



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Efecto de diferentes niveles de lignocelulosa sobre la integridad de la mucosa intestinal en cobayos

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

AUTOR:

Jonathan David Rodríguez Tacuri

DIRECTOR:

Dr. Rodrigo Medardo Abad Guamán, Ph.D.

Loja – Ecuador

2024

Certificación

Loja, 15 de septiembre de 2023

Dr. Rodrigo Medardo Abad Guamán. PhD

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACION

C E R T I F I C O:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Efecto de diferentes niveles de lignocelulosa sobre la integridad de la mucosa intestinal en cobayos** de la autoría del Egresado **Jonathan David Rodríguez Tacuri**, con **cédula de identidad Nro.1104814874**, previo a la obtención del título de **MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**. Una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

Dr. Rodrigo Medardo Abad Guamán. PhD

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACION

Autoría

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

Firma:

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Jonathan David Rodríguez Tacuri', written over a faint circular stamp.

Cédula de identidad: 1104814874

Fecha: 4 de enero del 2024

Correo electrónico: jonathan.rodriguez@unl.edu.ec

Teléfono: 0988525067

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

Yo, **Jonathan David Rodríguez Tacuri**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Efecto de diferentes niveles de lignocelulosa sobre la integridad de la mucosa intestinal en cobayos**, como requisito para optar por el título de **Médico Veterinario Zootecnista**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

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

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

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los cuatro días del mes de enero de dos mil veinticuatro.



Firma:

Autor: Jonathan David Rodríguez Tacuri

Cédula: 1104814874

Dirección: Época, calles Honduras y Haití

Correo electrónico: jonathan.rodriguez@unl.edu.ec

Teléfono: 0988525067

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Titulación: Dr. Rodrigo Medardo Abad Guamán, Ph.D.

Dedicatoria

Dedico mi Trabajo de Titulación a mis padres, quienes desde pequeño me enseñaron sobre el amor y respeto que se les deben dar a los animales y que siempre me apoyaron en el camino que elegí, también a todas las personas que me ayudaron en el proceso de mi formación profesional, a mis mentores, compañeros y familiares, en especial le dedicó esta investigación a mi difunta abuela Beatriz.

Jonathan David Rodríguez Tacuri

Agradecimiento

Agradezco principalmente a mis padres, hermana, quienes han sido la fuente inspiración para llegar hasta el final, a mi familia los cuales siempre me apoyaron, a la Universidad Nacional de Loja la cual siempre me abrió las puertas de sus instalaciones para poder formarme como profesional, a los docentes quienes siempre de manera cordial me facilitaron los conocimientos y por último un agradecimiento especial a mi director de tesis. Dr. Rodrigo Abad y los docentes que conforman el grupo de CIDINA, Dra. Roció Herrera y el Dr. Galo Espinoza quienes fueron el pilar para poder realizar este trabajo, inmensamente muchas gracias.

Jonathan David Rodríguez Tacuri

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. Yeyuno.....	6
4.2. Histología de la pared intestinal del yeyuno.....	6
4.2.1. Capa Mucosa.....	6
4.2.2. Lámina epitelial.....	7
4.2.3. Lámina Propia.....	7
4.2.4. Enterocitos.....	7
4.2.5. Células Caliciformes.....	7
4.2.6. Células de Paneth.....	8
4.2.7. Células Pluripotenciales.....	8
4.2.8. Células Enteroendocrinas.....	8
4.2.9. Pliegues Circulares o Plicae Circularis.....	9
4.2.10. Vellosidades Intestinales.....	9
4.2.11. Criptas de Lieberkühn.....	9

4.2.12. Capa Submucosa.....	9
4.2.13. Glándulas de Brunner o Duodenales.....	9
4.2.14. Capa Muscular.....	10
4.2.15. Capa Serosa.....	10
4.3. Integridad Intestinal.....	10
4.4. Fibra.....	10
4.4.1. Fibras dietéticas.....	11
4.5. Lignocelulosa.....	11
4.5.1. Celulosa.....	11
4.5.2. Hemicelulosa.....	12
4.5.3. Lignina.....	12
5. Metodología.....	13
5.1. Ubicación.....	13
5.2. Unidades Experimentales.....	13
5.3. Dietas Experimentales.....	13
5.4. Diseño Experimental.....	15
5.5. Toma de Muestras.....	15
5.6. Análisis de las Muestras.....	15
5.7. Análisis de los resultados	16
6. Resultados.....	18
7. Discusión	21
8. Conclusiones	23
9. Recomendaciones	24
10. Bibliografía	25
11. Anexos.	28

Índice de tablas

Tabla 1. Composición estructural y química de las raciones	13
Tabla 2. Variables morfométricas obtenidas de los diferentes niveles de inclusion de lignocelulosa en la mucosidad intestinal.....	18

Índice de figuras

Figura 1. Medidas de estructuras histológicas de vellosidad en la mucosa intestinal del cuy, con inclusión del 0% de lignocelulosa, L7 longitud de vellosidad	15
Figura 2. Medidas de estructuras histológicas de vellosidad en la mucosa intestinal del cuy, con inclusión del 3% de lignocelulosa, L12 altura del epitelio.....	16
Figura 3. Medidas de estructuras histológicas de vellosidad en la mucosa intestinal del cuy, con inclusión del 8% de lignocelulosa, L1 profundidad de la cripta...cripta.....	16
Figura 4. Medidas de estructuras histológicas de vellosidad en la mucosa intestinal del cuy, con inclusión del 12% de lignocelulosa, L7 ancho de la túnica muscular.....	16
Figura 5. Efectos de los diferentes niveles de inclusión de lignocelulosa en la longitud de las vellosidades, la profundidad de las criptas, la ratio, altura del epitelio y ancho de la túnica muscular de las vellosidades y la profundidad de las criptas en el yeyuno en cobayos.....	19
Figura 6. Adecuación de instalaciones y conformación de los grupos experimentales.....	28
Figura 7. Elaboración de los tratamientos.....	28
Figura 8. Suministro de la ración experimental.....	29
Figura 9. Material para la recolección de muestras.....	29
Figura 10. Recolección de muestras	30
Figura 11. Observación de las muestras en el microscopio.....	30
Figura 12. Tabulación de datos.....	31

Índice de anexos

Anexo 1. Adecuación de los animales y preparación de los tratamientos	28
Anexo 2. Recolección de las muestras	29
Anexo 3. Revisión y análisis de las medidas obtenidos.....	31
Anexo 4. Certificación de traducción en inglés	32

1. Título

Efecto de diferentes niveles de lignocelulosa sobre la integridad de la mucosa intestinal en cobayos

2. Resumen

La inclusión de lignocelulosa presente en las paredes celulares de las plantas, presenta un beneficio para la digestibilidad y salud intestinal en cobayos, con un efecto que mejora la fermentación, producción de ácidos grasos y absorción de nutrientes. También actúa como un sustrato para la microflora intestinal, lo que contribuye a mantener un equilibrio en el tracto digestivo. En este estudio se evaluaron los efectos de la inclusión de diferentes niveles de lignocelulosa en dietas de cobayas sobre la integridad de la mucosa intestinal. Se usaron 32 cobayos tipo A1, distribuidos aleatoriamente en 4 tratamientos (0, 3, 8, 12% de inclusión de lignocelulosa) y con 8 repeticiones por tratamiento durante 15 días, posterior a esto fueron sacrificados para poder obtener las muestras histológicas del intestino delgado (yeyuno). Las muestras fueron procesadas con la tinción hematoxilina y eosina, posterior a esto se analizaron los siguientes parámetros: longitud de vellosidad, profundidad de la cripta, ratio (relación entre la longitud de la vellosidad y profundidad de la cripta), altura del epitelio y ancho de la túnica muscular. Para concluir el efecto del tratamiento con un nivel del 12% de inclusión de lignocelulosa presento una mejoría en la longitud de las vellosidades y profundidad de las criptas, resaltando que fuentes altas de fibras lignificadas promueven el desarrollo de la mucosa intestinal, salud digestiva y bienestar animal.

