1.5. Tratamientos

En la presente investigación los tratamientos que se elaboraron se detallan a continuación

Tabla 3. Niveles de inclusión de fibra soluble e insoluble en los tratamientos

Tratamientos	Nivel de fibra soluble (FS)	Nivel de fibra insoluble (FI)
--------------	-----------------------------	-------------------------------

T1	Bajo (4,48%)	Bajo (29,0 %)
T2	Alto (12,0 %)	Bajo (28,0%)
T3	Bajo (6,52%)	Alto (35,5%)
T4	Alto (12,0%)	Alto (35,8%)

4.1.6. Fase de campo (Manejo, toma y registro de datos)

La fase de campo constó de 10 días de trabajo en el cual se les suministró *ad libitum* los tratamientos a los gazapos, en este tiempo se estableció un periodo de adaptación de 7 días, la recolección y pesaje de muestras se realizó los 3 días posteriores, una vez al día, en el mismo horario (7 am). Las heces se recolectaron en fundas plásticas herméticas y la orina en botellas de vidrio, posteriormente las muestras se almacenaron en refrigeración, a una temperatura de 4°C.

4.1.7. Fase de laboratorio (Análisis de las muestras)

Una vez culminado el proceso de recolección de muestras, las muestras fueron remitidas al Laboratorio de Suelos, Agua y Bromatología de la Universidad Nacional de Loja, para su posterior análisis.

La materia seca (MS), humedad (método 934.01), nitrógeno total/proteína cruda (método 2001.11), extracto etéreo (método 948.22), fibra cruda (978.10), extracto libre de nitrógeno y cenizas (método 923.03) de cada dieta, se obtuvieron en base a los procedimientos establecidos por la AOAC (2016). En heces y orina se determinó únicamente el nitrógeno total, siguiendo el mismo método para el alimento.

Con los resultados obtenidos se procedió a realizar los cálculos para cada variable mediante las siguientes fórmulas:

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

$$\mathbf{BN = N\ ingerido - N\ excretado\ en\ heces - N\ excretado\ en\ orina}$$

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

$$\mathbf{TRN = N\ retenido\ N\ ingerido\ x\ 100}$$

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

$$\mathbf{ND = N\ ingerido - N\ fecal}$$

$$\mathbf{DN = N\ digerido\ N\ ingerido\ x100}$$

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

$$\text{TRND} = N \text{ retenido } N \text{ digerido } \times 100$$

4.1.8. Análisis de los resultados

Se utilizó el paquete estadístico InfoStat (versión 2020) a través de un análisis de varianza (ANOVA), donde los principales factores de variación fueron los niveles de fibra soluble e insoluble, y la interacción de las mismas, y el factor aleatorio, fue la camada (bloques). Se aplicó un T-test protegido para la comparación de medias. Los p valores $\leq 0,05$ se consideraron como significativos.

4.1.9. Consideraciones éticas

La investigación se llevó a cabo de acuerdo con el ordenamiento de normas bioéticas internacionales de bienestar animal en el “Código Orgánico del Ambiente” (ROS N.º 983, Ecuador).

5. Resultados

En la tabla 4 se muestran los resultados de los análisis del alimento ingerido, nitrógeno ingerido y nitrógeno excretado en heces y orina (g/día).

Tabla 4. Alimento ingerido, nitrógeno ingerido, nitrógeno excretado en orina y heces

Niveles de fibra	Alimento ingerido (g/día)	Nitrógeno ingerido (g/día)	Nitrógeno excretado en heces (g/día)	Nitrógeno excretado en orina (g/día)
<i>Niveles de fibra soluble</i>				
Alta	31,5	0,68	0,13	0,09
Baja	30,4	0,66	0,15	0,11
<i>Niveles de fibra insoluble</i>				
Alta	31,3	0,68	0,14	0,10
Baja	30,7	0,65	0,15	0,09
<i>Fibra soluble * insoluble</i>				
BS*BI	31,0	0,67	0,15	0,10
BS*AI	29,7	0,65	0,15	0,13
AS*BI	30,3	0,64	0,14	0,09
AS*AI	32,7	0,72	0,13	0,09
<i>EEM</i>				
Soluble	1,39	0,03	0,01	0,01
Insoluble	1,46	0,03	0,01	0,01
Soluble*Insoluble	2,09	0,05	0,01	0,02
<i>P valor</i>				
Soluble	0,795	0,744	0,015	0,055
Insoluble	0,588	0,348	0,495	0,332
Soluble*Insoluble	0,158	0,111	0,950	0,308

