



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Medicina Veterinaria

Efecto de la fibra soluble e insoluble sobre la integridad de la mucosa intestinal de cuyes en post destete

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

AUTOR:

Maria Rosario Carrion Castillo

DIRECTOR:

Dr. Rodrigo Medardo Abad Guamán, PhD.

Loja – Ecuador

2024



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Sistema de Información Académico
Administrativo y Financiero - SIAAF

CERTIFICADO DE CULMINACIÓN Y APROBACIÓN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, **ABAD GUAMAN RODRIGO MEDARDO**, director del Trabajo de Integración Curricular denominado **Efecto de la fibra soluble e insoluble sobre la integridad de la mucosa intestinal de cuyes en post-destete**, perteneciente al estudiante **MARIA ROSARIO CARRION CASTILLO**, con cédula de identidad N° **1105383515**.

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, el/la 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



RODRIGO MEDARDO
ABAD GUAMAN

F)

DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR



Certificado TIC/TT.: UNL-2024-002799

1/1
Educamos para Transformar

Autoría

Yo, **Maria Rosario Carrion Castillo**, 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: 1105383515

Fecha: 19/11/2024

Correo electrónico: maria.r.carrion@unl.edu.ec

Teléfono: 0968913950

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, **Maria Rosario Carrion Castillo**, declaro ser autora del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Efecto de la fibra soluble e insoluble sobre la integridad de la mucosa intestinal de cuyes en post destete**, 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 los diecinueve días del mes de noviembre de dos mil veinticuatro.

Firma:



Autora: Maria Rosario Carrion Castillo

Cédula: 1105383515

Dirección: Barrio El Tambo, Catamayo Loja, Ecuador.

Correo electrónico: maria.r.carrion@unl.edu.ec

Teléfono: 0968913950

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Integración Curricular: Dr. Rodrigo Medardo Abad Guamán
PhD

Dedicatoria

Dedico mi Trabajo de Integración Curricular a mi madre, Rosa por su apoyo y amor incondicional han sido mi guía en cada paso en este camino. Gracias por tu esfuerzo, sacrificio, por ser mi inspiración y creer en mí cuando yo misma dudaba.

A mis hermanos Danny y Johnson quienes con su amor y cariño me brindaron la motivación para continuar mi camino. Su fe y confianza fueron el pilar fundamental en este viaje.

A mis mejores amigas de cuatro patas, Muñeca, Cookie y Negra por acompañarme durante las noches largas. Su lealtad y presencia han sido mi consuelo en este proceso.

A mis abuelos por la motivación en cada momento, gracias por enseñarme el valor del esfuerzo y perseverancia.

Para ustedes, con todo mi amor y gratitud.

Maria Rosario Carrion Castillo

Agradecimiento

Agradezco a Dios por darme la perseverancia necesaria y ser mi guía esencial para finalizar este logro académico, a la Universidad Nacional de Loja por acogerme y contribuir con mi formación académica.

Mi agradecimiento más sincero a mi director, Dr. Rodrigo Medardo Abad Guamán, por su paciencia y valiosos aportes en todo el proceso de investigación y redacción del presente trabajo de integración curricular. Mis agradecimientos también para la Dra. Rocío Herrera por su inmenso trabajo y apoyo durante la fase de campo de este proyecto, a los docentes del Proyecto CIDIÑA, Dr. Galo Escudero, Dr. Luis Aguirre y la Ing. Beatriz Guerrero.

A mis amigos y compañeros por sus palabras de aliento y cariño.

Finalmente, agradezco a mi familia y amigos por su ayuda, apoyo incondicional durante mi etapa de estudiante. Sin su amor y respaldo económico nada de esto hubiera sido posible.

Maria Rosario Carrion Castillo

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
3. Introducción	4
4. Marco Teórico	6
4.1. Fibra Dietética y su Importancia	6
4.1.1. <i>Tipos de Fibra Dietética y Definición</i>	6
4.1.2. <i>La Salud Intestinal y la Función de la Fibra en la Digestión</i>	7
4.1.3. <i>Fibra Dietética en Cuyes</i>	8
4.2. Intestino Delgado.....	9
4.2.1. <i>Histología del Intestino Delgado del Cobayo</i>	10
4.2.2. <i>Mucosa</i>	10
4.2.3. <i>Submucosa</i>	11
4.2.4. <i>Muscular</i>	11
4.2.5. <i>Serosa</i>	11
4.3. Integridad de Mucosa Intestinal	11
4.4. Morfometría Intestinal: Características y su Funcionalidad en Producción Animal. 12	
4.4.1. <i>Efectos de la Fibra Soluble en la Salud Intestinal</i>	13
4.4.2. <i>La Fibra Insoluble en la Salud Intestinal y Su Efecto</i>	14
5. Metodología	16
5.1. Ubicación.....	16
5.2. Unidades Experimentales	17
5.3. Dietas Experimentales	17
5.4. Diseño de Investigación.....	19
5.5. Toma de Muestras	19
5.6. Análisis de las Muestras	19
5.7. Análisis de los Resultados	22
6. Resultados	23

7. Discusión	27
8. Conclusiones	29
9. Recomendaciones	30
10. Bibliografía	31
11. Anexos	35

Índice de tablas

Tabla 1. Ingredientes y composición química de las dietas experimentales con diferentes niveles de fibra insoluble y soluble.	17
Tabla 2. Efecto del nivel de fibra soluble e insoluble sobre la integridad de mucosa intestinal en cuyes post destete.	23

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación de la Quinta Experimental Punzara y el Centro de Investigación Desarrollo Innovación de Nutrición Animal (CIDiNA).	16
Figura 2. Medidas de estructuras histológicas de vellosidades intestinales del cuy, tratamiento 2 AFS-BFI, L1 Profundidad de cripta.	20
Figura 3. Medidas de estructuras histológicas de vellosidades intestinales del cuy, tratamiento 1 BFS-BFI, L2 Longitud de vellosidad intestinal.	21
Figura 4. Medidas de estructuras histológicas de vellosidades intestinales del cuy, tratamiento 3 BFS-AFI, L1 Ancho de musculatura.	21
Figura 5. Medidas de estructuras histológicas de vellosidades intestinales del cuy, tratamiento 4 AFS-AFI, L3 Altura de epitelio.	22
Figura 6. Diferencias significativas entre 2 tratamientos aplicados en cuyes.	24
Figura 7. Promedios del ancho de musculatura en cuyes alimentados con diferentes niveles de fibra soluble.	25
Figura 8. Diferencia significativa del ratio en cuyes alimentados con diferentes niveles de fibra soluble.	26

Índice de anexos

Anexo 1. Limpieza y acondicionamiento de instalaciones.	35
Anexo 2. Preparación de los tratamientos experimentales.	36
Anexo 3. Unidades experimentales asignadas a cada tratamiento.	37
Anexo 4. Toma y recolección de muestras del intestino delgado (yeyuno) de cuyes.....	37
Anexo 5. Medición de las placas histológicas de cada cuy de diferente tratamiento.	38
Anexo 6. Certificado de traducción de inglés.	39

1. Título

Efecto de la fibra soluble e insoluble sobre la integridad de la mucosa intestinal de
cuyes en post destete

2. Resumen

La fibra dietética es de vital importancia para la salud intestinal y la función de la integridad de la mucosa intestinal. El presente estudio analizó el efecto de diferentes niveles de fibra soluble como insoluble en la integridad de mucosa intestinal de cuyes en post destete. Para esto se trabajó con 32 cuyes destetados de 15 días de edad, Tipo A1 que fueron distribuidos de forma aleatoria en cuatro dietas experimentales formuladas con diferentes concentraciones de fibra soluble (FS) y fibra insoluble (FI). La primera dieta baja en FS (4,48%) y FI (29%), la segunda dieta alta en FS (12%) y baja FI (28,0%), la tercera dieta baja en FS (6,52%) y alta FI (35,5%) y finalmente la dieta cuatro alta en FS (12,0%) y FI (35,8%). Los cuyes fueron alimentados ad libitum durante 10 días, posteriormente sacrificados y se tomaron muestras del intestino delgado (yeyuno). Con la ayuda de las técnicas histológicas fueron analizadas las variables altura de vellosidades, profundidad de cripta, ancho de musculatura, altura de epitelio intestinal y ratio. La fibra soluble en altas concentraciones mostró efectos negativos debido que redujeron significativamente la altura de vellosidades ($p=0,011$) y ratio ($p= 0,035$). De igual forma, la variable ancho de musculatura mostró una tendencia ($p=0,081$) con la inclusión de altos niveles de fibra soluble. La inclusión de altas concentraciones de fibra soluble en los tratamientos de cuyes post destete afecta negativamente las variables ya mencionadas, lo que podría generar complicaciones en la salud general de los animales. Finalmente, no se observaron diferencias significativas en el efecto de la fibra insoluble y su interacción con la fibra soluble sobre la integridad de mucosa intestinal.

