



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Medicina Veterinaria

Estudio del efecto del tamaño de partículas de la dieta en la integridad de la mucosa de los cuyes (*Cavia porcellus*)

Trabajo de Integración
Curricular, previo a la obtención
del título de Médico Veterinario.

AUTOR:

Juan Pablo Pucha Carrera

DIRECTOR:

Dr. Rodrigo Medardo Abad Guamán PhD.

Loja – Ecuador

2024

Educamos para **Transformar**

Certificación

Loja, 22 de marzo del 2024

Dr. Rodrigo Medardo Abad Guamán PhD.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

C E R T I F I C O:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Estudio del efecto del tamaño de partículas de la dieta en la integridad de la mucosa de los cuyes (*Cavia porcellus*)** de autoría del estudiante **Juan Pablo Pucha Carrera**, con cédula de identidad Nro. **1105828543** previo a la obtención del título de **Médico Veterinario**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, apruebo y autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

Dr. Rodrigo Medardo Abad Guamán PhD.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **Juan Pablo Pucha Carrera**, declaro ser autor 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: 1105828543

Fecha: 22 de marzo del 2024

Correo electrónico: juan.pucha@unl.edu.ec

Teléfono: 0996924384

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

Yo, **Juan Pablo Pucha Carrera**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Estudio del efecto del tamaño de partículas de la dieta en la integridad de la mucosa de los cuyes (*Cavia porcellus*)**, como requisito para optar por el título de **Médico Veterinario**, 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 veintidós días del mes de marzo del dos mil veinticuatro.

Firma:



Autor: Juan Pablo Pucha Carrera

Cédula: 1105828543

Dirección: Loja

Correo electrónico: juan.pucha@unl.edu.ec

Teléfono: 0996924384

DATOS COMPLEMENTARIOS:

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

Dedicatoria

El presente Trabajo de Integración Curricular está dedicado a mis padres, Dennys Pucha y Maritza Carrera, quienes me han apoyado a lo largo de mi carrera universitaria.

Ambos han sido un pilar inquebrantable en esta larga lucha, gracias por todos sus esfuerzos y sacrificios ya que pese tener la gran responsabilidad de contar con 5 hijos más nunca me faltó su apoyo y constancia todos los días de mi vida universitaria.

A mis hermanos, de quienes he aprendido y he compartido tantos momentos de mi vida y han colaborado a formarme hasta el día de hoy.

A toda mi familia en general quienes me han apoyado en los momentos difíciles y han estado prestos con su solidaridad para poner su granito de arena en el proceso de obtener este logro.

A mi pareja Sara, quien me ha apoyado en gran parte de esta trayectoria y quien me comprende como ninguna otra persona.

Finalmente, a mis amigos, con los cuales comparto recuerdos gratos y que atesoro en mi memoria.

Juan Pablo Pucha Carrera

Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a Dios, por guiar mi camino, protegerme y permitirme cumplir esta meta y enorgullecer a mis padres y a mi familia.

De manera particular agradezco a quienes me permitieron conseguir este título:

A la Universidad Nacional de Loja y a la Carrera de Medicina Veterinaria, por permitirme recibido y permitido formarme profesionalmente.

A mi director del Trabajo de Integración Curricular, Dr. Rodrigo Medardo Abad Guamán PhD., por orientarme y guiarme durante el desarrollo de este trabajo.

A CIDiNA, por haberme permitido ser partícipe de uno de sus proyectos. Adicionalmente, agradezco de manera muy especial a la Dra. Rocío Herrera, quien supo guiarme durante la fase de campo y me ayudó durante algunos inconvenientes en la fase de laboratorio y a la Ing. Beatriz Guerrero, quien a pesar de los percances siempre me prestó su ayuda y guía profesional.

A todos los docentes de la carrera, quienes me brindaron su conocimiento y fueron piezas

A mis padres, Dennys y Maritza. Le agradezco a Dios haberme otorgado tan buenos padres.

Finalmente, a mi pareja, a mis amigos y demás familiares, por su amor y cariño incondicional.

Juan Pablo Pucha Carrera

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. Crianza de cuyes.....	6
4.2. Histología del intestino del cuy	6
4.2.1. Capas Histológicas	6
4.3. Morfometría intestinal del cuy	8
4.3.1. Criptas de Lieberkuhn	8
4.3.2. Células de Paneth	8
4.3.3. Epitelio	8
4.4. Tamaño de Partícula	9
4.5. Métodos para Determinar el Tamaño de Partícula	9
4.5.1. Tamizado en seco	10
4.5.2. Tamizado húmedo	10
5. Metodología	11

5.1.	Área de Estudio	11
5.2.	Animales e Instalaciones	11
5.3.	Dietas Experimentales	11
5.4.	Experimento: Determinación de la Integridad de la Mucosa	13
5.5.	Análisis Químico	14
5.6.	Análisis Estadístico.....	14
5.7.	Consideraciones éticas.....	14
6.	Resultados.....	15
7.	Discusión	19
8.	Conclusiones	21
9.	Recomendaciones	22
10.	Bibliografía	23
11.	Anexos	27

Índice de tablas

Tabla 1. Ingredientes y composición química de las dietas experimentales (diferentes tamaños de partícula).....	12
Tabla 2. Tamaño de partícula de las dietas experimentales.....	13
Tabla 3. Mediciones de las variables histológicas obtenidas al cambiar el tamaño de partícula en las dietas en cuyes.	15

Índice de figuras

Figura 1. Imagen satelital de CIDINA usando Google Earth. Coordenadas 4°02'18"S 79°12'34"W.....	11
Figura 2. Medición de la longitud de la vellosidad según los diferentes tamaños de partícula de la dieta.....	16
Figura 3. Medición de la profundidad de la cripta de Lieberkühn según los diferentes tamaños de partícula de la dieta.	16
Figura 4. Medición del ratio según los diferentes tamaños de partícula de la dieta.	17
Figura 5. Medición de la altura del epitelio según los diferentes tamaños de partícula de la dieta.....	17
Figura 6. Medición del ancho de la túnica muscular según los diferentes tamaños de partícula de la dieta.	18

Índice de anexos

Anexo 1. Finalización de elaboración de los tratamientos.....	27
Anexo 2. Pesaje de Vitamina C para añadir por cada kilogramo de alimento en las dietas.....	27
Anexo 3. Limpieza y adecuación del galpón.....	28
Anexo 4. Ubicación de los cuyes en las jaulas.....	28
Anexo 5. Toma y envío de la muestra de yeyuno de los cuyes.....	29
Anexo 6. Medición de las vellosidades intestinales.....	30
Anexo 7. Muestra de cada tratamiento de la muestra de post-destete.....	30
Anexo 8. Colocación de las muestras de cada dieta en los matraces a movimiento constante durante toda la noche.	31
Anexo 9. Pesaje del detergente neutro para realizar la solución con agua destilada.....	31
Anexo 10. Tamizaje vía húmeda de los tratamientos.....	32
Anexo 11. Escurrimiento de los tamices después del tamizaje vía húmeda.....	33
Anexo 12. Pesaje de los tamices con el sobrante.....	33
Anexo 13. Pesaje de crisoles con la muestra húmeda y ubicación en la estufa para obtener materia seca.....	34
Anexo 14. Grupo de trabajo.....	34
Anexo 15. Certificado de la traducción de inglés.....	35

1. Título

Estudio del efecto del tamaño de partículas de la dieta en la integridad de la mucosa de los
cuyes (*Cavia porcellus*)

2. Resumen

La integridad digestiva se relaciona directamente con la cantidad de nutrientes absorbidos y, por ende, con los parámetros productivos, y con la salud intestinal. Por ello el objetivo de este trabajo de investigación fue medir el efecto que tiene el tamaño de partícula sobre la integridad de la mucosa intestinal en cuyes (*Cavia porcellus*). Para esto se utilizaron 30 cobayas hembras de tipo A1 de 15 días de edad las cuales fueron ubicadas aleatoriamente en jaulas de 42 x 26 x 51 cm de largo, ancho y altura respectivamente. Se aplicó un diseño completamente aleatorizado. Se formularon tres dietas con diferente tamaño de partícula (fino, mediano y grueso) considerando los requerimientos según el NRC (1995). Se suministró cada dieta *ad libitum* durante 10 días. Luego de este período se sacrificaron los animales por medio de un golpe contundente en la cabeza. Se desangró cada cobaya, se tomó una muestra de 2 a 3 cm de yeyuno y se lo fijó en una solución buffer de formol al 10% para su identificación y envió al Laboratorio de Histología donde se realizó la tinción de PAS (Periodic Acid Schiff). Se analizó cada muestra en laboratorio a través de un microscopio con el objetivo 4X, donde se analizó cada variable: longitud de la vellosidad, profundidad de la cripta de Lieberkühn, ancho de la túnica muscular y altura del epitelio. Para cada variable se obtuvieron 30 observaciones por muestra. Se realizó un análisis de varianza por medio del procedimiento MIXED de SAS (OnDemand for Academics 2023) con el factor principal de variación el tamaño de partícula de la dieta. Los resultados obtenidos indican que no existió diferencia significativa en las variables analizadas tanto para los animales que fueron alimentados con un tamaño de partícula gruesa como fina, sin embargo, hubo una tendencia ($p=0,0622$) en donde los cuyes alimentados con un tamaño de partícula fina mostraron una altura del epitelio más larga en un 26,72% que los animales alimentados con un tamaño de partícula gruesa. Se concluye que el tamaño de partícula no afecta directamente sobre el largo de las vellosidades ni sobre la profundidad de la cripta de Lieberkühn, aunque si influyó en la altura del epitelio.

