



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Evaluación de diferentes niveles de inclusión de maralfalfa (*Pennisetum spp.*) en dietas para cuyes sobre la integridad de la mucosa intestinal

Trabajo de Titulación previa a la obtención del título
de **Médica Veterinaria Zootecnista**

AUTOR

Dayanna Karolina Febres López

DIRECTOR

Dr. Rodrigo Merdado Abad Guamán, Ph.D.

Loja-Ecuador

2023

Certificación

Loja, 21 de septiembre de 2022

Dr. Rodrigo Medardo Abad Guamán. PhD

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **EVALUACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE MARALFALFA (*Pennisetum spp.*) EN DIETAS PARA CUYES SOBRE LA INTEGRIDAD DE LA MUCOSA INTESTINAL** de autoría del estudiante **Dayanna Karolina Febres López**, con cédula de identidad **Nro. 1105762692** previo a la obtención del título de **MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA**. Una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, apruebo y autorizo su presentación para los trámites de titulación.



Dr. Rodrigo Medardo Abad Guamán. PhD

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

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



Firma:

Cédula de identidad: 1105762692

Fecha: 07 de febrero del 2023.

Correo electrónico: dayanna.febres @unl.edu.ec

Teléfono: 0967853919

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

Yo, **Dayanna Karolina Febres López**, declaro ser autora del Trabajo de Titulación denominado: **EVALUACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE MARALFALFA (*Pennisetum spp.*) EN DIETAS PARA CUYES SOBRE LA INTEGRIDAD DE LA MUCOSA INTESTINAL**, como requisito para optar por el título de Médica Veterinaria Zootecnista, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

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

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

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los ocho días del mes de febrero del dos mil veintitrés.



Firma:

Autor/a: Dayanna Karolina Febres López

Cédula: 1105762692

Dirección: Av. Eloy Alfaro y calle 11 esquina, manzana U25

Correo electrónico: dayanna.febres@unl.edu.ec

Teléfono: 0967853919

DATOS COMPLEMENTARIOS:

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

Dedicatoria

Mi proyecto de titulación va dedicado a todas las personas que me apoyaron ayudaron e influenciaron a llegar a esta meta, en especial a Mi madre y Hachy, por su tiempo por su ánimo, apoyo e impulso ayudarme a ser quien soy, porque a pesar de errores y contratiempos nunca me soltaron y apostaron por mi aun cuando todo parecía estar perdido. Mamá, aunque aún me faltaría una vida en agradecerte todo lo que has hecho por mí, este proyecto de titulación es más tuyo que mío, espero llegar hacer la mitad de la persona que tú eres, por tus enseñanzas y amor, espero que sea el primer logro de muchos que me ayudes alcanzar.

Y para mi ángel de cuatro patas, fuiste un gran impulso para sobrellevar grandes retos, siento que me faltó mucho hacer por ti, siempre serás lo que me motive a no rendirme y salir de días difíciles, siempre estaré agradecida con la vida por ti.

Dayanna Karolina Febres López

Agradecimiento

Agradezco primeramente a Dios por la vida y oportunidad de llegar hasta esta instancia, a mi familia en especial a mi madre, quienes fueron mi motor e impulso para llegar hasta el final, a mis amigos y compañeros que fueron una gran influencia durante todo mi proceso estudiantil, a la Universidad Nacional, a su cuerpo docente y en especialmente a mi director de Tesis. Dr. Rodrigo Abad y los docentes encargados del proyecto de nutrición, Dra. Rocío Herrera, Dr. Galo Escudero y Dr. Luis Aguirre quienes fueron pilar fundamental para terminación de este trabajo, por sus enseñanzas y consejos, así como a todas las personas que fueron parte de este proceso, por sus constantes consejos, inmensamente gracias.

Sinceramente
Dayanna Febres

Índice de Contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de Contenidos	vii
Índice de Tablas	ix
Índice de Figuras	x
Índice de Anexos.....	xi
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco Teórico	6
4.1. Nutrición.....	6
4.2. Tipos de Alimentación en Cuyes	6
4.2.1. Alimentación con Forraje	6
4.2.2. Alimentación Mixta	7
4.2.3. Alimentación a Base de Concentrado.....	7
4.2.4. Uso de Vitamina C.....	7
4.2.5. Fibra	7
4.3. Estructura del Intestino Delgado.....	8
4.3.1. Capa Mucosa.....	8
4.3.2. Especialización de la Capa Mucosa.....	11
4.3.3. Capa Submucosa.....	12
4.3.4. Capa Muscular	13
4.3.5. Capa Serosa.....	13
4.4. Integridad Intestinal.....	13
4.5. Relación entre la Histomorfometría Intestinal y sus Efectos en la Salud Intestinal.	14
4.6. Maralfalfa	15

5.	Metodología	17
5.1.	Área de Estudio	17
5.2.	Mapa.....	17
5.3.	Animales.....	18
5.4.	Instalaciones.	18
5.5.	Dietas Experimentales.....	18
5.6.	Diseño Experimental	20
5.4.	Toma de Muestras	21
5.5.	Análisis de las Muestras	21
5.6.	Análisis de los Resultados.....	24
6.	Resultados.....	25
6.1.	Longitud de Vellosidad	25
6.2.	Profundidad de la Cripta	26
6.3.	Ratio Longitud de Vellosidad / Profundidad de la Cripta	26
6.4.	Altura de Epitelio	27
6.5.	Ancho de Túnica Muscular	27
7.	Discusiones.....	28
8.	Conclusiones	31
9.	Recomendaciones	32
10.	Bibliografía	33
11.	Anexos	40

Índice de Tablas

Tabla 1 Composición química media de la Maralfalfa (<i>Pennisetum</i> spp.)	16
Tabla 2 Composición de dietas experimentales.....	19
Tabla 3 Medidas de las diferentes variables de dietas experimentales en diferentes niveles de inclusión de maralfalfa.....	25

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación de la Quinta Experimental Punzara y centro de investigación desarrollo innovación de nutrición animal.	18
Figura 2. Medidas de estructuras histológicas de vellosidad intestinal del cuy, tratamiento 1 inclusión del 0% de Maralfalfa, L2 longitud de vellosidad	23
Figura 3. Medidas de estructuras histológicas de la vellosidad intestinal del cuy, tratamiento 3 inclusión del 16% de Maralfalfa, L1 Profundidad de cripta.	23
Figura 4. Medidas de estructuras histológicas de vellosidad intestinal del cuy, tratamiento 2 inclusión del 2% de Maralfalfa, L3 Altura de epitelio.	23
Figura 5. Medidas de estructuras histológicas de vellosidad intestinal del cuy, tratamiento 4 inclusión del 31% de Maralfalfa, L4 Ancho de Túnica muscular.	24
Figura 6. Promedios de longitud de vellosidad de cuyes alimentados con diferentes niveles de maralfalfa.....	26
Figura 7. Diferencias significativas entre cuatro tratamientos aplicados en cuyes	27

Índice de Anexos

Anexo 1 Fabricación de alimentos	40
Anexo 2 Adecuación de instalaciones	42
Anexo 3 Pesaje y alimentación.....	42
Anexo 4 Obtención de muestras	43
Anexo 5 Toma de datos	45
Anexo 6 Grupo de Trabajo	45
Anexo 7 Certificado de idioma inglés.....	46

1. Título

Evaluación de diferentes niveles de inclusión de maralfalfa (*Pennisetum spp.*) en dietas para cuyes sobre la integridad de la mucosa intestinal

2. Resumen

En el presente estudio se evaluó el efecto de la inclusión de diferentes niveles de maralfalfa (*Pennisetum spp.*) en raciones para cuyes, sobre la integridad de la mucosa intestinal. Para ello se utilizó 32 animales de tipo A1 destetados, distribuidos aleatoriamente en 4 tratamientos (0, 2, 16, 31% de maralfalfa), con 8 repeticiones por tratamiento. Los animales recibieron las dietas experimentales durante un periodo de 15 días, al final del cual fueron sacrificados para la toma de muestras histológicas del intestino delgado medio (yeyuno) de cada uno. Las muestras fueron procesadas y teñidas con la técnica de hematoxilina y eosina. Se midió las siguientes variables: longitud de vellosidad; profundidad de cripta; relación longitud de vellosidad/profundidad de cripta; altura de epitelio de las vellosidades; y, ancho de túnica muscular. La dieta con el 31% de maralfalfa produjo un mayor ratio longitud de cripta/profundidad de cripta y longitud de las vellosidades intestinales, en comparación a los obtenidos con las dietas de niveles 0, 2, 16%. Se concluye que la inclusión de elevados niveles de fuentes de fibra en las raciones alimenticias para cuyes favorece al crecimiento de la mucosa intestinal en la fase de post destete.

Palabras claves: Cuyes, fibra, mucosidad intestinal, vellosidades, criptas, alimentación.

