



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Medicina Veterinaria

Efecto de diferentes fuentes de fibra soluble sobre parámetros digestivos en cobayos (*Cavia porcellus*) en etapa post destete

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

AUTORA:

Elvia Marilú González Chuquimarca

DIRECTOR:

Dr. Galo Vinicio Escudero Sánchez, Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2024



unl

Universidad
Nacional
de Loja

Sistema de Información Académico
Administrativo y Financiero - SIAAF

CERTIFICADO DE CULMINACIÓN Y APROBACIÓN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, **ESCUADERO SANCHEZ GALO VINICIO**, director del Trabajo de Integración Curricular denominado **Efecto de diferentes fuentes de fibra soluble sobre parámetros digestivos en cobayos (*Cavia porcellus*) en etapa post destete**, perteneciente al estudiante **ELVIA MARILU GONZALEZ CHUQUIMARCA**, con cédula de identidad N° **1900817485**.

Certifico:

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

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

Loja, 1 de Agosto de 2024



Firmado electrónicamente por:
GALO VINICIO
ESCUADERO SANCHEZ

F)

DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR



Certificado TIC/TT.: UNL-2024-001595

1/1
Educamos para **Transformar**

Autoría

Yo, **Elvia Marilú González Chuquimarca**, declaro ser autora del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.



Firma:

Cédula de identidad: 1900817485

Fecha: 20/11/2024.

Correo electrónico: elvia.gonzalez@unl.edu.ec

Teléfono: 0968504828

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

Yo, **Elvia Marilú González Chuquimarca**, declaro ser autora del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Efecto de diferentes fuentes de fibra soluble sobre parámetros digestivos en cobayos (*Cavia porcellus*) en etapa post destete**, como requisito para optar por el título de **Médica Veterinaria**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

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

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

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

Firma:



Autora: Elvia Marilú González Chuquimarca

Cédula: 1900817485

Dirección: La Argelia, Av Pio Jaramillo Alvarado y Francisco de Caldas

Correo electrónico: elvia.gonzalez@unl.edu.ec

Teléfono: 0968504828

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Integración Curricular: Dr. Galo Vinicio Escudero Sánchez, Mg.Sc

Dedicatoria

Con infinita gratitud dedico este trabajo a Dios, que me ha brindado fuerza, sabiduría y ha sido mi guía inquebrantable en cada paso que doy.

A mis padres, Bolívar y Gloria, ejemplo de lucha, fortaleza y amor, que, con su bendición, apoyo y esfuerzo, han hecho posible lograr esta meta, gracias por no soltarme en ningún momento, a pesar de mis errores. A mi tía Delfina, a quien considero mi segunda madre, por ser mi cable tierra en momentos de debilidad y tristeza. A mis hermanas Diana, Carmen y Gabriela por ser mi sostén y apoyo en cada caída y sobretodo mi ejemplo a seguir. A mis sobrinos quienes con sus ocurrencias y sonrisas me han sabido aportar alegría en mi vida.

Y a ti mi amor, Naiara, por inspirarme cada día a ser mejor, y aunque ha sido duro el estar separadas, todo esto es por y para ti.

Elvia Marilú González Chuquimarca

Agradecimiento

Agradezco a Dios, por darme salud y vida; por ser mi guía en este largo camino. Mi más profundo y sincero agradecimiento a mis familiares, sobre todo a mis padres por haberme brindado la oportunidad de estudiar, ya que se han sacrificado mucho para que yo pudiera culminar mis estudios. A mi hija, que es el motor de mi vida y ha sido mi fortaleza en todo momento.

A mi querida Alma mater la Universidad Nacional de Loja, por permitirme estudiar en esta prestigiosa institución, y por los grandes profesionales que trabajan en esta entidad y a quienes tuve el honor de llamarlos docentes, de forma especial a Dra Martha Reyes y Dr Galo Pérez, por ser mi inspiración como profesionales, más aún por su calidad humana.

Mi gratitud a los docentes que conforman el proyecto CIDIÑA; Dr. Rodrigo Abad, Dra. Rocio Herrera, Dr. Luis Aguirre, Ing. Beatriz Guerrero, y en especialmente a mi director de Trabajo de Integración Curricular, Dr. Galo Escudero. Mg.Sc por su guía, dedicación y paciencia que han sido fundamentales en el desarrollo de este proyecto. Y a mi grupo de investigación: Jorge, Sindy, Angie y Sarahi, por su apoyo en el transcurso de este proyecto.

A mis compañeros y a aquellos amigos que han estado acompañándome en este viaje, proporcionando apoyo emocional y momentos de distracción necesarios: Naye, Sole, Ariana, Christel, Jandry, Ezequiel, Andy, Carlos, Robert, Naty, Deiby, Pablo, Nico, Andrés. Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una forma u otra, han contribuido a mi crecimiento personal y académico. ¡Gracias!