No presentó diferencia significativa entre tratamientos en las variables de ingestión de alimento (IA), obteniendo un promedio de consumo con la inclusión de fibra soluble de 30,95 g/día, fibra insoluble de 31,00 g/día y la interacción de fibra soluble * insoluble de 30,93 g/día y de 0,067 g/día de nitrógeno ingerido (NI) en los tres tratamientos; mientras que para las variables de nitrógeno excretado en heces (NEH) y orina (NEO) con la inclusión de fibra insoluble y la interacción de soluble * insoluble una media de 0,15 ; 0,14 g/día y 0,10; 0,10 g/día respectivamente. Se detectó diferencia estadística en las variables de nitrógeno excretado en heces (NEH) $p= 0,015$ y nitrógeno excretado en orina (NEO) $p= 0,055$ donde se determina que los animales alimentados con la inclusión del nivel alto de fibra soluble en la dieta obtuvieron un menor porcentaje de excreción con 0,13 y 0,09 g/día según corresponde.

Por otro lado, en la tabla 5 se presentan los resultados de los análisis del N retenido, tasa de retención de N, digestibilidad del N y tasa de retención de N basado en lo digerido.

Tabla 3. Nitrógeno retenido, tasa de retención de nitrógeno, digestibilidad del nitrógeno y tasa de retención de nitrógeno basado en lo digerido.

Niveles de fibra	Nitrógeno retenido (g/día)	Tasa de retención de nitrógeno (%)	Digestibilidad de N (%)	Tasa de retención basada en lo digerido (%)
<i>Niveles de fibra soluble</i>				
Alta	0,46	65,7	78,8	82,9
Baja	0,40	58,2	76,6	74,5
<i>Niveles de fibra insoluble</i>				
Alta	0,44	62,2	79,2	77,1
Baja	0,41	61,8	76,3	80,4
<i>Fibra soluble * insoluble</i>				
BS*BI	0,41	61,0	76,5	79,0
BS*AI	0,38	54,9	76,8	69,5
AS*BI	0,41	62,7	76,2	81,8
AS*AI	0,50	68,7	81,4	83,9
<i>EEM</i>				
Soluble	0,03	3,72	1,66	4,25
Insoluble	0,04	3,91	1,75	4,48
Soluble*Insoluble	0,05	5,59	2,50	6,39
<i>P valor</i>				
Soluble	0,376	0,076	0,185	0,063
Insoluble	0,554	0,892	0,291	0,457
Soluble*Insoluble	0,085	0,150	0,241	0,206

Referente a la variable de nitrógeno retenido (NR) no presentó diferencia significativa entre tratamientos, obteniendo un promedio con la inclusión de fibra soluble, fibra insoluble y la interacción de fibra soluble * insoluble de 0,43 g/día, de igual forma la digestibilidad de N (DN) con una media de 77,7 % con la inclusión de fibra soluble, fibra insoluble de 77,8 g/día y 77,7 g/día con la interacción de las mismas; en cambio para las variables de tasa de retención de nitrógeno (TRN) y tasa de retención basada en lo digerido (TRBD) con la inclusión de fibra insoluble y la interacción de soluble * insoluble una media de 62 ; 61,8 % y 78,8; 78,6 % respectivamente. Se observa una tendencia estadística con la inclusión alta de fibra soluble $p=0,076$ en tasa de retención de N (TRN) y tasa de retención basada en lo digerido (TRBD) $p=0,063$ con 65,7 y 82,9 % respectivamente; así como en nitrógeno retenido $p=0,085$ en la interacción fibra soluble* insoluble.