Palabras claves: Cobayos, lignocelulosa, vellosidades, criptas ratio.

Abstract

Plant lignocellulose, which is found in the cell walls of plants, enhances digestibility and intestinal health in guinea pigs, as well as improving fermentation and fatty acid production. It also acts as a substrate for the intestinal microflora, which contributes to maintaining a balance in the digestive tract. As a result of this study, different levels of lignocellulose were included in the diets of guinea pigs in order to assess their effects on the integrity of their intestinal mucosa. Thirty-two type A1 guinea pigs were randomly distributed in four treatments (0, 3, 8, 8, 12% lignocellulose inclusion) and with eight replicates per treatment for 15 days, after which they were sacrificed to obtain histological samples from the small intestine (jejunum). As a result of staining with hematoxylin and eosin, we were able to determine the following parameters: the villus length, the crypt depth, the ratio (the ratio between the villus length and crypt depth), the epithelium height, and the muscular tunica width. Accordingly, high levels of lignocellulose inclusion led to an improvement in villus length and crypt depth, suggesting that high levels of lignified fiber promote intestinal mucosal development and digestive health.

Key words: Guinea pigs, lignocellulose, villi, crypt ratio.

3. Introducción

En nuestro país Ecuador existen aproximadamente 21 millones de cuyes y anualmente se venden y consumen 47 millones según los datos del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias pertenecientes al Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP, 2015).

Se desconoce cuáles son los requerimientos óptimos de lignocelulosa que se deben incluir en la dieta, este factor conlleva a un mal manejo en la alimentación de los animales, materias primas y provocando pérdidas económicas, que representan entre el 65 al 80% de los costos de la producción (Miyasaka, 2007). La lignocelulosa es el material de origen vegetal más abundante en nuestro medio, compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina, materiales que pueden ser usados para la creación de elementos deseables con un valor agregado (Pech, 2012).

El tiempo medio de tránsito intestinal completo en el cobayo es de 20 horas, en este periodo de tiempo el animal va a realizar el acto de la cecotrofia entre 150 a 200 veces al día y es fundamental para la digestión de la fibra y la proteína. El cobayo asimila la fibra con mayor eficacia que el conejo y la rata, su saciedad está controlada por la distensión del tracto gastrointestinal de manera que el apetito no aumenta al añadir celulosa a la dieta (O'Malley, 2007).

La digestión microbiana que realizan los cobayos se la denomina fermentación intestinal, este proceso se da en el intestino delgado y los ciegos del animal, en estas estructuras anatómicas se alojan poblaciones de microorganismos benéficos que se encargan de desdoblar las fibras vegetales a fuentes de nitrógeno para la obtención de energía, pero esta fermentación no es muy eficiente como la de un animal rumiante, por este motivo el tránsito es rápido y el animal tiende a consumir grandes cantidades de alimento (Kardong, 2007).

Esta descomposición produce ácidos grasos de cadena corta, que se ha demostrado que tienen numerosos beneficios para la salud intestinal, incluida la promoción del crecimiento de bacterias intestinales beneficiosas y la mejora de la motilidad intestinal, los ácidos grasos de cadena corta como el acetato, el propionato y el butirato son fuentes de energía importantes para las células intestinales y se ha demostrado que tienen efectos antiinflamatorios e inmunomoduladores. Además, modulan las respuestas inmunitarias en el intestino, fortalecen la barrera intestinal, lo cual es importante para prevenir la absorción de nutrientes al torrente sanguíneo. Mediante la producción de moco y la regeneración de nuevas microvellosidades.

El trabajo investigativo que se presenta a continuación, se enfoca en el análisis que se obtendrá de las placas histológicas procedentes del intestino delgado en cobayos específicamente de la porción del yeyuno del animal, usando diferentes tratamientos de lignocelulosa.

El beneficio que conlleva esta investigación es de aportar con nuevos conocimientos en la crianza del cuy, que se practica principalmente en la región Sierra del país, lugar donde se concentra la mayor población de esta especie, con sus tres sistemas de crianza: familiar, familiar-comercial y comercial. Como parte fundamental de nuestra tradición cultura para el consumo de ciertos platos típicos.

Los resultados de este trabajo investigativo permiten estudiar el efecto de la inclusión de lignocelulosa en las dietas de cobayos (*Cavia porcellus*) sobre la integridad de la mucosa del intestinal. Aprovechando la lignocelulosa presente en pastos y forrajes, que presentan un tallo fibroso, compuesto por un 20 a 55% de celulosa, un 16 a 85% de hemicelulosa y 15 a 40% de lignina, de los cuales aportan monosacáridos, proteínas, almidones y aceites que hacen que este nutriente sea muy apto y eficiente para la creación de alimentos para estos animales.

Por lo tanto, se planteó como objetivos:

- Determinar la longitud de las vellosidades, altura del epitelio, ratio y el ancho de la túnica muscular del intestino medio en cobayos sometidos a los distintos niveles de lignocelulosa.
- Identificar si existe una proliferación o renovación de las células presentes en las profundidades de las criptas.

4. Marco Teórico

4.1. Yeyuno

El intestino delgado es de menor diámetro comparado al intestino grueso, este presenta muchas microvellosidades que se van a encargar de la absorción de los nutrientes. El yeyuno es la parte más larga del intestino delgado. (Kardong, 2007). Pertenece a la parte intermedia entre duodeno y el íleon. Histológicamente, el yeyuno es similar al duodeno, aunque en sus nódulos linfáticos de la mucosa-submucosa, la unión puede ser más numerosa. El mesenterio que le da sostén es el meso-yeyuno y este es largo con forma de abanico. (Rowen et al., 2009).

Las vellosidades se encuentran desarrolladas con una longitud de 1 mm, las glándulas de Lieberkühn son muy profundas y contactan con la muscular de la mucosa. También predominan las válvulas de Kerckring, en los pliegues de la mucosa y submucosa. Hay una proporción de células, de nódulos linfáticos y de placas de Peyer (Brusco et al., s. f.). Además, en esta región se van a producir hormonas gastrointestinales que son liberadas por células endocrinas que pueden estimular o inhibir al músculo liso, en respuesta de la ingestión, digestión de los alimentos y secreción de la bilis, esta producción sumada a la respuesta del sistema nervioso entérico que consta de nervios plexos entre la pared del tracto, regulan la motilidad del intestino delgado (Rowen et al., 2009).

4.2. Histología de la pared intestinal del yeyuno

Está compuesta desde adentro hacia afuera por cuatro tunicas:

4.2.1. Capa Mucosa

Los autores como Gasquez & Blanco (2004), mencionan que está formada por tres laminas: epitelial, propia y muscular de la mucosa. Las células prismáticas o incluso llamadas simplemente cilíndricas que van a cubrir la superficie. Está constituida por células como: enterocitos, caliciformes secretoras, de Paneth, pluripotentes y enteroendócrinas (Junqueira & Carneiro, 2006).

4.2.2. Lámina epitelial

Se parecen a pliegues circulares, que sobresalen hacia la superficie intestinal hasta que luego se hunden para formar proyecciones en forma de dedos llamadas vellosidades, en este caso la médula de las vellosidades es la lámina propia. Entre cada una se ubican glándulas tubulares que miden entre 320 a 450 micrones de longitud y se las denomina glándulas de Lieberkuhn (Ferrufino et al., 2013).