2.1. Abstract

In the present study, the effect of the inclusion of different levels of maralfalfa (*Pennisetum* spp.) in rations for guinea pigs on the integrity of the intestinal mucosa was evaluated. For this purpose, 32 weaned type A1 animals were used, randomly distributed in 4 treatments (0, 2, 16, 31% of maralfalfa), with 8 repetitions per treatment. The animals received the experimental diets for a period of 15 days, at the end of which they were sacrificed for the taking of histological samples from the middle small intestine (jejunum) of each one. The samples were processed and stained with the hematoxylin and eosin technique. The following variables were measured: hair length; crypt depth; villus length/crypt depth ratio; villous epithelium height; y, width of muscular tunic. The diet with 31% maralfalfa produced a greater ratio of crypt length/crypt depth and length of the intestinal villi, compared to those obtained with the diets of levels 0, 2, 16%. It is concluded that the inclusion of high levels of fiber sources in the food rations for guinea pigs favors the growth of the intestinal mucosa in the post-weaning phase.

Keywords: Guinea pigs, diet, intestinal mucosa, villus, crypt, feeding

3. Introducción

El cuy (*Cavia porcellus*) es un mamífero roedor originario de las zonas andinas de Sudamérica. La mayoría de la producción de cuyes se destina primordialmente al consumo de su carne como fuente de proteína animal (Chauca & Zaldívar, 1974). Esta especie se caracteriza por ser herbívora monogástrica, muestra dos tipos de digestión: enzimática y microbiana.

Actualmente, la diversidad de alimentos utilizados en el medio, la deficiencia de nutrientes en las dietas y los escasos estudios acerca de la funcionalidad de las fuentes de fibra insoluble sobre las estructuras de la mucosa intestinal en cuyes, dificulta el establecimiento de una dieta apropiada para los cuyes, y por ende, en sus funciones productivas y reproductivas.

Según Chauca (1997), la alimentación de los cuyes se basa en el uso de forrajes poco sustentables nutricional y energéticamente, esta tiende a ser de tipo tradicional, siendo un factor negativo dentro de las diferentes producciones que se encargan de su crianza y comercialización.

Uno de los nutrientes destacados en la alimentación de los cuyes es la fibra, debido a la alta capacidad que poseen para digerirla, además de favorecer la digestibilidad de otros nutrientes al retardar el pasaje del contenido alimenticio (Chauca & Zaldívar, 1997). En el Ecuador, dentro de los forrajes con mayor biomasa en las zonas andinas y amazónicas, se encuentra la maralfalfa (*Pennisetum spp.*). Sin embargo, a pesar de ser un forraje rico en energía, fibra, proteína y demás nutrientes, es escaso el conocimiento sobre los aportes que este podría representar en las diferentes producciones, por lo que, no se utiliza comúnmente para la elaboración de raciones alimenticias. Su alto porcentaje en fibra, su fácil crecimiento en las zonas donde existe mayor demanda de producción de estos animales y sus bajos costos, lo convierten en una alternativa para la

conformación de una dieta donde se evalúe el nivel óptimo de fibra en la alimentación de esta especie.

Los resultados de esta investigación permitieron optimizar el uso de los recursos forrajeros disponibles y mejorar los indicadores productivos y económicos en beneficio de los productores pecuarios de la provincia de Loja, a hizo posible generar información para la formulación y uso de dietas con inclusión de fibra probando el impacto de diferentes niveles de maralfalfa sobre la mucosa intestinal.

Por lo que en la presente investigación se plantearon con los siguientes objetivos

- Evaluar diferentes niveles de inclusión de maralfalfa (*Pennisetum spp.*) sobre la altura del epitelio y longitud de las vellosidades intestinales.
- Analizar profundidad de criptas y grosor de la túnica muscular de las paredes intestinales de cuyes alimentados con diferentes niveles de inclusión de maralfalfa (*Pennisetum spp.*).

4. Marco Teórico

4.1. Nutrición

El cuy, según Chauca & Zaldívar (1974), especie herbívora monogástrica, posee un estómago donde inicia su digestión enzimática y un ciego funcional donde se realiza la fermentación bacteriana; su mayor o menor actividad depende de la composición de la ración. Realizan cecotrofia para reutilizar el nitrógeno, lo que permite un buen comportamiento productivo con raciones de niveles bajos o medios de proteína.

FAO (1997), en sus estudios sustenta, que al igual que otras especies domésticas, tienen necesidades de nutrientes o sustancias que constituyen los alimentos y son imprescindibles para mantener la vida. El conocimiento de las demandas nutritivas de los cuyes permitirá elaborar raciones balanceadas que logren satisfacer las necesidades de mantenimiento, crecimiento y producción, con el fin de lograr la máxima productividad. En cuyes, los sistemas de alimentación se adaptan de acuerdo con la disponibilidad del alimento.

Según la FAO (1997), se puede encontrar diferentes tipos de alimentación en las granjas productoras de cuyes como se describe a continuación:

4.2. Tipos de Alimentación en Cuyes

4.2.1. Alimentación con Forraje

Las leguminosas poseen un gran valor nutritivo en la nutrición de los animales, pese a esto, la capacidad de ingesta de los cuyes no les permite satisfacer sus requerimientos por lo que la combinación con gramíneas se vuelve conveniente en la alimentación. La administración de estos forrajes dependerá de la zona de crianza de los animales, en las zonas andinas prevalece el crecimiento de alfalfa, rye grass, trébol, entre otros. Paredes, et al., (1972), en sus estudios afirman que los niveles de forraje suministrados van entre 80 y 200 g/animal/día.

4.2.2. Alimentación Mixta

Se denomina alimentación mixta al suministro de forraje y concentrados. En la práctica, la dotación de concentrados no es permanente, cuando se efectúa puede constituir hasta un 40% del total de toda la alimentación.

4.2.3. Alimentación a Base de Concentrado

Se da a través de la formulación de una ración en donde se satisfaga todos los requerimientos nutritivos de los cuyes. Bajo estas condiciones los consumos por animal/día se incrementan, pudiendo estar entre 40 a 60 g/animal/día, esto dependiendo de la calidad de la ración, en este sistema de alimentación debe proporcionarse diariamente vitamina C.

4.2.4. Uso de Vitamina C

El uso de la vitamina C es muy necesario en la cría de los cuyes y conejos, especialmente en los primeros estadios de vida, es por lo que se les debe proporcionar en el agua o el alimento (FAO, 1997)

4.2.5. Fibra

Los porcentajes de fibra de concentrados utilizados para la alimentación de cuyes va de 6 a 18% (Chauca & Zaldivar, 1997). Sin embargo, Carampoma & Castro (1991), indican que las raciones balanceadas que se recomiendan utilizar en cuyes debe contener un porcentaje no menor al 18%. Por otro lado, Salinas (2002), indica que los porcentajes utilizados para la alimentación de cuyes van de 5 a 18% y cuando se trata de alimentar cuyes como animales de laboratorio solo deben recibir como alimento una dieta balanceada con altos niveles de fibra. El NRC (1995), sugiere un nivel mínimo de 10% de fibra en la ración; mientras que Vergara (2008), es de 6% en el alimento de inicio y 8% en crecimiento.

Asimismo, este nutriente no sólo tiene importancia en la composición de las raciones por la capacidad que tienen los cuyes de digerirla, sino también porque su inclusión es necesaria para favorecer la digestibilidad de otros nutrientes, ya que retarda el pasaje del contenido alimenticio (Chauca & Zaldivar, 1997)

4.3. Estructura del Intestino Delgado.

El intestino delgado es el sector anatómico terminal de la digestión, absorción y secreción endocrina en todas las especies domésticas (Junqueira & Carneiro, 2006 ; Gasquez & Blanco, 2004). Es un tubo muscular situado entre los esfínteres pilórico e ileocecal; en adultos mide 125cm, se ubica al lado derecho de la cavidad abdominal (Johnson-Delaney, 2006), convencionalmente se divide en tres secciones: duodeno, yeyuno e íleon.

Histológicamente Gasquez & Blanco (2004), mencionan que la pared intestinal del cuy posee una estructura similar a la de los mamíferos, determinada por la presencia de cuatro capas o tunicas concéntricas que corresponden a la mucosa, submucosa, muscular y serosa. La transición morfológica entre cada uno de los tramos se produce de forma gradual.

4.3.1. Capa Mucosa

Se conforma por una lámina epitelial, una lámina propia y una muscular (Gasquez & Blanco, 2004). La superficie de esta se encuentra revestida por un epitelio cilíndrico simple constituida por: enterocitos, células caliciformes, de Paneth, pluripotentes y enteroendócrinas. (Junqueira & Carneiro, 2006)

4.3.1.1. Lámina Propia. El tejido conectivo laxo de la lámina propia forma el centro de cada una de las vellosidades. El resto de la lámina propia, que se extiende hasta la capa muscular de la mucosa, se encuentra comprimida en láminas delgadas de tejido conectivo muy vascularizado a causa de las numerosas glándulas intestinales tubulares, llamadas criptas de Lieberkuhn. La

lámina propia es también rica en células linfoides, que ayudan a proteger a la túnica intestinal. Esta lámina penetra en el centro de las vellosidades intestinales, donde las células musculares lisas se encargan del movimiento rítmico de estas para la absorción de nutrientes (Junqueira & Carneiro, 2006; Vallejos, 2014).