Elvia Marilú González Chuquimarca

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación.....	ii
Autoría.....	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas	ix
Índice de figuras.....	x
Índice de anexos	xi
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract	3
3. Introducción.....	4
4. Marco Teórico	6
4.1. Fibra Dietética y su Relevancia en la Nutrición Animal.....	6
4.1.1. <i>Definición y Tipos de Fibra Dietética</i>	6
4.1.2. <i>Importancia de la Fibra en la Nutrición de los Cobayos</i>	7
4.1.3. <i>Función de la Fibra Dietética en el Aparato Digestivo</i>	8
4.2. Parámetros Digestivos y su Importancia.....	11
4.2.1. <i>Definición y Descripción de Parámetros Digestivos</i>	11
4.2.2. <i>Definición de Digestibilidad y su Relación con Parámetros Digestivos</i>	13
4.2.3. <i>Microbiota y Salud Intestinal</i>	13
4.3. Fibra Soluble y su Importancia	15
4.3.1. <i>Importancia de la Fibra Soluble en la Alimentación de Cobayos</i>	15
4.4. Definición de Diferentes Fuentes de Fibra Soluble.....	17
4.4.1. <i>Alfalfa.....</i>	17
4.4.2. <i>Pectina</i>	18

4.4.3. <i>Pulpa de naranja</i>	18
5. Metodología	20
5.1. Ubicación	20
5.2. Procedimiento	21
5.2.1. <i>Enfoque Metodológico</i>	21
5.2.2. <i>Diseño de la Investigación</i>	21
5.2.3. <i>Tamaño de la Muestra y Tipo de Muestreo</i>	21
5.2.4. <i>Técnicas</i>	21
5.2.5. <i>Variables de Estudio</i>	22
5.2.6. <i>Dietas Experimentales</i>	23
5.2.7. <i>Procesamiento y Análisis de la Información</i>	25
5.2.8. <i>Consideraciones Éticas</i>	25
6. Resultados	26
7. Discusión	28
7.1. <i>Pesos Absolutos y Relativas de los Órganos Digestivos</i>	28
7.2. <i>Longitudes Absolutas y Relativas de los Órganos Digestivos</i>	30
7.3. <i>pH de Estómago y Ciego</i>	31
8. Conclusiones	33
9. Recomendaciones	34
10. Bibliografía	35
11. Anexos	47

Índice de tablas

Tabla 1. Variables estudiadas en la investigación	22
Tabla 2. Ingredientes y composición nutricional porcentual de las dietas experimentales con diferentes fuentes de fibra soluble.....	24
Tabla 3. Parámetros digestivos en cuyes (<i>Cavia porcellus</i>) con diferentes fuentes de fibra soluble	26

Índice de figuras

Figura 1 Clasificación de la fibra según grado de fermentabilidad.....	7
Figura 2. Fermentación bacteriana de la fibra.....	10
Figura 3. Ubicación de la Quinta Experimental Punzara y el Centro de Investigación Desarrollo Innovación de Nutrición Animal (CIDiNA)	20

Índice de anexos

Anexo 1. Limpieza desinfección de instalaciones, jaulas y materiales	47
Anexo 2. Adecuación de jaulas con su rotulo, comedero y bebedero respectivo	47
Anexo 3. Elaboración de dietas experimentales	48
Anexo 4. Destete y peso de unidades experimentales	48
Anexo 5. Administración de agua y balanceado de acuerdo al tratamiento	49
Anexo 6. Peso de gazapos antes del sacrificio	49
Anexo 7. Sacrificio de los gazapos	50
Anexo 8. Toma de pesos y longitudes de diferentes segmentos del tracto digestivos.....	50
Anexo 9. Toma de pH de estómagos y ciegos	51
Anexo 10. Resultados obtenidos.....	51
Anexo 11. Certificación de traducción de inglés	52

1. Título

Efecto de diferentes fuentes de fibra soluble sobre parámetros digestivos en cobayos (*Cavia porcellus*) en etapa post destete

2. Resumen

La inclusión de fibra en la dieta de los cobayos permite una mayor digestión y absorción de nutrientes, razón por la cual esta investigación se centró en determinar los efectos de diferentes fuentes de fibra soluble sobre parámetros digestivos, los pesos absolutos y relativos del tracto digestivo, las longitudes de intestino delgado, al igual se evaluó los cambios de pH estomacal y cecal durante etapa post-destete. Para lo cual, se utilizaron 30 cuyes destetados de 15 días de edad, que se distribuyeron en tres tratamientos: T1: Alfalfa; T2: Pectina; T3: Pulpa de naranja. Los gazapos fueron alimentados con los tratamientos durante 10 días, es decir, al día 25 de edad se sacrificaron para la toma de datos, como pesos, medidas y pH de los diferentes segmentos. Los resultados mostraron diferencias significativas en el peso relativo del tracto digestivo total ($p=0.0201$) e intestino delgado ($p=0.0496$), así como en la longitud relativa del intestino delgado ($p=0.0196$), con el tratamiento de pulpa de naranja mostrando los mejores resultados en estas variables. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en los pesos, ni longitudes absolutas de los órganos ni en el pH del estómago y ciego. Las conclusiones indican que la inclusión de pulpa de naranja como fuente de fibra soluble puede mejorar pesos relativos del tracto gastrointestinal, intestino delgado y longitud relativa del intestino delgado en cobayos en periodo pos-destete, lo que sugiere que esta podría ser una estrategia nutricional efectiva para mejorar el rendimiento digestivo esta etapa.