Palabras clave: *cuyes, altura de vellosidades, ratio, ancho de musculatura, fibra soluble*

Abstract

Dietary fiber is of vital importance for intestinal health and intestinal mucosal integrity function. The present study analyzed the effect of different levels of soluble and insoluble fiber on the intestinal mucosal integrity of post-weaned guinea pigs. For this purpose, 32 weaned guinea pigs of 15 days of age, Type A1, were randomly distributed in four experimental diets formulated with different concentrations of soluble fiber (SF) and insoluble fiber (IF). The first diet low in SF (4.48%) and IF (29%), the second diet high in SF (12%) and low IF (28.0%), the third diet low in SF (6.52%) and high IF (35.5%) and finally diet four high in SF (12.0%) and IF (35.8%). The guinea pigs were fed ad libitum for 10 days, then sacrificed and samples were taken from the small intestine (jejunum). With the help of histological techniques, the variables villus height, crypt depth, muscle width, intestinal epithelium height and ratio were analyzed. Soluble fiber in high concentrations showed negative effects due to significantly reduced villi height ($p=0.011$) and ratio ($p= 0.035$). Similarly, the variable muscle width showed a trend ($p=0.081$) with the inclusion of high levels of soluble fiber. The inclusion of high concentrations of soluble fiber in post-weaning guinea pig treatments negatively affects the aforementioned variables, which could generate complications in the general health of the animals. Finally, no significant differences were observed in the effect of insoluble fiber and its interaction with soluble fiber on intestinal mucosal integrity.

Keywords: *guinea pigs, villus height, ratio, muscle width, soluble fiber.*

3. Introducción

La producción de cuyes (*Cavia porcellus*) es una actividad de gran importancia económica y social en diversas regiones del mundo, especialmente en zonas rurales (Cano et al., 2016) La carne de cuy es una fuente de proteína de alta calidad y su crianza requiere de una alimentación adecuada para garantizar su salud y productividad (Ardoino et al., 2017). En Ecuador, la producción de cuyes ha experimentado un crecimiento significativo en las últimas décadas, convirtiéndose en una importante fuente de ingresos para las familias rurales (Vergara, 2023).

La salud y el bienestar animal de los cuyes se ve influenciada por la integridad de mucosa intestinal, debido que influye en la absorción, susceptibilidad a enfermedades y la respuesta inmune (Puente, 2018). Se considera a la mucosa intestinal como una barrera fundamental tanto para la salud animal porque protege al organismo de toxinas y patógenos, así mismo ayudando a la absorción de nutrientes (Vega et al., 2022). Por el contrario, la fibra es el conjunto del grupo de polisacáridos, se considera la porción no digerible de los alimentos, lo que perjudica la absorción y descomposición que se lleva a cabo en el intestino delgado, llegando así al proceso físico químico denominado fermentación (Badui, 2013). También es un componente esencial de la dieta de los herbívoros, convirtiéndose en el proceso más importante para el mantenimiento de la salud intestinal, soluble e insoluble.

La fibra soluble en el intestino conlleva el proceso de fermentación, generando así ácidos grasos de cadena corta fortaleciendo y alimentando células de la mucosa intestinal, de esta manera mejora el mecanismo de protección evitando el ingreso de bacterias y toxinas perjudiciales hacia el torrente sanguíneo. Un estudio donde examinó el impacto de fibra soluble e insoluble en la mucosa intestinal en conejos donde se vio desarrollada la altura de vellosidades como profundidad de criptas con la incorporación de fibra soluble (Chen et al., 2018). Así mismo, el estudio realizado en conejos en posdestete examinó los efectos de fibra soluble en la microbiota intestinal donde también se vio incrementada tanto la altura de epitelio como profundidad de criptas (Gómez et al., 2007). Por otra parte, el concepto de fibra insoluble abarca múltiples beneficios como es la prevención de problemas como es el estreñimiento al aportar textura y volumen a heces y ayuda el tránsito intestinal adecuado. El estudio desarrollado donde evaluó la morfología intestinal en cerdos post destete con dietas proporcionadas de fibra insoluble, dando como resultado un mayor número de incremento en vellosidades, así mismo una alta actividad enzimática de mucosa (Hedemann et al., 2006).

Estudios previamente realizados como la evaluación de la fibra dietética afecta dentro de la salud intestinal en lechones destetados, Medel en 2022, mencionó que la fibra dietética juega un papel importante en mitigar alteraciones digestivas, como la importancia dentro del desarrollo del aparato digestivo en lechones durante la etapa de post destete (De Souza et al., 2012). Sin embargo, las fuentes informativas disponibles acerca del efecto de la fibra dietética en la mucosa intestinal de cuyes post destete es limitada.

Se ha evidenciado que la fibra llega a ejercer muchos efectos positivos sobre la salud intestinal, no obstante, los mecanismos específicos y la influencia de diferentes tipos de fibra aún no están completamente dilucidados (Rivera, 2018), además, los resultados de este trabajo aportan información valiosa para comprender los mecanismos por los cuales la fibra soluble e insoluble influyen en la integridad de la mucosa intestinal en cuyes post destete, así mismo, estos resultados pueden ser utilizados para desarrollar estrategias nutricionales que mejoren la salud intestinal en cuyes, lo que se traduciría en una mayor productividad y rentabilidad para el sector productivo ecuatoriano. Además, la información generada en este trabajo podría ser aplicable a otras especies animales, es por ello que en el presente estudio se plantearon los siguientes objetivos

- Estudiar la altura de vellosidades, profundidad de criptas y ratio
- Analizar la altura del epitelio de mucosa intestinal y ancho de capa muscular de la mucosa intestinal

4. Marco Teórico

4.1. Fibra Dietética y su Importancia

4.1.1. Tipos de Fibra Dietética y Definición

Los cuyes tienen la facilidad de aprovechar al máximo la fibra, esto se debe a la digestión microbiana que se lleva a cabo en el colon y ciego. Mediante este suceso se obtienen ácidos grasos volátiles permitiendo cumplir con gran parte de sus necesidades energéticas (Hugo, 2018).

La inclusión de la fibra es fundamental para obtener una excelente digestibilidad de muchos nutrientes y de esta manera retarda el tránsito del contenido alimenticio por todo el largo del tracto digestivo, generando múltiples beneficios en cuanto a la absorción de nutrientes (Chauca 1997)

El concepto de fibra en anatomía vegetal hace referencia a constituyentes de tipo fibrosos que se encuentran en la pared de células vegetales. Los constituyentes forman parte de estructuras complejas como lo son, celulosa, hemicelulosa y lignina, estos a su vez son los principales elementos de las fibras vegetales. En su forma más natural, estas fibras forman estructuras funcionales que están bien diferenciadas y una amplia variedad de polisacáridos. Estos últimos están asociados con las fibras vegetales, que a su vez están formados por cadenas largas de moléculas de glucosa y otros azúcares. Estas cadenas llegan a tener una disposición lineal o presentar ramificaciones, que suelen tener diferentes pesos moleculares. La celulosa es un componente clave de las fibras vegetales y se compone en cadenas lineales de glucosa unidas por enlaces glucosídicos. La hemicelulosa, sin embargo, se considera una mezcla de polisacáridos que puede incluir diversos azúcares y estructuras ramificadas. La lignina, que se encuentra presente en las fibras vegetales, es considerado un polímero complejo que proporciona rigidez y resistencia a las células vegetales (Azcón et al Talón., 2018)

La fibra dietética ha sido objetivo de una variedad de denominaciones, como, afrecho, salvado, fibra cruda, fibra no digerible, residuo vegetal no metabolizable, carbohidratos no asimilables (Ochoa et al.,2008).

Recientemente, la fibra cruda ha sido ampliamente mencionada en nutrición animal y en el análisis de alimentos para humanos. Hace referencia a los componentes orgánicos no nitrogenados que no se disuelven después de hidrólisis repetida en medios ácidos o alcalinos. El principal componente de fibra cruda es la celulosa (90%), en conjunto con hemicelulosas y lignina (Kritchevsky 1988), que forman parte de la fracción insoluble de la fibra.

4.1.2. La Salud Intestinal y la Función de la Fibra en la Digestión

La salud intestinal no cuenta con una denominación científicamente precisa. No obstante, tiene una fuerte relación con el conjunto de características funcionales y fisiológicas que incluye a la digestión, metabolismo, mantenimiento de una microbiota intestinal normal y estable, producción de energía, absorción de nutrientes y la activación de los mecanismos inmunitarios de la mucosa para enfrentar diversos desafíos. (Pluske et al., 2018).

Según Cummings y Macfarlane (1991) la salud intestinal es la habilidad que posee el intestino para llevar a cabo las funciones de tipo absorptivas como digestivas manteniendo el microbiota intestinal funcional y proporcionada.

Gaskins et al. (2002) mencionan que la salud intestinal en animales como un estado en el que el tracto gastrointestinal (TGI) se encuentra en un balance, de manera que se lleve a cabo las funciones de digestión y absorción, al mismo tiempo mantiene una microbiota beneficiosa y un sistema inmunitario fuerte. Estos autores mencionan la importancia de la microbiota balanceada que permite la fermentación de nutrientes que no son digeribles para la elaboración de ácidos grasos de cadena corta, sumamente importantes para la salud del colon.

Jensen (2001) alude que la salud intestinal es esencial para la productividad de los animales de granja. Según este autor, un intestino saludable se identifica por tener una microbiota diversificada, una barrera intestinal sin alteraciones y un sistema inmunológico efectivo, aspectos fundamentales para evitar enfermedades y mejorar la conversión alimenticia.

La microbiota intestinal y la fibra dietética son elementos fundamentales para preservar la integridad de la estructura y garantizar una producción adecuada de moco intestinal, componentes cruciales para la salud intestinal (Makki et al., 2018). La fibra dietética sobre la microbiota intestinal tiene un rol importante debido que facilita la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) como el butirato, vital para generar energía a los colonocitos y preservar la función de barrera del intestino (Cummings & Macfarlane, 1991). Asimismo, estos AGCC poseen cualidades antiinflamatorias, modulando la respuesta inmunitaria y ayudando a prevenir enfermedades inflamatorias del intestino (Vighi et al., 2008).