Palabras clave: *Vellosidades intestinales, cuyes, integridad de la mucosa intestinal, microscopía, tamaño de partícula.*

Abstract

Digestive integrity is directly related to the amount of nutrients absorbed and thus to the productive parameters. This research work aimed to measure the effect that particle size has on the integrity of the intestinal mucosa in (*Cavia porcellus*). For this purpose, 30 female A1 cockroaches, aged 15 days, were randomly placed in cages of 42 x 26 x 51 cm in length, width, and height, respectively. Two observation units per cage were. A completely randomized design was applied. Three diets with different particle sizes (fine, medium, and thick) were formulated taking into account the requirements of the NRC standards (1995). Each ad libitum diet was administered to 5 experimental units for 10 days. After this period, the animals were slaughtered by a strong blow to the head. Each shrimp was bled off, and a sample of 2 to 3 cm of yeyuno was taken and fixed in a 10% formol buffer solution for identification and shipping to the Histology Laboratory where PAS was dyed. (Periodic Acid Schiff). Each laboratory sample was analyzed through a microscope with a 4X increase, where each variable was analyzed: Bellis length, Lieberkühn crypt depth, muscle tunic width, and epithelial height. For each variable, 30 observations were made per sample. A variance analysis was performed using the MIXED by SAS procedure (OnDemand for Academics 2023) with the main variation factor the diet particle size. The results indicate that there was no significant difference in the variables analyzed for both animals that were fed with thick and thin particle size, however, there was a trend ($p=0.062$) where the thin-party-sized collars showed a 26.72% longer epithelial height than the thick particle-size animals. It is concluded that the particle size does not directly affect the length of the villi or the depth of the crypt of Lieberkühn, although it did influence the height of the epithelium.

Keywords: *Intestinal villi, guinea pigs, integrity of the intestinal mucosa, microscopy, particle size.*

3. Introducción

En la provincia de Loja, la producción, emprendimiento, gestión y comercialización de los productos generados en la caviicultura enfrentan muchas dificultades ocasionadas por: criterios antitécnicos en la crianza y explotación de cobayos, bajos niveles de producción y productividad (Chininín et al., 2017).

La alimentación influye directamente en la producción y rentabilidad de la crianza de cuyes, ya que representa del 70% al 80% del costo de producción; es decir, el éxito o fracaso de la granja en gran medida está dado por este factor. Un buen manejo de la alimentación y nutrición permite intensificar su crianza y aprovechar su precocidad, prolificidad, así como su habilidad reproductiva (Ordoñez, 2016).

Diferentes trabajos han demostrado que tanto un déficit de fibra larga como un exceso de fibra digestible en la dieta de conejos implican una acumulación de digesta en el ciego lo que implica que una menor tasa de renovación del contenido del ciego y un menor consumo de energía digestible. Como consecuencia, tanto la velocidad de crecimiento en el período de cebo como el rendimiento a la canal disminuyeron significativamente con respecto a la dieta control. En general, se observa un empeoramiento de los parámetros estudiados en los animales alimentados con la dieta de menor tamaño de partícula (Nicodemus, 1997).

El tamaño de partícula en la dieta afecta directamente a la digestibilidad en animales menores como el cuy y el conejo, siendo que estos absorben menor cantidad de energía digestible y menor cantidad de fibra. Según Desantis et al., (2011), los conejos alimentados con alimentos finos mostraron una forma más irregular y vellosidades de duodeno significativamente más altas que los alimentados con alimentos con tamaño de partícula gruesa. Liu Siqiang et al., (2018), manifiestan que, el tamaño de la partícula afecta a la altura de las vellosidades del íleon, siendo que se ha observado una mayor altura de las vellosidades cuanto más gruesa ha sido el tamaño de la partícula. Así mismo, este estudio detalla que la profundidad de la cripta es mayor con un tamaño de partícula gruesa.

Debido a esto se implementará un estudio donde se medirá la integridad de la mucosa en cobayos para seleccionar el tamaño de partícula que permita un eficiente aprovechamiento de los alimentos y por ende los parámetros productivos mejoren en la localidad. Dada la situación ya descrita se plantea los siguientes objetivos para la investigación:

- Estudiar el efecto de diferentes tamaños de partícula en la longitud y altura del epitelio en las vellosidades en el intestino medio de los cuyes en el post destete.

- Determinar el efecto del tamaño de partícula sobre la profundidad de la cripta y el ancho de la túnica muscular del intestino medio

4. Marco Teórico

4.1. Crianza de cuyes

Los cobayos (*Cavia porcellus*) son animales de producción en el país y de investigación comunes. A pesar de su amplia utilización, hay pocos estudios sobre la histología intestinal, así como de la fisiología intestinal de estos animales.

La especie *Cavia porcellus*, perteneciente al suborden *Hystricomorpha* (llamada cobayo, cuy, conejillo de indias o guinea pig es muy apreciada por su carne, que se consume especialmente en los países de América del Sur como Perú, Colombia, Ecuador y Bolivia

Los cuyes son animales fáciles de criar, con una alta tasa de reproducción y con una carne rica en proteínas y bajo contenido de grasa. A pesar de su potencial, la crianza de cuyes en la región enfrenta varios desafíos, como la falta de conocimientos técnicos, limitado acceso a insumos y baja rentabilidad.

Según un estudio realizado por Zambrano, et al. (2018), la producción y rentabilidad de la crianza de cuyes en la región andina de Ecuador es baja, lo que limita su potencial como actividad económica. En su estudio, los autores encontraron que la mayoría de los criadores de cuyes utilizan alimentación comercial y forraje para alimentar a sus animales, lo que aumenta los costos de producción y disminuye la rentabilidad.

4.2. Histología del intestino del cuy

En el intestino delgado se realizan los procesos de digestión y absorción de los nutrientes contenidos en los alimentos existiendo una correlación directa entre el buen aprovechamiento de nutrientes con la citoarquitectura de las vellosidades intestinales, en consecuencia, el estudio de la histomorfometría de la de la mucosa del intestino delgado es un parámetro indispensable cuando se evalúa la eficacia de los procesos digestivos en animales (Bezada et al., 2023).

4.2.1. Capas Histológicas

La histología del conducto alimentario a menudo se estudia en términos de cuatro capas amplias: mucosa, submucosa, muscular externa y serosa (o adventicia). Estas capas son similares en la totalidad del tubo digestivo, pero muestran modificaciones y especializaciones regionales (Arce, 2016).

4.2.1.1. Mucosa.

La mucosa del intestino delgado está compuesta por las tres capas ordinarias: una capa cilíndrica simple, la lámina propia y la capa muscular de la mucosa. El epitelio es simple columnar con microvellosidades y con exocinocitos caliciformes intercalados. El núcleo de las células se localiza en posición basal, presenta forma ovoide y cara abierta. La túnica mucosa forma elevaciones y depresiones, las elevaciones corresponden a las vellosidades y las depresiones a las glándulas intestinales de tipo tubular simple (Díaz, 2008).