4.2.3. Lámina Propia

Es un epitelio que reviste el interior del tubo digestivo o en otras palabras es la médula de la vellosidad, que cumple funciones como: conductora, secretora o de absorción. Además, se encuentran estructuras como: glándulas no ramificadas tubulares (glándulas de Lieberkühn), placas de Peyer (nódulos linfáticos agregados) y nódulos linfáticos solitarios (Núñez Gonzáles, s. f.). El tejido conectivo laxo presente en esta túnica forma el centro de la vellosidad (Junqueira y Carneiro, 2006; Vallejos, 2014).

Está estructurada por fibroblastos, células plasmáticas, células de músculo liso, colágeno y fibras elásticas con una matriz básica amorfa que forma la lámina propia. Además, existen células con células inmunes o inflamatorias, que son: células plasmáticas, linfocitos, eosinófilos, histiocitos y mastocitos (Ferrufino et al., 2013).

4.2.4. Enterocitos

Son las células principales del intestino delgado, recubriendo la superficie de la luz intestinal, altas y cilíndricas, con un núcleo de forma oval en la mitad inferior. Cuenta con un citoplasma acidófilo débil. Tiene un borde en forma de cepillo en la parte apical y están rodeadas en un haz de microfilamentos de actina, que las unen con otros citoesqueletos, sus dimensiones son de 1 μm de largo por 0,1 μm de ancho. Producen un moco y una glicocalix, que actúan como protectores de la actividad de la enzima gracias a la presencia de hidrolasa, destinada a absorber nutrientes a través del proceso digestivo (Junqueira y Carneiro, 2006).

4.2.5. Células Caliciformes

| Son glándulas intraepiteliales unicelulares que secretan moco disperso en epitelios simples, como el epitelio cuboideo, el epitelio columnar y el epitelio pseudoestratificado. Su nombre

corresponde a su forma, ya que se asemejan a una copa, con un fondo estrecho y una parte superior ancha.

Su proporción es menor en el duodeno y su número aumenta en el íleon. El mucinógeno que se produce, está en forma hidratada, y es un componente fundamental del moco funciona como capa protectora, denominada secreción basal. La producción de esta dependerá del estímulo que se produzca en el epitelio. Su tiempo de vida es corta y sirve para descargar el mucinógeno, que en realidad es una glucoproteína ácida que lubrica y protege la glucocálix de las microvellosidades, como también intervienen la absorción de las moléculas que han sido catabolizadas (Gasquez & Blanco, 2004).

4.2.6. Células de Paneth

Son responsables de proteger y mantener el equilibrio de la flora intestinal mediante la secreción de proteínas y péptidos antibacterianos como la lisozima, las defensinas y la fosfolipasa A2 secretora (Keshav, 2006). Se distribuyen desde el duodeno hasta el íleon (Porter et al., 2002) y su vida media es de 20 días, más que los enterocitos que solo viven de 3 a 5 días (Cheng, 1974; Bry et al., 1994).

Las células de Paneth tienen grandes gránulos secretores de eosinófilos apicales, que se encuentran en la base de las criptas de Lieberkühn. A diferencia de otras células del epitelio intestinal, las células de Paneth son longevas y secretan continuamente lisozima (Junqueira y Carneiro, 2006).

4.2.7. Células Pluripotenciales

Son como esferas con bordes irregulares, asemejando a una célula inmadura con muy pocas vellosidades, pero con la capacidad de generar células de diferentes tipos (Leeson., et al, 1990).

4.2.8. Células Enteroendocrinas

Se ubican entre los enterocitos y las vellosidades, se encargan de que secretar péptidos reguladores de la actividad gástrica, la motilidad intestinal, la secreción pancreática y las contracciones de la vesícula biliar (Leeson et al., 1990).

4.2.9. Pliegues Circulares o Plicae Circularis

Llamados también válvulas de Kerckring, incrementan la superficie mucosa. Son más salientes en el duodeno y yeyuno, pero ausentes en el íleon terminal.

4.2.10. Vellosidades Intestinales

Según Gásquez y Blanco (2004), describen estas estructuras como proyecciones en forma de dedos y hojas orientadas hacia la luz intestinal, cuya longitud varía según la especie y la actividad fisiológica del intestino. Tienen funciones de digestión y la absorción, facilitan el transporte de los alimentos. Su altura disminuye desde 1,5 mm en el duodeno hasta unos 0,5 mm en el íleon (Vallejos, 2014).

4.2.11. Criptas de Lieberkühn

Son invaginaciones tubulares de menor tamaño, presentes en la muscularis mucosae. Estas glándulas sintetizan diferentes sustancias con funciones enzimáticas, antimicrobianas y hormonales.

4.2.12. Capa Submucosa

La submucosa es la vía por la que pasan los capilares, vasos sanguíneos y linfáticos más grandes, de los cuales drenan y nutren la mucosa y los músculos externos. Está formado por tejido conjuntivo denso, donde pueden encontrarse adipocitos, y también contiene las llamadas glándulas submucosas o de Brunner, que producen una solución muy alcalina que parece tener una función neutra que disuelve sustancias muy ácidas (Gasquez & Blanco, 2004; Vallejos, 2014).

4.2.13. Glándulas de Brunner o Duodenales

Son glándulas ducto-alveolares ramificadas simples, con conductos excretores que se abren en la base de cavidades o entre vellosidades (Gasquez & Blanco, 2004). Protegen la mucosa intestinal neutralizando el pH del quimo mediante secreciones viscosas y alcalinas (Junqueira & Carneiro, 2006). La urogastrina, producida por, es un péptido que inhibe la secreción de ácido clorhídrico y estimula la proliferación epitelial (Leeson, et al., 1990).

4.2.14. Capa Muscular

Consta de dos capas de músculo liso, la capa interna se proyecta circularmente, en cambio la capa externa se orienta longitudinalmente. Entre estas existe un plexo de terminaciones nerviosas o llamado también plexo de Auerbach. Estas hacen que las sustancias digeridas se muevan hacia adelante y hacia atrás para mezclarlas bien con las sustancias digestivas y al mismo tiempo permitan el contacto con las células epiteliales.

4.2.15. Capa Serosa

Se trata de un mesotelio que contiene vasos sanguíneos y nervios. Es una capa delgada que contiene un tejido conectivo laxo recubierta por células planas (Gasquez & Blanco, 2004).

4.3. Integridad Intestinal

Se define como la función óptima del intestino, donde un mantenimiento adecuado da como resultado un crecimiento uniforme y eficiente (Faus, 2008). La integridad de los intestinos puede verse comprometida, principalmente por la presencia de virus, bacterias, hongos, parásitos y/o toxinas, donde estas condiciones pueden provocar una variedad de reacciones en el tracto digestivo como la ruptura de la capa mucosa y destruyendo las células epiteliales, además de interrumpir el suministro nutricional que son transportados por los vasos sanguíneos y se debilita el sistema inmunológico (Hoerr, 2009).

La pérdida de integridad intestinal tiene un impacto negativo en una serie de aspectos tales como: mala conversión alimenticia, rendimiento reducido, pigmentación deficiente, eficiencia reducida, preocupaciones sobre la seguridad alimentaria y pérdida de ganancias (Domínguez, 2015).

4.4. Fibra

Son un grupo muy amplio de polisacáridos estructurales, también son la parte no digerible de los alimentos que cuestan digerirlos y asimilarlos en el intestino delgado y por lo cual tienen que ser sometidos a un fenómeno fisicoquímico conocido como fermentación (Salvador Badui, 2013).

4.4.1. Fibras dietéticas

Incluye a los polisacáridos como: celulosa, hemicelulosas, sustancias pépticas; pero también a componentes como la lignina y otros componentes no carbohidratos como: polifenoles, ceras, saponinas, fitatos, cutina y proteína resistente (Bosse et al., 2017). Por su solubilidad en agua, las fibras se dividen:

- **Solubles**

Las primeras comprenden las pectinas, hemicelulosa y gomas, originan soluciones de gran viscosidad, que producen la sensación de saciedad y también ablandan las heces; estimulan la secreción gástrica, aceleran el peristaltismo y ayudan al tiempo del tránsito intestinal, reduce la absorción del colesterol, azúcares y grasas. Las bacterias fermentan y generan bióxido de carbono, hidrógeno, metano y ácidos grasos volátiles a partir de estas.