4.1.3. Fibra Dietética en Cuyes

El cobayo se destaca por su sistema digestivo, que incluye un estómago simple, pero destaca por un ciego de considerable tamaño que le confiere la capacidad de descomponer la fibra ingerida en los alimentos de manera más eficiente que otras especies como conejos, hamsters o ratas.

Esta característica se debe a la condición que posee el animal fermentador post gástrico, que se caracteriza por presentar un método de separación colónica (CSM) también denominado "trampa de moco". Así mismo, debido a la microbiota intestinal que se encuentra en el ciego promueve la generación de ácidos grasos de cadena corta (AGCC), semejantes a los hallados en el rumen de los rumiantes a través de la fermentación de fibras dietéticas (Sakaguchi et al., 1997).

La producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) de fibra dietética también promueve la preservación del epitelio intestinal. Por lo tanto, el consumo de bajos niveles de fibra dietética genera un impacto en el equilibrio de las AGCC obtenidos, generando impacto en la función de la barrera intestinal (Zhang, 2022).

Según Usca (2022), se recomienda que las cobayas consuman una dieta con un contenido de fibra del 8% al 17% durante la gestación y lactancia y aproximadamente el 10% durante el crecimiento. Sin embargo, el contenido de fibra en los concentrados utilizados para alimentar a los cuyes oscila entre el 5% y el 18%. Particularmente en ambientes de laboratorio, es importante que el contenido de fibra sea mayor para garantizar el bienestar y la salud animal (Chauca de Zaldívar, 1997).

Sin embargo, se recomienda que la dieta de los cobayos posea al menos un 15 % de fibra. No obstante, se cree que el nivel ideal para la salud intestinal oscila en la dieta con un 30 % y un 35 % de fibra detergente ácida (FDA) y fibra cruda (Grant, 2014). Las principales funciones de la fibra en la dieta no solo se basan en mantener las poblaciones balanceadas de la microbiota intestinal, sino que es capaz de beneficiar la motilidad intestinal, mantener el pH del ciego y asegurar una mejor integridad intestinal (Febres López, 2023).

4.2. Intestino Delgado

Este órgano presenta receptores que favorecen el movimiento gástrico y a su vez es capaz de modificar su superficie mediante el crecimiento longitudinal y la variación en la altura de las vellosidades. La reducción y fusión de estas vellosidades resultan en una disminución de la superficie disponible para la digestión y absorción de nutrientes. Por lo tanto, mantener la integridad de la mucosa intestinal es fundamental para garantizar una digestión y absorción efectiva de nutrientes (Chávez et al., 2019).

Cuando se completa la diferenciación estructural de la mucosa, los enterocitos y sus microvellosidades comienzan a realizar sus funciones digestivas, que incluyen la secreción de carbohidrasas y peptidasas. Este proceso suele ocurrir durante la migración celular hacia el tercio superior de la vellosidad. La absorción de azúcares y aminoácidos comienza cuando el enterocito alcanza la mitad de la vellosidad y continúa incrementándose hasta que las células son eliminadas por descamación en la punta de la vellosidad, gracias a la estructura de sus paredes (Mariscal et al., 2012).

4.2.1. *Histología del Intestino Delgado del Cobayo*

4.2.2. *Mucosa*

Presenta un rol que beneficia en los mecanismos de digestión, promoviendo la absorción de nutrientes mientras que produce una barrera química, biológica y física para evitar el ingreso de sustancias desconocidas y microorganismos tóxicos como virus, hongos y bacterias (Soraci et al., 2010).

Posee muchas estructuras que aumentan el área accesible para la absorción de nutrientes. Las estructuras que se encuentran son las vellosidades intestinales, pliegues permanentes que emplean una forma circular y presentan una longitud de 0,5-1,5 μm en dirección al lumen del intestino delgado. Además, se encuentran pequeñas aberturas que pertenecen a las glándulas tubulares simples llamadas criptas (Junqueira & Carneiro, 2015). Además de actuar como barrera para mantener la integridad de la monocapa de células epiteliales y limitar el daño asociado con la inflamación (Patel & McCormick, 2014), la mucosa intestinal tiene una función lubricante y antiinflamatoria. El moco que la compone está compuesto principalmente por agua, colesterol, lípidos, inmunoglobulinas, sales, proteínas y mucinas, estas últimas se dividen en mucinas unidas a la membrana y mucinas secretadas (Gopal et al., 2014).

4.2.3. Submucosa

Situada por fuera de la muscularis mucosae, conformada por un tejido conectivo compacto que permite ser la vía de ingreso para los vasos sanguíneos arteriales, confirmando una irrigación sanguínea constante a la mucosa. Así mismo, contiene venas y vasos linfáticos que transportan los nutrientes absorbidos al resto del organismo. En la submucosa se ubican muchos nervios y ganglios del sistema nervioso autónomo (Illanes et al., 2006).

4.2.4. Muscular

Dos capas de tejido muscular liso conforman esta capa muscular. La capa externa donde las espirales se extienden más, se conoce como capa longitudinal externa (Arancibia et al., 2013). Mientras que la capa interna también conocida como circular interna, tiene fibras musculares lisas conformadas en espirales compactas.

4.2.5. Serosa

Está conformada por una lámina fina de tejido conectivo laxo que está recubierto en su capa externa por células planas o mesotelio. La serosa posee una porción profunda del peritoneo y normalmente se encuentra completa, a excepción de la región del borde mesentérico, donde los vasos sanguíneos y los nervios se unen a la pared intestinal (Gasquez y Blanco, 2004).

4.3. Integridad de Mucosa Intestinal

La capacidad óptima del tracto digestivo para mantener su funcionalidad se conoce como integridad intestinal. Esto implica mantener la estructura física, que incluye los enterocitos, la vascularización y el moco, así como también su capacidad para llevar a cabo funciones metabólicas como la digestión, la secreción, la absorción y el transporte de nutrientes (Dominguez, 2015).

La salud intestinal conlleva un concepto bastante completo debido que incluye un conjunto de características fisiológicas y funcionales que influyen en la absorción y digestión

de nutrientes, el metabolismo, la generación de energía y las respuestas inmunitarias en las mucosas (Pluske et al., 2018).

4.4. Morfometría Intestinal: Características y su Funcionalidad en Producción Animal

Evans et al. (1971) aluden la posibilidad de examinar la longitud de la mucosa, así como las medidas de vellosidades intestinales en términos de altura y anchura, en conjunto con la profundidad de criptas de Lieberkühn y examinar las relaciones entre estas mediciones mediante métodos histológicos convencionales. Aspectos como la longitud y tamaño de intestino delgado, la densidad y disposición de las vellosidades intestinales, y la profundidad de las criptas intestinales, estos elementos son importante en la morfología y morfometría del epitelio intestinal (Jeurissen et al., 2002).

Un equilibrio favorable entre la renovación celular, ya sea a una baja extrusión o una alta tasa de renovación se reflejan con unas vellosidades más anchas o largas, como también las relaciones longitud/profundidad más altas. No obstante, vellosidades cortas muestran un balance beneficioso hacia la extrusión, por pérdida normal de células o como efecto de la inflamación provocada por patógenos o sus toxinas. Estas características, una baja relación entre longitud/profundidad indicaría una alta tasa de renovación celular, pero insuficiente para aumentar el tamaño de las vellosidades (Uni et al., 1998).

Jeurissen et al. (2002) mencionaron que los elementos estructurales del sistema gastrointestinal, como la longitud, el área de la mucosa y las estructuras como las vellosidades y las criptas, influyen en el crecimiento del animal, lo que sugiere que una mucosa intestinal bien diferenciada está asociada con vellosidades intestinales altas en relación con la cripta de Lieberkühn. Además, Zhang et al. (2005) evaluaron el desempeño del crecimiento, la calidad de la carne y el desarrollo de la mucosa ileal en pollos de engorde suplementados con la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, finalizando con la información de que la presencia de esta levadura

promovió una rápida renovación epitelial asociada con criptas de Lieberkühn más profundas, lo que favoreció el crecimiento de las aves.

En las investigaciones que estudian la relación entre la morfometría intestinal, la superficie de absorción intestinal y los parámetros productivos en especies de animales de producción pecuaria, se analizan los valores de longitud (altura) de las vellosidades, el ancho de las vellosidades, la profundidad de las criptas de Lieberkühn y la relación entre la longitud de las vellosidades y la profundidad de las criptas (Bravo, 2012; Vallejos, 2015; Cowieson et al., 2017; López, 2018; Gonzáles, 2018; Puente, 2019; Carcelén, 2020).

4.4.1. Efectos de la Fibra Soluble en la Salud Intestinal

Las fibras dietéticas también son denominadas como solubles ya que presentan una capacidad para almacenar cantidades elevadas de agua dentro de su estructura, dando como resultado la formación de una mezcla viscosa. En el momento que llegan al intestino grueso, estas fibras mantienen el equilibrio en su integridad, facilitando que los microorganismos presentes, junto con sus enzimas, las fermenten en diversas medidas, en un proceso estrechamente relacionado con su solubilidad (Escudero Álvarez & González Sánchez, 2006).