Palabras clave: *Fibra dietética, alfalfa, pectina, pulpa de naranja, órganos digestivos*

Abstract

The inclusion of fiber in the guinea pig diet allows a better digestion and absorption of nutrients, which is why this research focused on determining the effects of different sources of soluble fiber on digestive parameters, the absolute and relative weights of the digestive tract, the length of the small intestine, as well as the changes in stomach and cecal pH during the post-weaning stage. For this purpose, 30 weaned guinea pigs of 15 days of age were used, which were distributed in three treatments: T1: Alfalfa; T2: Pectin; T3: Orange pulp. The guinea pigs were fed with the treatments for 10 days, i.e., at day 25 of age they were sacrificed for data collection, such as weights, measurements and pH of the different segments. The results showed significant differences in the relative weight of the total digestive tract ($p=0.0201$) and small intestine ($p=0.0496$), as well as in the relative length of the small intestine ($p=0.0196$), with the orange pulp treatment showing the best results in these variables. However, no significant differences were found in organ weights, absolute organ lengths or pH of the stomach and cecum. The conclusions indicate that the inclusion of orange pulp as a source of soluble fiber can improve relative weights of the gastrointestinal tract, small intestine and relative length of the small intestine in post-weaning guinea pigs, suggesting that this could be an effective nutritional strategy to improve digestive performance at this stage.

Keywords: *Dietary fiber, alfalfa, pectin, orange pulp, digestive organs.*

3. Introducción

El cuy (*Cavia porcellus*), es un mamífero originario de la región Andina de Sudamérica. En Ecuador las provincias de Azuay, Cotopaxi y Pichincha, tienen mayor demanda, representando su crianza una actividad económica importante (MINAGRI, 2019). Esta especie es utilizada principalmente para consumo, garantizando una alimentación variada y equilibrada, debido a que su carne posee diferentes propiedades nutritivas (Flores et al., 2016). Con porcentajes de proteína de 20.3 %; grasa 1.6 %; minerales 1.2 % y 0.1 % de carbohidratos totales y disponibles (Pérez, 2023).

La nutrición adecuada en cobayos es crucial para su rendimiento en las distintas etapas productivas como lactancia, levante, engorde y cría. Los requerimientos incluyen agua, proteínas, carbohidratos (estructurales como la fibra y no estructurales como azúcares y almidones), minerales, grasas y vitaminas. En Ecuador, su alimentación se basa en forrajes verdes, generando bajos rendimientos, sin embargo, estos aumentan con la suplementación de alimentos concentrados, cubriendo sus necesidades nutricionales y mejorando sus pesos en menor tiempo (Vargas et al., 2023). Actualmente existe desconocimiento en el sector dedicado a la explotación de esta especie sobre las diferentes formas de alimentar con concentrados en forma exclusiva, sus necesidades de proteína, carbohidratos y entre ellos el uso de fuentes de fibra soluble y el impacto que genera sobre los procesos digestivos (Savón, 2002).

El cuy al ser un fermentador post gástrico, la inclusión fibra en la dieta es relevante pues interviene en todas las funciones del sistema digestivo, por lo cual es indispensable conocer la influencia de la fibra dietética y el efecto que causa en el tamaño de los órganos digestivos para mejorar los procesos de absorción de nutrientes (Beukema., Faas & De Vos, 2020). Por lo antes expuesto es de suma importancia que este tema sea estudiado a profundidad, sobre todo en la etapa post destete, etapa crítica y de transición de aproximadamente quince días, debido al cambio de alimentación de líquida a sólida, la adaptación a nuevas condiciones ambientales y de manejo, donde existe un menor crecimiento de órganos y mayor porcentaje de mortalidad, para establecer estrategias nutricionales como alternativas, que permitan mayor viabilidad, una mayor ganancia de peso (Guagchinga, 2023).

El requerimiento de fibra en cobayos es de 8 a 16 %, como elemento nutricional importante que debe estar incluido en la dieta, ya que ralentiza el paso de alimento por el tracto digestivo y ayuda a mantener un ambiente saludable y óptima para el crecimiento de la

microbiota intestinal, garantizando salud intestinal y por ende un buen rendimiento por la mejora de la superficie de absorción para los nutrientes (Caicedo, 1992).

El poder determinar los porcentajes adecuado de fibra soluble en periodos críticos como es el posdestete permitirá desarrollar protocolos de alimentación acordes a esta etapa fisiológica, disminuyendo porcentualmente la mortalidad y brindar salud intestinal a cobayos que en la etapa de engorde puedan generar parámetros de producción de acuerdo a su potencial genético. Considerando los antecedentes mencionados sobre la importancia de la inclusión de fibra en la dieta, en el presente trabajo se propuso evaluar el efecto de diferentes fuentes de fibra soluble sobre parámetros digestivos en cobayos (*Cavia porcellus*) en etapa post destete. Para cumplir con esta investigación se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Determinar los cambios del peso y medida del tracto digestivo de los cobayos post destete con la inclusión de diferentes fuentes de fibra soluble en la dieta.
- Analizar los cambios de pH del tracto digestivo en cobayos post destete alimentados con diferentes fuentes de fibra soluble en la dieta.

4. Marco Teórico

4.1. Fibra Dietética y su Relevancia en la Nutrición Animal

4.1.1. Definición y Tipos de Fibra Dietética

Se define a la fibra dietética como el grupo de polisacáridos vegetales y lignina, lo cuales tienen la capacidad de resistir al hidrólisis por las enzimas digestivas del tracto gastrointestinal misma que es relevante en la nutrición sana de los animales (Trowell et al., 1976). Según la Asociación Americana de Químicos de Cereales (AOAC) define a la fibra dietética como aquella parte de las plantas o sus análogos, mismos que presentan resistencia a la digestión y absorción en el intestino delgado (ID), y en el intestino grueso (IG) una fermentación parcial (Dhingra, et al., 2012).