- **Insolubles**

Por su parte son la celulosa y lignina, forman el bolo, retienen agua en su matriz, forma mezclas de baja viscosidad, incrementan el volumen fecal, producen la saciedad, disminuyen el tránsito intestinal y favorecen la evacuación, pero no son degradadas ni absorbidas por microflora y son eliminadas en las heces.

4.5. Lignocelulosa

Componente principal de la pared celular de las plantas, esta se produce mediante las reacciones químicas de la fotosíntesis, es la fuente de carbono renovable más prometedora para solucionar los problemas actuales de energía (Cuervo et al., 2009).

Se forma por tres tipos de polímeros como: celulosa, hemicelulosa y lignina. En el caso de la madera, las proporciones de estos componentes se encuentran en: Celulosa: 38-50%; Hemicelulosa: 23-32% y Lignina: 15-25% (Sustainable Forestry for Bioenergy & Bio-based Products, 2007)

4.5.1. Celulosa

Representa alrededor de 40 a 50% de la biomasa. Es un polímero polisacárido compuesto exclusivamente por monómeros de glucosa, formadas por cadenas lineales mediante enlaces β -

1,4-glucosídicos (Suárez Matallana et al., 2022). Solo un 43 % de este material puede ser asimilado por el microbiota intestinal (Giovannetti, 1982).

Solo los hongos y bacterias anaerobias presentes en el rumen y el tracto intestinal de animales herbívoros e insectos pueden degradarla a través de celulosomas (Cazemier et al., 2003).

4.5.2. Hemicelulosa

Es un biopolímero heteropolisacárido, compuesto por diferentes monómeros: pentosas (xilosa y arabinosa) y hexosas (glucosa, manosa y galactosa unida principalmente por enlaces β -1,4-glucosídicos y en menor cantidad enlaces β -1,2 β -1,3; β -1,6- glucosídicos. Tienen como función servir de conexión entre la lignina y la celulosa (Suárez Matallana et al., 2022). En los animales monogástricos, la hemicelulosa suele ser más digestible que la celulosa, en cambio en los rumiantes la celulosa suele ser más digestible que la hemicelulosa (Meza et al., 2014).

4.5.3. Lignina

Es un heteropolímero no polisacárido constituido por compuestos aromáticas como las unidades de fenilpropano. Tiene la función de unir las fibras para mejorar la compacidad y dar resistencia mecánica de las plantas (Suárez Matallana et al., 2022). La lignina ejerce un efecto indeseable sobre la digestión total y limita el acceso de las bacterias a las zonas degradables de la fibra.

5. Metodología

5.1. Ubicación

Este estudio se ubicó en el área de Experimentación del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación de Nutrición y Alimentación Animal (CIDiNA), pertenecientes a la Quinta Experimental Punzara en las instalaciones de la Universidad Nacional de Loja.

5.2. Unidades experimentales

Se recibió animales sanos de aproximadamente de 15 días de edad post-destete, de la línea Perú tipo A1 (animales cuadrados de pelaje corto con colores claros), procedentes del cantón Saraguro de la provincia de Loja. Se los distribuyeron al azar, en jaulas de 26 x 42 x 51 cm de ancho, largo y altura, acopladas con comederos de tipo tolva y bebederos de nipples, se manejó un ambiente semi-controlado con una temperatura óptima entre 18 a 21°C. Todos los animales fueron manipulados de acuerdo con los principios de cuidado animal del Código Orgánico del Ambiente (ROS N.º 983, Ecuador).

5.3. Dietas Experimentales

Se elaboraron 4 dietas con diferentes niveles de inclusión de lignocelulosa (aserrín de madera de pino). Para las raciones se usó ingredientes como: afrecho de trigo, arrocillo, paja de arroz, King Gras, soya; aceite de palma, melaza, sal, L-lisina-HCl, DL metionina, treonina, bicarbonato de sodio, premezcla, vitamina C, carbonato de calcio, fosfato bicalcico dihidratado, bentonita y un atrapador de toxina. Los niveles de lignocelulosa que se pensó usar fueron del 0%, 3%, 8%, 12%.

Tabla 1. Composición estructural y química de las raciones

Ítem	Nivel de inclusión de Lignocelulosa			
	0%	3%	8%	12%
<i>Ingredientes, % en base fresca del pienso</i>				
Afrecho de trigo	6,61	26,6	27,1	25,4
Arrocillo	8,48	7,00	8,63	10,6
Lignocelulosa ¹	0,00	3,03	7,65	12,4
Paja de arroz	23,9	10,1	4,57	0,00
King Grass	26,4	24,5	23,3	22,1
Soya	24,4	18,9	18,9	19,5
Aceite de palma	5,80	5,37	5,35	5,38
Melaza	1,00	1,00	1,00	1,00
Sal	0,48	0,48	0,48	0,48
Vitamina C	0,04	0,04	0,04	0,04
L-Lisina-HCL	0,15	0,22	0,22	0,20
DL-Metionina	0,13	0,13	0,12	0,12

Treonina	0,17	0,19	0,18	0,17
Bicarbonato de sodio	0,01	0,07	0,15	0,23
Premezcla ²	0,30	0,30	0,30	0,30
Carbonato de calcio	0,87	1,52	1,59	1,59
Fosfato bicalcico dihidratado	0,76	0,00	0,00	0,08
Bentonina	0,30	0,30	0,30	0,30
Atrapador ³	0,20	0,20	0,20	0,20
<i>Composición química obtenida (% en base seca)</i>				
Cenizas	13,6	11,3	11,0	8,30
Proteína cruda	19,3	18,75	18,99	18,96
Extracto etéreo	6,64	6,80	7,18	7,01
E.L.N.	41,46	46,25	46,23	49,23
<i>Composición química estimada (% en tal como ofrecido)</i>				
Energía digestible, kcal/kg	2800	2800	2800	2800
Fibra Detergente Neutra (FND)	40,0	40,0	40,0	40,0
Fibra detergente acida (FAD)	24,0	22,0	22,6	23,6
Lignina (LAD)	2,90	3,60	4,30	5
Almidón	7,58	9,27	10,4	11,5
Lisina	0,800	0,800	0,800	0,800
Metionina	0,300	0,300	0,300	0,300
Treonina	0,600	0,600	0,600	0,600
Calcio	0,800	0,800	0,800	0,800
Fósforo total	0,400	0,400	0,400	0,400
Na	0,229	0,240	0,258	0,278
K	0,544	0,505	0,477	1,002
Cl	1,19	1,13	1,06	0,451

¹La lignocelulosa se lo obtuvo principalmente de aserrín madera de pino. ²La premezcla vitamínica-mineral proveyó por kg kilogramo: Zn, 90 000 mg; Fe, 75 000 mg; Mn, 25 000 mg; Cu, 7000; Mg, 2000 mg; I, 500 mg; Se, 200 mg; Vitamina A, 7 000 000 UI; Vitamina D3, 1 200 000 UI; Vitamina E, 35 000 UI, Vitamina K3, 2000 mg; Vitamina B1, 1500 mg; Vitamina B2, 3000 mg; Vitamina B6, 2500 mg; Vitamina B12, 20 mg; Niacina, 20 000 mg; Biotina, 80 mg; Ácido pantoténico, 12 000 mg; Ácido Fólico, 250 mg; Colina, 100 000 mg y Antioxidante, 2000 mg. ³El Celmanax Dry está compuesto de *Saccharomyces cerevisiae*.