4.3.1.2. Enterocitos. Son células principales del intestino delgado, tapizan la superficie luminal y su función primordial es la absorción de nutrientes. Se caracterizan por ser cilíndricas y altas, con un núcleo oval situado en la mitad inferior de la célula y rodeado de un citoplasma débilmente acidófilo. Cada célula presenta en el borde apical un ribete en cepillo, compuesto por vellosidades. Estas son una protrusión cilíndrica de la membrana celular que rodea un haz de microfilamentos de actina asociados con otros citoesqueletos, de aproximadamente 1 μm de largo por 0,1 μm de ancho. Gracias al mucus producido por las células caliciformes y al glucocálix se tiñe de manera positiva con el método PAS (ácido peryodico de Schiff). Este glucocálix, actúa como agente protector y tiene actividad enzimática por la presencia de hidrolasas específicas destinadas a la digestión terminal de los nutrientes (Junqueira & Carneiro, 2006).

4.3.1.3. Células Caliciformes. Son glándulas unicelulares, el duodeno tiene el número más pequeño de células caliciformes, y en el número de estas se incrementan en el íleon. Estas células son productoras de mucinógeno, cuya forma hidratada es mucina, un componente del moco que forma una capa protectora que reviste la luz. Las células caliciformes y superficiales de absorción ocupan la mitad superior de la glándula. Las células caliciformes tienen una vida breve una vez descargado el mucinógeno mueren y se descaman. La mitad basal de la glándula carece de células superficiales de absorción, y solo posee algunas células caliciformes, a este nivel contiene la mayor parte de células regenerativas, células entero-endocrinas y células de Paneth. El moco secretado es una glucoproteína ácida que forma una película lubricante y protectora sobre la

glucocálix de las microvellosidades, interactuando con éste para facilitar la absorción de moléculas (Gasquez & Blanco, 2004).

4.3.1.4. Células de Paneth. Las células de Paneth se distinguen con claridad por la presencia de gránulos de secreción eosinófilos apicales de gran tamaño, estas células ocupan el fondo de las criptas de Lieberkuhn y elaboran el agente antibacteriano lisozima. A diferencia de las otras células del epitelio intestinal, las células de Paneth tienen una vida prolongada y secretan lisozima de manera continua (Junqueira & Carneiro, 2006). Poseen una marcada actividad de síntesis proteica, produciendo lisozima y péptidos de acción antibacteriana, y así regular la microbiota del intestino delgado (Vallejos, 2014).

4.3.1.5. Células Pluripotenciales. Según Gásquez & Blanco (2004), “ocupan sobre todo el tercio inferior de las criptas. Son cilíndricas y poco regulares, presentando características de una célula inmadura con pocas vellosidades cortas e irregulares” (Leeson, et al, 1990). Sufren mitosis frecuentemente para conservar la población de los diferentes tipos celulares del intestino (Bacha & Bacha, 2000), siendo imprescindibles en el epitelio debido a la continua pérdida celular a la que se encuentra sometida la vellosidad intestinal, la cual requiere una renovación constante (Gasquez & Blanco, 2004).

4.3.1.6. Células Enteroendocrinas. Se hallan en las criptas y las vellosidades intestinales secretando péptidos reguladores activos que participan en la secreción gástrica, motilidad intestinal, secreción pancreática y la contracción de la vesícula biliar (Leeson, et al, 1990). Mediante métodos inmunohistoquímicos, se han identificado una veintena de estas células (Vallejos, 2014).

4.3.2. Especialización de la Capa Mucosa

La capa mucosa según Junqueira & Carneiro (2006), presenta especializaciones destinadas al incremento de la superficie interna, facilitando la digestión y absorción de nutrientes: pliegues circulares, vellosidades y microvellosidades intestinales, criptas intestinales o de Lieberkühn; suponiendo una característica relevante en un órgano donde la absorción es tan intensa.

4.3.2.1. Pliegues Circulares o Plicae Circularis. Son equivalentes a los pliegues de Kerckring o válvulas conniventes del humano, siendo de desarrollo variable en los mamíferos domésticos y estando conformadas por espirales permanentes de mucosa con un núcleo de submucosa, algunas veces ramificadas, que se pueden extender de dos tercios a más de la circunferencia del intestino, llegando rara vez a formar un círculo alrededor de la luz. (Gasquez & Blanco, 2004; Vallejos, 2014). “Estos pliegues inician en el duodeno, desarrollándose al máximo en el duodeno terminal y yeyuno, para luego ir disminuyendo y desapareciendo a la mitad distal del íleon” (Leeson, et al., 1990).

4.3.2.2. Vellosidades Intestinales. Según Gásquez & Blanco (2004), son proyecciones digitiformes y foliadas de ésta, hacia la luz intestinal, su longitud varía de acuerdo con la especie y actividad fisiológica intestinal. Leeson, et al., (1990), en sus estudios sugieren que estas cuentan con un núcleo de lámina propia cubierto de epitelio. Así mismo estas tienen en su núcleo una red capilar compuesta de arteriolas, vénulas y un vaso linfático central. Dicha red se caracteriza por ser fenestrada y permeable a las macromoléculas. Las vellosidades se contraen favoreciendo el drenaje linfático debido a sus fibras musculares. Las vellosidades son estructuras permanentes. Sus números son mayores en el duodeno que en el yeyuno e íleon. Además, su altura disminuye desde 1,5 mm en el duodeno hasta cerca de 0,5 mm en el íleon. Estas estructuras

delicadas confieren un aspecto aterciopelado a la túnica del órgano viviente. Las vellosidades aumentan el área de superficie del intestino delgado por un factor de 10 (Vallejos, 2014). Las vellosidades del yeyuno se presentan más estrechas, más cortas y escasas que las del duodeno. El número de células caliciformes por área de unidad es mayor en el yeyuno que en el duodeno. En el íleon estas vellosidades son las más escasas, cortas y estrechas de los tres segmentos del intestino delgado. La lámina propia del íleon alberga acúmulos de nódulos linfoides más conocidos como las placas de Peyer (Junqueira & Carneiro, 2006).

4.3.2.3. Criptas de Lieberkühn. Son pequeñas aberturas tubulares que se encuentran entre las vellosidades y se extienden profundamente hasta la muscularis mucosae. Presentan en el corte transversal como una luz central revestida de epitelio que continúa desde las vellosidades, representando un aumento de la superficie de la mucosa (Gasquez & Blanco, 2004). La función secretoria y generadora de la cripta se refleja en la naturaleza de los tipos celulares: absortivas, indiferenciadas, de Paneth, mucosas y enteroendocrinas (Vallejos, 2014). La reposición del epitelio mucoso se da a partir de la división celular, primariamente dentro de las criptas (Bacha & Bacha, 2000).

4.3.3. *Capa Submucosa*

Conformada por tejido conectivo moderadamente denso e irregular (donde abundan las fibras elásticas y puede aparecer el tejido adiposo), sirviendo de soporte a la red arterial, venosa y linfática que la recorre, así como al plexo nervioso submucoso, interno o de Meissner (Gasquez & Blanco, 2004 ; Vallejos, 2014).

4.3.3.1. Glándulas de Brunner o Duodenales. Se observan en la porción anterior del intestino, son glándulas tubuloalveolares simples ramificadas, cuyos conductos excretores desembocan en el fondo de las criptas o entre las vellosidades (Gasquez & Blanco, 2004). Poseen

una secreción viscosa y alcalina (pH 8,1 – 9,3), que se encarga de proteger a la mucosa del contenido gástrico y proporciona un medio adecuado para la actividad de las enzimas pancreáticas al neutralizar el pH del quimo (Junqueira & Carneiro, 2006). Se evidencia que las glándulas de Brunner contienen urogastrina, péptido que inhibe la secreción del ácido clorhídrico en el estómago y también estimula la proliferación del epitelio, y por ende la renovación rápida de las células del epitelio dentro de las criptas intestinales (Leeson, et al., 1990). Tanto la lámina propia como la submucosa poseen folículos linfoides aislados, donde forman agregados linfoides ubicados en el lado opuesto de la inserción mesentérica, las llamadas Placas de Peyer. Estas placas actúan como una barrera de defensa importante en el animal (Gasquez & Blanco, 2004).

4.3.4. *Capa Muscular*

Según Junqueira & Carneiro (2006), la capa muscular está constituida por dos bandas de fibras musculares lisas, la circular interna y la longitudinal externa, estando unidas por un estrato conectivo rico en fibras elásticas donde se sitúa el plexo nervioso mientérico, externo o de Auerbach, controlando la motilidad intestinal.

4.3.5. *Capa Serosa*

Gasquez & Blanco (2004), determinan que la capa serosa está formada por una delgada capa de tejido conectivo laxo recubierta en su superficie libre por una capa de células planas o mesotelio que se corresponde con la hoja visceral del peritoneo y es completa, excepto en el borde mesentérico, donde los vasos y nervios abordan la piel intestinal.

4.4. Integridad Intestinal

La integridad intestinal puede ser definida la funcionalidad óptima del tubo digestivo. Está relacionada con el mantenimiento de la estructura física (enterocitos, vascularización, mucus) y su

capacidad para realizar las funciones metabólicas: digestión, secreción, absorción y transporte de nutrientes (Dominguez, 2015).

El concepto de salud intestinal es mucho más complejo de lo que parece, pues abarca una serie de características fisiológicas y funcionales que determinarán la digestión y absorción de nutrientes, el metabolismo y generación de energía y las respuestas inmunitarias de las mucosas (Pluske et al., 2018).