La fibra se puede clasificar de diversas formas, según su estructura química y según sus propiedades fisicoquímicas como viscosidad, solubilidad y fermentabilidad (Gómez, 2024), sin embargo, históricamente ha sido clasificada mayormente según su solubilidad en agua como fibra soluble e insoluble. Las fibras solubles formadas por componentes celulares no estructurales de los vegetales, se conocen por disolverse en agua y al estar en contacto con esta forma soluciones viscosas en estómago e intestino delgado, por otro lado, disminuyen los niveles de glucosa y colesterol sanguíneo, debido a su acción sobre el metabolismo lipídico. De este grupo son en su mayoría pectinas, gomas y hemicelulosas (Escudero & González, 2006). Las fibras insolubles, se compone de polisacáridos estructurales de la pared vegetal, por el contrario, no se disuelven en agua o captan poca agua, por lo que forman soluciones de menor viscosidad, tiene su efecto especialmente en el intestino grueso, lo que permite aumento de peso y volumen de heces, lo que provoca un acelerado tránsito intestinal y efecto laxante, como son la celulosa, lignina y algunas hemicelulosas (Williams, 2019).

En cuanto a su fermentabilidad, se consideran fibras poco fermentables aquellas, que tiene menos del 10%, tales como lignina, carragenina y celulosa, las que se fermentan parcialmente que tienen de 0-70%, en este se agrupa las gomas, agar, mucílago de la semilla de plantago y fibras altamente fermentables que tienen más del 70% conocidas también como solubles, como las pectinas, almidón resistente, algunas gomas y hemicelulosas (galactomanosa) (Villén, 2013). La fibra parcialmente fermentable es poco degradada por las bacterias del colon, haciendo que se excreten íntegras, por este motivo y por su capacidad para retener agua en su matriz, aumentan la masa fecal, el tránsito gastrointestinal y el peso de las

heces, en cuanto a la absorción de macronutrientes este es inferior en comparación con las fibras muy fermentables. Las fibras altamente fermentables o solubles, generan sustancias de alta viscosidad, lo que permite aumentar la flora bacteriana (García & Velasco, 2007).

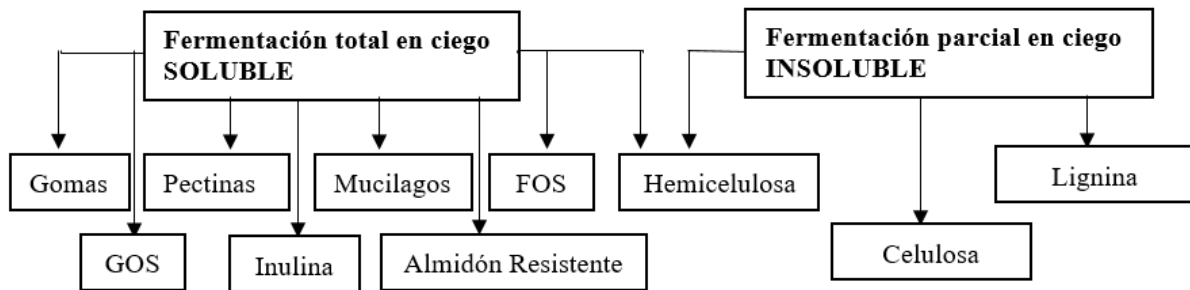


Figura 1. Clasificación de la fibra según grado de fermentabilidad.

Nota. Adaptado de “Evolución en el conocimiento de la fibra” (p.2), por García & Velasco, 2017, Nutr Hosp,22(Supl. 2)

De acuerdo a su estructura química, la fibra se clasifica como almidones resistentes (RS) y polisacáridos no digeribles tanto solubles como insolubles (Zhang, 2022). Se considera almidones resistentes a la adición del almidón (alfa-glucanos, la amilosa α -(1-4) y la amilopectina α -(1-6)) y aquellos elementos que no son hidrolizados y absorbidos en el intestino delgado, la fermentación de esta es totalmente en el ciego, por lo que imita a una fibra con alta fermentación (Escudero & González, 2006). En cuanto a los polisacáridos no digeribles están la celulosa, pectinas, β -glucanos, pentosanos y xilanos, los cuales no tienen la característica de hidrólisis, pasando de forma íntegra por el ID y al IG (ciego) para su fermentación, debido a la microbiota comensal (Montagne et al., 2003).

4.1.2. *Importancia de la Fibra en la Nutrición de los Cobayos*

La importancia de la fibra radica en que posee diversos efectos dietéticos, tales como en la ingesta de alimento y la velocidad de tránsito, además, juega papel importante como sustrato para la microbiota intestinal, permitiendo aumentar la función adecuada de la mucosa. Por tanto, la fibra en la dieta de los cobayos permite mejorar y fortalecer la salud digestiva y prevenir diversas patologías que se asocian a dietas desequilibradas y a patógenos que intentan ingresar y proliferar en el intestino (Montagne et al., 2003). La fibra dietética se encuentra principalmente en frutas, verduras y alimentos comerciales, así como en sus subproductos, como cáscaras y hojas. Este componente puede ser extraído de estos subproductos mediante diversos procesos tecnológicos (Chambilla & Matos, 2010).