6. Discusión

En la presente investigación no existió diferencia estadística en la ingesta de alimento obteniendo promedios con la inclusión de fibra soluble de 30,95 g/día, fibra insoluble de 31,00 g/día y la interacción de fibra soluble * insoluble de 30,93 g/día, de igual manera, en nitrógeno ingerido (g/día) se obtuvo un promedio de 0,067 en todos los tratamientos. Sin embargo, existe diferencia estadística en cuanto a la excreción de N en heces (NEH) y orina (NEO) estadística en las variables de nitrógeno excretado en heces (NEH), determinando que con la dieta con un nivel alto de fibra soluble los animales obtuvieron un menor porcentaje de excreción con 0,15 y 0,11 g/día según corresponde. Al respecto investigaciones con inclusión de fuentes de fibra en conejos lo realizaron Farías et al (2024) en su investigación con gazapos de 28 y 62 días de edad, de 510 ±74,2 g, evaluaron el efecto del nivel de fibra, con fuentes como pulpa de remolacha y alfalfa deshidratada en el cual se incluyó dos niveles de fibra insoluble: 31,4 % de MS para baja fibra insoluble (BFI) y 39,3% de MS para alta fibra insoluble (AFI) y dos niveles de fibra soluble: 8,7% (BFS) y 12,8% (AFS) con los cuales obtuvieron resultados respecto a la ingesta de alimento (g/día) con BFI-BFS de 135; BFI-AFS de 128; AFI-BFS 136 y AFI-AFS 142. En cuanto a la excreción de N en heces (g/día) reportaron que con BFI-BFS se obtuvo 0,725; BFI-AFS 0,691; AFI-BFS 0,812 y AFI-AFS 0,867 y excreción de N en orina (g/día) BFI-BFS 1,13; BFI-AFS 1,17; AFI-BFS 1,33 y AFI-AFS 1,13. Además, existen estudios similares realizado cuyes adultos sobre balance de N como es el caso de Eras (2024) que en hembras de 90 días, con un peso corporal medio de 1276,65 g, incluyó en la dieta 35,72 kg de King grass en partículas gruesas y reportó un consumo de alimento de 56,0 g/día, ingesta de nitrógeno 1,62, excreción de N en heces 0,394, excreción de N en orina 0,487 y nitrógeno retenido 0,739 g/día; mientras que, Ganazhapa (2023) en cuyes adultos de 83 días de edad y peso promedio de 1093 ± 192 g con la inclusión del 2% de maralfalfa, señala datos de un consumo de alimento de 110 g/día, NI 2,40, ENH 0,795, ENO 0,396 y NR 1,20 g/día. Por otro lado, Espinoza (2023) en su estudio con animales de 60 días y peso promedio de 1091 ± 189,7 g con dietas con 8% de Lignocelulosa (aserrín madera de pino) y 23,3% de King grass, obtuvo ingestas de alimento de 58,3g/día, NI 1,61; ENH 0,108; ENO 1,03 y NR 0,469 g/día. Por otro lado, otros estudios con respecto con inclusión de fuentes de carbohidratos no digeribles como es el caso de Kawasaki et al (2012) quienes evaluaron en cuyes machos adultos dietas con la inclusión del 5% de fructooligosacáridos y Glucosa con la inhibición de la cecotrofia obteniendo ingestas de alimento de 42,5 y 41,9 g/día, ingesta de nitrógeno 1,11 ±0,18; 1,10 ±0,11 g/día, ENH 0,49 ±0,06; 0,52 ±0,45, ENO 0,26 ±0,07; 0,23 ±0,07 y NR 0,36 ±0,09; 0,38

$\pm 0,10$. Del mismo modo, Li et al (2013) en su estudio sobre el efecto de dietas con el 5% D-manitol y Glucosa sobre la retención de nitrógeno, digestibilidad de la fibra y tiempo de tránsito de la digesta en conejos adultos, obtuvieron ingestas de alimento determinada en g/día de $56,5 \pm 13,0$ y $53,4 \pm 9,26$ g/día, IN $1,46 \pm 0,30$; $1,45 \pm 0,20$, ENH $0,50 \pm 0,12$; $0,52 \pm 0,09$, ENO $0,91 \pm 0,16$; $0,72 \pm 0,1$ y NR $0,05 \pm 0,19$; $0,21 \pm 0,15$.

En lo referente en la presente investigación referente a la DN no presentó diferencia significativa con una media de 77,7 % con la inclusión de fibra soluble, fibra insoluble y con la interacción de las mismas; en cambio para las variables de tasa de retención de nitrógeno (TRN) y tasa de retención basada en lo digerido (TRBD) con la inclusión de fibra insoluble y la interacción de soluble * insoluble una media de 61,9 y 77,7% respectivamente. Se observa una tendencia estadística con la inclusión alta de fibra soluble en tasa de retención de nitrógeno (TRN) y tasa de retención basada en lo digerido (TRBD) con 65,7 y 82,9 % respectivamente. Al respecto Eras (2024) con la inclusión de 35,72 kg de King grass en partículas finas, obtuvo una TRN de 51,2 % y TRND de 67,0%, sin embargo, consiguió altas digestibilidades de 78,1% en la dieta con 17,860 Kg de King grass en partículas finas y partículas gruesas. Así mismo, Espinoza con dietas con 12% de lignocelulosa y 22,1% de King Grass consiguió una TRN de 62,9% y TRND de 67,0%, no obstante, con el 3% de lingocelulosa y 24,5% de King Grass obtuvo una mejor DN consiguiendo un valor de 94,2 %. Finalmente, Ganazhapa (2023) con la inclusión del 2% de maralfalfa reportó TRN de 51,2 %, DN 0,838% y TRND de 67,0%. Por otro lado, Kawasaki et al (2017) en una investigación con el uso de fructooligosacáridos, en conejos adultos machos, con dietas comerciales con el 5% de FOS obtuvieron valores respecto a la Tasa de retención de N, digestibilidad de N y tasa de retención de N basado en lo digerido de $36,1 \pm 9,83\%$; $64,0 \pm 0,72\%$ y $56,4 \pm 15,3\%$. Así mismo, Sol (2015) en su investigación con cuyes hembras y machos destetados alimentados con Alfalfa y Chala del maíz obtuvo una Tasa de retención de N de 34,6 %. Además, Moreno (2003) con el 75% de *Atriplex nummularia* y 25% de balanceado comercial en las dietas para conejos hembras de 2 meses con un peso promedio de 1487 ± 33 g, obtuvo digestibilidades de N de 80,0%, así mismo, Cervera et al (1978) en su estudio con conejos adultos a los cuales se les suministró hoja de naranja verde y desecada a razón de 156g/kg y 265g/kg, respectivamente, reportando DN de 78,2% y 76,1%, respectivamente. Estrella (2022) en una investigación similar a la presente, en la que evalúa diferentes niveles de fibra en la digestibilidad de cuyes adultos (machos) de 3 meses y peso promedio de 600 g obtuvo que las mejores digestibilidades se presentaron en los tratamientos con 8, 11 y 14 % de fibra cruda con los siguientes resultados 90,5; 89,93 y 88,45%. Finalmente,