4.2.1.2. Submucosa.

Está compuesto por abundante tejido conjuntivo y adiposo con fibras elásticas que sostienen las redes arterial, venosa y linfática, así como el plexo submucoso de Meissner. En la parte anterior del intestino delgado se aprecian glándulas alveolares de Brunner o túbulos duodenales, cuya secreción viscosa y alcalina protege la mucosa y produce suficiente ambiente activo para las enzimas pancreáticas, neutraliza el pH del quimo, contiene uringastrina, que es un péptido que inhibe la secreción de ácido clorhídrico en el estómago y estimula la proliferación de células epiteliales para promover la regeneración de células epiteliales (Mariños, 2020).

La submucosa también posee los folículos linfoides o placas de Peyer necesaria en la respuesta inflamatoria e inmunológica (Gásquez y Blanco, 2004).

4.2.1.3. Capa Muscular Externa.

La muscular externa está compuesta por una capa interna de células musculares lisas de disposición circular y una capa externa de las mismas células, pero distribuidas en sentido longitudinal. Entre estas dos capas musculares están situados los componentes principales del plexo mioentérico o plexo de Auerbach (Bravo, 2019).

En el intestino delgado se producen dos clases de contracciones musculares. Las contracciones de segmentación están causadas principalmente por la capa de músculo circular y tienen la función de movilizar localmente el quilo, mezclarlo con los jugos digestivos y hacerlo entrar en contacto con la mucosa para que se absorba el producto de la digestión. Las contracciones peristálticas, se deben a la acción coordinada de ambas capas musculares y desplazan el contenido del intestino en dirección distal (Bravo, 2019).

4.3. Morfometría intestinal del cuy

4.3.1. Criptas de Lieberkuhn

Las criptas de Lieberkuhn son glándulas tubulares simples que se abren hacia los espacios intervillosos como perforaciones de la túnica epitelial. Estas glándulas tubulares están compuestas por células superficiales de absorción, células caliciformes, células regenerativas, células enteroendocrinas y células Paneth (Arce, 2016).

4.3.2. Células de Paneth

Las células de Paneth protegen y mantienen la flora intestinal en equilibrio a través de la secreción de proteínas y péptidos antimicrobianos como las lisozimas, defensinas y fosfolipasa A2 secretoria. Están localizadas en la base de las criptas de Lieberkuhn y están distribuidas principalmente desde el duodeno hasta el íleon. Regulan de la composición y el número de microorganismos comensales del tracto gastrointestinal, su participación en el desarrollo y homeostasis de las criptas, principalmente en el cuidado de las células madre. Participa en la regulación del flujo iónico en los enterocitos, regulación de los procesos inflamatorios locales y de defensa contra agentes antibacterianos, y en los procesos de detoxificación y metabolismo de metales pesados (Lira et al., 2012).

Las micrografías electrónicas de estas células ponen de manifiesto un aparato de Golgi bien desarrollado, numerosas mitocondrias y grandes gránulos de secreción apicales que albergan un producto secretorio homogéneo (Arce, 2016).

4.3.3. Epitelio

El epitelio intestinal es una capa unicelular que facilita la absorción de nutrientes al mismo tiempo que proporciona una barrera hermética para prevenir la invasión de patógenos y la propagación de microorganismos oportunistas. Para esto, células linfoides, mieloides y estromales producen una serie de factores que limitan el contacto directo entre el epitelio y los agentes infecciosos (Ramanan & Cadwell, 2016).

Las células epiteliales están altamente especializadas y metabólicamente activas. Estas células se generan y mueren con relativa rapidez a lo largo de la vida del organismo. Los enterocitos son las células epiteliales intestinales más abundantes intestinales más abundantes (hasta el 80% de todas las células epiteliales). Los enterocitos son células columnares con microvellosidades apicales, que aumentan en gran medida la superficie de absorción, y uniones laterales con las células vecinas (de Santa Barbara, van den Brink & Roberts, 2002).

4.3.3.1. Células Caliciformes.

Son células glandulares mucosas que se ubican en el epitelio de las vellosidades (entre los enterocitos) y las criptas de Lieberkuhn. Estas células producen glucoproteínas ácidas de tipo mucina para formar moco, cuya función principal es proteger y lubricar el revestimiento intestinal (Junqueira y Carnerio, 2006).

Las células superficiales de absorción y caliciformes ocupan la mitad superior de la glándula. Estas células caliciformes tienen una vida breve se cree que después de descargar su mucinógeno mueren y se descaman (Arce, 2016).

4.3.3.2. Células Enteroendócrinas

Las células enteroendócrinas (CEE) del intestino son células relacionadas con la motilidad, secreción y absorción de nutrientes. Estas células producen una importante cantidad de hormonas con acción endócrina y parácrina. Las mismas por pertenecer al sistema APUD, comparten como características fundamentales la capacidad de captar precursores amínicos, decarboxilándolos y produciendo compuestos polipeptídicos de bajo peso molecular. Desde el punto de vista histológico, estas células aparecen con citoplasma claro, dado que no hay suficiente RNA para revelar basofilia ni membranas que le confieran acidofilia (Bassan et al., 2000).

4.4. Tamaño de Partícula

El tamaño de las partículas del alimento afecta sobre todo al tránsito de los alimentos a través del tracto digestivo. No obstante, otras propiedades importantes desde un punto de vista alimenticio son también alteradas. Así, por ejemplo, un menor tamaño está asociado con una mayor densidad de las partículas, con una menor capacidad de hidratación y poder tampón en las zonas fermentativas del aparato digestivo (Beorlegui, 1995).

Gomes et al. (2000), indican que la ganancia diaria de peso y la ganancia total de peso se vieron afectadas negativamente por el aumento en el tamaño de partícula, observándose un 23% menos de consumo con tamaño de partícula creciente. También definieron que hubo mayor ganancia de peso con el tamaño de partícula más pequeño del estudio.

4.5. Métodos para Determinar el Tamaño de Partícula

Existen muchos métodos para determinar el tamaño de partícula de una dieta sin embargo en este trabajo de investigación solamente se mencionan los más sencillos y el utilizado para este trabajo.

4.5.1. Tamizado en seco

Es el método más utilizado para investigar el tamaño de las partículas en la alimentación animal. Según el procedimiento recomendado por la ASAE (2008), el ingrediente alimentario en diferentes clases de tamaño, y la PSD se puede presentar con el porcentaje de masa en cada clase. A continuación, el tamaño de las partículas puede ser calculado y expresado con el diámetro geométrico medio (GMD) y la desviación geométrica estándar (GSD).

El tamizado en seco se emplea ampliamente porque es un método de bajo coste que requiere poca formación. embargo, este método presenta una serie de inconvenientes. Por ejemplo, las partículas muy pequeñas pueden adherirse a los tamices debido a fuerzas electrostáticas. Además, los ingredientes con un alto contenido en grasa (como la soja molida) tienden a obstruir los tamices y dificultan la obtención de datos precisos, aunque el uso de un agente dispersante puede ayudar a evitar la obstrucción durante el tamizado

4.5.2. Tamizado húmedo

El tamizado húmedo se utiliza a menudo para determinar el tamaño de partícula de los pellets de pienso. La muestra de pellets (50 g) se remoja en 1.000 ml de agua durante 1 hora y, a continuación, la suspensión de agua y pienso se vierte en una torre de tamizado (tamiz de malla). se vierte en una torre de tamizado (Wolf et al., 2010). A diferencia del tamizado en seco, el flujo de agua debe proporcionarse desde arriba hacia inferior para separar las muestras en diferentes grados. Después de lavar la muestra, el material que queda en el tamiz se recupera, se seca y se pesa. A continuación, se puede calcular el tamaño de las partículas.

5. Metodología

5.1. Área de Estudio

El trabajo de campo se llevará en el Centro de Investigación e Innovación de Nutrición Animal (CIDiNA) de la Carrera de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional de Loja ubicado en la "Quinta Experimental Punzara" localizado en la parte Sur-Oeste de la Hoya de Loja a 150 m de la Universidad, con las siguientes condiciones meteorológicas: temperatura 15.9 a 22.6°C, altitud 2 201 m s.n.m., precipitación media anual de 906,9 mm, humedad relativa media mensual de 74,5 % y una formación ecológica de bosque seco.