Esta fibra dietética constituye una de los principales requerimientos en la dieta de los cobayos, mismos que van del 15 al 18%, la deficiencia de esta trae consigo retardo en el crecimiento (1,9 g/día) (Sierra, 2010). Según Gidenne et al. (1998) mencionan que la fibra ayuda al paso de la digesta, mejora la función de la mucosa, y como sustrato de la microbiota, pues retrasa la motilidad alimenticia y permite la digestión de otros alimentos a lo largo del tracto digestivo. En el caso de los cobayos, estos tienen una gran capacidad para digerirla, en la alimentación de esta especie la fibra en concentrados va del 5 al 18 % y su aporte está dado por el consumo de forraje verde (Chauca, 1997).

Según Usca et al. (2022), indica que, durante el período de gestación y lactancia de los cuyes, se aconseja que la dieta contenga entre un 8 al 17% de fibra, mientras que para la fase de crecimiento se recomienda alrededor del 10%. No obstante, los concentrados utilizados comúnmente en la alimentación de cuyes suelen contener cantidades de fibra que oscilan entre el 5% y el 18%, cifras que podrían resultar insuficientes según lo indicado por Chauca de Zaldívar (1997), especialmente en ambientes de laboratorio donde se sugiere incrementar este porcentaje.

4.1.3. Función de la Fibra Dietética en el Aparato Digestivo

La fibra dietética es relevante en la nutrición del animal, y en la salud digestiva de esta especie, debido a que son herbívoros estrictos, y su tracto digestivo está diseñado para digerir una gran cantidad de material fibroso (Quesenberry & Donnelly, 2012). Según estudios de García & Velasco (2007), se ha comprobado que un alto consumo de fibra está estrechamente relacionado con la mejora de la función gastrointestinal, ya que esta implica su capacidad de fermentación, por la producción de AGV, acético, propiónico y butírico; este último importante sustrato energético celular en la mucosa del intestino, además su capacidad para la retención hidrolítica y la producción de bacterias que benefician el tracto digestivo.

En cobayos sus dientes crecen constantemente, para lo cual su dieta debe basarse en alimentos fibrosos, para que estos puedan ser desgastados, además, la masticación de esta permite que se segregue saliva facilitando la digestión inicial y la deglución (Barba & Edwards, 2013). De acuerdo al tipo de fibra presenta algunas funciones en el tracto digestivo, las muy fermentables o solubles debido a su viscosidad disminuye el tiempo de vaciado gástrico, y proporcionan saciedad, a comparación de las poco fermentables que no tienen este efecto en el estómago (López et al., 2014).

La fermentación es producida por los microorganismos intestinales, tales como anaerobios clasificados en dos phylus: El primer phylu: Firmicutes que representan el 60 % dentro de los cuales están Ruminococcus, Clostridium, Eubacterium, Lactobacillus) y el otro phylu Bacteroidetes el que representa el 15 % dentro de estos están los Alistipes, Prevotella, Bacteriodes, además en esta contribuyen el phylu Actinobacteria y el phylu Protobacteria (López et al., 2014). En el intestino delgado la fibra dietética promueve el incremento de microbiota intestinal, en el caso de la fibra insoluble aumenta la motilidad intestinal, permite que se mantenga su pH y mejora su integridad intestinal, no obstante, esta no es digerida ni absorbida en este tramo, pasando intacta al IG y actuando a este nivel (Febres López, 2023). En el caso de la fibra soluble retrasa el tránsito intestinal, actúa a este nivel, esta se disuelve parcialmente, y puede fermentarse por las bacterias entéricas, produciendo ácidos grasos de cadena corta (AGCC) que son absorbidos por las células del intestino (Escudero & González, 2006).

En una alimentación que tiene alto contenido de grasa, la fibra dietética juega un papel fundamental ya que tiene la capacidad de absorber estas, permitiendo la estabilización de emulsiones (Yaich et al., 2015). Tal es el caso de las fibras solubles, que en el intestino al estar en contacto con el agua forma un retículo, desencadenando una solución gelatinosa, mismas que atrapan las grasas en su interior, evitando que las sales biliares entren en contacto con las mismas, alterando el metabolismo de estos lípidos, permitiendo que no aumenten las lipoproteínas y con ello una reducción del colesterol y glucosa (Eswaran & Chey, 2013).

La fibra insoluble debido a su capacidad de retener agua, produce un bolo fecal blando y voluminoso, característica que no permite presión en el lumen intestinal, facilitando así la evacuación de las heces y acelerando el tránsito intestinal, que no solo se deben a este factor, sino que actúan otros como la estimulación de la flora bacteriana y la producción de gas. La fibra soluble, debido a su composición química, y capacidad de formar enlaces con el agua, al estar en contacto con esta forma sustancias gelatinosas, lo que permite que se ralentice la digestión y permite una mejor absorción de nutrientes (Trejo et al., 2019).