4.5.Relación entre la Histomorfometría Intestinal y sus Efectos en la Salud Intestinal.

Andrade da Veiga (2008), advierte que la alimentación representa gran parte de los costos de producción y es la misma que influye en la integridad de los mecanismos fisiológicos de digestión y absorción de nutrientes, así como también en la integridad de las células epiteliales de la mucosa. Asimismo, asegura un estado sanitario adecuado que se ve reflejado en el óptimo desempeño productivo,

Según Jeurissen, et al., (2002), probablemente los aspectos estructurales del sistema gastrointestinal, como la longitud y el área de la mucosa y de estructuras que la conforman como vellosidades y criptas, limiten más el crecimiento del animal que una deficiencia en la producción de enzimas de este sistema. Zhang, et al., (2005), mencionaron que el acortamiento de las vellosidades intestinales produce una disminución del área de absorción de nutrientes, mientras que una cripta de Lieberkühn profunda implica una rápida renovación epitelial. Por lo general, las vellosidades intestinales altas en proporción a la cripta de Lieberkühn se asocian con una mucosa intestinal bien diferenciada (Jeurissen, et al., 2002), mientras que Schneeman (1982), sugirió que vellosidades intestinales cortas en relación con la profundidad de la cripta de Lieberkühn, poseían menos células de absorción y más células secretoras.

Andrade de Veiga (2008), establece que posterior a la pérdida de grandes áreas de la mucosa intestinal a causa del proceso de digestión y absorción de los nutrientes, el epitelio remanente se torna hiperplásico con mayor altura de la vellosidad y profundidad de la cripta, ésta última aumenta la producción y maduración celular a altas velocidades, ocasionando una mayor capacidad absorptiva de nutrientes y electrolitos.

4.6.Maralfalfa

Según Gualoto (2018), manifiesta que el origen del pasto maralfalfa (*Pennisetum spp*) es aún muy incierto. Debido a la disminución en el contenido de la proteína cruda, el extracto etéreo y los carbohidratos no estructurales y al incremento en el contenido de la fibra detergente neutra, el valor energético de este pasto se redujo con la edad de corte. También reporto la reducción en el valor energético de este pasto con el avance de la edad de corte, aunque con valores más altos a edades de corte similares. Este menor contenido energético respondió fundamentalmente a la reducción en el contenido de carbohidratos no estructurales, en comparación al trabajo reportado previamente con esta misma forrajera.

La disminución en el valor energético de este pasto al avanzar la edad de corte, significa una menor capacidad de llenar los requerimientos de energía de los animales y una mayor capacidad de inhibir el consumo de materia seca, lo que implica que dicha forrajera, como cualquier otro pasto, se debe manejar estratégicamente para aprovechar la interacción entre su calidad nutricional y la producción de materia seca cosechándolo a edades más tempranas para suministrarlo a animales de mayores requerimientos (Gualoto, 2018).

En la Tabla 1 se presenta el promedio de porcentajes de composición química media del pasto Maralfalfa con el fin de obtener su proporción química.

Tabla 1. Composición química media de la Maralfalfa (*Pennisetum spp.*)

Componentes	Concentración, % de MS
Humedad	80,0 ¹
Ceniza	11,34
Fibra	53,14
Proteína Cruda	7,78
Extracto Etéreo	2,11

Composición química media del pasto maralfalfa; Adaptado de (Uvidia, et al., 2013; Ventura, et al., 2017; Ventura, 2016 ; Villegas, 2020 ; Ventura, et al., 2019 ; Ortiz, et al., 2017 ; Mateus, et al., 2012 ; Uvidia, et al., 2015 ; Gomez, et al., 2007 ; Arce, et al., 2019). ¹Concentración expresada en tal como se ofrece.

5. Metodología

5.1. Área de Estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en el área de Experimentación del Centro I+D+I (investigación, desarrollo e innovación) de Nutrición Animal (CIDiNA) en la Finca Experimental Punzara en las instalaciones de la Universidad Nacional de Loja (Figura 1), ubicada al sur oeste de la Ciudad de Loja, en los predios de la institución en el sector “Punzara”, cuya ubicación geográfica de acuerdo con INAMHI (2013), se presenta entre las coordenadas:

- 04°02'11” de latitud sur
- 79°12'4” de latitud este
- Temperaturas: 9 a 19°C temperatura media 15,8°C
- Precipitación anual: 1066mm
- Humedad relativa media: 75%
- Formación ecológica: Bosque seco-montañoso bajo (Estación Meteorológico la Argelia, 2014)

5.2. Mapa

En la figura 1 se muestra el mapa de las instalaciones y lugar donde se ejecutó la presente investigación.

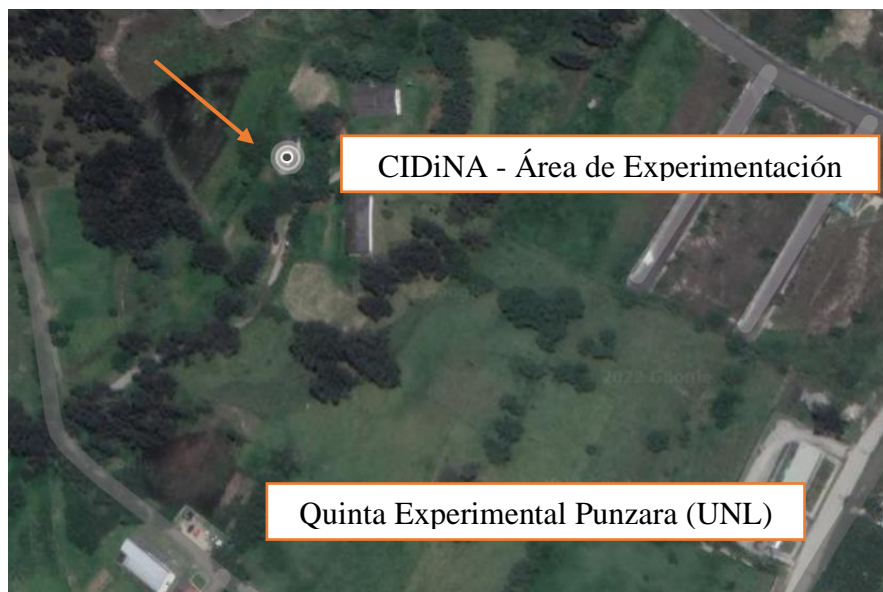


Figura 1. Ubicación de la Quinta Experimental Punzara y centro de investigación desarrollo innovación de nutrición animal.

5.3. Animales

En esta investigación se utilizó 32 animales destetados de aproximadamente 15 días de edad de ambos sexos, de tipo A1 (animales cuadrados de pelaje corto con colores claros).

5.4. Instalaciones.

Los animales fueron ubicados aleatoriamente en grupos de dos, dentro de jaulas cuyas dimensiones fueron de 42 x 26 x 51 cm de largo, ancho y altura respectivamente. Se adecuaron comederos y bebederos en cada jaula, y se colocaron calefactores para mantener una temperatura óptima entre 18 a 21°C. Además, se dispuso de sistema de extracción de amonio con el fin de evitar la acumulación de este dentro del área.

5.5. Dietas Experimentales

Se elaboraron cuatro dietas experimentales con diferentes niveles de inclusión de maralfalfa (Tabla 2). Dentro de la formulación de estas raciones se consideró la utilización de ingredientes como fuente de fibra: maralfalfa, paja de arroz; otros alimentos como afrecho de trigo,

grano de trigo, soya; aceite de palma, melaza, sal, L-lisina-HCl, DL-metionina, treonina, bicarbonato de sodio, premezcla, vitamina C, carbonato de calcio, fosfato monocalcico, y como aditivo celmanax. Los diferentes niveles de maralfalfa en este estudio experimental fueron de 0, 2, 16 y 31%.

En la Tabla 2 se presenta los ingredientes y porcentajes de los componentes que se tomaron para la formulación de dietas experimentales.

Tabla 2. Ingredientes y composición química de las dietas experimentales (diferentes niveles de inclusión de maralfalfa).

Ítem	Dietas Experimentales			
	0%	2%	16%	31%
<i>Ingredientes</i>				
Afrecho de trigo	26,6	37,8	25,7	12,6
Trigo	27,9	12,1	6,11	0,00
Paja de arroz	19,9	19,9	19,9	19,9
Maralfalfa	0,00	2,00	16,0	31,0
Soja	14,2	13,6	17,8	22,2
Aceite de palma	3,28	6,66	6,66	6,66
Melaza	3,98	3,98	3,98	3,98
Sal	0,47	0,39	0,39	0,39
L-lisina-HCl	0,32	0,31	0,26	0,21
DL-metionina	0,12	0,13	0,13	0,14
Treonina	0,19	0,19	0,21	0,20
Bicarbonato de Na	0,31	0,13	0,00	0,00
Premezcla vitamínico mineral*	0,19	0,19	0,19	0,19
Carbonato de Ca	2,05	2,03	1,77	1,16
Celmanax ²	0,10	0,10	0,10	0,10
Vitamina C	0,04	0,04	0,04	0,04
Bentonita	0,39	0,39	0,39	0,39
<i>Composición química Analizada, % MS</i>				
Materia Seca	88,1	87,6	87,3	87,7

Ceniza	13,3	11,8	12,9	13,7
Proteína Cruda	18,0	17,4	17,2	18,1
Fibra Cruda	12,9	14,1	17,5	20,4
Extracto Etéreo	6,05	8,77	9,13	7,74
<i>Composición química Calculada</i>				
Energía digestible	2800	2800	2800	2800
FDN	28,0	32,0	36,0	40,0
Almidón	21,0	13,0	8,00	2,00
Lisina	0,80	0,80	0,80	0,80
Metionina	0,30	0,30	0,30	0,30
Treonina	0,60	0,60	0,60	0,60
Calcio	1,00	1,00	1,00	1,00
Fosforo total	0,40	0,50	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.