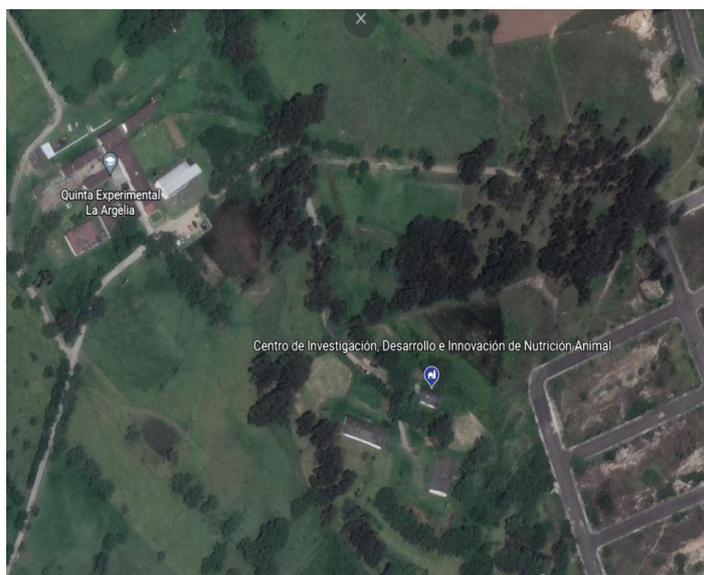


Figura 1. Imagen satelital de CIDINA usando Google Earth. Coordenadas 4°02'18"S 79°12'34"W.

5.2. Animales e Instalaciones

Se seleccionaron 30 cobayas (*Cavia porcellus*), de la línea mejorada tipo 1 de 15 días de vida con un peso promedio 344 g y de forma aleatoria se los ubicó aleatoriamente tres grupos experimentales, por lo que cada jaula representó una unidad experimental. Las jaulas estaban debidamente identificadas, poseían comederos y bebederos y tenían dimensiones de 42 x 26 x 51 cm de largo, ancho y altura respectivamente.

5.3. Dietas Experimentales

Se elaboraron tres dietas experimentales con la misma composición nutricional y 40% de fibra detergente neutra, teniendo como único parámetro diferencial el tamaño de partícula. Dentro de la formulación se consideró como principal fuente de fibra a la paja de arroz, por lo que también se utilizaron otros ingredientes, en la Tabla 1 se presentan los ingredientes y la composición química considerados para la elaboración de las dietas experimentales. Los

animales consumieron agua y alimento *ad libitum* durante todo el experimento y recibieron como complemento nutricional 2 g de vitamina C por cada kg de alimento.

Tabla 1. Ingredientes y composición química de las dietas experimentales (diferentes tamaños de partícula).

Ítem	Tamaño de partícula		
	Fino	Mediano	Grueso
<i>Ingredientes</i>			
Afrecho de trigo	22,93	22,93	22,93
Trigo	7,80	7,80	7,80
Paja de arroz fina	30,74	15,37	
Paja de arroz gruesa		15,37	30,74
Maralfalfa	9,37	9,37	9,37
Soya	16,31	16,31	16,31
Aceite de palma	5,84	5,84	5,84
Melaza	3,75	3,75	3,75
Sal	0,66	0,66	0,66
L-lisina-HCl	0,27	0,27	0,27
DL-metionina	0,19	0,19	0,19
Treonina	0,20	0,20	0,20
Premezcla vitamínico mineral*	0,19	0,19	0,19
Vitamina C	0,04	0,04	0,04
Carbonato de Calcio	1,24	1,24	1,24
Bentonita	0,47	0,47	0,47
<i>Composición Química Calculada</i>			
Energía digestible	2800	2800	2800
FDN	40	40	40
Almidón	9.33	9.33	9.33
Lisina	0.80	0.80	0.80
Metionina	0.37	0.37	0.37
Treonina	0.60	0.60	0.60
Calcio	0.80	0.80	0.80
Fósforo total	0.40	0.40	0.40

*LOFAC premezcla vitamínico mineral, 7 000.000 UI Vitamina A, 1 200.000 UI Vitamina D3, 35. 000 UI Vitamina E, 2 .000 mg Vitamina K3, 1 500 mg Vitamina B1, 3 000mg Vitamina B2, 2 500mg Vitamina B6, 20mg Vitamina B12, 20 000mg Niacina, 80mg Biotina, 12 000mg Ácido pantoténico, 250mg Ácido fólico, 100 000mg Colina, 2 000mg Antioxidante, 25 000mg Manganeso, 90 000mg Zinc, 75 000mg Hierro, 7 000mg Cobre, 500mg Yodo, 200mg Selenio, 2 000mg Magnesio, 2 000g Excipiente c.s.p. 2. Celmanax, 0,19% Calcio, 6ppm Cobre, 120 ppm Hierro, 0,21% Magnesio, 14ppm Manganeso, 0,73% Fósforo, 1,06 Potasio, 0,12% Sodio, 0,53% Azufre, 86ppm Zinc, 1,69% Alamina, 1,49% Arginina, 2,32% Ácido Aspártico, 0,63% Cistina, 3,76 Ácido Glutámico, 1,45% Glicina, 0,71% Histidina, 0,85% Isoleucina, 1,91% Leucina, 1,13% Lisina, 0,40 Metionina, 1,18% Fenilalanina, 1,29% Prolina, 1,98% Serina, 1,54% Treonina, 0,25% Triptófano, 0,99% Tirosina, 1,40 Valina.
2. Bentonita 51.35% Silicio; 27,03% Aluminio; 5,83% Hierro; 1,65% Potasio; 1,04% Calcio; 0,77% Magnesio; 0,68% Sodio.

La primera dieta estaba compuesta por partículas finas menores a 0,315 mm, la segunda contenía partículas de tamaño mediano conteniendo la mitad de partículas finas y la otra mitad

partículas gruesas, y la última dieta contuvo partículas gruesas menores a 1,25 mm. La siguiente tabla (Tabla 2.) especifica las proporciones de las partículas de cada dieta.

Tabla 2. Tamaño de partícula de las dietas experimentales.

Tamaño de partícula (mm)	Tratamiento		
	Fino	Mediano	Grueso
>1,18	14,095	20,335	17,945
0,500-1,17	28,844	27,634	48,545
0,350-0,499	21,158	22,802	15,490
0,149-0,349	35,903	29,229	18,021

Para determinar las proporciones de partículas de cada dieta se realizó un tamizaje por vía húmeda, en la que se tomó tres muestras de cada tratamiento para poder realizar tres repeticiones por cada dieta. El procedimiento a llevarse a cabo con cada muestra se relaciona al realizado en el estudio de García et al. (1999), realizándose algunas adecuaciones. En primer lugar, se realizó una solución de 30 L de detergente comercial neutro (marca Garza) y agua destilada, ya que se iba a utilizar con cada tratamiento. Una vez realizada la solución se procedió a pesar 55 g de cada tratamiento y se los ubicó en matraces Erlenmeyer de 2000 ml, rotulándose a cada uno como T1 (Partículas finas), T2 (Partículas medianas) y T3 (Partículas gruesas). Luego se sobrepuso 1100 ml de la solución inicial y se dejó en continuo movimiento en una centrifugadora durante toda la noche a temperatura ambiente. Al siguiente día se constató que en cada matraz las muestras estuvieran debidamente disgregadas, se dejó reposar y luego se vertió el contenido del matraz sobre una pila de tamices ubicados en orden decreciente según el tamaño del poro (1.18 mm, 500 μ m, 350 μ m y 149 μ m). Posterior a ello el residuo de los tamices se lavó con agua destilada con flujo corriente a 5,95 ml/min, al transcurrir 20 minutos se quitó el tamiz de 1.18 mm, a los 10 el de 500 μ m, a los 6 el de 350 μ m y por último, a los 4 el de 149 μ m. Finalizado el lavado se dejó reposar los tamices durante una hora, por consiguiente para conocer el residuo en cada uno, se procedió a pesar. Luego las muestras fueron recolectadas en crisoles debidamente rotulados y transferidas a la estufa a 200 °C durante 24 horas para la determinación de materia seca.

5.4. Experimento: Determinación de la Integridad de la Mucosa

Se seleccionaron 30 cobayas (*Cavia porcellus*), de la línea mejorada tipo 1 de 15 días de vida y de forma aleatoria se los ubicó en tres grupos experimentales. La fase de campo comprendió 10 días, en los cuales los animales fueron alimentados *ad libitum*, por lo que al cumplir 25 días de vida se procedió a sacrificar a los animales, para ello a través de un golpe contundente en la cabeza, se realizó el aturdimiento y posterior desangramiento de las cobayas.

En esta etapa se tomó una muestra de 2 a 3 cm de yeyuno y se lo fijó en una solución buffer de formol al 10% para su identificación y envió al Laboratorio de Histología donde se realizó la tinción de PAS (Periodic Acid Schiff).