Es en el ciego que por acción de su microbiota se fermenta la fibra, aprovechando su material nutritivo, produciendo ácidos grasos volátiles que pueden satisfacer parte de sus requerimientos de energía y produciendo vitaminas (Aliaga, 1993). Cabe mencionar que los cobayos presentan un ciego desarrollado, que le permite degradar la fibra que incluyen los alimentos, por lo que se los denomina animales fermentadores posgástricos, además se ha

comprobado que tiene mayor eficiencia que conejos, hámster o ratas, el material nutritivo se regresa al ciego permitiendo una mayor fermentación y los no nutritivos, se excretan (Grant, 2014). El 65% del proceso digestivo tiene lugar en el ciego de los cuyes (Paredes & Goicochea, 2021), lo cual se ve respaldado por la presencia de un colon amplio (Franz et al., 2011). Esta parte del tracto digestivo es especialmente eficiente en la digestión de la fibra, alcanzando una digestibilidad de hasta el 55% de la fibra detergente neutro (FDN), superando la capacidad hidrolítica observada en conejos.

La fermentación de fibra en el ciego es importante, pues permite el desarrollo de la flora bacteriana y células epiteliales, además produce energía que varía de 1 a 2.5 kcal/g, dependiendo de la fuente de fibra, aquellas que tiene mayor fermentación producirán mayor energía (García & Velasco, 2007). En este tramo del intestino se dan dos tipos de fermentación, la sacarolítica y proteolítica, esta primera se considera que trae mayores beneficios al organismo, ya que produce ácidos grasos volátiles (AGV) como son el ácido acético, propiónico y butírico, mismos que son resultado del metabolismo del piruvato, con la oxidación de glucosa, mediante la ruta glucolítica de Embden-Meyerhof. La fermentación proteolítica produce amonio, aminos y compuestos fenólicos (Fernández & Gassull, 1992).

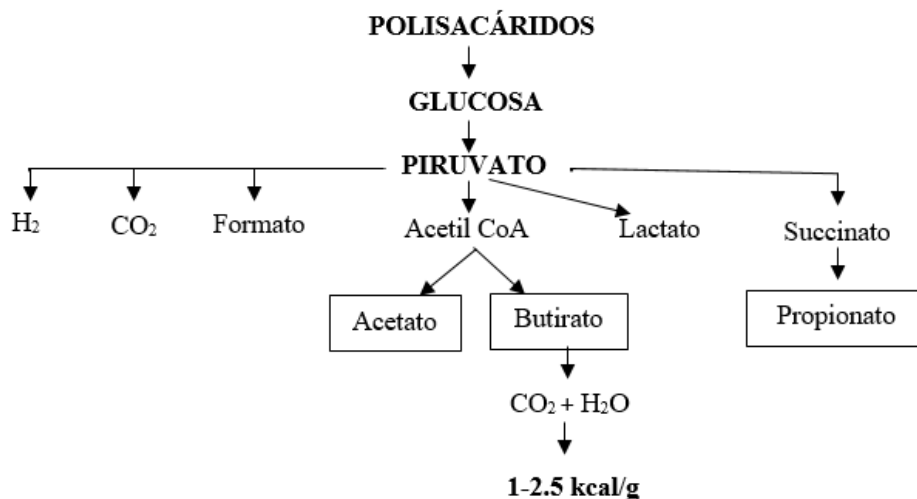


Figura 2. Fermentación bacteriana de la fibra

Nota. Adaptado de “Evolución en el conocimiento de la fibra”, (p.2), por García & Velasco, 2017, Nutr Hosp,22(Supl. 2)

En el ciego, la fibra además de aumentar el volumen del contenido intestinal, facilita la retención de agua y ayuda en la absorción de cationes (Yu et al., 2000). Además, debido a la

fermentación que se realiza, modifica la composición de la microbiota intestinal, mejorando la expresión de inmunoglobulinas y macrófagos en el organismo, de tal forma que ayuda a la función inmunológica (Hu et al., 2023).

4.2. Parámetros Digestivos y su Importancia

4.2.1. Definición y Descripción de Parámetros Digestivos

Los parámetros digestivos son indicadores fundamentales para analizar y evaluar la eficiencia de los diferentes procesos de digestión en el organismo y salud digestiva. Estos parámetros abarcan ciertos factores que permiten determinar la capacidad de absorción de nutrientes, eficiencia alimentaria y estado de salud general. Los parámetros morfométricos como peso, longitud y pH de los órganos digestivos, indican el nivel de eficiencia alimentaria del cuy, frente a una dieta (Huang, et al., 2020).

De esta manera, el estudio de los parámetros digestivos es crucial para determinar la rentabilidad y eficiencia de una explotación, ya que permite identificar oportunidades de mejora, como la adición de materias primas que puedan optimizar la salud intestinal y, en consecuencia, los parámetros digestivos (Panizo, 2021). En los parámetros digestivos, se incluyen las variables de peso relativo tracto digestivo total, estómago, intestino delgado, así como la longitud de intestinos delgado y pH del contenido estomacal y cecal (Guagchinga, 2023). Algunos de los parámetros digestivos varían según la edad, dieta, el estado de salud, estrés, microbiota intestinal, genética y otros factores. (Ching et al., 2007).

El nivel de acidez (pH) influye en la eficacia de la digestión y absorción de nutrientes, así como en la actividad enzimática, indicando su efectividad (Marcin et al., 2016). También, facilita la descomposición de alimentos y activación de enzimas digestivas como la pepsina, esenciales para iniciar la digestión de las proteínas, funciona como una barrera protectora, eliminando bacterias y patógenos ingeridos con los alimentos (Martini et al., 2015). En el estómago, las células G, que producen gastrina, hormona que activa la síntesis y la secreción del jugo gástrico y la motilidad gástrica (Gázquez & Blanco, 2004). Debido a esta característica al igual que otros monogástricos, el pH gástrico es ácido y tiene valores entre 1.5 a 3.5 (Guamán, 2023). En un estudio realizado por Sánchez (2023) se reportó un pH promedio de 2,42 en cuyes de 15 días post destete.