5.4. Diseño Experimental

Para el presente ensayo se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con 8 repeticiones (animales) por tratamiento, alimentados ad libitum durante un período de 15 días. Una vez finalizado el período de investigación, se realizan sacrificios y muestreos.

5.5. Toma de Muestras

Los animales se sacrificaron a una edad de 37 días de edad. El procedimiento consistió en el aturdimiento mediante un golpe contundente en el cabeza, continuado por el desangramiento de los animales, la evisceración del sus órganos y la recolección de una pequeña porción de aproximadamente 1 cm del yeyuno. Esta muestra fue colocada en una solución de formol bufferado al 10%, se procedió a rotularla, posterior a esta se almaceno bien para poder ser procesadas en el laboratorio.

5.6. Análisis de las Muestras

Se aplicó una tinción de hematoxilina-eosina, con un corte transversal de 8 μm de grosor. El análisis de las placas se realizó en el Laboratorio Clínico de Diagnóstico Integral Veterinario de la Carrera de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional de Loja. Se usó el software llamado MOTIC y un microscopio de la misma marca, Modelo BA310, Serie 1120002406. El equipo se calibró con una configuración de 10 μm , un objetivo de 4x y se realizó un conteo de 30 lecturas/placa.

Para la obtención de cada medida se planteó la siguiente estructura:

- **Profundidad de cripta:** se mide la distancia, entre el borde de contacto de la vellosidad - cripta, hasta el borde de la cripta-túnica muscular, donde se ubica la submucosa.
- **Longitud de Vellosidad intestinal:** se mide la distancia que existe desde el borde que se encuentra en la luz de la vellosidad, hasta dónde hace contacto con la cripta.
- **El ancho de la túnica muscular:** se mide las capas de la serosa, mucosa y muscular.
- **La altura de epitelio:** se mide la distancia que existe desde la mitad de la medula de la vellosidad, hasta el exterior de su borde lateral.

A continuación, se presenta las **figuras 1, 2, 3 y 4**, como ejemplos de las medidas que se obtuvieron de las estructuras histológicas del intestino delgado tomadas de los tratamientos con diferentes niveles de inclusión de lignocelulosa

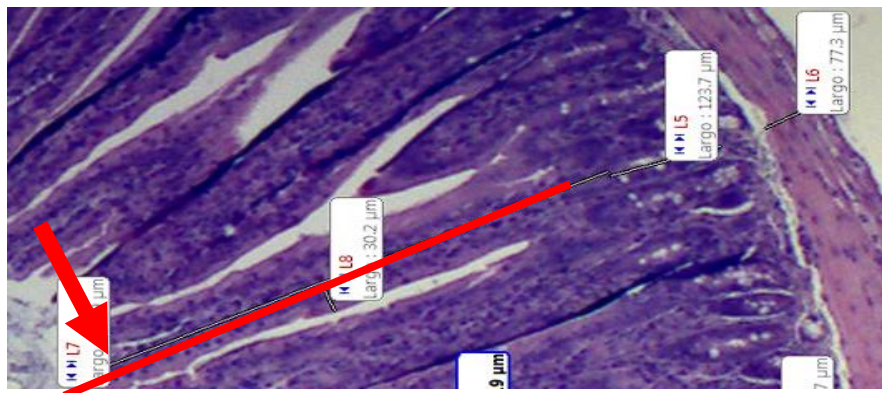


Figura 1. Medidas de estructuras histológicas de vellosidad en la mucosa intestinal del cuy, con inclusión del 0% de lignocelulosa, L7 longitud de vellosidad.

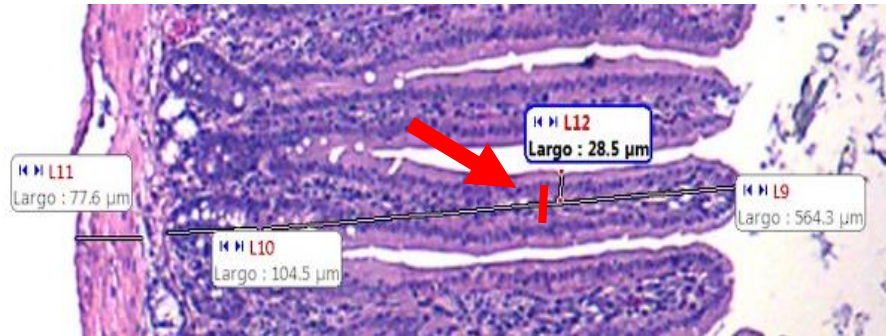


Figura 2. Medidas de estructuras histológicas de vellosidad en la mucosa intestinal del cuy, con inclusión del 3% de lignocelulosa, L12 altura del epitelio.

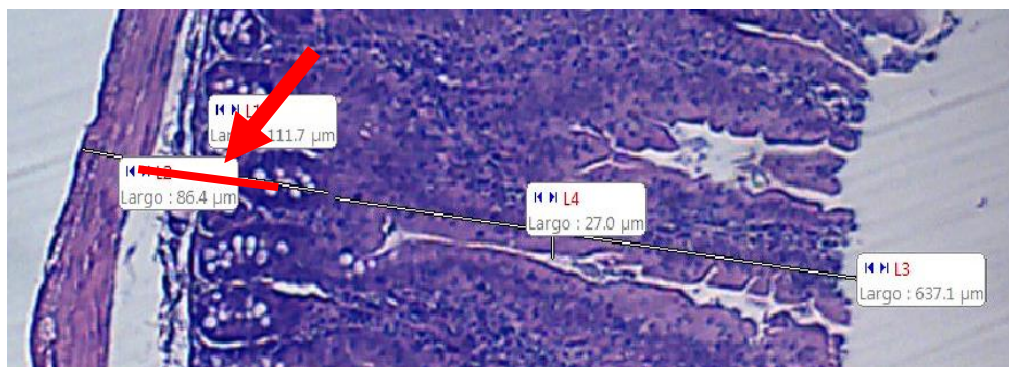


Figura 3. Medidas de estructuras histológicas de vellosidad en la mucosa intestinal del cuy, con inclusión del 8% de lignocelulosa, L1 profundidad de la cripta.



Figura 4. Medidas de estructuras histológicas de vellosidad en la mucosa intestinal del cuy, con inclusión del 12% de lignocelulosa, L7 ancho de la túnica muscular.

5.7. Análisis de los resultados

Para el cálculo de la ratio se empleó las variables longitud de vellosidad y profundidad de cripta, donde se usó la formula:

$$\text{Ratio} = \text{longitud de la vellosidad} / \text{profundidad de la cripta}$$

Los datos fueron analizados mediante un Diseño Completo al Azar, con un nivel de confianza del 95%. Para el análisis se usó un ANAVA, con un procedimiento mixed del SAS (Sas OnDemand for Academics) en el cual incluyó como principal factor de variación las dietas experimentales, y como variable aleatoria la observación anidada al tratamiento. Para la comparación de las medias se utilizó un Test de t protegido donde los p valores $\leq 0,05$ fueron considerados como significativos; los valores $>0,05$ hasta $0,1$ considerados como tendencia y los valore $>0,1$ considerados como no significativos.

6. Resultados

En la Tabla 2 se describe las variables morfométricas de la mucosa intestinal, usadas para este trabajo investigativo al incluir los diferentes niveles de lignocelulosa en las raciones para las dietas en cuyes.