La fibra soluble se distingue por su rapidez y completa capacidad de fermentación en contraste con la fibra insoluble. Su incorporación en la dieta, originaria de fuentes como cítricos, pulpa de remolacha, estimula el incremento de la biomasa y a su vez la actividad microbiana en el intestino ciego, especialmente por parte de la microbiota saprófita fibrinolítica. Esto conlleva a la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) y al incremento de la acidez cecal (Montagne et al., 2003).

Muchos organismos que son parte de la microbiota intestinal, como *Dictyostelium*, *Bacillus*, *Pseudomonas* y levaduras, presentan una facilidad de fermentar la pectina casi en su totalidad llevado a cabo en el colon, por medio de sucesos enzimáticos u oxidativos. Esto

provoca una variedad de AGCC y gases, además de contribuir a la reducción del pH intestinal (Han et al., 2023).

Los productos originados de esta fermentación llevada a cabo por microorganismos de la microbiota pueden regular la actividad de las células inmunitarias, como los macrófagos y las células de antígeno, beneficiando positivamente así la expresión de inmunoglobulinas. Es por ello que la fibra soluble afecta en el sistema inmunológico al cambiar la composición de la microbiota intestinal y, por ende, en la inmunidad intestinal (Hu et al., 2023).

Sin embargo, se ha detectado que la fibra soluble puede retrasar el paso de los alimentos mediante el intestino grueso ya que el acúmulo de contenido digestivo en el ciego. Esto genera un retraso en el vaciamiento gástrico, lo que podría reducir la ingesta de alimentos e impacta la digestibilidad ileal aparente (IAD) de los macronutrientes. Este suceso se relaciona con una disminución en la absorción de glucosa, lípidos y aminoácidos, ya que al aumento en el grosor de la capa de agua que limita el transporte de solutos hacia la membrana del enterocito. En efecto, también puede impactar el metabolismo postprandial (Escudero Álvarez & González Sánchez, 2006)

4.4.2. La Fibra Insoluble en la Salud Intestinal y Su Efecto

La fibra dietética insoluble se diferencia por su lenta capacidad de solubilidad, resultando en la creación de mezclas de baja viscosidad al almacenar agua en su estructura. Esto provoca un incremento en el tamaño de las heces, acelerando el tránsito intestinal. Así mismo, estas fibras presentan un tiempo de descomposición y fermentación más extenso, dando lugar que en el intestino ciego, son metabolizadas de manera lenta o también no digeridas por los microorganismos intestinales. Este suceso puede provocar efectos como la acumulación fecal en animales no rumiantes. Se ha evaluado que en cerdos al ser animales jóvenes se emplean menos este tipo de fibras en diferencia con adultos, dando como efecto una menor digestibilidad (Montagne et al., 2003).

Algunos estudios han demostrado que los niveles de fibra insoluble estimulan el desarrollo de las vellosidades intestinales en cuyes posdestete. Este suceso se entiende en una mayor longitud de las vellosidades intestinales y un incremento en el ratio entre la longitud de las vellosidades y la profundidad de las criptas. Este impacto favorable de la fibra insoluble se correlaciona con una mejora en la integridad de la mucosa intestinal (Febres, 2023). Además, Sakaguchi et al. (1997) sugieren que la incorporación de fuentes de fibra insoluble en las dietas de cobayos aumenta el consumo de alimento y la ganancia de peso, aunque también disminuye la digestibilidad aparente de la materia seca y la proteína a medida que aumenta la proporción de esta fibra en la dieta. Aunque se ha examinado que el aumento en la inclusión de fibra insoluble en las dietas de cuyes destetados conlleva a un incremento en el peso total del tracto digestivo, directamente en el intestino delgado y el ciego, que son los segmentos donde este efecto es más pronunciado (Calva, 2021).

5. Metodología

5.1. Ubicación

El presente trabajo de investigación se realizó en el centro de Experimentación I+D+I (investigación, desarrollo e innovación) de Nutrición Animal (CIDiNA) de la Universidad Nacional de Loja, ubicado en la Quinta Experimental Punzara, localizada al sur oeste de la Ciudad de Loja, en los predios de la institución en el sector “Punzara”, cuya ubicación geográfica cuenta con las siguientes coordenadas y características meteorológicas:

- Latitud: 4° 2' 11''
- Longitud: 79° 12' 4''
- Altitud: 2160 m.s.n.m
- Temperaturas absolutas anuales: 5,5 a 26,2 °C
- Precipitación anual: 1848,1mm
- Humedad relativa media: 78 %
- Formación ecológica: Bosque seco-montañoso bajo (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2017).

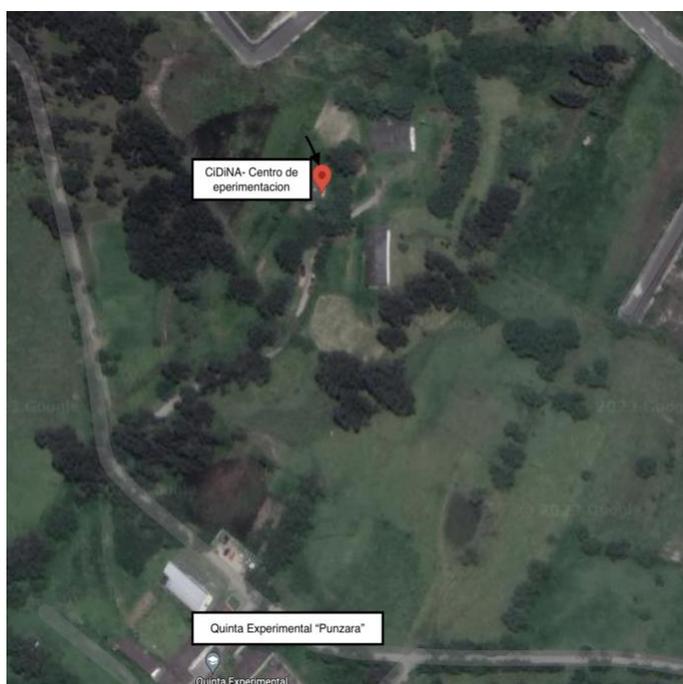


Figura 1. Ubicación de la Quinta Experimental Punzara y el Centro de Investigación Desarrollo Innovación de Nutrición Animal (CIDiNA).

Nota. Adaptado de *Centro de Investigación e Innovación de Nutrición Animal* [Fotografía], de Google Maps, 2023, <https://goo.gl/maps/1finmgyeDyodVLuH8>, Todos los derechos reservados por Google. Adaptado con permiso del autor

5.2. Unidades Experimentales

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron 32 cuyes destetados de 15 días de edad de ambos sexos, del tipo A1, los cuales fueron distribuidos aleatoriamente en las dietas experimentales (8 cuyes/dieta). Los animales fueron ubicados en jaulas individuales galvanizadas con dimensiones de 42 x 26 x 51 cm de largo, ancho y altura respectivamente, y contaron con comederos tipo J y bebederos de niples.

Adicionalmente, se colocó un calefactor para mantener el área de experimentación con una temperatura óptima entre 18 a 21 °C, y se dispuso de un sistema de ventilación.

5.3. Dietas Experimentales

Se elaboraron cuatro dietas experimentales con distintos niveles de fibra soluble (FS) y fibra insoluble (FI). La dieta 1 se compuso de niveles bajos de FS x FI (BFS x BFI) en proporciones de 4,48 x 29,0; la dieta 2 se caracterizó por ser alta en FS x baja en FI (AFS x BFI) con valores de 12,0 x 28,0; la dieta 3, baja en FS x alta en FI (BFS x AFI) con proporciones de 6,52 x 35,5; y finalmente, la composición de la dieta 4 incluyó niveles altos de FS x FI (AFS x AFI) con proporciones de 12 x 35,8, respectivamente.

En la formulación de estas raciones se consideró la utilización de 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 1, se presentan todos los ingredientes y la composición química porcentual considerados para la formulación y elaboración de las cuatro dietas experimentales.

Tabla 1. Ingredientes y composición química de las dietas experimentales con diferentes niveles de fibra insoluble y soluble.

	Dietas Experimentales			
Nivel de fibra insoluble	Baja	Baja	Alta	Alta

Nivel de fibra soluble	Baja	Alta	Baja	Alta
<i>Ingredientes, % tal como se ofrece</i>				
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 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	0,196
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		0,030
	0,0300		0,0300	0
Carbonato de calcio	1,85	1,45	1,32	1,10
Bentonita ²	0,400	0,400	0,400	0,400
<i>Composición Química Calculada</i>				
Proteína	15,0	15,0	15,0	15,0
Energía Digestible	2800	2874	2800	2800
Extracto Etéreo	5,42	4,00	4,00	5,33
FND	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
		0,84		0
Metionina	0,600	0,600	0,600	0,600
Treonina	0,600	0,600	0,600	0,600
Calcio	0,900		0,800	0,800
		0,90		0
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

¹LOFAC 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.

·Bentonita, 51.35% Silicio; 27,03% Aluminio; 5,83% Hierro; 1,65% Potasio; 1,04% Calcio; 0,77%

Magnesio; 0,68% Sodio.

5.4. Diseño de Investigación

Para este ensayo se utilizó un diseño de bloques aleatorizados (RBD), con arreglo factorial 2x2, donde cada bloque estuvo constituido por la camada de cada madre, con la aplicación de 8 repeticiones (animales) por tratamiento, los cuales fueron alimentados ad libitum por un lapso de 10 días. Después de finalizar el tiempo de aplicación de las dietas, se procedió con el sacrificio y toma de muestras.