Por otra parte, el pH cecal es más alcalino, el promedio suele estar en el rango de 5.5 a 7 (Merchant et al., 2011). Sánchez (2023) en una investigación donde se estudió el tamaño de

partícula del alimento, se encontró un pH cecal de 6.6. Es importante recalcar que el pH cecal ligeramente ácido a neutro es crucial debido a la fermentación microbiana que ocurre en esta parte del intestino, en donde las bacterias fermentativas descomponen la fibra dietética en ácidos grasos volátiles y otros productos que son una fuente importante de energía y permitiendo que el organismo aproveche los nutrientes, que de otra manera serían difíciles de digerir, además garantizar un medio interno cecal adecuado para el crecimiento de microflora (Smith, 1988; Gidenne, 1997). Según Carabaño et al. (2010), menciona que el pH del ciego varía inversamente proporcional a la concentración de AGV y estos de acuerdo a la dieta.

En cuanto a los pesos absolutos, Sánchez (2023), presenta los siguientes valores, del tracto digestivo total (TDT) de 148,7 g; estómago (E) 30,81g; intestino delgado (ID) 34,78 g y ciego (C) 49,27 g; en pesos relativos se presentan los siguientes valores tracto digestivo total 27,52 %, estómago 5,69 % e intestino delgado 6,47 % y ciego de 10,2 % en animales alimentados con tamaño de partícula gruesa. Guamán (2023) en una investigación que realizó en 32 cobayos, destetados a los 15 días, en la cual se aplico diferentes niveles de inclusión de Maralfalfa, se reportaron los siguientes pesos absolutos TDT: 122g; E: 3,11g; ID: 30,5 g; C: 36,1g; en pesos relativos se presentan los siguientes valores TDT: 26,4 %, E: 4,04 % e ID: 6,58 % y C: 7,86 %. En otro estudio realizado por Ramón (2017), en donde se utilizaron en 16 cuyes machos de 65 días de edad alimentados con balanceado comercial, reportaron pesos absolutos de TDT: 167 g; E: 20 g; ID: 30,5 g; C: 63,2 g; en pesos relativos se presentan los siguientes valores TDT: 17,1 %, E: 2,14 % e ID: 6,58 % y C: 5,52 %.

Según lo reportado por Chauca et al. (2004), menciona que, del peso vivo total, el peso del ciego representa aproximadamente el 15%. Este segmento del tracto digestivo se caracteriza por ser funcional desde el primer día de vida del animal. La funcionalidad temprana del ciego favorece el aprovechamiento de los alimentos ingeridos mediante procesos fermentativos que ocurren en su interior. De esta manera, el ciego desempeña un papel clave en la digestión y absorción de nutrientes en los cuyes desde edades tempranas, incluso antes del destete (Bustamante, 2022).

El intestino delgado, está ubicado en la parte derecha del abdomen, tiene una longitud aproximadamente de 125 cm, siendo la parte del tracto digestivo de mayor longitud, consta de tres partes: duodeno, yeyuno, e íleon. El duodeno mide de 10 a 12 cm, continúa con el yeyuno con una medida de 95 cm y el íleon con 10 cm, debido a su longitud, presenta algunas estructuras importantes para la absorción de nutrientes como plegamientos internos,

microvellosidades y vellosidades (Suckow et al., 2012). Se ha reportado longitud absoluta del intestino delgado de 230. 4 m y longitud relativa de 43, 46 % (Sánchez, 2023), Otro estudio realizado por Bastidas. (2024) reportó una medida absoluta de ID de 234, 59 cm y una longitud relativa de 42, 1 %.

4.2.2. Definición de Digestibilidad y su Relación con Parámetros Digestivos

El sistema digestivo se compone de diversos órganos que tienen como función la digestión (transformación de alimentos) y absorción de nutrientes, para lograr que estos sean aprovechados de manera eficiente por las células del organismo, para lo cual es necesario que pasen por cada órgano diferentes procesos. El sistema digestivo de los cobayos está formado por cavidad oral, órganos anexos (dientes, lengua, glándulas salivares) esófago, estómago, intestino delgado (duodeno, yeyuno, íleon) e intestino grueso (colon, ciego, recto y ano) (Angosto, 2014).

La fisiología digestiva estudia los mecanismos encargados del transporte de nutrientes orgánicos e inorgánicos del medio ambiente al medio interno, para ser conducidos por el sistema circulatorio a cada una de las células del organismo. Son mecanismos complejos que comprenden una serie de procesos como: la ingestión, digestión y la absorción de nutrientes y excreción de los desechos que no fueron absorbidos por el organismo (Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2006)

La digestibilidad permite determinar cómo los alimentos son aprovechados por el organismo, es decir, como fácilmente se convierten en nutrientes útiles a través del aparato digestivo. Este proceso implica la hidrólisis de compuestos complejos en formas más simples, permitiendo la absorción de moléculas pequeñas como aminoácidos, ácidos grasos y glucosa en el intestino. Esta transformación requiere la acción de mecanismos físicos, químicos y biológicos. Además, la salud del microbiota intestinal y un pH adecuado son esenciales para optimizar la digestión y absorción de nutrientes (Tena, 2018).