Tabla 2. Variables morfométricas obtenidas de los diferentes niveles de inclusión de lignocelulosa en la mucosidad intestinal

Variables	Niveles de lignocelulosa, %				EEM ¹	P-valor	Contraste	
	0%	3%	8%	12%			L	Q
Longitud de la vellosidad, μm	578 ^{ab}	564 ^b	647 ^{ab}	675 ^a	37,1	0,129	0,077	0,579
Profundidad de la cripta, μm	127 ^b	141 ^{ab}	143 ^{ab}	162 ^a	8,07	0,039	0,004	0,702
Ratio, $\mu\text{m}:\mu\text{m}$	4,54	4,03	4,62	4,25	0,335	0,582	0,539	0,837
Altura del epitelio, μm	29,0	31,8	29,5	29,7	0,877	0,141	0,596	0,151
Ancho de la túnica muscular, μm	95,2 ^b	111 ^{ab}	115 ^a	109 ^{ab}	5,74	0,095	0,090	0,062

1: EEM: Error estándar de la media, n=8

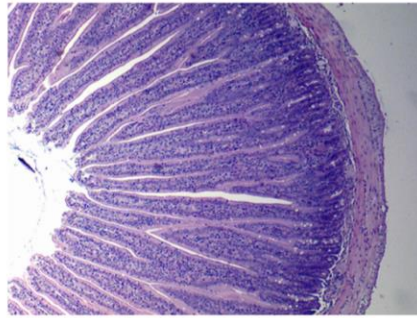
Se puede apreciar una tendencia lineal ($p=0,07$), referente a la longitud de las vellosidades, el alimento que contiene 12% del nivel de inclusión, por ende, hay un incremento del 20% con respecto del nivel del 0 % que no incluye lignocelulosa.

Con lo que respecta a la profundidad de la cripta, se presentó un efecto lineal a ($p=0,039$), donde la Tabla 2 nos demuestra un incremento del 28% entre el nivel del 12% de lignocelulosa frente al que no incluye lignocelulosa.

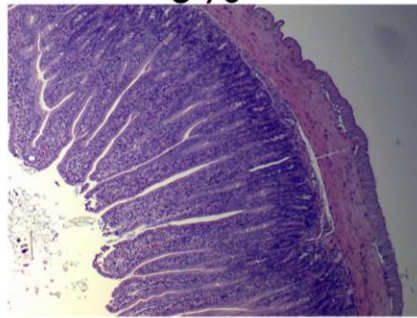
En la variable del ancho de la túnica muscular presentada en la tabla 2 explica una tendencia cuadrática ($p=0,062$), con un incremento del 21% en el nivel de lignocelulosa del 8% frente al de 0 % de inclusión de lignocelulosa.

Las respuestas lineales y cuadráticas a los niveles crecientes de la ratio y altura del epitelio en los cobayos alimentados con las dietas, explicado en la Tabla2. No se evidenciaron interacciones. En general, las diferencias en la morfometría intestinal entre los segmentos del intestino delgado no fueron estadísticamente significativos ($P>0,1$), dando una media general de 30 μm y 0,582 μm respectivamente, por lo tanto, no se mostraría ningún cambio en las funciones fisiológicas presentes en el yeyuno.

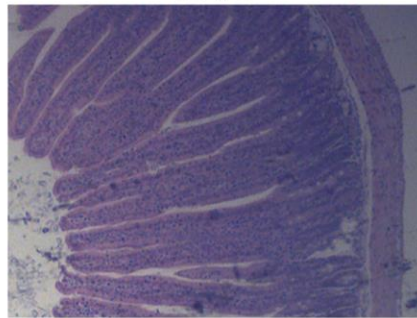
A



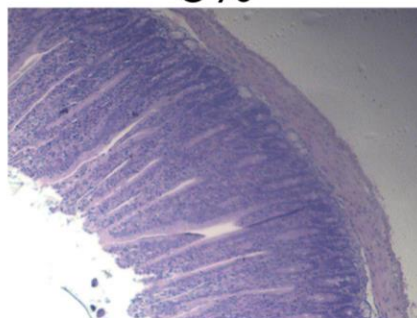
0%



3%



8%



12%

B

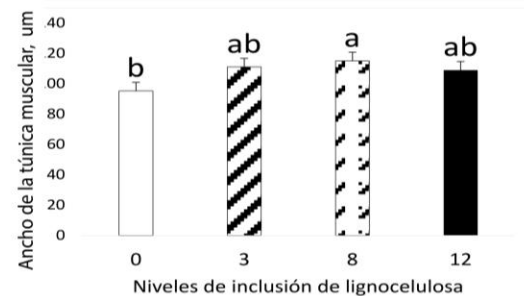
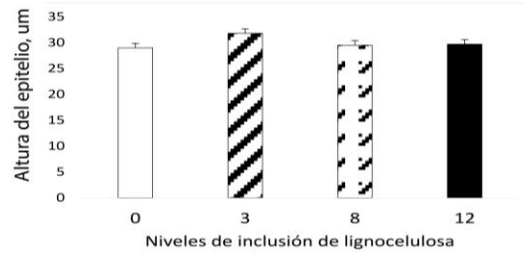
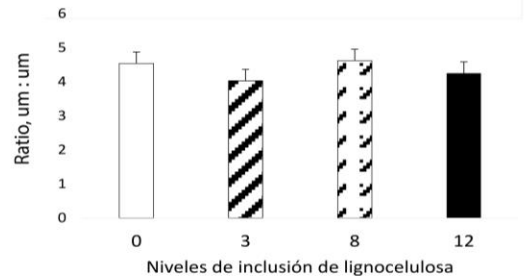
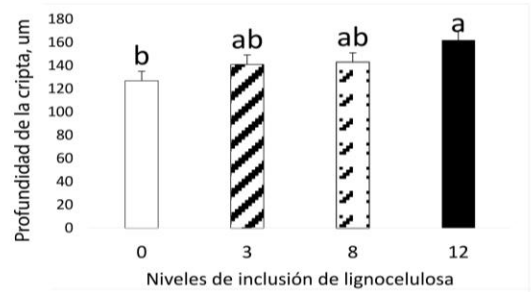
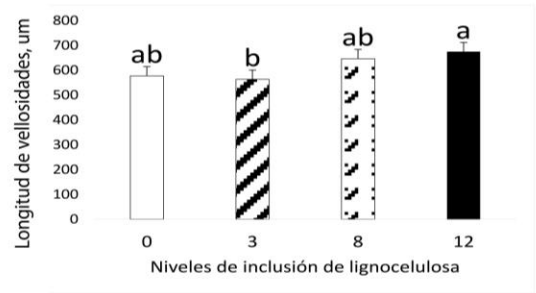


Figura 5. Efectos de los diferentes niveles de inclusión de lignocelulosa en la longitud de las vellosidades, la profundidad de las criptas, la ratio, altura del epitelio y ancho de la túnica muscular de las vellosidades y la profundidad de las criptas en el yeyuno en cobayos. A, figuras representativas de secciones histológicas de la parte media del yeyuno. B, figuras de los datos obtenidos de las diferentes

variables morfométricas: longitud de las vellosidades, la profundidad de las criptas, la ratio, altura del epitelio y ancho de la túnica muscular en cobayos. Tinción de hematoxilina y eosina, con un corte transversal de 8 μm de grosor, 4X, con la ayuda del programa MOTIC, Microscopio MOTIC 29AX E250223, Modelo BA310, Serie 1120002406. Las diferencias significativas (P,0.05) se identifican con letras diferentes, a–b

6. Discusión

Los autores como Mitjans & Ferrer (2004), en su estudio morfométrico del intestino delgado del cuy durante el desarrollo, aclaran que el crecimiento de la superficie de la mucosa total aumenta desde el día 1 hasta la semana 12 especialmente en el yeyuno, seguido del íleon y, por último, del duodeno.

A la vez, Bezada-Quintana et al. (2023) en un estudio histomorfométrico relacionado, obtuvo en el yeyuno unas vellosidades con longitudes entre 340,55µm a 558,94µm, profundidades de criptas de 162,98µm hasta 206,44µm, una ratio de 1,94 a 2,73 y una altura del epitelio que oscila entre 80,66µm a 113,88 µm.