5.5. Toma de Muestras

Los animales se sacrificaron a los 25 días de edad, es decir, al décimo día de tratamiento considerando las normas bioéticas internacionales de bienestar animal estipulados en el Art 145D y Art 145E del “Código Orgánico del Ambiente”, Registro Oficial Suplemento (ROS) N° 602 (Constitución de la República del Ecuador, 2023).

En primer lugar, se realizó el aturdimiento a través de un golpe contundente en la región occipital y posterior el desangramiento siguiendo el procedimiento sugerido por (Baumans et al., 1996). A continuación, los animales se evisceraron y se tomaron las muestras mediante un corte de 3-4 cm de la región media del intestino delgado (yeyuno) y se fijaron en formalina tamponada al 10 % para el posterior traslado al laboratorio de Histopatología para la realización de las tinciones.

Para la identificación de la integridad de mucosa intestinal se utilizó la reacción del ácido peryódico de Schiff (PAS) y Alcian blue a pH 2,5 tal y como lo describe Sharma & Schumacher (1995).

5.6. Análisis de las Muestras

Para la lectura de las placas y la toma de datos, se trabajó con el programa MOTIC, Microscopio MOTIC 29AX E250223, Modelo BA310, Serie 1120002406; las placas

histológicas se analizaron con el objetivo de 4x y se consideró un conteo de 30 lecturas por placa, es decir, se leyeron 30 vellosidades y 30 criptas de cada animal de estudio.

La medida de cada una de las estructuras se efectuó de la siguiente manera:

- **Profundidad de cripta:** se midió a través de una línea vertical, que va desde el borde de su inicio hasta el final de la misma.
- **Longitud de Vellosidad intestinal:** se trazó una línea vertical desde el final de la cripta, hasta el final del borde que presenta la vellosidad.
- **El ancho de la túnica muscular:** mediante una línea vertical en donde se consideró que contengan las capas serosa, mucosa, muscular, para poder considerar su medida.
- **La altura de epitelio:** se midió desde el borde de lateral de la vellosidad hasta el centro de esta.

A continuación se presentan 2,3,4,5 que ilustran las mediciones de cada variable de las estructuras histológicas del intestino delgado tomadas de los tratamientos con diferentes niveles de fibra soluble e insoluble.

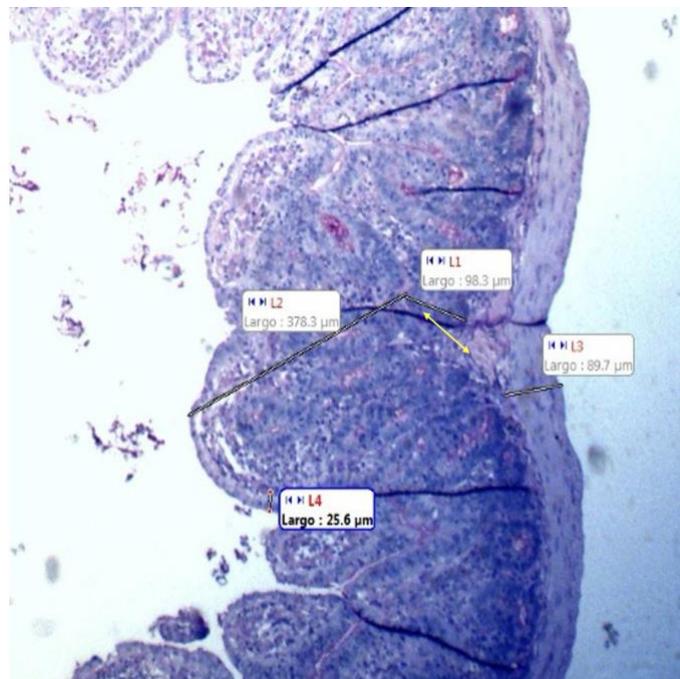


Figura 2. Medidas de estructuras histológicas de vellosidades intestinales del cuy, tratamiento 2 AFS-BFI, L1 Profundidad de cripta.

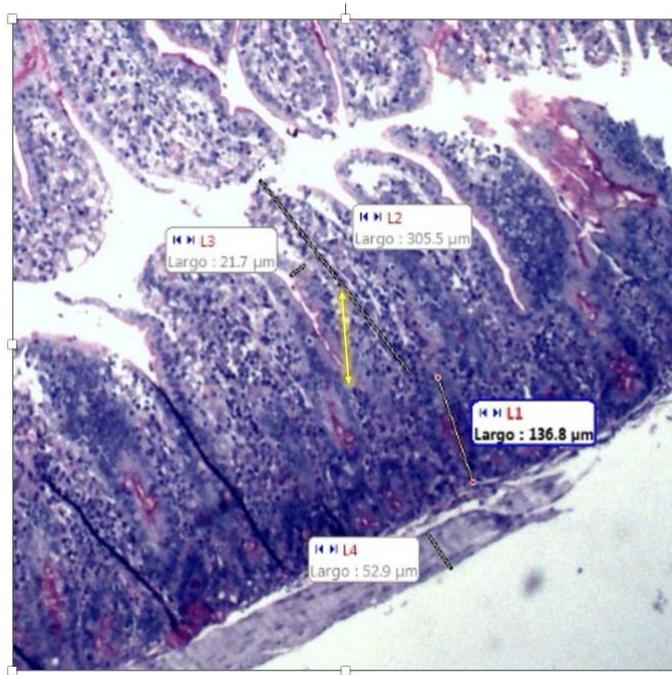


Figura 3. Medidas de estructuras histológicas de vellosidades intestinales del cuy, tratamiento 1 BFS-BFI, L2 Longitud de vellosidad intestinal.

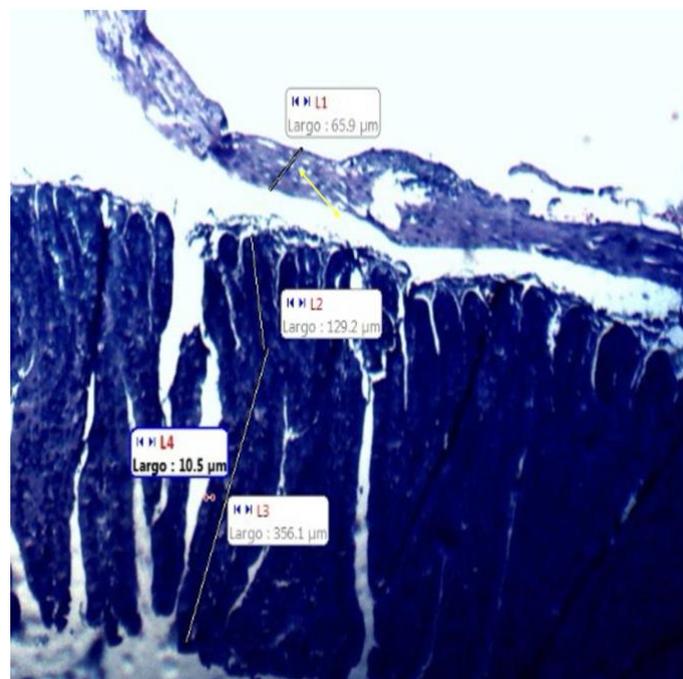


Figura 4. Medidas de estructuras histológicas de vellosidades intestinales del cuy, tratamiento 3 BFS-AFI, L1 Ancho de musculatura.

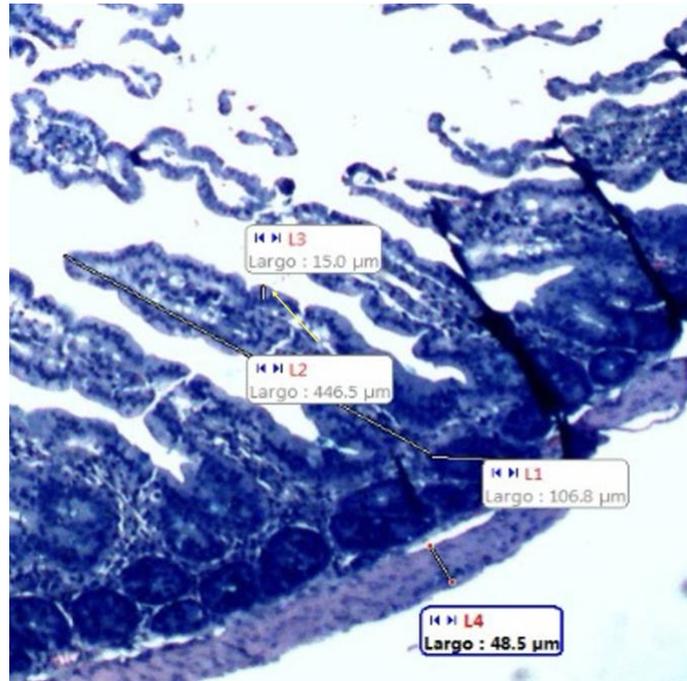


Figura 5. Medidas de estructuras histológicas de vellosidades intestinales del cuy, tratamiento 4 AFS-AFI, L3 Altura de epitelio.