5.6.Diseño Experimental

Antes del arribo de los sujetos de experimentación, las instalaciones fueron desinfectadas con amonio cuaternario; las jaulas fueron etiquetadas por tratamiento y se adaptó los bebederos y comederos en cada una de ellas. Al inicio de la fase de adaptación los 32 cuyes fueron sexados, pesados y distribuidos en grupos de dos animales por cada jaula; seguidamente, se asignó las dietas experimentales aleatoriamente.

La fase de adaptación fue de 3 días; a partir de los cuales se estableció el tiempo de estudio.

Para el presente ensayo se utilizó un diseño completamente aleatorizado (DCA) con la aplicación de 8 repeticiones (animales) por tratamiento, los cuales fueron alimentados *ad libitum* por un lapso de 15 días para la evaluación del impacto de los diferentes niveles de inclusión de maralfalfa sobre las variables: longitud de vellosidad; profundidad de cripta; ratio longitud de vellosidad/profundidad de cripta; ancho de la túnica muscular; altura de epitelio.

Una vez completado el tiempo de estudio se procedió con el sacrificio y toma de muestras.

5.4. Toma de Muestras

El sacrificio de los cuyes se realizó a los 30 días de edad, es decir, al quinceavo día del experimento y fue realizado de acuerdo con el ordenamiento de normas bioéticas internacionales de bienestar animal en el “Código Orgánico del Ambiente” (ROS N.º 983, Ecuador). El procedimiento consistió en el aturdimiento mediante un golpe contundente en el cabeza continuando con el desangramiento de los animales. Los cuyes se evisceraron y se tomó 1 cm del intestino medio (yeyuno) para el análisis de las variables de estudio. Esta porción de intestino fue colocada en una solución de formol bufferado al 10%, etiquetada y llevada al Laboratorio de Histología donde se procedió a la tinción con la técnica hematoxilina-eosina (Luna, 1968).

5.5. Análisis de las Muestras

Las muestras llevadas al Laboratorio Histológico fueron sometidas a la técnica de tinción de hematoxilina-eosina, con un corte transversal de 8 μm de grosor. La observación de las placas histológicas fue llevada a cabo en el Laboratorio Clínico de Diagnóstico Integral Veterinario de la Carrera de Medicina Veterinaria, ubicado en las instalaciones de la Facultad Agropecuaria de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja. Este procedimiento se realizó con la ayuda del programa MOTIC, Microscopio MOTIC 29AX E250223, Modelo BA310, Serie 1120002406.

Se calibró el equipo con la utilización de la placa calibradora de 10 μm para luego observar las placas histológicas con un lente de 4x, donde a través del programa MOTIC se realizó la medición de las variables: longitud de vellosidades, altura de epitelio, profundidad de cripta, y ancho de túnica muscular. Se tomó un conteo de 10 lecturas por placa, estos datos recolectados fueron anotados en un registro.

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

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

A continuación, se presenta las figuras 2,3,4 y 5 como representativas de las estructuras histológicas del intestino delgado tomadas de los tratamientos con diferentes niveles de inclusión de maralfalfa.

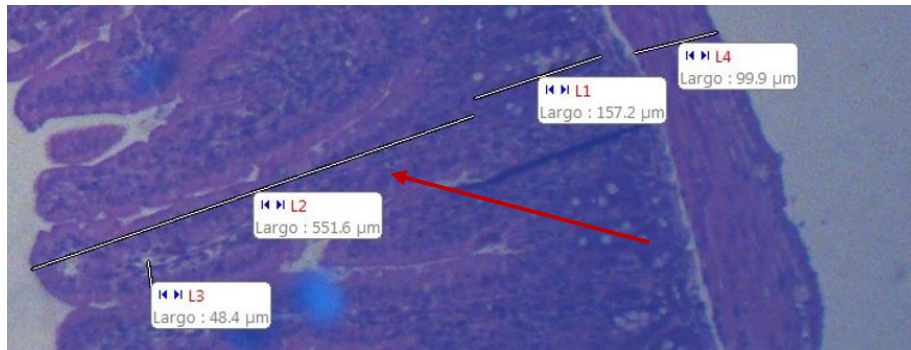


Figura 2. Medidas de estructuras histológicas de vellosidad intestinal del cuy, tratamiento 1 inclusión del 0% de Maralfalfa, L2 longitud de vellosidad

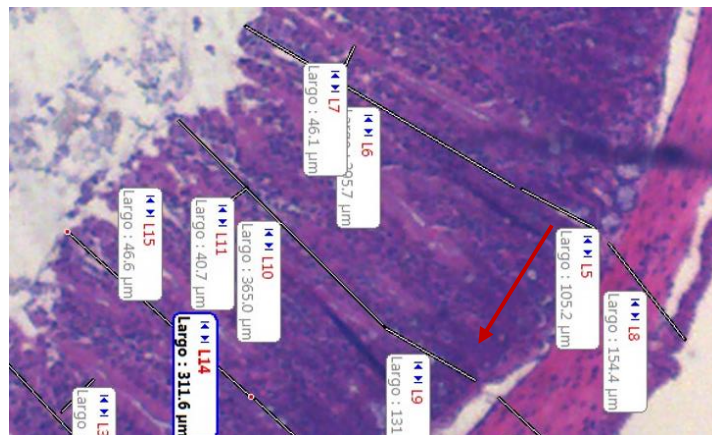


Figura 3. Medidas de estructuras histológicas de la vellosidad intestinal del cuy, tratamiento 3 inclusión del 16% de Maralfalfa, L1 Profundidad de cripta.



Figura 4. Medidas de estructuras histológicas de vellosidad intestinal del cuy, tratamiento 2 inclusión del 2% de Maralfalfa, L3 Altura de epitelio.

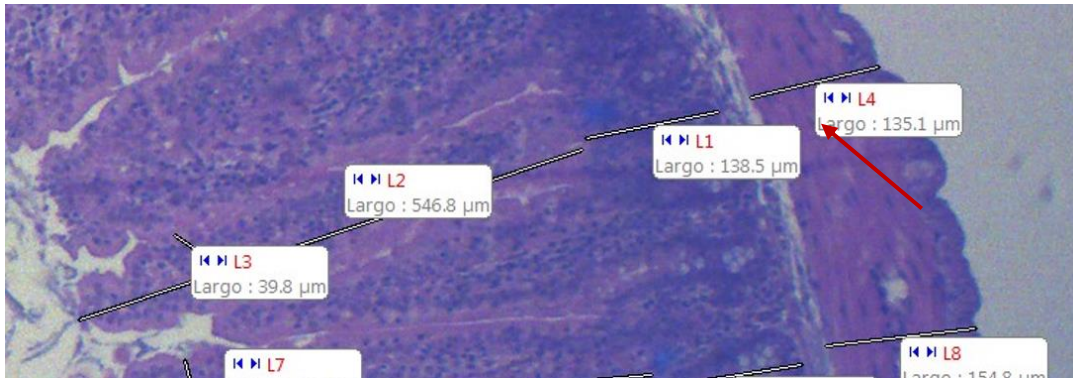


Figura 5. Medidas de estructuras histológicas de vellosidad intestinal del cuy, tratamiento 4 inclusión del 31% de Maralfalfa, L4 Ancho de Túnica muscular.

5.6. Análisis de los Resultados

El cálculo de la longitud de vellosidad / profundidad de cripta se realizó a través de la siguiente formula.

$$\text{Ratio} = \frac{\text{Longitud de vellosidad, } \mu\text{m}}{\text{Profundidad de cripta, } \mu\text{m}}$$

Para el análisis estadístico de los datos se realizó un ANAVA, utilizando el procedimiento mixed del SAS (Sas OnDemand for Academics) en el cual se 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 $\leq 0,05$ son considerados como significativos.

6. Resultados

En la Tabla 3 se describe las variables histológicas que se evaluaron en este trabajo de investigación al incluir diferentes niveles de maralfalfa en raciones para cuyes.

Tabla 3. Medidas de las diferentes variables de dietas experimentales en diferentes niveles de inclusión de maralfalfa.