Como menciona Pagbluyske et al. (1997), en lechones, la altura de las vellosidades, se correlaciona positivamente con la ganancia de peso corporal y la ingesta de materia seca. Una disminución entre la altura de las vellosidades y la profundidad de las criptas, se considera perjudicial para la absorción y digestión de los alimentos.

Por otra parte, Macari y Luquetti (2004), explican que cuanto hay un mayor número de células, un mayor tamaño de la vellosidad existe, por consiguiente, una mayor área de absorción de nutrientes. Por lo tanto, la absorción se realizará adecuadamente con una integridad funcional de las vellosidades.

La explicación que nos da Mac Donal et al. (2015) indica que la disminución en la relación entre la altura de las vellosidades y la profundidad de las criptas, en el intestino delgado se asocia a un aumento en la tasa de proliferación de las criptas y del número de células que presentan fragmentación del ADN (lo que indica una muerte celular programada), lo que conlleva a una renovación celular más rápida.

La motilidad está relacionada con la túnica muscular del epitelio gastrointestinal, por lo tanto, la velocidad de paso del alimento depende del estado de esta, lo que a su vez influye en la absorción los nutrientes. Church (2002), indica que el grado de absorción de nutrientes a partir del conducto intestinal aumenta enormemente con el aumento de la superficie de absorción, por lo tanto el paso de los nutrientes hacia la sangre o linfa a través de las membranas de las células intestinales por la difusión o transporte activo que estas realizan mejorarían: la penetración de las microvellosidades, la migración de las células, el metabolismo de las células, expulsión de células viejas, el paso a través de la membrana basa y la penetración vascular o linfática. A parte los

rumiantes y pseudorumiantes tienen poblaciones altas de microorganismos que pueden generar grandes cantidades de ácidos grasos volátiles (acético, propiónico y butírico) mediante la fermentación anaerobia de la celulosa y almidones, por lo tanto, la ingesta de lignocelulosa aumenta el área de la superficie del epitelio intestinal para aprovechar el gran suministro de energía que se produce por la fermentación.

Finalmente, la ingestión de fibra lignificada mejora la morfología del epitelio también podría mejorar la absorción de alimentos y líquidos, por lo que juega un papel importante en el alivio de la diarrea (Dobbins y Binder, 1981).

7. Conclusiones

Los resultados de este estudio indican que la adición de lignocelulosa hasta el 12% en la dieta de los cobayos tiende a tener un impacto positivo al incrementar la longitud de las vellosidades de manera lineal y un efecto cuadrático en el ancho de la túnica muscular. Importante destacar que este aumento no afecta negativamente la altura del epitelio y la ratio longitud de vellosidades/profundidad de cripta. Estos hallazgos sugieren que la inclusión de lignocelulosa a estos niveles específicos puede tener beneficios potenciales en la estructura intestinal de los cobayos en el post-destete.

La adición de lignocelulosa hasta el 12 % tiene un efecto positivo al incrementar la profundidad de la cripta de manera lineal. Sugiriendo que la inclusión de lignocelulosa en la dieta puede influir de manera significativa en la morfología de las criptas, lo que podría tener implicaciones importantes para la salud y la funcionalidad del intestino delgado en el contexto de la alimentación animal.

8. Recomendaciones

- Tener muy claro cuál es la técnica de tinción que se va a usar para identificar las estructuras celulares en el estudio.
- Conocer el comportamiento digestivo de los cuyes, agruparlos en parejas de pesos semejantes y tener mucho cuidado con los comederos para evitar que la comida se desperdicie.
- Tener cuidado con las medidas obtenidas, llevar un registro de los especímenes por tratamiento para tener valores exactos.

9. Bibliografía

- Bezada-Quintana, S. G., Carcelén-Cáceres, F. D., López-Guerra, S., & Guevara-Vásquez, J. E. (2023). Respuesta histomorfométrica de la mucosa del intestino delgado en cuyes (*Cavia porcellus*) de engorde desafiados con *Salmonella enterica* var. Typhimurium. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, XXXIII(1), 1-9. <https://doi.org/10.52973/rcfcv-e33203>
- Bosse, A. C., Pietsch, M., Bosse, A., & Pietsch, M. (Eds.). (2017). *Fiber in animal nutrition: A practical guide for monogastrics*. Erling Verlag.
- Brusco, H. A., Costa, J. J. L., & Loidl, C. F. (s. f.). *Histología Medico-Práctica*.
- Cazemier AE, Verdoes JC, Reubsat FA, Hackstein JH, van der Drift C & Op den Camp HJ (2003) Promicromonospora pachnodae sp. nov., a member of the (hemi) cellulolytic hindgut flora of larvae of the scarab beetle *Pachnoda marginata*. *Antonie Van Leeuwenhoek* 83 : 135-48.
- Cheng H. 1974. Origin, differentiation and renewal of the four main epithelial cell types in the mouse small intestine. IV. Paneth cells. *Am J Anat* 141: 521- 535.
- Church, D. C. (2002). *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales* (Segunda Edición). UTEHA WILEY.
- Cuervo, L., Folch, J. L., & Quiroz, R. E. (2009). *Lignocelulosa Como Fuente de Azúcares Para la Producción de Etanol*. 13(3).
- Domínguez, I. 2015. Influencia de la Integridad Intestinal sobre el rendimiento y la rentabilidad aviares. *AviNews*, Mayo 2015, 107-113 p.
- Faus, C. 2008. La integridad intestinal: factores asociados a su mantenimiento. *Selección Avícola*, Junio 2008, 11-16 p.
- Ferrufino, J. C., Taxa, L., & Angeles, G. (2013). Histología normal del intestino delgado. *Revista Médica Herediana*, 7(1). <https://doi.org/10.20453/rmh.v7i1.507>
- Gasquez, A., & Blanco, R. (2004). *Tratado de Histología Veterinaria*. *Barcelona Masson*.
- Giovannetti, P. M. (1982). Effect of coprophagy on nutrition. *Nutrition Research*, 2(3), 335–349. doi:10.1016/S0271-5317(82)80015-8

- Gómez-Conde, M. S., García, J., Chamorro, S., Eiras, P., Rebollar, P. G., Pérez De Rozas, A., Badiola, I., De Blas, C., & Carabaño, R. (2007). Neutral detergent-soluble fiber
- Guamán, C. P. M. (2015). Utilización de diferentes niveles de un promotor de crecimiento en *cavia porcellus* (cuyes) en la etapa de crecimiento y engorde (B.S. thesis). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Hoerr, F.J. 2009. La Integridad intestinal y su importancia económica en la Industria Avícola. (http://www.porcicultura.com/uploads/temp/Articulo_La_Integridad_intestinal_y_su_importancia_economica_en_la_Industria_Avicola%284%29.pdf)
- Junqueira, L., & Carneiro, J. (2006). *Histología Básica. 6ªed. España: Editorial Masson S.A. 640p.*
- Kardong, K. V. (2007). *VERTEBRADOS ANATOMÍA COMPARADA, FUNCIÓN Y EVOLUCIÓN* (Cuarta Edición). McGraw-Hill.
- Keshav S. 2006. Paneth cells: leukocytelike mediators of innate immunity in the intestine. *J Leukocyte Biol* 80: 500-508.
- improves gut barrier function in twenty-five-day-old weaned rabbits1. *Journal of Animal Science*, 85(12), 3313-3321. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-777>
- Mac Donal O, Chediack GJ, Caviedes-Vidal E. 2008. Isolation of epithelial cells, villi and crypts from small intestine of pigeons (*Columba livia*). *Biocell* 32 (3) : 219-227.
- MACARI, M. y LUQUETTI, B. 2004. Uso de aditivos (amino ácidos, prebióticos y probióticos) sobre la Fisiología Gastrointestinal y desempeño en pollos. *Memorias VII Seminario Avicola Internacional ASPA*
- MAGAP. (2015). *Crianza de cuyes ayuda a reconversión de actividades productivas.* <https://www.agricultura.gob.ec>. Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/crianza-de-cuyes-ayuda-a-reconversion-de-actividades-productivas/#:~:text=En%20Ecuador%20existe%20un%20promedio,Nacional%20Aut%C3%B3nomo%20de%20Investigaciones%20Agropecuarias>.
- Meza, G., Loor, N., Sa´nchez, A., Avellaneda, J., Meza, C., Vera, D., . . . others (2014). Inclusión de harinas de follajes arbóreos y arbustivos tropicales (*morus alba*, *erythrina poeppigiana*, *tithonia diversifolia* *ehibiscus rosa-sinensis*) en la alimentación de cuyes