5.7. Análisis de los Resultados

Para el análisis de los resultados se utilizó el paquete estadístico SAS (Statistic Analysis System) y se realizó un análisis de varianza (ANOVA) mediante el procedimiento MIXED del SAS, donde los principales factores de variación fueron las dietas experimentales con los niveles de fibra soluble e insoluble, y la interacción de fibra soluble e insoluble, y el factor aleatorio, fue el animal anidado al tratamiento. Las medias se compararon por medio de un Ttest protegido. Los p valores $\leq 0,05$ se consideraron como significativos.

Para el cálculo del ratio se tomó en cuenta la longitud de vellosidad/profundidad de cripta, donde se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{Ratio} = \text{longitud de vellosidades, um/Profundidad de cripta, um.}$$

6. Resultados

A continuación, en la Tabla 2, se muestran las variables evaluadas en esta investigación, y el efecto generado al incorporar los diferentes niveles de fibra insoluble como soluble en la dieta de cuyes post destete.

Tabla 2. Efecto del nivel de fibra soluble e insoluble sobre la integridad de mucosa intestinal en cuyes post destete.

Integridad de mucosa intestinal							
Nivel fibra soluble	Nivel fibra insoluble	Profundidad de cripta	Altura vellosidad	Ancho de musculatura	Altura de epitelio	Ratio	
	Alto	90,6	350	76,0	11,0	4,18	
	Bajo	91,6	429	94,4	12,0	4,97	
	Alto	90,9	373	80,7	11,8	4,35	
	Bajo	91,3	406	89,6	11,2	4,81	
	Alto	88,3	334	66,8	10,7	4,04	
	Bajo	93	365	85,1	11,3	4,33	
	Bajo	93,5	412	94,6	12,9	4,66	
	Bajo	89,7	446	94,2	11,2	5,29	
EEM1	Fibra insoluble	3,37	19,9	7,17	0,651	0,248	
	Fibra soluble	3,46	19,3	6,98	0,634	0,241	
	FI x FS	4,68	29,0	10,4	0,950	0,360	
p -Valor	Fibra insoluble	0,917	0,248	0,382	0,524	0,199	
	Fibra soluble	0,827	0,011	0,081	0,272	0,035	
	FI x FS	0,311	0,947	0,358	0,234	0,619	

Nota. 1 Error media estándar, n=8

6.1. Profundidad de cripta

Para la profundidad cripta, en los cuyes alimentados con las cuatro dietas experimentales, no se encontraron diferencias significativas, ya sea en función de los dos niveles de fibra soluble e insoluble o la interacción de ambas (FS x FI) ($p \geq 0,311$), dando una media general de 91,24 *um*

6.2. Altura de vellosidad

Para la altura de vellosidad se observa una diferencia de ($p=0,011$) en donde los cuyes alimentados con niveles de fibra soluble alta tienen a mostrar una reducción de 22,57 % en comparación con los animales alimentados con niveles bajos de fibra soluble, en cuanto a los niveles de fibra insoluble ($p=0,248$) y su interacción (FS x FI) ($p\geq 0,947$) no se observaron diferencias significativas, dando una media general de 389,3 μm

En la figura 6 se muestran los efectos de los diferentes niveles de inclusión de fibra soluble en la variable altura de vellosidades.

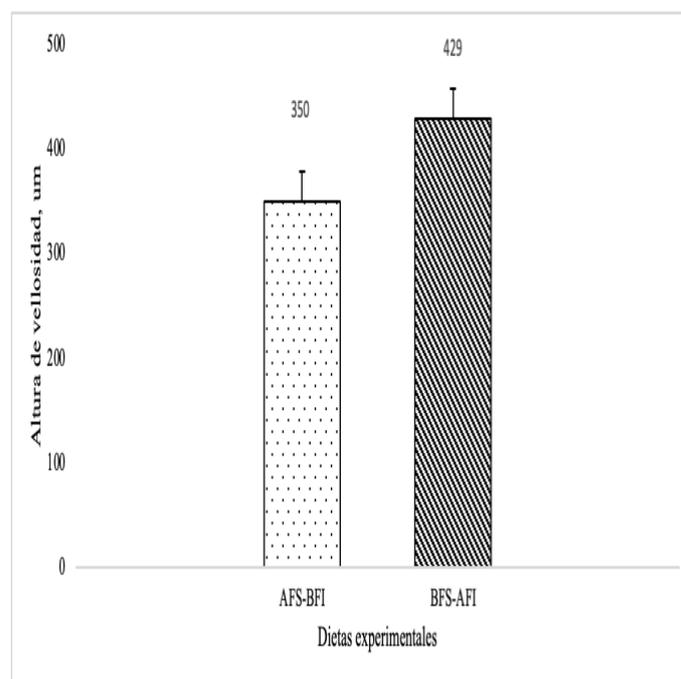


Figura 6. Diferencias significativas entre 2 tratamientos aplicados en cuyes.

6.3. Ancho de musculatura

Para el ancho de musculatura en cuyes alimentados con diferentes niveles de fibra soluble ($p= 0,081$) existe una tendencia de reducción de ancho de musculatura con mayor contenido de fibra soluble, dando una media general de 85,18 μm

En la figura 7 se muestra la presencia de una tendencia en los resultados de la variable ancho de musculatura al compararlos con los tratamiento de fibra soluble

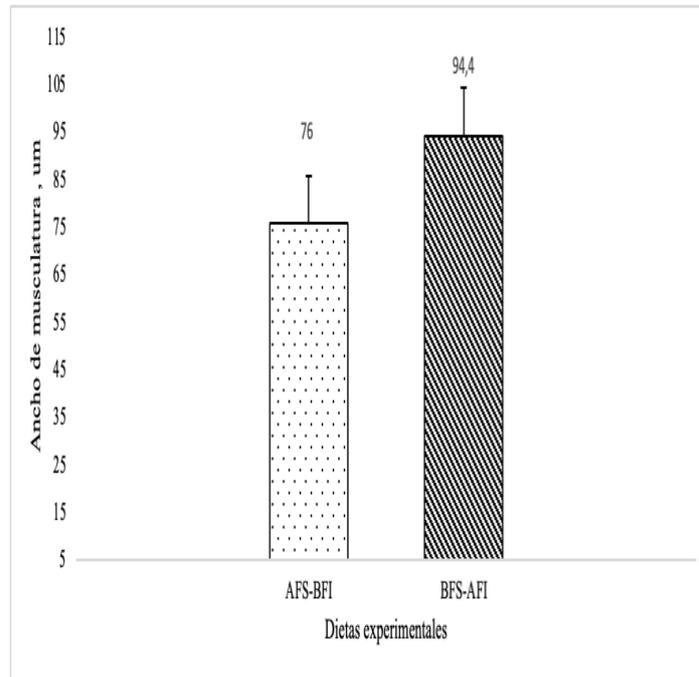


Figura 7. Promedios del ancho de musculatura en cuyes alimentados con diferentes niveles de fibra soluble.

6.4. Altura de epitelio

No se encontraron diferencias en la variable altura del epitelio con la inclusión de fibra insoluble ($p=0,524$), ni con niveles de fibra soluble ($p=0,272$), dando una media general de $11,51 \mu m$

6.5. Ratio

Se observó una diferencia para el ratio: altura de vellosidad / profundidad de cripta ($p=0,035$). Los cuyes alimentados con la dieta alta de fibra soluble mostraron una proporción más baja entre la altura de vellosidades y la profundidad de cripta, en comparación con los cuyes alimentados con dieta baja de fibra soluble dando un incremento de $10,57\%$ en contraste con el primer grupo, dando una media general de $4,70 \mu m$

En la figura 8 se muestran los efectos de los diferentes niveles de inclusión de fibra soluble en la variable ratio

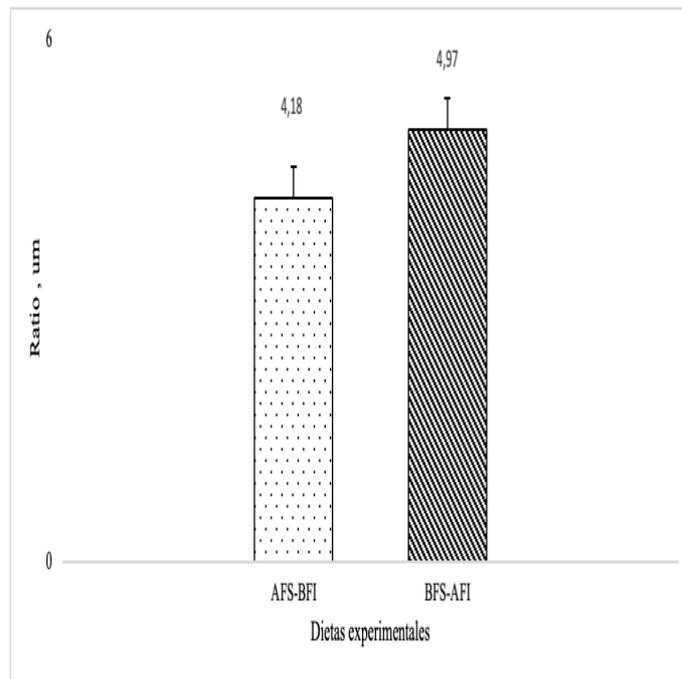


Figura 8. Diferencia significativa del ratio en cuyes alimentados con diferentes niveles de fibra soluble.

7. Discusión

En el presente estudio se analizaron los parámetros morfométricos del intestino delgado medio de cuyes que fueron alimentados con diferentes niveles de fibra soluble e insoluble. Mitjans y Ferrer (2004) señalan que el crecimiento de la superficie de la mucosa del intestino delgado incrementa de manera significativa desde el día 1 hasta la duodécima semana de vida del animal.