Item	Niveles de inclusión de maralfalfa				EEM ¹	P – valor
	0%	2%	16%	31%		
Longitud de Vellosidad, μm	493 ^{ab}	455 ^b	456 ^b	555 ^a	27,9	0,055
Profundidad de cripta, μm	145	164	153	158	5,94	0,213
Longitud vellosidad / Profundidad de cripta, $\mu\text{m}:\mu\text{m}$	3,44 ^{ab}	2,85 ^c	3,04 ^{bc}	3,67 ^a	0,19	0,020
Altura del epitelio, μm	47,7	50,5	47,6	49,3	2,05	0,671
Ancho túnica muscular, μm	131	126	130	120	9,23	0,814

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

6.1. Longitud de Vellosidad

Para la longitud de las vellosidades se observa una tendencia ($P=0,055$) en donde los cuyes alimentados con el nivel del 31% de maralfalfa tiende a mostrar un incremento (del 18,8%) en la longitud de las vellosidades con respecto a los animales que recibieron al 2 y 16% de inclusión de maralfalfa; mientras entre los niveles 0, 2 y 16% no se detectaron diferencias significativas.

En la figura 6 se muestra la presencia de una tendencia en los resultados de la longitud de vellosidad al compararlos con los diferentes tratamientos aplicados en cuyes.

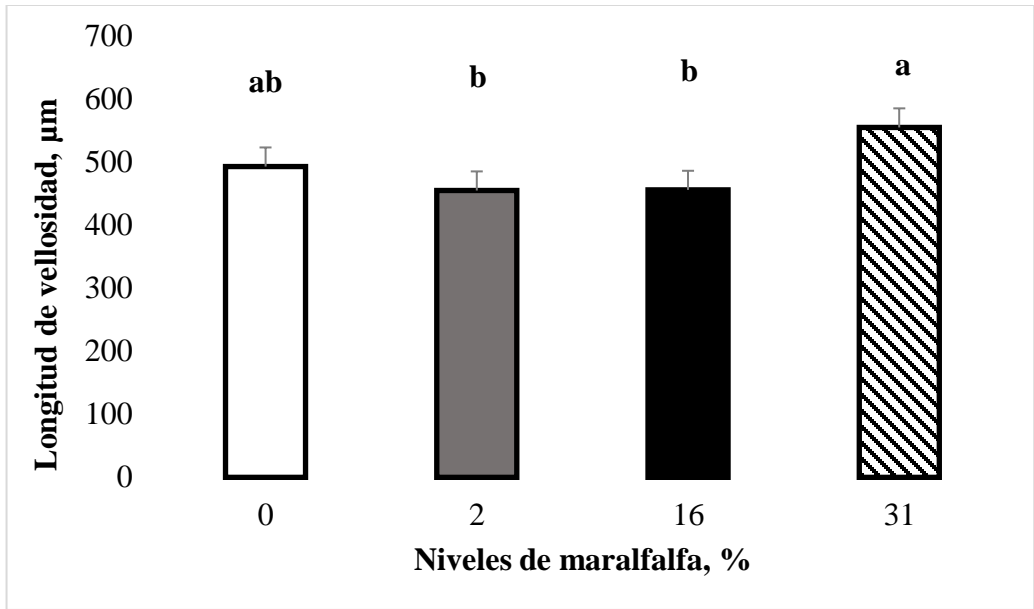


Figura 6. Promedios de longitud de vellosidad de cuyes alimentados con diferentes niveles de maralfalfa

6.2. Profundidad de la Cripta

Para la profundidad de la cripta, en los cuyes alimentados con maralfalfa en los niveles 0, 2, 16 y 31%, no se encontraron diferencias ($P=0,213$), dando una media general de $154,25 \mu\text{m}$.

6.3. Ratio Longitud de Vellosidad / Profundidad de la Cripta

Para el ratio: longitud de vellosidad / profundidad de cripta se observa una diferencia ($P=0,020$), en donde los cuyes alimentados con el nivel del 31% de maralfalfa muestran la mayor relación en del ratio; mientras que, los niveles del 2 y 16% son los que muestran los valores más bajos del ratio; y, el nivel del 0% un valor intermedio. En comparación con el valor más bajo del ratio (cuyes alimentados con el 2% de maralfalfa) existe un incremento del 19% en el ratio con la inclusión del 31% de maralfalfa en la dieta de los animales.

En la figura 7 se muestra los resultados de la comparación y diferencias que existen entre los cuatro tratamientos aplicados en cuyes.

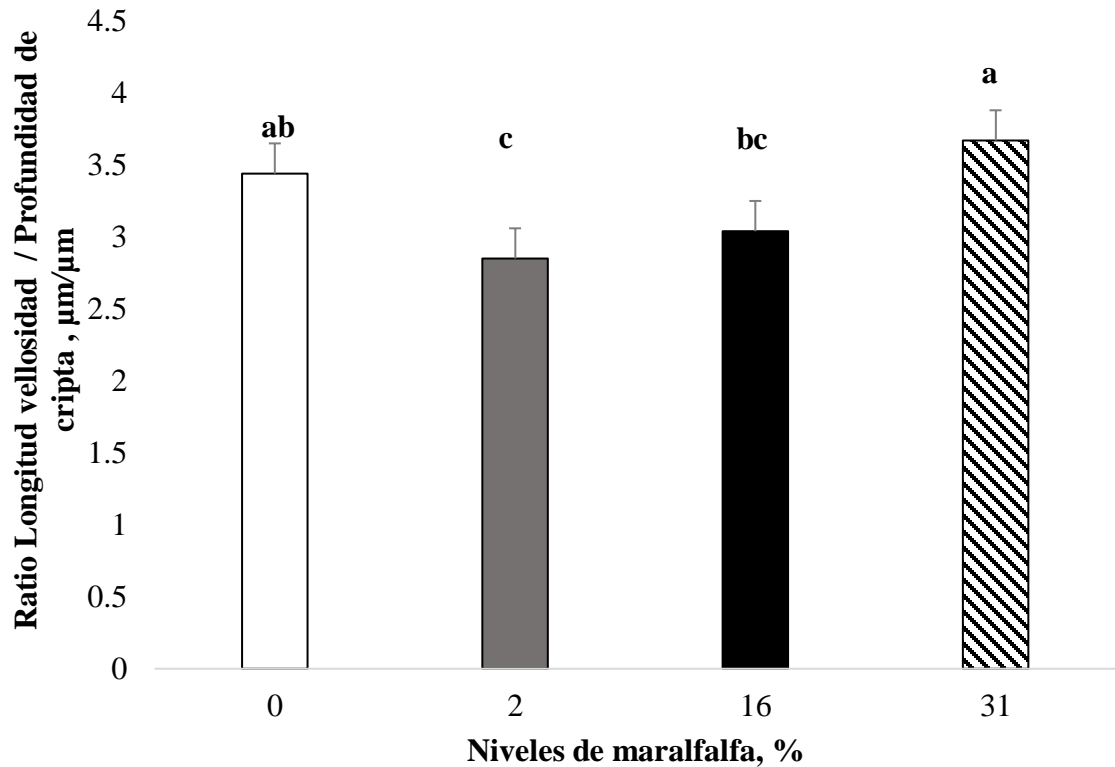


Figura 7. Diferencias significativas entre cuatro tratamientos aplicados en cuyes

6.4. Altura de Epitelio

Para la altura del epitelio en los cuyes alimentados con maralfalfa en los niveles 0, 2, 16 y 31%, no se encontraron diferencias ($P=0,671$), dando una media general de $48,7 \mu\text{m}$.

6.5. Ancho de Túnica Muscular

Para el ancho de la túnica muscular en los cuyes alimentados con maralfalfa en los niveles 0, 2, 16 y 31%, no se encontraron diferencias ($P=0,814$), dando una media general de $126,75 \mu\text{m}$.

7. Discusiones

En el presente estudio se evaluó los parámetros morfométricos del intestino delgado medio en cuyes alimentados con diferentes niveles de maralfalfa. Respecto a las variables longitud de vellosidad y profundidad de cripta, los resultados fueron 555 μm , y 158 μm , respectivamente. Otros ensayos como el de Montserrat & Ferrer (2004), obtuvieron un resultado semejante en su trabajo con cuyes machos, utilizando como fuente de fibra harina de pasto, mezcla forrajera y balanceado de cuyes. Los autores destacan que la media en la variable longitud de vellosidades fue de 594,5 μm en tanto que la profundidad de cripta de 117 μm .

En cuanto al ratio longitud de vellosidad y profundidad de cripta, en este ensayo se evidenció un incremento significativo que se lo puede atribuir al efecto de la dieta sobre la morfología de la estructura de la mucosa intestinal, así como sobre la variable recambio celular, dependiendo de las características fisicoquímicas de la dieta.

Según Qinghui, et al., (2020), en la evaluación de sus dietas, en pollos de carne, utilizando salvado de trigo como fuente de fibra insoluble, reportó un aumento en la altura de las vellosidades yeyunales y la relación de la altura de vellosidad y profundidad de cripta en los animales alimentados con la ración con mayor porcentaje de esta fibra, observando un patrón similar en el íleon.

Estudios realizados por Mosenthin, et al., (1999); Pluske, J (2001), afirman que la fibra insoluble disminuye el tiempo de tránsito, mejora la capacidad de retención de agua y ayuda al abultamiento fecal en los no rumiantes, siendo más provechoso para el intestino, posibilitando que exista una proliferación mayor de células de absorción que células secretoras, fructificando así el tránsito de nutrientes y agua; al adherir más agua que sólidos a su dieta, se obtiene una mayor

cantidad de esta en la luz intestinal, incrementando positivamente la longitud de la vellosidad y su relación vellosidad intestinal y profundidad de cripta. Al contrario, al introducir fibra soluble en las dietas, aumentan el tiempo de tránsito intestinal, retrasa el vaciamiento gástrico, absorción de glucosa, aumenta la secreción de pancreatina y se retardan la absorción. Un incremento de la viscosidad del contenido intestinal se relaciona con una disminución del tamaño de las vellosidades intestinales (Hedemann, et al., 2006).