Una vez obtenidos los resultados se procedió a identificar 30 de cada una de las estructuras que formaban parte de las variables de estudio, es decir que en cada placa se identificó vellosidades, criptas, tónicas musculares y el epitelio de las vellosidades. Ya identificadas estas estructuras se procedió a medir en μm a través del microscopio con un aumento de 4x la longitud de la vellosidad, la profundidad de la cripta de Lieberkühn, el ancho de la tónica muscular y la altura del epitelio.

5.5. Análisis Químico

Para determinar la integridad de la mucosa se utilizó la tinción PAS como lo establece en su manual Prophet et al. (1995).

5.6. Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de varianza, utilizando un modelo mixto por medio del procedimiento MIXED de SAS (OnDemand for Academics 2023) tomando como principal factor de variación fijo el tamaño de partícula de la dieta y la variable aleatoria al animal anidado al tratamiento. Se utilizó un T Test protegido para la comparación de medias en el que los p valores $< 0,05$ se consideraron significativos.

5.7. Consideraciones éticas

Este estudio experimental se ejecutó de acuerdo con el ordenamiento de normas bioéticas internacionales de bienestar animal como se establece en el “Código Orgánico del Ambiente” (ROS N.º 983, Ecuador).

6. Resultados

En la Tabla 3 se describe las variables histológicas que se evaluaron en este trabajo de investigación al cambiar el tamaño de partícula de la dieta en cuyes.

Tabla 3. Mediciones de las variables histológicas obtenidas al cambiar el tamaño de partícula en las dietas en cuyes.

Variables	Tamaño de partícula			Estándar error	P valor	Contrastes	
	Fino	Mediano	Grueso			L	Q
Longitud de vellosidad, μm	523	524	518	19,1	0,973	0,863	0,878
Profundidad de cripta, μm	218	210	196	9,36	0,285	0,122	0,776
Ratio LV/PC	2,70	2,65	2,75	0,076	0,611	0,650	0,381
Altura del epitelio, μm	22,5	19,08	16,8	2,04	0,167	0,0622	0,824
Ancho túnica muscular, μm	103,8	93,7	95,03	6,43	0,493	0,342	0,477

La longitud de la vellosidad en los cuyes alimentados con los diferentes tamaños de partícula no se encontraron diferencias significativas ($p=0,973$), dando una media general de 521.67 μm .

Tampoco se encontraron diferencias significativas en cuanto a la profundidad de la cripta se refiere ($p=0,285$), dando una media general de 208,06 μm .

En relación a la relación entre longitud de la vellosidad/profundidad de la cripta en los cuyes estudiados no se encontraron diferencias significativas ($p=0,611$), dando una media general de 2.70.

Para la altura del epitelio no hubo diferencia significativa. Sin embargo, en los cuyes alimentados con un tamaño de partícula fina la altura del epitelio tendió en un 26,72% más larga que los animales alimentados con un tamaño de partícula gruesa ($p=0,0622$). Mientras que en los que consumieron la dieta con partícula mediana se mantuvieron en el promedio.

Mientras que en la medida de la túnica muscular de los cuyes alimentados observados se encontró diferencias significativas ($p=0,493$), dando una media general de 97.53 μm .

En las figuras 2 a 6 se representa la medición de las diferentes variables de estudio, longitud de las vellosidades (A), profundidad de la cripta (B), el ancho de la túnica muscular (C) y la altura del epitelio (D) y el ratio de la relación longitud de la vellosidad:profundidad de cripta (E).

A

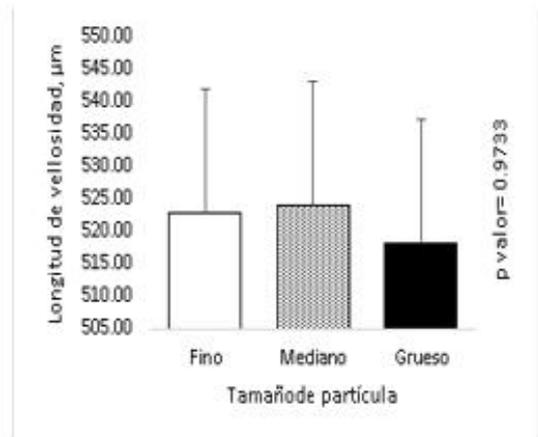
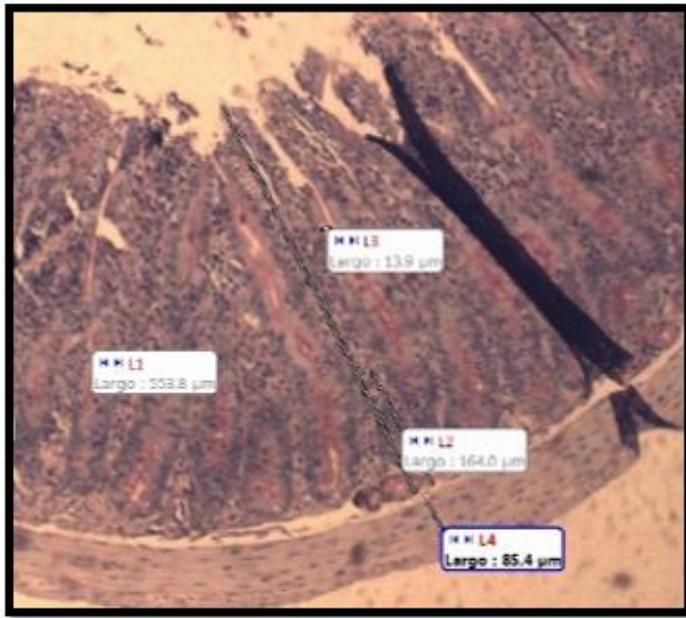


Figura 2. Medición de la longitud de la vellosidad según los diferentes tamaños de partícula de la dieta.

B

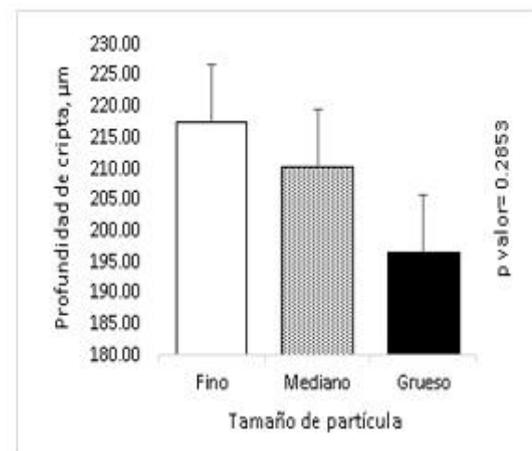
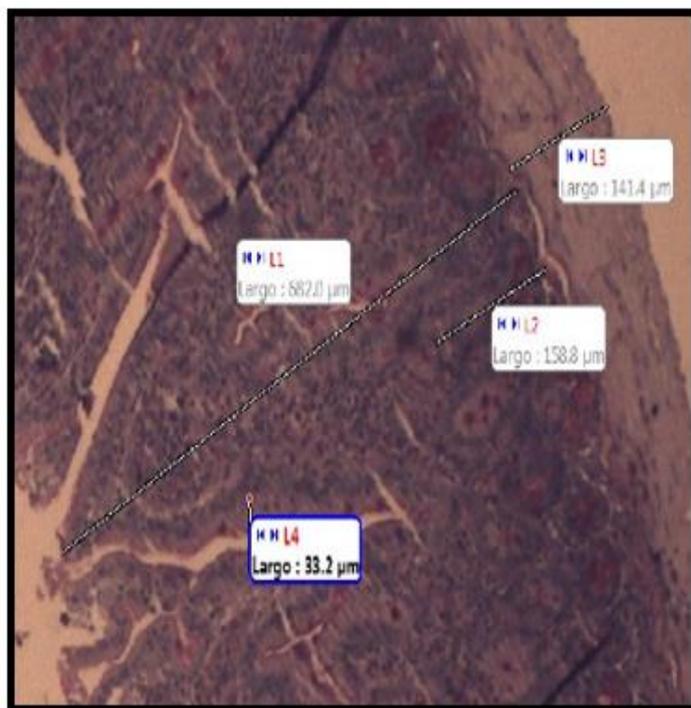


Figura 3. Medición de la profundidad de la cripta de Lieberkühn según los diferentes tamaños de partícula de la dieta.