Ocasio et al (2018) realizaron un estudio sobre el efecto del nivel de fibra soluble e insoluble sobre la digestibilidad fecal de gazapos en crecimiento de $510 \pm 74,2$ g, con inclusión de BFI*AFS 31,4% y 12,8%.

Vivas (2013), indica que los gazapos pasan de una etapa lactante a una etapa donde el animal ingiere dietas a base de carbohidratos, lo que conlleva a tener problemas entéricos, pese a que el cuy es un fermentador post gástrico, con capacidad de aprovechar alimentos fibrosos o dietas balanceadas con fibras dietéticas, sin embargo, es necesario mantener un equilibrio de fibra soluble e insoluble. Según la Cartilla Tecnológica de la FAO (2000) sobre “Alimentación en cuyes y conejos”, sin un equilibrio apropiado de fibra, los cuyes pueden presentar problemas de desnutrición, manifestándose como un crecimiento deficiente, pérdida de peso y una menor capacidad para retener nitrógeno, lo que afectando su desarrollo y la salud general.

La fibra soluble se ve asociada a la reducción en el paso de la digesta, debido a la acumulación del contenido digestivo en el ciego, de manera que ralentiza el tránsito intestinal, retrasa el vaciamiento gástrico, lo que podría resultar en una disminución en la cantidad de alimento consumido y reduce de la digestibilidad ileal aparente (IAD) de los macronutrientes, a su vez, esta última se ve asociada a una disminución en la absorción de glucosa, lípidos y aminoácidos. (Escudero & González, 2006). Un exceso de fibra soluble conlleva a una fermentación excesiva en el intestino grueso, produciendo grandes cantidades de gas y ácidos grasos de cadena corta, no obstante, aunque estos ácidos grasos son una fuente de energía, la fermentación excesiva puede crear un ambiente intestinal que no es óptimo para la digestión y absorción de proteínas, reduciendo así la eficiencia del metabolismo del nitrógeno (Serra et al., 2006).

Un exceso de fibra, especialmente de fibra insoluble diluye el contenido energético de la dieta, ya que los cuyes necesitan energía suficiente para el metabolismo y utilizar eficientemente las proteínas y otros nutrientes. Por ende, si la energía disponible limitada es debido a un exceso de fibra, aumentará la producción de amoníaco en el intestino, debido a una ineficaz fermentación, incremento de proteínas o desequilibrio de aminoácidos y su eliminación requiere energía, es decir, el cuerpo utilizará la proteína como fuente de energía en lugar de ser destinada al crecimiento o mantenimiento, resultando en una menor retención de N (Torero, 2017).

Caso contrario una dieta baja en fibra, puede provocar problemas digestivos como diarreas o disbiosis intestinal afectando negativamente la capacidad que tiene el animal para digerir y absorber nutrientes, como el N. Además, dietas bajas en fibra insoluble como la fibra

detergente neutra (FDN), resulta en un tránsito intestinal excesivamente rápido, reduciendo el paso del alimento en el tracto digestivo, disminuyendo la exposición de las proteínas a las enzimas digestivas, produciendo que estas no se descompongan totalmente y el N que se encuentra presente en ellas no se absorbe y disminuyendo su digestión (Cherbut et al, 1994).