Los efectos de la fibra dietética en la morfología y función intestinal en animales jóvenes han sido ampliamente estudiados. Se ha demostrado que la fibra soluble, particularmente la pectina, impacta negativamente en la morfología intestinal de lechones recién destetados, reduciendo la altura de las vellosidades y la profundidad de las criptas (Hedemann et al., 2006). Este efecto puede deberse en parte a una disminución en el consumo de alimento asociada con dietas que contienen pectina. En contraste, se ha encontrado que la fibra insoluble mejora la morfología intestinal al incrementar la longitud de las vellosidades y la actividad enzimática de la mucosa (Hedemann et al., 2006). La proporción de fibra insoluble a soluble en las dietas de gestación de cerdas afecta el desarrollo intestinal y el rendimiento del crecimiento de los lechones, siendo una proporción óptima de 3,89 la que genera mayores pesos corporales al destete (Li et al., 2019). Para conejos en crecimiento, se recomienda un mínimo del 12% de fibra soluble en las dietas para reducir la mortalidad asociada a la enteropatía epizoótica del conejo, posiblemente debido a una mejora en la función de la barrera intestinal y cambios en la microbiota intestinal (Trocino et al., 2012). En el caso de los cuyes se observa un efecto negativo de la fibra soluble en la longitud de las vellosidades y en el ratio.

Farías-Kovac et al. (2020) estudiaron la influencia de diferentes niveles de fibra soluble e insoluble sobre la integridad de la mucosa intestinal en conejos post destete. Comparado con el presente estudio, se observan similitudes en los niveles altos de fibra soluble, que reducen la altura de las vellosidades (334 μm en este estudio y 340 μm en el de Kovac). Sin embargo, en la profundidad de criptas, los valores difieren: 93-93.5 μm en este estudio frente a 144-160 μm en Kovac, aunque en ambos casos no se encontraron diferencias significativas entre los tipos de fibra. Respecto al ratio vellosidad/cripta, los resultados difieren significativamente: 4.18 μm en este estudio frente a 2.70 μm en Kovac con niveles altos de fibra soluble.

En cuanto a la altura de vellosidades, los niveles altos de fibra soluble resultaron en menores valores (350 μm en este estudio y 340 μm en Kovac), mientras que altos niveles de

fibra insoluble mostraron efectos positivos (422 μm según Kovac). Sin embargo, Febres (2023), al evaluar la inclusión de maralfalfa en cuyes, observó un aumento en la altura de las vellosidades, atribuido a los altos niveles de fibra insoluble.

Respecto al ancho de la musculatura, este estudio confirma una reducción con altos niveles de fibra soluble, coincidiendo con Slavin et al. (2009), quienes reportaron resultados similares en ratas. De forma similar, Daporta et al. (2010) hallaron que altos niveles de fibra soluble en conejos reducen esta variable, mientras que Álvarez et al. (2007) observaron efectos positivos de la fibra insoluble (lignina) en la estructura intestinal de conejos.

Aunque la profundidad de criptas no presentó efectos significativos con ningún tipo de fibra, se evidenció una reducción con altos niveles de fibra soluble en comparación con bajos niveles, similar a lo reportado por Álvarez et al. (2007). Por otro lado, Chiou et al. (1994) destacaron que la fibra soluble favorece el desarrollo de la mucosa intestinal, aumentando la profundidad de las criptas en comparación con la fibra insoluble.

En la altura del epitelio intestinal, este estudio no observó diferencias significativas con ningún nivel de fibra. Sin embargo, Chiou et al. (1994) asociaron niveles elevados de celulosa en dietas de conejos con un aumento en la altura epitelial, mejorando la capacidad de absorción. Montagne et al. (2003) también reportaron que altos niveles de fibra insoluble promueven un epitelio más desarrollado en cerdos, mientras que Rodríguez-Cabezas et al. (2002) asociaron la fibra soluble (pectina) con un incremento en la altura epitelial y reducción de la permeabilidad intestinal.

En cuanto al ratio vellosidad/cripta, este estudio encontró un incremento asociado a la fibra soluble, coincidiendo con Montagne et al. (2003), quienes reportaron mayor integridad intestinal y capacidad de absorción. Por otro lado, Qinghui et al. (2020) observaron que la fibra insoluble de salvado de trigo incrementó este ratio en pollos de engorde, sugiriendo un desarrollo óptimo de la integridad intestinal.

8. Conclusiones

- En la etapa de post destete, el presente estudio demostró que la fibra soluble tiene un efecto negativo significativo en la morfología intestinal, reflejado en la reducción de la altura de las vellosidades y del ratio longitud de vellosidades/profundidad de la cripta. No se observaron efectos significativos asociados a la fibra insoluble ni a la interacción entre fibra soluble e insoluble en estos parámetros. Estos hallazgos resaltan la necesidad de controlar cuidadosamente los niveles de fibra soluble en las dietas durante esta etapa crítica, para preservar la integridad de la mucosa intestinal y evitar impactos adversos en la salud y el desarrollo de los animales.
- La fibra soluble mostró un efecto más significativo en la variable ancho de musculatura de cuyes en post destete, porque se observa una notable reducción de la variable ancho de capa muscular de la mucosa intestinal con la inclusión de fibra soluble en altas concentraciones, esto resalta la importancia de una elección adecuada de fibra dietética para preservar la integridad de la mucosa intestinal, a su vez optimizar el rendimiento productivo y bienestar animal.

9. Recomendaciones

- Se recomienda realizar más estudios para evaluar los mecanismos y efectos de la fibra insoluble en la morfología intestinal de cuyes durante un largo periodo de tiempo, realizar combinaciones con diferentes niveles de fibra insoluble ayudará a mejorar la salud intestinal y rendimiento general de cobayos
- Incluir niveles moderados de fibra soluble en dietas de cobayos en post destete debido que en altas concentraciones puede generar efectos negativos y adversos en la salud intestinal de los cuyes en post destete.

10. Bibliografía

- Abreu, A. T., Milke-García, M. P., Argüello-Arévalo, G. A., Calderón-de la Barca, A. M., Carmona-Sánchez, R. I., Consuelo-Sánchez, A., ... & Vázquez-Frias, R. (2021). Fibra dietaria y microbiota, revisión narrativa de un grupo de expertos de la Asociación Mexicana de Gastroenterología. *Revista de Gastroenterología de México*, 86(3), 287-304
- Álvarez, J.L., Margüenda, I., García-Rebollar, P., Carabaño, R., De Blas, J.C., Corujo, A., García-Ruiz, A.I. (2007). Effects of type and level of fibre on digestive physiology and performance in reproducing and growing rabbits. *World Rabbit Science*, 15, 9-17.
- Arancibia, J., Arredondo, M., Fleiszig, Z., Carrasco, C., Defilippi, C., Díaz-Sotomayor, M., . . . Torrealba, F. (2013). Fisiología gastrointestinal y nutrición. Santiago: Nestlé Chile S.A. Obtenido de <http://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/Sistema%20digestivo%20del%20cerdo%20anatomia%20y%20funciones.pdf>
- Ardoino S., Toso R., Toribio M., Álvarez H., Mariani E., Cachau P., Mancilla M., Oriani D. Antimicrobianos como promotores de crecimiento (AGP) en alimentos balanceados para aves: uso, resistencia bacteriana, nuevas alternativas y opciones de reemplazo. *Ciencia. Veterinario*. 2017; 19 :50–66. doi: 10.19137/cienvet-20171914.
- Azcón-Bieto, J., & Talón, M. (2008). *unaamentos isiología Vegetal*.
- Bellacci, M. P. (2018). *Efectos del consumo de fibras solubles e insolubles en lechones* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Bravo A. 2012. Efecto de la suplementación de ácidos orgánicos sobre la morfometría intestinal en cuyes (*Cavia porcellus*) de crecimiento y engorde. Tesis Médico Veterinario. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.76p.
- Calva, M. (2021). Evaluación del efecto de la fibra insoluble en el tracto digestivo de cuyes en cebo. Universidad Nacional de Loja.
- Cano J., Carcelén F., Ara M., Quevedo W., Alvarado A., Jiménez R. Efecto de la suplementación con una mezcla de probióticos sobre el comportamiento productivo de cuyes (*Cavia porcellus*) durante la fase de crecimiento y terminación. *Rev. Investigando. Veterinario. Perú* 2016; 27 : 51–58.
- Chauca, L., & Zaldivar, M. (1997). Efecto del nivel proteico y energético en las raciones de crecimiento en cuyes. FAO.
- Chávez, D., Villacrés, J., & Ramírez, L. (2019). Principios de fisiología animal con enfoques de produccion. UPSE. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4931/1/9789942776150.pd>
- Chiou, P.W.S., Yu, B., Lin, C. (1994). Effects of different components of dietary fibre on intestinal morphology of domestic rabbits. *Comparative Biochemistry and Physiology A*, 108, 629-638.
- Cummings JH, Macfarlane GT. The control and consequences of bacterial fermentation in the human colon. *J Appl Bacteriol*. 1991 Jun;70(6):443-59. doi: 10.1111/j.1365-2672.1991.tb02739.x. PMID: 1938669