C

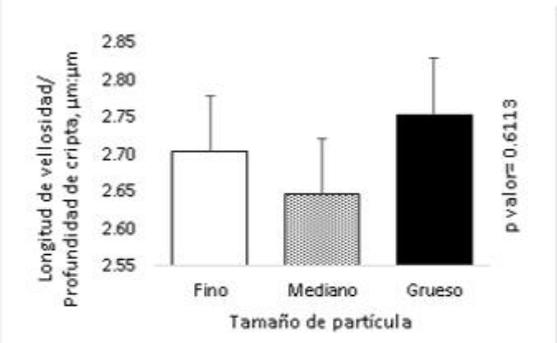
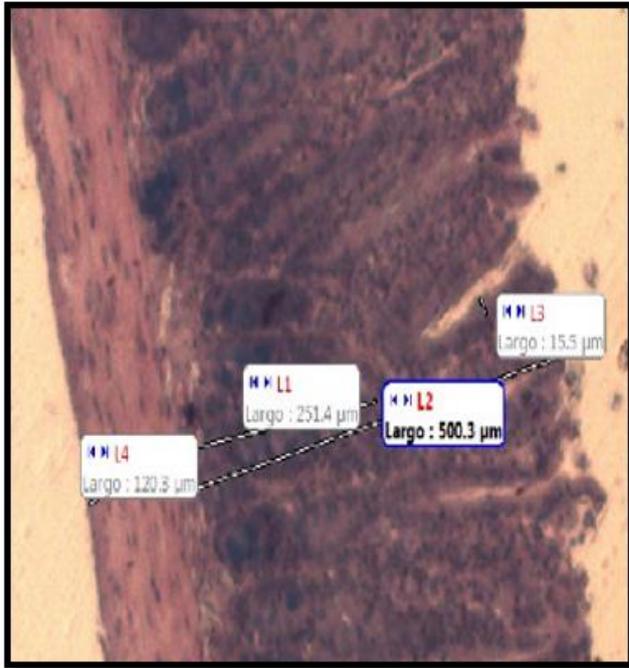


Figura 4. Medición del ratio según los diferentes tamaños de partícula de la dieta.

D

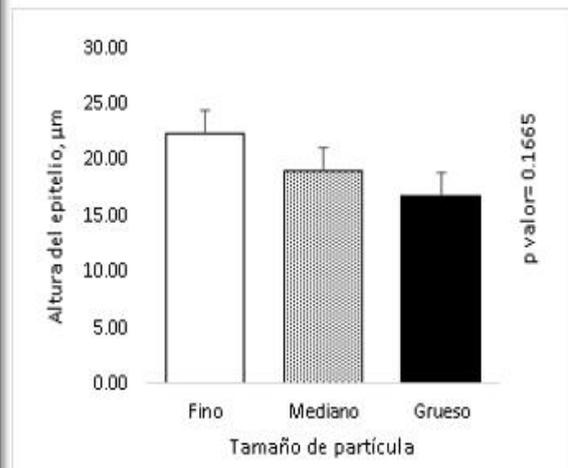
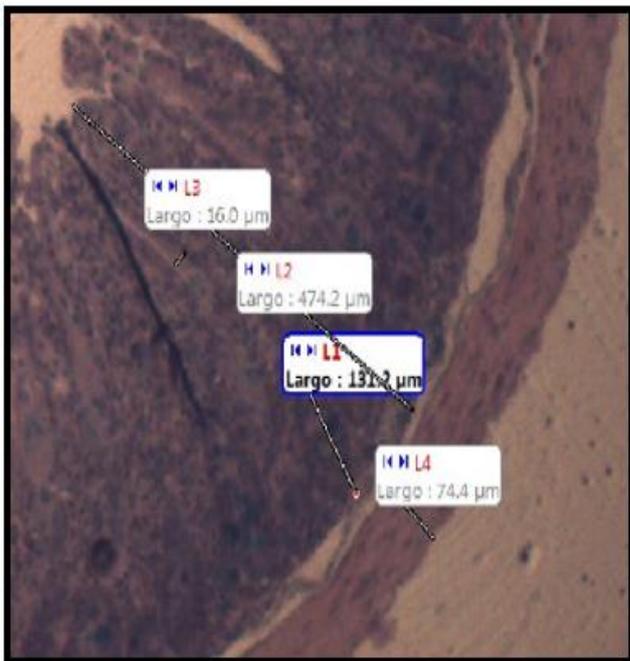


Figura 5. Medición de la altura del epitelio según los diferentes tamaños de partícula de la dieta.

E

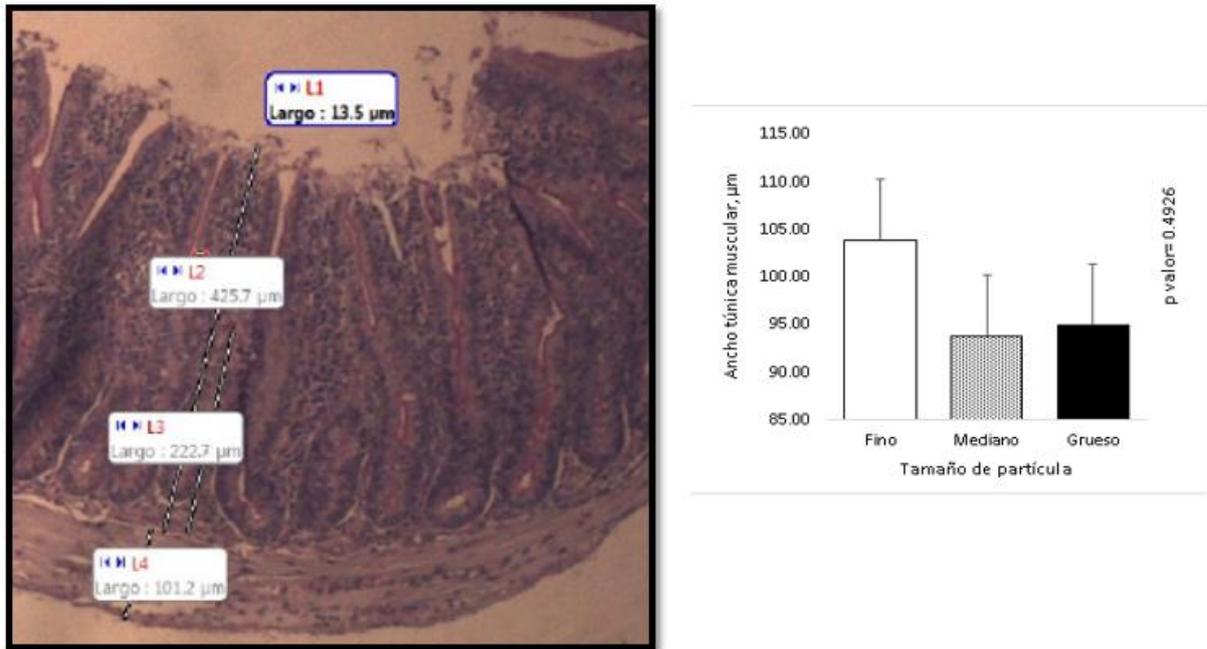


Figura 6. Medición del ancho de la túnica muscular según los diferentes tamaños de partícula de la dieta.

7. Discusión

En este estudio se evaluó el efecto del tamaño de partícula sobre la integridad de la mucosa en cuyes. Con respecto al largo de las vellosidades Mitjans & Ferrer (2004) obtuvieron que el largo de las vellosidades en cuyes es de 594,5 μm cuando estos cursan las 2 semanas de edad, este resultado es similar al encontrado en el presente estudio. Estos autores también mencionan que luego de la segunda semana no existen cambios significativos en el crecimiento de la longitud de las vellosidades.

En cuanto a la profundidad de la cripta la media en este estudio es de 208,06 μm . Esto concuerda con Carcelen, et al. (2020) que en su estudio donde se trabajó con 50 cuyes machos alimentados con forraje y afrecho de trigo en donde se evaluó el uso de probióticos como suplemento se obtuvo profundidad de cripta media de 213,4 μm .

Como ya se mencionó, el ancho del epitelio de las vellosidades intestinales tendió a ser menor cuando el tamaño de partícula fue mayor. Esto sugiere que, aunque el tamaño de partícula no tiene efecto directo sobre la longitud de las vellosidades o la profundidad de las criptas si afecta en la integridad de las células epiteliales intestinales como las células de absorción, células caliciformes y células enteroendocrinas.