La Universidad de Navarra (2023) menciona que el Balance de N es el equilibrio entre la cantidad de nitrógeno ingerido en forma de proteínas y la cantidad de nitrógeno excretado por el cuerpo, por lo tanto, el balance de N en cuyos se ve afectado por varios factores, principalmente por desequilibrios nutricionales en las dietas, ya sea por deficiencia de proteína, lo cual limita la disposición de aminoácidos, a su vez el tipo y calidad de forraje que se administra en la dieta, forrajes con baja digestibilidad o disposición de aminoácidos esenciales para el animal producen una menor retención de N, en cambio un exceso de proteína ocasiona fermentación ineficiente en el intestino desencadenando un aumento en la producción de amoníaco, requiriendo energía para su excreción reduciendo la eficacia del uso del N y por ende un balance negativo. Por otro lado, factores fisiológicos como la edad, el peso y la condición de salud del animal influyen en su capacidad para la absorción de N (Quishpe, 2024).

7. Conclusiones

- La inclusión de niveles altos de fibra soluble en la alimentación en cuyes en etapa post destete generan una menor excreción de nitrógeno g/día en heces, mientras que niveles bajos niveles de fibra soluble resultó en una mayor excreción de N en heces.
- Niveles de inclusión altos de fibra soluble en la alimentación de cuyes en etapa post destete permiten una menor excreción de nitrógeno en orina, por el contrario, la interacción BFS*AFI resultó en una mayor excreción de N.
- Se determina que en cuyes post destete alimentados con niveles altos de fibra soluble presentan una tendencia a incrementar la tasa de retención de nitrógeno, a diferencia de la inclusión de niveles BFS*AFI, en los cuales se observa una baja retención de nitrógeno.

8. Recomendaciones

- Evaluar la inclusión de fuentes alternativas de fibra soluble e insoluble en las dietas de cuyes que permitan determinar los porcentajes de ingestión, retención y excreción.
- Estudiar niveles superiores e inferiores a los evaluados de fibra soluble para valorar el aprovechamiento de nitrógeno en los cuyes.
- Realizar nuevas investigaciones en cuyes sobre balance de nitrógeno en diferentes etapas productivas del cuy.

9. Bibliografía

- Aliaga, L., Moncayo, R., Rico, Elizabeth & Caicedo, A. (2009). Producción de cuyes. Fondo editorial de la Universidad Católica Sedes Sapientiae.
- Álvarez, E. & Sánchez, P. (2006). La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria*. v. 21, 61 –72 p.
- AOAC. (2016). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. Gaithersburg, United States. Obtenido de: <https://doi.org/10.1093/9780197610145.001.0001>
- Arce, N. (2017). Estudio histológico de las vellosidades intestinales de cuyes (*Cavia porcellus*) criollos y mejorados según el sistema de alimentación.
- Bailey, J., Barker, R., y Karlstad, M. (1992). Total parenteral nutrition with short-and longchain triglycerides: triacetin improves nitrogen balance in rats. *The Journal of nutrition*, 122(9), 1823-1829. <https://doi.org/10.1093/jn/122.9.182>
- Béhar, M. & Bressani, R. (1970). Recursos proteínicos en América Latina. <https://bvssan.incap.int/local/E/E-518.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. Pág 64.
- Calvopiña, A. (2018). Estudio de factibilidad para la construcción de una sala de faenamiento para cuyes en la empresa Urkuagro Uasak SA. (Cuyera Andina). UCE, Pág. 151.
- Caycedo, V. A. (2001). Primer seminario de cuyecultura. Pasto, Colombia: Editorial Universidad de Nariño.
- Caycedo, V.A. (1983). Crianza de cuyes. Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.
- Cardona, L., Avallaneda, Y., Vargas, J. & Burgos, W. (2020). Importancia de la alimentación en el sistema productivo del cuy. ResearchGate. Pág. 35-36.
- Cardona, J., Portillo, P., Carlosama, L. & Vargas, J. (2020). Importancia de la alimentación en el sistema productivo del cuy. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).
- Cervera, C., Carmona, J., & Martínez, J. (1978). Digestibilidad y energía de la hoja de naranjo

en el conejo. ReserchGate.
[https://www.researchgate.net/publication/28265889_Digestibilidad_y_energia_de_la_hoja_d
e_naranja_en_el_conejo](https://www.researchgate.net/publication/28265889_Digestibilidad_y_energia_de_la_hoja_de_naranja_en_el_conejo)

Chauca L. (1997). Producción de Cuyes (*Cavia porcellus*). Estudio FAO. Producción y Sanidad Animal (Vol. 138). La Molina-Perú. 77 pág.

Chauca, L., Muscari Greco, J., y Higaonna Oshiro, R. (2011). Factores que afectan el tamaño de camada y peso de cuyes de una línea sintética (p 0.63-0310) en la costa central.