Los estudios de Jin, et al., (1994) en cerdos, donde mostraron que la ingestión de dietas ricas en fibra insoluble provocó un agrandamiento de las vellosidades y profundidad las criptas del yeyuno e íleon, aumentando así la tasa de proliferación celular, concuerdan por los realizados por Bing, et al., (2018), en pollos broiler. Estos autores afirmaron que los tratamientos con alto porcentaje de salvado de trigo en dietas para pollos aumentaron la altura de las vellosidades, profundidades de criptas y relación entre longitud de vellosidad/profundidad de cripta en comparación a su tratamiento control.

Otra explicación es el efecto trófico que tienen los ácidos grasos volátiles (AGV's) producto de la fermentación de las fibras (Frankel, et al., 1994). Mayores niveles de fibra insoluble incrementan la síntesis de AGV's y estos estimulan el desarrollo de las vellosidades. (Jin, et al., 1994). Mayores procesos fermentativos en herbívoros no rumiantes se dan en el intestino grueso; sin embargo, se ha demostrado que los ácidos grasos volátiles especialmente el ácido butírico, tiene un efecto a distancia sobre el intestino delgado. La infusión de los AGV's en ratas libres de gérmenes ha mostrado un estímulo en la secreción de gastrina (Reilly, et al., 1995). A pesar de que esta propuesta es bastante aceptada por los investigadores, hay que considerar que en estos animales herviboros fermentadores post gastricos, es normal encontrar niveles altos de AGV's a

nivel del intestino grueso, por lo que es difícil con las dietas estimular el cambio de perfil de AGV's (García, et al., 2002).

Recientes estudios en conejos han mostrado que la fibra insoluble podría solubilizarse, incluso antes de llegar en el ciego (Abad-Guamán, et al., 2015). La cantidad de fibra insoluble que desaparece en el ileon es sorprendentemente alta, teniendo en cuenta el tiempo medio de retención bucoileal relativamente corto de la digesta de 5 horas aproximadamente (Gidenne, 1994; García et al., 1999). Producto de esta solubilización se estaría liberando carbohidratos de cadenas cortas que podrían interactuar con la mucosa intestinal y explicar en parte el efecto de la fibra en la integridad de la mucosa intestinal. Investigaciones similares fueron reportadas por Gómez, et al.(2009), en sus estudios sobre conejos los autores corroboran que el aumento de fibra soluble y la digestibilidad de la fibra insoluble sugiere una mayor actividad de fermentación y posible cambio en la población de la microbiota en animales alimentados con niveles crecientes de fibra soluble; contribuyen de manera positiva en la salud intestinal debido a la mejora de la barrera intestinal, función (morfológica, funcionalidad yeyunal y respuesta inmune) y la influencia positiva en los niveles moderados de fibra detergente neutra soluble en la microbiota intestinal. (Gomez -Conde, et al., 2007), pero también por el efecto protector derivado de la acidificación del contenido estomacal, y los cambios de la microbiota intestinal.

8. Conclusiones

De acuerdo con los resultados se han obtenido las siguientes conclusiones

- Las dietas influyen en la estructura histológica del yeyuno de cuyes en el post destete, así niveles de mayor inclusión de maralfalfa se relaciona con una mayor inclusión de fibra insoluble en la dieta, estimula el desarrollo de las vellosidades, reflejadas en una mayor longitud de las vellosidades intestinales y en el ratio (longitud de vellosidad / profundidad de cripta).
- Diferentes niveles de inclusión de maralfalfa en la dieta de cuyes post destete no mostraron efecto en la profundidad de las criptas, altura del epitelio y ancho de la capa muscular del yeyuno

9. Recomendaciones

- La utilización de fibra soluble e insoluble dentro de la nutrición con el paso de los años ha obtenido un gran impacto en la alimentación en cuyes, aunque pese a ello los estudios que evalúen integridad de la mucosa intestinal son escasos por lo que sería un gran aporte continuar con estudios de esta especie en el efecto de fibras y sus fracciones en la integridad de la mucosa intestinal y relacionarlos con los parámetros productivos.
- Enfocar estudios nutricionales de mayor profundidad en cuyes y la importancia de alimentos funcionales y el impacto que representan sobre la salud intestinal de los animales.

10. Bibliografía

Abad-Guamán, R., Carabaño, R., Gómez-Conde, M. S., & García2, J. (Junio de 2015). Effect of type of fiber site of fermentation, and method of analysis on digestibility of soluble and insoluble fiber un rabbits. *Departamento de Produccion Animal, E.T.S.I. Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid,* 12. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26115273/>

Aliaga, L., Moncayo , R., Rico, E., & Caycedo, A. (2009). Produccion de cuyes. *Fondo Editorial de la Universidad Católica Sedes Sapientiar.*

Alvarez, J., Margarita, I., Garcia Rebollar, P., Carabaño, R., De BlasC, Corujo, A., & García-Ruiz, A. (2007). Effects of type and level of fibre on digestive physiology and performance in reproducing and growing rabbits. *World Rabbit Sci*, 1-9.

Andrade de Veiga, A. (2008). Promoviendo el crecimiento naturalmente. *Alltech.*

Arce, O., Alagón, G., Rodenas, L., Martínez, E., Moya, V., Pascual, J., & Cervera, C. (2019). Efecto de la inclusion de pulpas de remolacha de diferente origen en la digestibilidad y el valor nutritivo origen en la digestibilidad y el valor nutritivo de dietas para conejos de ceba. *Scielo.*

Bacha, W., & Bacha, L. (2000). Atlas colorido de histología veterinaria 2^a ed. Brazil. *Editorial Roca LTDA.*

Bing, L., Julie, L., Bernard, T., Martine, S., Yves, B., Jerome, B., & Nadia Everaert. (2018). The effect of inulin and wheat bran on intestinal health and microbiota in the early life of broiler chickens. *Elsevier.*

Carampoma, V., & Castro, B. (1991). Acción de enzimas digestivas a suplementos con diferentes niveles de fibra en el engorde de cuyes. *Reunión científica anual de la asociación peruana de producción animal (APPA)*.

Chauca, L., & Zaldívar, M. (1974). Nutrición y alimentación de Cuyes. *FAO*.

Chauca, L., & Zaldivar, M. (1997). Efecto del nivel proteico y energético en las raciones de crecimiento en cuyes. *FAO*.

Dominguez, I. (2015). Influencia de la integridad intestinal sobre la rentabilidad aviares. *Avinews*.

FAO. (1997). Produccion de cuyes (*Cavia porcellus*). *Estudio FAO producción y sanidad animal 138*. , 35-46.

Frankel, W. L., Zhang, W., Singh, A., Klurfeld, D. M., Don, S., Sakata, T., . . . Rombeau, J. L. (Febrero de 1994). Mediation of the trophic effects of short-chain fatty acids on the rat jejunum and colon. *Publmed.gov*, 1-6. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8299904/>

García, J., Gidenne, T., Falcao-E-Cunha, L., & De Blas, C. (2002). Identification of the main factors that influence caecal fermentation traits in growing rabbits. *Dpto producción animal, universidad politécnica de Madrid ETSI agronomos*.

Gasquez, A., & Blanco, R. (2004). Tratado de Histología Veterinaria. *Barcelona Masson*.

Gomez -Conde, M., García, J., Chamorro, R., Eiras, P., Rebollar, P., Perez de Rozas, A., . . . Carabaño, R. (2007). La fibra soluble en detergente neutro mejora la función de la barrera intestinal en conejos destetados de 25 días de edad. *J. Anim.ciencia* 85.

Gomez, A., Vergara, D., & Argote, F. (2007). The effect of the diet and the age of the weaning on the digestive physiology of the piglet. *Universidad del Cauca*.

Gomez-Conde, M., Perez de rozas, A., Badiola, I., Perez-Alba, L., De Blas, C., Carabaño, R., & García, J. (2009). Effect of neutral detergent soluble fibre on digestion intestinal microbiota and performance in twenty five day old weaned rabbits. *Elsevier*.

Gualoto Lata, G. A. (2018). Evaluación de diferentes niveles de harina de pennisetum violaceum (Maralfalfa) en la elaboración de bloques nutricionales y su utilización en la alimentación de cuyes en la etapa de crecimiento y engorde. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*, 1-103.

Hedemann, M. S., Eskildsen, M., Laerke, H. N., Pedersen, C., Lindberg, J. E., Laurinen, P., & Bach Knudsen, K. E. (Junio de 2006). Intestinal morphology and enzymatic activity in newly weaned pigs fed contrasting fiber concentrations and fiber properties. *Journal of animal science*, 14. Obtenido de <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/84/6/1375/4776636?login=false>

INAMHI. (2013). Instituto nacional de meteorología e hidrología. *Inamhi*.