Estas primeras son las más comunes en el epitelio intestinal, tienen una longitud promedio de 25 μm y su función principal es la digestión terminal y la absorción de agua, digieren los ácidos grasos y los transforman en triglicéridos, forman quilomicrones y transportan la mayor parte de los nutrientes hacia la lámina propia donde serán distribuidos hacia el resto del cuerpo (Arce, 2016). Además, se pueden apreciar microvellosidades en el borde apical de estas células que actúan como barreras protectoras contra microorganismos y agentes extraños, aquí también es donde se secreta el glicocálix (Ferrufino et al., 1996).

Yamauchi, et al. (2006) mencionan que tanto el tamaño de las vellosidades, el área celular y número de mitosis celulares, así como las células epiteliales en la punta de la vellosidad son factores dietéticos y que son los indicadores más adecuados para evaluar la digestibilidad de los ingredientes de los piensos. Y que se puede relacionar la altura del epitelio con el largo de la vellosidad, donde vellosidades cortas y con células epiteliales poco marcadas tienen menor absorción de nutrientes y, por ende, se produce un menor crecimiento en estos animales.

En cuanto al ratio entre la longitud de la vellosidad y la profundidad de la cripta en este estudio es elevado en comparación al estudio de Mitjans & Ferrer (2004), donde el ratio en cuyes de dos semanas de edad fue de 1,88 y se elevó las primeras semanas de edad.

Naderinejad, et al. (2016). Determinaron que el tamaño de partícula de una dieta a base de maíz no tuvo efecto significativo sobre la longitud de las vellosidades ni sobre el peso final en pollos de engorde. Sin embargo, tanto Cera, et al. (1988) como Amerah, et al., (2007) han demostrado que el alimento granulado ha tenido un efecto positivo en el largo de las vellosidades intestinales, mejorando la actividad enzimática y en la absorción de nutrientes en comparación de un alimento con menor tamaño de partícula. Boydston, et al., (2023). En su estudio sobre cabras locales, se encontró que un tamaño de partícula de > 7 cm resultó en un consumo óptimo de alimento y palatabilidad, mientras que un tamaño de partícula de 3 cm proporcionaba la mejor digestibilidad

8. Conclusiones

- Aunque no se encontraron diferencias sobre el largo de las vellosidades, dietas con un tamaño de partícula fino tienden a tener un efecto en la altura del epitelio de las vellosidades intestinales, ya que los animales alimentados con esta dieta presentaron un epitelio más grueso, esto puede estar relacionado a la presencia de un proceso inflamatorio
- Los resultados obtenidos permiten concluir que el tamaño de partícula de las dietas no influye en la profundidad de la cripta, ni en el ancho de la capa muscular del intestino medio ya que en las 3 dietas administradas no hubo diferencias significativas sobre las variables mencionadas.

9. Recomendaciones

- En base a los resultados obtenidos se recomienda utilizar balanceados con tamaño de partícula grueso ya que, aunque no haya influido en la longitud de la vellosidad ni la profundidad de la cripta si se pudo evidenciar que al administrar dietas con tamaño de partícula fino tendió a incrementar la altura del epitelio, pudiendo en estos animales ser menor el aprovechamiento de alimento.
- Debido a que en la actualidad la existencia de información respecto al efecto del tamaño de partícula sobre la integridad de la mucosa intestinal, y en especial, sobre la altura del epitelio es escasa, se sugiere estudiar a profundidad este tema ya que esto puede contribuir a disminuir los costos de producción en el sector cunícola

10. Bibliografía

- Amerah, A., Ravindran, V., Lentle, G., Thomas, G. (2007). Influence of feed particle size and feed form on the performance, energy utilisation, digestive tract development, and digesta parameters of broiler starters. *Poult. Sci.* (86) 2615-2623.
- Arce, N. (2016). Estudio Histológico de las Vellosidades Intestinales de Cuyes (*Cavia porcellus*) criollos y mejorados según el sistema de alimentación. (Tesis de grado). Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.
- ASAE, (2008). American Society of Agricultural and Biological Engineers. Method of Determining and Expressing Fineness of Feed Materials by Sieving. Standard No. S319.4.
- Bassan, N., Pérez, F., Vinuesa, M., Roma, S., Fodor, M., Araujo, A. (2000). Células enteroendócrinas en ciego y apéndice de conejo. *Analecta Veterinaria*, 20(1), 1-4.
- Beorlegui, B., & García, R. (1995). Tamaño de partícula de los forrajes en la alimentación de conejos. bases fisiológicas y recomendaciones. *Trabajo Original*, 28-32.
- Bezada, S., Carcelén, F., López, S., Guevara, J. (2023). Respuesta histomorfométrica de la mucosa del intestino delgado en cuyes (*Cavia porcellus*) de engorde desafiados con *Salmonella enterica* var. Typhimurium. *Revista científica FCV-LUZ*, 33, 1-9.
- Boydston., A., Biryukov, J., Yeager, J., Gregory, Williams, D., Green, B., Reese, L., Beck, J., Bohannon, K., Miller, D., Freeburger, D., Graham, A., Wahl, V., Hevey, M., Dabisch, A. (2023). Aerosol Particle Size Influences the Infectious Dose and Disease Severity in a Golden Syrian Hamster Model of Inhalational COVID-19. *Journal of Aerosol Medicine and Pulmonary Drug Delivery*, doi: 10.1089/jamp.2022.0072
- Bravo, L. (2019). Evaluación morfológica y cuantificación de las células de paneth del epitelio intestinal de cuyes (*cavia porcellus*) en recría infectados experimentalmente con *salmonella typhimurium*, Arequipa 2018. Universidad Católica de Santa María. Arequipa, Perú.

- Carcelén C, San Martín, F., Ara, G., Bezada, S., Asencios, M, Jiménez, A., Santillán, A., Perales, G. & Guevara, J. (2020). Efecto de la inclusión de diferentes niveles de probiótico sobre los parámetros productivos y morfología intestinal en cuyes de engorde (*Cavia porcellus*). *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 31(3), e18735–e18735. <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i3.18735>
- Cera, R., Mahan, D., Cross, R., (1988). Effect of age, weaning and post weaning diet on small intestinal growth and jejunal morphology in young swine. *J. Anim. Sci.* (66) 574-584.
- Chininin, V., Hernández, M., Luna, R., González, F., León, A., Barraqueta, M (2017). Emprendimientos de cobayos en zonas rurales del cantón Saraguro (Loja, Ecuador).
- De Santa Barbara, P., van den Brink, G., & Roberts, J. (2003). Development and differentiation of the intestinal epithelium. *Cellular and Molecular Life Sciences (CMLS)*, 60(7), 1322–1332. doi:10.1007/s00018-003-2289-3
- Desantis, S., Zizza, S., Gianluca Accogli, Tufarelli, V., & Laudadio, V. (2011). Morphometric Features and Glycoconjugate Pattern of Rabbit Intestine are Affected by Particle Size of Pelleted Diets. *Anatomical Record-Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology*, 294(11), 1875–1889. <https://doi.org/10.1002/ar.21477>
- Díaz, P. (2008). Histología del intestino delgado e intestino grueso del conejo (*Oryctolagus cuniculus*) (Tesis de titulación). Universidad Nacional Autónoma de México. Cuautitlan, México.
- Ferrufino, J., Angeles. G. (1996). Histología normal del intestino delgado, *Revista Médica Hered*, 7, 46-57.
- García, J., Carabaño, R., & de Blas, J. C. (1999). Effect of fiber source on cell wall digestibility and rate of passage in rabbits. *Journal of Animal Science*, 77(4), 898. doi:10.2527/1999.774898x
- Gásquez, A., & Blanco, R. (2004). Tratado de Histología veterinaria. Barcelona: Masson. 462 pp.