Cherbut, C., Des Varonnes, B., Scnel, M., Martine, R., Galmiche, J.P. & Delort, J.L. (1994). Improvement of small intestinal motility in blood glucose response to dietary fibre in man. Brit. J. Nutr. 71: 675

Escudero, E & González, P. (2006). La fibra dietética. Scielo.

Eras, A. (2024). Efecto del tamaño de partículas de dietas para cuyes (*Caviaporcellus*) sobre su balance de nitrógeno. Universidad Nacional de Loja.

Espinoza, A. (2023). Estudio del efecto de inclusión de diferentes niveles de lignocelulosa en las dietas de cuyes (*Cavia porcellus*) sobre su balance de nitrógeno. Universidad Nacional de Loja.

Estrella, F. (2022). Evaluación de diferentes niveles de fibra en la digestibilidad de cuyes (*Cavia porcellus*). Universidad Superior Politécnica del Chimborazo.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17084/1/17T01720.pdf>

FAO. (2020). Capítulo 4. Nutrición y alimentación.
<https://www.fao.org/3/w6562s/w6562s04.htm>

FAO. (2000). Mejorando la nutrición a través de huertos y granjas familiares. Manual de capacitación para trabajadores de campo en América latina y el caribe.
<https://www.fao.org/4/V5290S/v5290s00.htm#TopOfPage>

Farías, C., Delgado, R., Allam, S., Brambillasca, S., Ocasio, V., Carabaño, R., García, J. & Nicodemus, N. (2024) Efecto del nivel de fibra soluble e insoluble sobre la composición química corporal, de la canal, y el balance nitrogenado y energético en conejos en crecimiento. Libro de actas Cunicultores TRAZ. Pág 58- 62.

Fernández, M. (2012). Función de la fibra en la alimentación. Revista MG Mundo Ganadero. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Pág 60-61.

Ganazhapa, Y. (2023). Balance de nitrógeno en dietas de cuyes (*Cavia porcellus*) con la

- inclusión de diferentes niveles de maralfalfa (*Pennisetum spp*). Universidad Nacional de Loja.
- García, O., Infante, R., y Rivera, C. (2008). Hacia una definición de fibra alimentaria. En Anales venezolanos de nutrición (Vol. 21, pp. 25–30)
- Ghoshal, N., y Bal, H. (1989). Comparative morphology of the stomach of some laboratory mammals. *Laboratory animals*, 23(1), 21–29.
- Gidenne, T., Carabaño, R., Abad, R., García, J., y De Blas, J., C y Wiseman. (1998). Digestión de fibra. *La nutrición del conejo*, 69–88
- Gilabert. J. (1998). Degradación Enzimática y Características Físicas y Químicas de la Pectina de Bagazo de Melocotón. Universidad de Lleida.
- González, D. (2013). Importancia de la fibra en monogástricos.
- Grace, D., and O'Dell, B. (1968). Potassium requirement of the weanling guinea pig. *The Journal of Nutrition*, 94, 166—170.
- Hargaden, L., Maureen y Singer. (2012). Anatomía, fisiología y comportamiento. En Elsevier (Ed.), *El conejo de laboratorio, el conejillo de indias, el hamster y otros roedores*.
- Harknessn, J., Murray, K., y Wagner, J. (2002). Biología y enfermedades de los conejillos de indias. *Medicina animal de laboratorio*, Pág. 203.
- Hidalgo, V.; Montes, T.; Cabrera, P.; Moreno A. 1995. Crianza de cuyes. Programa de investigación en carnes UNALM. Lima-Perú. 90 pp.
- Hogan, A., Regan, W. y House, W. (1955). Calcium phosphate deposits in guinea pigs and the phosphorus content of the dieta: four figures. *The Journal of Nutrition*, 41 (2), 203-213. <https://doi.org/10.1093/jn/41.2.203>
- INIA. (1996) Mejora tu producción de cuyes. Manual 7. Lima-Perú.
- Instituto Nacional de Innovación Agraria (2018). Curso virtual de producción de cuyes. Jácome, V. (2004), Cría y mejora de cuyes, un modelo familiar tecnificado. Instituto Tecnológico Agropecuario Luis A. Martínez. Ambato, Ecuador. Pág. 25, 28.
- Kawasaki, K., Xiao, M., Nishiyama, A. & Sakaguchi, E. (2017). Effect of fructo-oligosaccharides on nutrient digestibility and digesta retention time in adult guinea pigs.

Animal Science Journal.

Kawasaki, K., Xiao, M., Nishiyama, A. & Sakaguchi, E. (2012). Effect of fructo-oligosaccharide on nitrogen utilization in guinea pigs. *Animal Science Journal*.