Jeurissen S, H., Lewis, F., Van der Klis, J., Mroz, Z., Rebel, J., & Ter Huurne, H. (2002). Parameters and techniques to determine intestinal health of poultry as constituted by immunity, integrity, and functionality. *Curr Issues Intest Microbiol*.

Jin, L., Reynolds, L., Redmer, D., Caton, J., & Srenshaw, J. (1994). Efectos de la fibra dietética en el crecimiento intestinal, proliferación celular, morfología en cerdos en crecimiento. *Anim.ciencia*.

Johnson-Delaney, C. (2006). Anatomy and physiology of the rabbit and rodent gastrointestinal system. . *Eastsid Avian & Exot Ani Med Cent Publ, 110, 9-17*.

Junqueira, L., & Carneiro, J. (2006). *Histología Básica. 6ªed. España: Editorial Masson S.A. 640 p.*

Leeson, T., Leeson CR, & Paparo, A. (1990). Texto atlas de histología 1 ed. Mexico. *Editorial Interamericana Mc Graw-Hill*.

Luna, L. (1968). Manual of histologic staining methods of the armed forces. *McGraw-Hill Book Company*.

Mateus, L., Hernández, O., Velásquez, M., & Díaz, J. (2012). Evaluación del pretratamiento con ácido sulfurico diluido del pasto maralfalfa (*Pennisetum glaucum* x *Pennisetum purpureum*) para la producción de etanol. *Scielo*.

Medios, M., & Ferrer, R. (2004). Estudio morfométrico del intestino delgado del cuy durante el desarrollo. *Departamento de fisiología-divisio IV, Universidad de Barcelona*.

Mitjans, M., & Ferrer, R. (2014). Morphometric Study of the guinea pig small intestine during development. *Elsevier, 1-9*.

Montagne, L., Pluske, J., & Hampson, D. (2003). Interacciones entre la fibra dietética y la mucosa intestinal, y sus consecuencias sobre la salud digestiva en animales jóvenes no rumiantes. *Animal Feed Science and technology*, 1-24.

Mosethin, R., Hambrecht, E., & Saucer, W. (1999). Utilización de diferentes fibras en alimentos para lechones. *Avances en nutrición animal. Universidad de Nottingham*.

National Research Council (NRC). (1995). Nutrient requirements of laboratory animal. *National academy of sciences*.

Ortiz, F., Reyes, O., Carrete, F., Sanchez, J., Herrera, E., Murillo, M., & Rosales, R. (2017). Nutritional and fermentative quality of maralfalfa (*Pennisetum spp*) silages at different cutting ages and ground corn levels. *SciELO*.

Paredes, P. J., Quijandria, S. B., & Zaldivar, A. M. (1972). Utilización de diferentes niveles de alfalfa en la alimentación del cuy (*Cavia porcellus*). *FAO*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/w6562s/w6562s04.htm#TopOfPage>

Pluske, J. (2001). Morfología y cambios funcionales en el intestino delgado del cerdo recién destestado. *Universidad de Nottingham*.

Pluske, J., Turpin, D., & Kim, J. (2018). Gastrointestinal tract (gut) health in the young pig. *In animal nutrition*.

Qinghui, S., Di, W., Hansuo, L., Shad, M., & Xiangshu Piao. (2020). The Impact of Wheat Bran on the Morphology and Physiology of the Gastrointestinal Tract in Broiler Chickens. *Pubmed Central*. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33050083/>

Reilly, K. J., Frankel, W. L., Bain, A. M., & Rombeau, J. L. (1995). Colonic short chain fatty acids mediate jejunal growth by increasing gastrin. *Publmed.gov*, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7672687/>.

Salinas, M. (2002). Crianza y comercialización de cuyes.

Sampias, C., & Rolls, G. (2019). Descripción general de la tinción con H&E: una guía para mejores prácticas. *LeicaBiosystems*.

Schneeman, B. (1982). Pancreatic and digestive function en Dietary fibre in health and disease 1ª ed USA. *Editorial Plenum Press*.

Tejeda, D., & Kim, W. (2021). Effects of fiber type, particle size, and inclusion level on the growth performance, digestive organ growth, intestinal morphology, intestinal viscosity, and gene expression of broilers. *ELSEVIER*.

Uvidia, H., Leonard, I., Benitez, D., & Buestan, D. (2013). Dinámica del crecimiento de la Maralfalfa (*Pennisetum spp.*), en condiciones de la Amazonia Ecuatoriana. *Revista amazonica: ciencia y tecnología*.

Uvidia, H., Ramirez, J., Vargas, J., Leonard, I., & Sucishañay, J. (2015). Rendimiento y calidad del *Pennisetum purpureum* vs maralfalfa en la amazonía ecuatoriana. *Redvet*.

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 Lieberkûhn. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*.

Ventura , J., Honorato, J., Hernández, A., Aburto, J., Vaquera, H., & Enríquez, J. (2017). Composición química y rendimiento de biomasa de maralfalfa para producción de bioetanol de segunda generación. *Scielo*.

Ventura, J. (2016). Efecto de la frecuencia de corte sobre la concentración de azúcares fermentales y composición química del pasto maralfalfa para producción de bioetanol. *Colpostdigital*.

Ventura, J., Reyes , I., García, A., Muñoz, C., Muro, A., Maldonado, M., . . . Aldenamar, C. (2019). Rendimiento, perfiles nutrimental y de fermentación ruminal in vitro de pasto maralfalfa (*Cenchrus purpureus* Schumach). Morrone a diferentes frecuencias de corte en clima cálido. *Acta universitaria multidisciplinary scientific journal*.

Vergara, V. (2008). Simposio avances sobre producción de cuyes en el Perú. XXXI reunion científica anual de la asociación Peruana de produccion animal. *La molina UNALM*.

Villegas, M. (2020). Efecto de la alimentación con pasto maralfalfa comparado a pasto Buffel y sorgo forrajero sobre la producción láctea en vacas Holstein regulares y pelonas. *UPRM*.

Zhang, A., Lee, B., Lee , K., Lee, C., An, G., & Sough, B. (2005). Effects of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) cell components on growth performance, meat quality, and ileal mucoa development of broiler chicks. *Poult Sci*.

11. Anexos

Anexo 1. Fabricación de alimento





Anexo 2. Adecuación de Instalaciones



Anexo 3. Pesaje y Alimentación



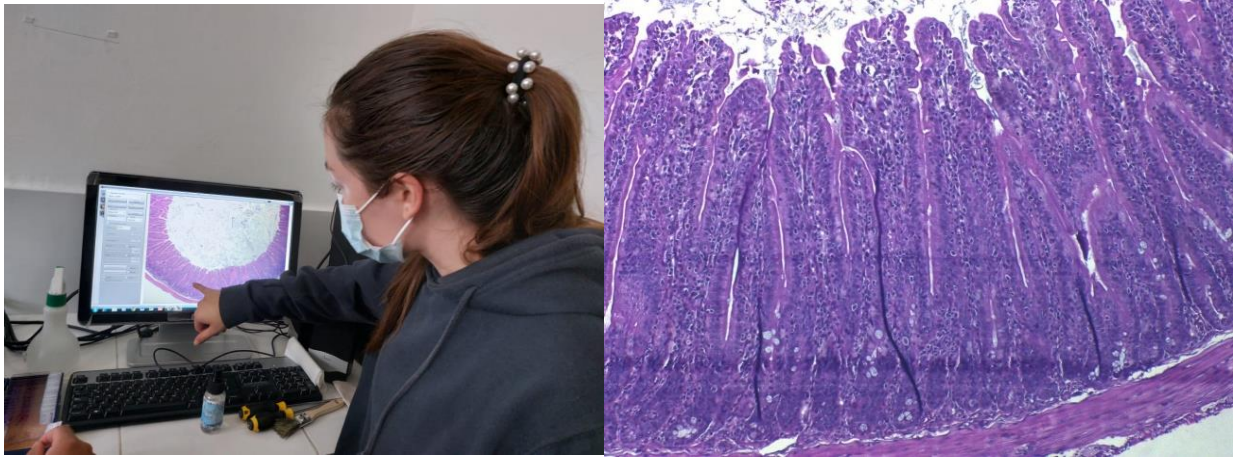


Anexo 4. Obtención de muestras





Anexo 5. Toma de datos



Anexo 6. Grupo de Trabajo



Anexo 7. Certificado de idioma inglés

Loja, 23 de Enero de 2023

Yo, Karla Isabel Carpio Toledo, con cédula de identidad 1105172280; Lic. en Ciencias de la Educación, mención idioma Inglés de la Universidad Nacional de Loja y graduada de la Universidad Internacional de la Rioja como Máster Univesitaria en Educación bilingüe con registros de la Senescyt 1008-14-1267820 y 7241141626 respectivamente, certifico:

Que tengo el conocimiento del idioma el Inglés FCE B2, y que la traducción del resumen de trabajo de titulación: “EVALUACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE MARALFALFA (*Pennisetum spp.*) EN DIETAS PARA CUYES SOBRE LA INTEGRIDAD DE LA MUCOSA INTESTINAL”, cuya autoría de la estudiante Dayanna Karolina Febres López, con cédula de identidad 1105762692, es verdadero a mi mejor saber y entender.

Atentamente,



Mgs. Karla Isabel Carpio Toledo

EFL TEACHER