- Gomes, A., Rocha, J., Vieira, A., Crespi, M. (2000). Effect of the particle size of coast cross hay (*Cynodon dactylon*) on performance and diet digestibility in growing rabbits. *World Rabbit Science*, 8(1).
- Junqueira, L., Carneiro, J. (2006). *Histología básica*. 6ª edición. Madrid, España: Elsevier. Pp. 302-315.
- Lira, B., Cueva, S., Rodríguez, J., Ayón, M., Zanuzzi, C., Barbeito, F., & Vásquez, M. (2023). Identificación de las células de paneth en el intestino delgado de alpacas en los primeros 21 días de edad. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 23(2), 138–146.
- Liu Siqiang, Yuan, M., Dingxing, J., Wang, Z., Zou, H., Wang, L., Xue, B., Wu, D., Tian, G., Cai, J., Yan, T., & Nazir Ahmad Khan. (2018). Effects of the particle of ground alfalfa hay on the growth performance, methane production and archaeal populations of rabbits. *PLOS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203393>
- Lyu, F., Thomas, M., Hendriks, W. H., & Van der Poel, A. (2020). Size reduction in feed technology and methods for determining, expressing and predicting particle size: A review. *Animal Feed Science and Technology*,
- Mariños, D. (2020). Efecto del suplemento de manano-oligosacáridos en histología intestinal de cuyes (*Cavia porcellus*) en etapa de crecimiento y engorde (Tesis de Titulación). Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.
- Mitjans, M., & Ferrer, R. (2004). Morphometric Study of the Guinea Pig Small Intestine During Development. *Microscopy research and technique*, 63(206-214).
- Naderinejad, S., Zaefarian, F., Abdollahi, M.R., Hassanabadi, A., Kermanshahi, H., Ravindran, V. (2012). Influence of feed form and particle size on performance, nutrient utilisation, and gastrointestinal tract development and morphometry in broiler starters fed maize-based diets. *Animal Feed Science and Technology*
- Nicodemus, N., Garcia, J., Carabaño, R., Méndez., J., de Blas, C. (1997). Efecto de tamaño de partícula sobre la productividad en conejos. Universidad Politécnica. Madrid, España.

- Ordoñez, E. (2016). Evaluación del Crecimiento y Mortalidad en Cobayos Suplementados con Pulpa de Naranja (Tesis de titulación). Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Cuenca, Ecuador.
- Prophet, E. B., Mills, Bob., Arrington, J. B., & Sobin, L. H. (1995). Manual de Métodos Histotecnológicos del Instituto de Patología de las Fuerzas Armadas de los Estados Unidos de América. Registro de Patología de los Estados Unidos de América.
- Ramanan, D., & Cadwell, K. (2016). Intrinsic Defense Mechanisms of the Intestinal Epithelium. *Cell host & Microbe*, 19, 434-441. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.chom.2016.03.003>.
- Wolf, P., Rust, P., Kamphues, J. (2010). How to assess particle size distribution in diets for pigs?, *Livest. Sci.* (133) 78-80.
- Yamauchi, K., Buwjoom, T., Koge, K., & Ebashi, T. (2006). Histological alterations of the intestinal villi and epithelial cells in chickens fed dietary sugar cane extract. *British Poultry Science*, 47(5), 544–553. doi:10.1080/00071660600963149
- Zambrano, R., Romero, C., Cabrera, E., & García, J. (2018). Producción y rentabilidad de la crianza de cuyes (*Cavia porcellus*) en la región andina de Ecuador. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*.

11. Anexos

Anexo 1. Finalización de elaboración de los tratamientos.



Anexo 2. Pesaje de Vitamina C para añadir por cada kilogramo de alimento en las dietas.



Anexo 3. Limpieza y adecuación del galpón.



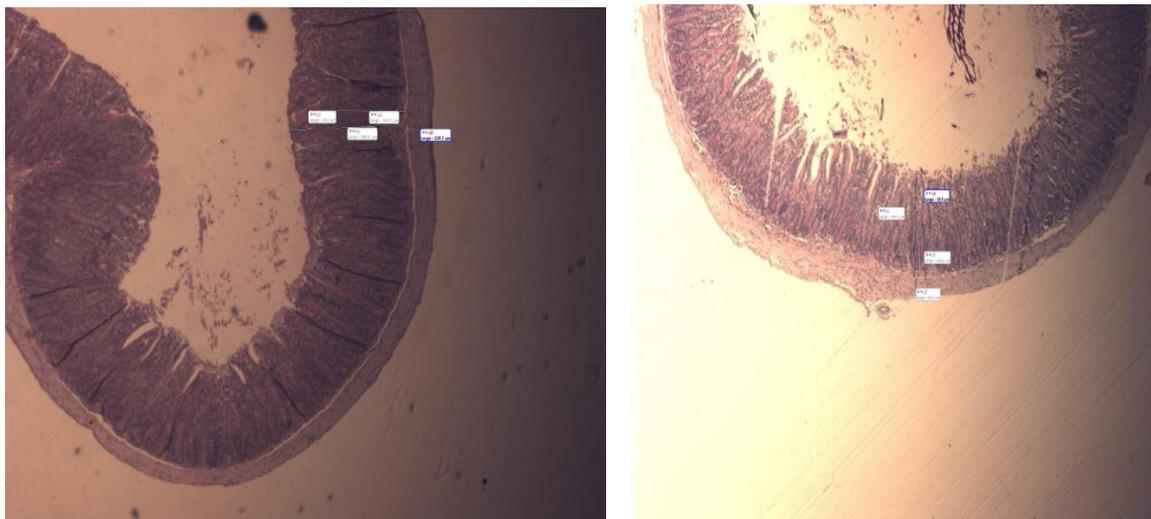
Anexo 4. Ubicación de los cuyes en las jaulas.



Anexo 5. Toma y envío de la muestra de yeyuno de los cuyes.



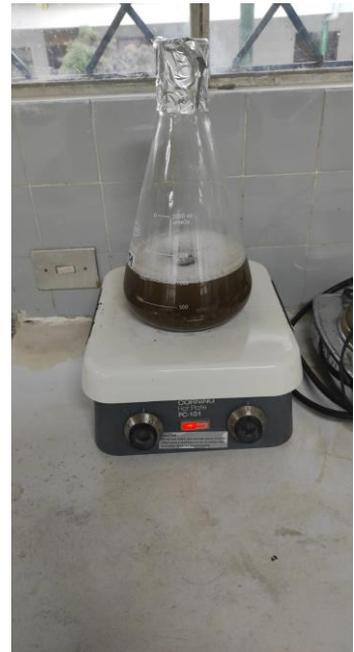
Anexo 6. Medición de las vellosidades intestinales.



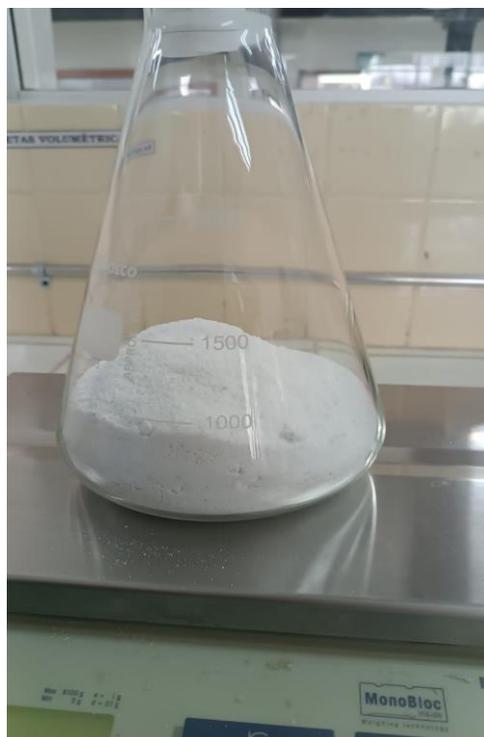
Anexo 7. Muestra de cada tratamiento de la muestra de post-destete.



Anexo 8. Colocación de las muestras de cada dieta en los matraces a movimiento constante durante toda la noche.



Anexo 9. Pesaje del detergente neutro para realizar la solución con agua destilada.



Anexo 10. Tamizaje vía húmeda de los tratamientos.



Anexo 11. Escurrimiento de los tamices después del tamizaje vía húmeda.



Anexo 12. Pesaje de los tamices con el sobrante.



Anexo 13. Pesaje de crisoles con la muestra húmeda y ubicación en la estufa para obtener materia seca.



Anexo 14. Grupo de trabajo.



Anexo 15. Certificado de la traducción de inglés.

Lic. Gladys Marlene Pucha Pucha

LICENCIADA EN LA ESPECIALIDAD INGLÉS

CERTIFICA:

Que el documento aquí compuesto es fiel traducción del idioma español al idioma inglés del resumen de tesis: **Estudio del efecto del tamaño de partículas de la dieta en la integridad de la mucosa de los cuyes (*Cavia porcellus*)** autoría de **Juan Pablo Pucha Carrera** con número de cédula **1105828543**, previo a obtener el título de Médica Veterinaria en la Universidad Nacional de Loja.

Lo certifico en honor a la verdad y autorizo a la interesada hacer uso del presente en lo que a sus intereses convenga.

Loja, 13 de noviembre del 2023



Lic. Gladys Marlene Pucha Pucha

LICENCIADA EN LA ESPECIALIDAD INGLÉS