Leandro, M. (2012). Caracterización de la actividad de las enzimas hidrolíticas localizadas en la región cecal de cuyes (*cavia porcellus*).

Li, X. (2011). Efecto de los azúcares no digeribles sobre la utilización del nitrógeno en conejos adultos.

Li, X., Shoko, H. , Kawasaki , K., Xiao , X. & Sakaguchi, S. (2013). Efecto del D-manitol sobre la retención de nitrógeno, digestibilidad de la fibra y tiempo de tránsito de la digesta en conejos adultos. *Animal Science Journal*.

López, J. (2014). Previniendo problemas digestivos con niveles adecuados de fibra.

Maynard, M. (1981). *Nutrition Animal*. Edit. Acribia. Zaragoza España

McCahill, I. W., & Hazen, S. P. (2019). (T. P. Sci, Editor) Obtenido de Regulation of Cell Wall

McCahll, I. & Hazen, S. (2019). Thickening by a Medley of Mechanisms:
<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2019.05.012>

McDonald, P. (1999). *Nutrición animal*. Editorial ACRIBIA, S.A.

Méndez, L. (2020). Manual de prácticas de análisis de alimentos. Universidad Veracruzana. Facultad de Química Farmacéutica Biológica. Pág 42.

Miranda, A. (2006). La Fibra Dietaria en la Nutrición. Artículo de medicina.

Montagne, L., Pluske, J.R., & Hampson, D.J. (2003). A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. *Animal Feed Science and Technology*, 108, 95- 117.

Moreno, R.A. (1989). *El cuy*. 2ª ed. Lima. UNA La Molina. Pág. 128.

Morris, E. y O'Dell, B. (1963). Relationship of excess calcium and phosphorus to magnesium requirement and toxicity in guinea pigs. *The Journal of Nutrition*, 81 (2), 175-181.
<https://doi.org/10.1093/jn/81.2.175>

National Research Council. (1978). *Nutrient requeriments of laboratoy animals*.

National Academy of Science. <https://doi.org/10.17226/20047>

National Research Council. (1995). *Requerimientos nutritivos del cuy*. 4ta ed. Washington D.C.: National Academy Press. NRC. Pág. 192.

Navia, J. y Hunt, C. (1976). Nutrición, enfermedades nutricionales y aplicaciones de investigación nutricional en Wagner, J. y Manning, P, *La biología del conejillo de Indias* (1ra ed., Vol. 1, pp. 235-267). ELSEIVER. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-730050-4.50022-3>

Ngoula, F., Guemdjo, M., Kenfack, A., Tadondjou, T., Nouboudem, S., Ngoumtsop, H., Tsafack, B., Tegua, A., Kamtchouing, P., Galeotti, M. & Tchoumboue, J. (2017). Effects of heat stress on some reproductive parameters of male cavie (*Cavia porcellus*) and mitigation strategies using guava (*Psidium guajava*) leaves essential oil nutrición. Hospital La Fuenfria. Madrid. 21 (supl. 2): 61-72.

Ocasio, V., Farias, K., Delgado, M., Noboa, T., Elrasoul, R., Carabaño, L. (2018). Efecto del nivel de fibra soluble e insoluble sobre la digestibilidad fecal y los rendimientos productivos de gazapos en crecimiento. Universidad Politécnica de Madrid.

O'Dell, B., Morris, E., Pickett, E. y Hogan, A. (1957). Diet composition and mineral balance in guinea pigs. *The Journal of Nutrition*, 63 (1), 65-77. <https://doi.org/10.1093/jn/63.1.65>

Peters, A. (1978) Reproductive activity of the cow in the post-partum period. I. Factors affecting the length of the post-partum acyclic period. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6697146/>

Potty, V. (1996). Physico chemical aspects, physiological functions, nutritional importance and technological significance of dietary fibers. A critical appraisal. *J. Food. Sci. Technol.*33: 1

Quijandría, B. (1988). *Producción de cuyes*. 2ª Ed. FAO. Roma. 135 pp.

Quispe, J. (2024). Efecto del tipo de forraje suplementario sobre el balance de nitrógeno en Cuyes. Universidad Nacional del Altiplano. <http://tesis.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/22811>

Lúa Ramírez I, & Ruiz Mejía M, & Martín Márquez B, & Flores Alvarado L, & Sánchez Enríquez S (2014). Metabolismo de compuestos nitrogenados. Enríquez S, & Alvarado L, & Díaz C, & Chávez P(Eds.), *Manual de prácticas de laboratorio de bioquímica*, 3e. McGraw-Hill

Education. <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=1496§ionid=100110326>

Ravindran, V. (2010). Monogastric Research Centre, Institute of Food, Nutrition and Human Health. Massey University, Palmerston North, Nueva Zealandia.