- Daporta, M., García, J., Fernández, E., et al. (2010). Influence of soluble fiber on the intestinal musculature in rabbits. *Journal of Animal Science*, 88, 110-118.
- De Souza, T. C. R., Landín, G. M., García, K. E., Barreyro, A. A., & Barrón, A. M. (2012). *Cambios nutrimentales en el lechón y desarrollo morfofisiológico de su aparato digestivo*. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=36063>
- Dominguez, I. (2015). Influencia de la integridad intestinal sobre la rentabilidad aviares. Avinews.
- Escudero Álvarez, E., & González Sánchez, P. (2006). La fibra dietética Correspondencia. *Nutr. Hosp*, 61–72.
- Evans E, Wrigglesworth J, Burdett K, Pover W. 1971. Studies on epithelial cells isolated from guinea pig small intestine. *J Cell Biol* 51 (10): 452-464. DOI: 10.1083/jcb.51.2.452
- Farías-Kovac, C., Nicodemus, N., Delgado, R., Ocasio-Vega, C., Noboa, T., Abdelrasoul, R. A.-S., Carabaño, R., & García, J. (2020). Effect of Dietary Insoluble and Soluble Fibre on Growth Performance, Digestibility, and Nitrogen, Energy, and Mineral Retention Efficiency in Growing Rabbits. *Animals*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/ani10081346>
- Febres López, D. (2023). Evaluación de diferentes niveles de inclusión de maralfalfa (*Pennisetum spp.*) en dietas para cuyes sobre la integridad de la mucosa intestinal. Universidad Nacional de Loja.
- García Ochoa, Omar Eduardo, Infante, Ramón Benito, & Rivera, Carlos Julio. (2008). Hacia una definición de fibra alimentaria. *Anales Venezolanos de Nutrición*, 21(1), 25-30. Recuperado en 19 de noviembre de 2024, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-07522008000100005&lng=es&tlng=es.
- Gaskins, HR, Collier, CT y Anderson, DB (2002). *El impacto de la microbiota intestinal en la salud del huésped*. *Revista de ciencia animal ,<https://doi.org/10/20>
- Gasquez, A., & Blanco, R. (2004). Tratado de Histología Veterinaria. *Barcelona Masson*.
- Gómez-Conde, M. S., García, J., Chamorro, S., Eirás, P., Rebollar, P. G., De Rozas, A. P., Badiola, I., De Blas, C., & Carabaño, R. (2007). Neutral detergent-soluble fiber improves gut barrier function in twenty-five-day-old weaned rabbits1. *Journal of Animal Science/Journal of Animal Science* . . . And *ASAS Reference Compendium*, 85(12), 3313–3321. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-777>
- Gopal, A., Iyer, S., Gopal, U., Devaraj, N., & Halagowder, D. (2014). Shigella dysenteriae Modulates BMP Pathway to Induce Mucin Gene Expression In Vivo and In Vitro. *PLoS ONE*, 9(8). Obtenido de <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0111408>
- Han, X., Ma, Y., Ding, S., Fang, J., & Liu, G. (2023). Regulation of dietary fiber on intestinal microorganisms and its effects on animal health. *Animal Nutrition*, 14, 356–369. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aninu.2023.06.004>
- Illanes, J., Fertilio, B., Chamblas, M., Leyton, V., & Verdugo, F. (2006). Descripción Histológica de los Diferentes Segmentos del Aparato Digestivo de Avestruz (*Struthio camelus* var.

domesticus). *International Journal of Morphology*, 24(2), 205-214.
doi:<https://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022006000300015>

- Jensen, B. (2001). *Salud intestinal y productividad en animales de granja*. *AnimalCiencia y tecnología de la alimentación animal , 9[https://doi.org/10/S0377-8401\(01\)00233-3](https://doi.org/10/S0377-8401(01)00233-3)
- Jeurissen S, Lewis F, Van der Klis J, Mroz Z, Rebel J. 2002. Parameters and techniques to determine intestinal health of poultry as constituted by immunity, integrity and functionality. *Curr Issues Intest Microbiol* 3(1):1-14
- Jumbo Sari, M. C. (2019). *Evaluación del efecto del nivel de fibra insoluble en la digestibilidad fecal en cuyes de ceba en la “Quinta Experimental Punzara”*. Universidad Nacional de Loja.
- Junqueira, L., & Carneiro, J. (2015). *Histología Básica* (12° ed.). Medica Panamericana. Obtenido de <https://www.medicapanamericana.com/co/libro/histologia-basica-12-edicion>
- Makki, K., Deehan, E. C., Walter, J., & Bäckhed, F. (2018). The Impact of Dietary Fiber on Gut Microbiota in Host Health and Disease. *Cell Host & Microbe*, 23(6), 705–715. <https://doi.org/10.1016/j.chom.2018.05.012>
- Mariscal, G., Escobar, K., Aguilera, A., & Magné, A. (junio de 2012). Cambios nutrimentales en el lechón y desarrollo morfofisiológico de su aparato digestivo. *Vet. Mex*, 43(2), 155-173. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-50922012000200007
- Medel de la Torre, P. (2023). El impacto de la inclusión de fibra en lechones post-destete. *3tres3*. Recuperado de https://www.3tres3.com/latam/articulos/el-impacto-de-la-inclusion-de-fibra-en-lechones-post-destete_14017
- 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(1-4), 95-117. doi:10.1016/S0377-8401(03)00163-9.
- Patel, S., & McCormick, B. (2014). Mucosal Inflammatory Response to *Salmonella typhimurium* infection. *Front Immunol*, 5-311. Obtenido de <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fimmu.2014.00311/full>
- Pluske, J. (2001). *Morfología y cambios funcionales en el intestino delgado del cerdo recién destetado*. Universidad de Nottingham.
- Pluske, J. R., Turpin, D. L., & Kim, J.-C. (2018). Gastrointestinal tract (gut) health in the young pig. *Animal Nutrition*, 4(2), 187–196. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.12.004>
- Puente Valverde, J. M. (2018). Efecto de la suplementación de diferentes niveles de probiótico sobre la histomorfometría del intestino delgado del cuy (*Cavia porcellus*).
- Rivera Yoplac, K. (2018). Efectos del uso de probióticos (*Saccharomyces cerevisiae* y *Lactobacillus sporogenes*) en la alimentación de cuyes en la etapa de crecimiento-engorde.

- Rodríguez-Cabezas, M.E., Galvez, J., Camuesco, D., Lorente, M.D., Concha, A., Martínez-Augustín, O., Zarzuelo, A. (2002). Intestinal anti-inflammatory activity of dietary fiber (pectin) in HLA-B27 transgenic rats. *Clinical Nutrition*, 21(4), 465-471. doi:10.1054/clnu.2002.0563.
- Sakaguchi, E., Itoh, H., Tsuyoshi, K., Ohshima, S., & Mizutani, K. (1997). Fiber Digestion and Weight Gain in Guinea Pigs Fed Diets Containing Different Fiber Sources. *Experimental Animals*, 46(4), 297~302. <https://doi.org/10.1538/expanim.46.297>
- Salvador Badui, D. (2013). *Química de los alimentos* (Quinta edición ed.). Pearson Educación de México, S.A. de C. V
- Soraci, A., Amanto, F., Harkes, R., Pérez, D., Martínez, G., Dieguez, S., & Tapia, O. (2010). Uso estratégico de aditivos: Impacto sobre el equilibrio y salud gastrointestinal del lechón. *Analecta Vet*, 30(1), 42-53. Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/115727/Revista_completa.pdf - PDFa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Uni, Z., Niv, S., & Sklan, D. (1998).** *Desarrollo del pequeño intestino en el pollo de engorde: cambios morfológicos y funcionales*. *Revista de Ciencia Animal*, 76(1), 283-289. <https://doi.org/10.2527/1998.761283x>
- Usca, J., Flores, L., Tello, L., & Navarro, M. (2022). Manejo general en la cría del cuy. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Vega, S., Montoro, L., & Marín, C. (2022). Microbiota intestinal en avicultura: el órgano olvidado. *An Microbiota Probióticos Prebióticos*, 3(2), 116-131.
- vergara Párraga, G. E. (2023). *TEMA: Uso de dos sistemas de alimentación en cuyes (Cavia porcellus) en la etapa de cría, crecimiento, engorde en la zona tropical del Ecuador* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2023).
- Zhang A, Lee B, Lee K, Lee CH, An G, Sough B. 2005. Effects of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) cell component on growth performance, meat quality, and ileal mucosa development of broiler chicks. *Poult Sci* 84(7): 1015-1021.
- Zhang, P. (2022). Influence of Foods and Nutrition on the Gut Microbiome and Implications for Intestinal Health. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(17). <https://doi.org/10.3390/ijms23179588>

11. Anexos

Anexo 1. Limpieza y acondicionamiento de instalaciones.



Anexo 2. Preparación de los tratamientos experimentales.



Anexo 3. Unidades experimentales asignadas a cada tratamiento.



Anexo 4. Toma y recolección de muestras del intestino delgado (yeyuno) de cuyes.



Anexo 5. Medición de las placas histológicas de cada cuy de diferente tratamiento.



Anexo 6. Certificado de traducción de inglés.

CERTIFICACIÓN DE TRADUCCIÓN

Loja, 13 de noviembre 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: **Efecto de la fibra soluble e insoluble sobre la integridad de la mucosa intestinal de cuyes en post destete**, de la autoría de: **Maria Rosario Carrion Castillo**, portadora de la cédula de identidad número **1105383515**

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. -



Lic. Viviana Valdivieso Loyola Mg. Sc.
1103682991

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

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