- (cavia porcellus linnaeus). *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 61(3), 258–269
- Mitjans, M., & Ferrer, R. (2004). Morphometric study of the guinea pig small intestine during development. *Microscopy Research and Technique*, 63(4), 206-214. <https://doi.org/10.1002/jemt.20030>
- Núñez Gonzáles, C. (s. f.). *Libro de texto ciencias histología*. el Instituto Profesional Providencia.
- O'Malley, B. (2007). *Anatomía y Fisiología Clínica de Animales Exóticos* (Primera edición). Elsevier Limited.
- Pech, J. A. Z. (2012). *EFFECTO DE LOS PRETRATAMIENTOS HIDROTÉRMICOS EN LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y LA SACARIFICACIÓN DEL BAGAZO DE Agave tequilana*. 72.
- Porter EM, Bevins CL, Ghosh D, Ganz T. 2002. The multifaceted Paneth cell. *Cell Mol Life Sci* 59: 156-170
- Rowen, D. F., W, L. W., & Anna, D. F. (2009). *Anatomy and Physiology of Farm Animals* (Septima Edición). Wiley-Blackwell.
- Salvador Badui, D. (2013). *Química de los alimentos* (Quintaedición ed.). Pearson Educación de México, S.A. de C. V.
- Suárez Matallana, G. A., Sánchez Atahualpa, S. R., Lazaro Riquez, A., & Rodríguez Zúñiga, U. F. (2022). CONCEPTOS DE BIOCATÁLISIS DE LA LIGNOCELULOSA DESDE UN ENFOQUE DE INGENIERÍA DE PROCESOS Y SISTEMAS: UNA REVISIÓN. *Perfiles*, 1(28), 37-51. <https://doi.org/10.47187/perf.v1i28.179>
- Sustainable Forestry for Bioenergy & Bio-based Products (2007). Obtenido de <http://learn.forestbioenergy.net/>, fecha de acceso: Mayo, 2013
- Vallejos, D. (2014). Efecto de la suplementación con butirato de sodio en la dieta de cuyes (*Cavia porcellus*) de engorde sobre todo el desarrollo de las vellosidades intestinales y criptas de Lieberk Ûhn. *Universidad Nacional de San Marcos*

10. Anexos.

Anexo 1. Adecuación de los animales y preparación de los tratamientos.



Figura 6. Adecuación de instalaciones y conformación de los grupos experimentales



Figura 7. Elaboración de los tratamientos



Figura 8. Suministro de la ración experimental

Anexo 2. Recolección de las muestras



Figura 9. Material para la recolección de muestras



Figura 10. Recolección de muestras

Anexo 3. Revisión y análisis de las medidas obtenidos.

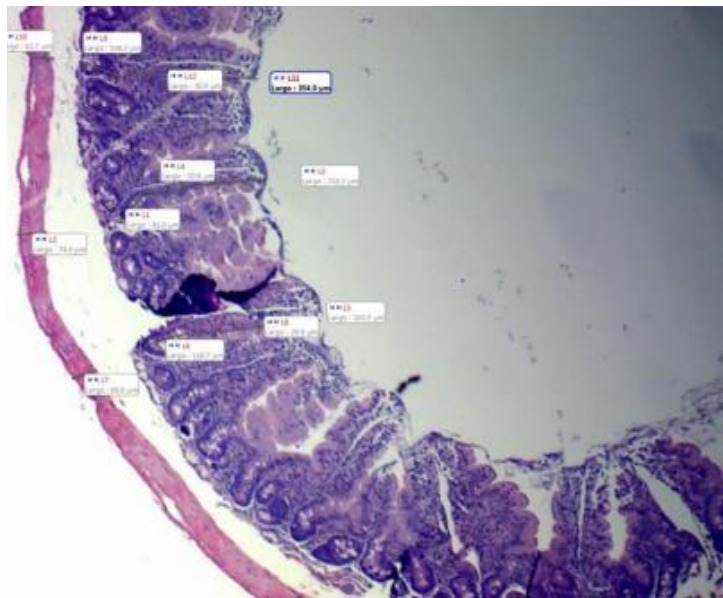


Figura 11. Observación de las muestras en el microscopio

pl t2-112-2	11/1/2023 12:02	Carpeta de archivos	
pl t2-116-1	5/1/2023 11:09	Carpeta de archivos	
pl t2-116-2	5/1/2023 10:31	Carpeta de archivos	
pl t2-118-1	4/1/2023 10:36	Carpeta de archivos	
pl t2-118-2	8/12/2022 10:33	Carpeta de archivos	
pl t3-106-1	16/1/2023 16:17	Carpeta de archivos	
pl t3-106-2	13/1/2023 11:50	Carpeta de archivos	
pl t3-109-1	12/1/2023 16:37	Carpeta de archivos	
pl t3-109-2	12/1/2023 16:08	Carpeta de archivos	
pl t3-115-1	6/1/2023 11:15	Carpeta de archivos	
pl t3-115-2	6/1/2023 10:38	Carpeta de archivos	
pl t3-119-1	7/12/2022 11:02	Carpeta de archivos	
pl t3-119-2	2/12/2022 10:47	Carpeta de archivos	
pl t4-107-1	13/1/2023 11:24	Carpeta de archivos	
pl t4-107-2	13/1/2023 10:52	Carpeta de archivos	
pl t4-111-1	12/1/2023 11:19	Carpeta de archivos	
pl t4-111-2	12/1/2023 10:57	Carpeta de archivos	
pl t4-114-1	11/1/2023 10:37	Carpeta de archivos	
pl t4-114-2	6/1/2023 11:40	Carpeta de archivos	
pl t4-120-1	30/11/2022 10:58	Carpeta de archivos	
pl t4-120-2	24/11/2022 12:13	Carpeta de archivos	
t1	25/1/2023 1:22	Carpeta de archivos	
t2	26/1/2023 19:36	Carpeta de archivos	
t3	26/1/2023 21:22	Carpeta de archivos	
t4	27/1/2023 8:27	Carpeta de archivos	
datos totales	2/2/2023 16:00	Hoja de cálculo d...	58 KB

Figura 12. Tabulación de datos

Anexo 4. Certificación de traducción en inglés.



Mg. Yanina Quizhpe Espinoza
Licenciada en Ciencias de Educación mención Inglés
Magister en Traducción y mediación cultural

Celular: 0989805087
Email: yaniges@icloud.com
Loja, Ecuador 110104

Loja, 11 de diciembre de 2023

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

Que tengo el conocimiento y dominio de los idiomas español e inglés y que la traducción del resumen del Trabajo de Titulación denominado **Efecto de diferentes niveles de lignocelulosa sobre la integridad de la mucosa intestinal en cobayos**, de autoría de Jonathan David Rodríguez Tacuri, con cédula 1104814874 es verdadero y correcto, según mi mejor saber y entender.

Atentamente

YANINA Firmado
BELEN c:\firmas\pse
QUIZHPE YANINA.BELEN
ESPINOZA Q.020496
ESPINOZ Espinoza
A 2023.12.11
12:14:25 -0500

Yanina Quizhpe Espinoza.
Traductora Freelance

Full text translator: servicios de traducción