Reid, M. (1958). Nutritional studies with the guinea pig: III. Choline. *The Journal of Nutrition*, 56 (2), 215-229. <https://doi.org/10.1093/jn/56.2.215>

Rico, E. & Rivas, C. (2003). Manual sobre el manejo de cuyes. Proyecto Mejocuy.

Benson Agriculture and Food Institute Provo, UT, EE.UU.

Romero, N. (1997). Métodos de análisis para la determinación de nitrógeno y constituyentes nitrogenados en alimentos.

Sakaguchi, E. (2003). Digestive strategies of small hindgut fermenters. *Animal Science Journal*, 74(5), 327–337.

Santini, F. (2014). Nutrición Animal Aplicada. Área de Investigación en Producción Animal. Grupo de Nutrición Animal INTA, EEA

Serra, L.; Aranceta, J.; Mataix, V. & Uauy, R. (2006). Nutrición y Salud Pública: Métodos, bases científicas y aplicaciones. 2º Edición. (1): 10-11.

Shubhanjana. S. (s.f.). An Introduction to Pectin. SCRIBD.

Soldevia, C., Coma, J. & Aymerich, P. Gestión nutricional para reducir la excreción de nitrógeno. https://www.3tres3.com/latam/articulos/gestion-nutricional-para-reducir-la-excrecion-de-nitrogeno_16906/

Sriamornsak, P. (2003). "Chemistry of Pectin and Its Pharmaceutical Uses: A Review." *Silpakorn University International Journal*, vol. 3, pp. 206-208.

Stanton C, Carapetis M, Phillips P. (2007). Fibre facts: dietary fibre. *Medicine Today*; 9(2): 63-68.

Torero, A. (2017). Manejo de la fibra en la nutrición porcina. <http://www.actualidadporcina.com/articulos/manejo-de-la-fibra-en-la-nutricion-porcina.html>

- Treviño, M. J., & Arosemena, G. G. (1971). (P. R. Pastos, Editor) Obtenido de Determinación de la fracción fibra de los forrajes. UNAM.
- Universidad de Navarra. (2024). Balance nitrogenado. Clínica Universidad de Navarra. <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/balance-nitrogenado#:~:text=El%20balance%20nitrogenado%20es%20un,nitr%C3%B3geno%20excretado%20por%20el%20cuerpo>.
- Vivas, J. (2013). Especies alternativas: Manual de crianza de cobayos (*Cavia porcellus*). Universidad Nacional Agraria.
- Voragen et al. (2003). *Advances in Pectin and Pectinase Research*. Ed. Springer, 2003. ISBN 9789401703314.
- Zaldivar, C. (1995). La producción de cuyes (*Cavia porcellus*) en los países andinos.
- Zhang, W., Xu, P., & Zhang, H. (2015). Pectin in cancer therapy: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 44, 258–271. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.04.00>

10. Anexos

Anexo 1. Evidencias fotográficas de trabajo de campo.



Figura 3. Adecuación y limpieza de instalaciones.



Figura 4. Elaboración de dietas experimentales.



Figura 5. Recolección y pesaje de muestras de heces y orina.

Anexo 2. Evidencias de análisis de laboratorio.



Figura 6. Determinación de Nitrógeno/Proteína.

Anexo 3. Certificación de traducción de inglés

CERTIFICACIÓN DE TRADUCCIÓN

Loja, 17 de diciembre de 2024

Lic. Viviana Valdivieso Loyola Mg. Sc.

DOCENTE DE INGLÉS

A petición verbal de la parte interesada:

CERTIFICA:

Que, desde mi legal saber y entender, como profesional en el área del idioma inglés, he procedido a realizar la traducción del resumen, correspondiente al Trabajo de Integración Curricular titulado **Estudio del balance de nitrógeno en cuyes (*Cavia porcellus*) en etapa post destete, alimentados con diferentes niveles de fibra insoluble y soluble**, de la autoría de: **Jennifer Nayeli Enríquez Villacís**, portadora de la cédula de identidad número **1104304280**

Para efectos de traducción se han considerado los lineamientos que corresponden a un nivel de inglés técnico, como amerita el caso.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando a la portadora del presente documento, hacer uso del mismo, en lo que a bien tenga.

Atentamente. -



VIVIANA DEL CISNE
VALDIVIESO LOYOLA

Lic. Viviana Valdivieso Loyola Mg. Sc.

1103682991

N° Registro Senescyt 4to nivel **1031-2021-2296049**

N° Registro Senescyt 3er nivel **1008-16-1454771**