4.2.3. Microbiota y Salud Intestinal

La información acerca de la microbiota intestinal en cobayos es limitada, no obstante, se conoce que el intestino alberga diversidad de bacterias, estimando de 320 a 376 géneros, los cuales son necesarios y beneficiosos para el animal (Hildebrand et al., 2012). Importante en algunas funciones en el tracto digestivo como digestión de los alimentos, producción de nutrientes esenciales y regulación del sistema inmunitario y cualquier alteración en el mismo

puede ser perjudicial, ya que genera la proliferación de bacterias dañinas (Chaucheyras & Durand, 2010). Las bacterias que habitan en el intestino (microbiota) y las que se suministran en probióticos, produce bacteriocinas, ácidos orgánicos y peróxido de hidrógeno, mismas que tienen acción antimicrobiana, es decir acción sobre los enteropatógenos que intentan colonizar en el organismo (Suárez, 2013).

Ciertas bacterias que forman parte de la microbiota intestinal normal secretan enzimas: betaglucuronidasas e hidrolasas de sales biliares. Estas enzimas liberan ácidos biliares que tienen un efecto inhibitor para las bacterias indeseables o patógenas que podrían causar problemas en el intestino (Ridlon et al., 2016). Por otro lado, otras bacterias de la flora intestinal producen enzimas digestivas y metabolitos capaces de neutralizar las toxinas producidas por bacterias dañinas. Esto ayuda a fortalecer la inmunidad de la mucosa intestinal, protegiéndola contra infecciones y manteniendo un ambiente intestinal saludable (García et al., 2019).

Por lo antes mencionado la salud intestinal de puede definir como aquellas características del tracto gastrointestinal, tanto fisiológicos y funcionales involucradas en la absorción y digestión eficaz de alimentos, además, generación de energía, el mantenimiento de la microbiota entérica normal y activación de mecanismos inmunitarios innatos y adaptativos para responder eficazmente a los diversos desafíos a los que está expuesta constantemente, manteniendo así la homeostasis y la salud del intestino (Pluske et al., 2018). Por ello un animal con buena salud intestinal permitirá maximizar el aprovechamiento de los alimentos que consumen. Esto se traduce en mejores indicadores productivos y una menor incidencia de problemas gastrointestinales y de salud en general (Barragán, 2012).

No obstante, la salud intestinal esta interrelacionada con la dieta del animal, la mucosa intestinal y la microbiota comensal, de tal forma que la dieta implementada debe tener la característica de mejorar la salud intestinal y del animal en general (Miranda et al., 2016). Además, que cumpla los requerimientos nutricionales del animal, y aporte sustratos para el desarrollo del microbiota intestinal (Zhang, 2022). La fibra dietética representa un sustrato que puede ser aprovechado por los animales, brindándoles beneficios directos. Esto se debe a que la fibra puede ser fermentada por la microbiota intestinal, generando energía en forma de ácidos grasos de cadena corta. Además, también contribuye de manera indirecta a mejorar la salud y función del intestino como estimulando el crecimiento de bacterias beneficiosas en el intestino, mejorando la integridad de la barrera intestinal y modulando positivamente la respuesta inmunitaria, fortaleciendo las defensas del animal (Jha et al., 2019)

La ingesta de dietas ricas en fibra puede provocar una extensión significativa del tracto gastrointestinal con un aumento adicional de la longitud del intestino delgado, debido al mayor tiempo de permanencia de la fibra en estos órganos (Calva, 2021), y que junto al aumento de la microbiota intestinal proporcionan una excelente producción de moco intestinal y permite el mantenimiento de la estructura intacta (Makki et al., 2018). La relación entre el consumo de fibra dietética y la fermentación microbiana que ocurre a nivel intestinal, desencadena la formación de ácidos grasos de cadena corta (AGCC), así como agua y diversos gases como dióxido de carbono, hidrógeno y metano (Montagne et al., 2003). Estos AGCC, particularmente el acetato y el butirato, juegan un papel crucial en el mantenimiento de la producción y secreción de moco por parte de las células caliciformes del epitelio intestinal. De esta manera, la fibra dietética, a través de su fermentación por la microbiota, contribuye a preservar la integridad y función de la barrera mucosa intestinal, lo cual es fundamental para la salud y el bienestar del animal (Makki et al., 2018).

La presencia de la microbiota intestinal comensal desempeña un papel fundamental en el desarrollo y maduración del sistema inmunitario del huésped. Estos microorganismos regulan la expresión de genes que codifican mucinas como MUC-2 y MUC-3, estimulan la producción de péptidos antimicrobianos. Estos mecanismos contribuyen a regular la adhesión, colonización e invasión de patógenos, preservando la integridad de la barrera intestinal (Icaza, 2023). Por otro lado, la microbiota comensal también favorece el desarrollo de las microvellosidades intestinales. Este aumento en el tamaño de las vellosidades se traduce en una mayor área de absorción de nutrientes, mejorando así la capacidad del intestino para aprovechar los nutrientes de la dieta y preservar la función de barrera intestinal (Yan et al., 2006).

4.3.Fibra Soluble y su Importancia

4.3.1. Importancia de la Fibra Soluble en la Alimentación de Cobayos

El sistema digestivo tiene un papel relevante en la absorción y transporte de nutrientes, excreción de enzimas y funciones inmunes en el organismo. En donde la estructura morfológica del tracto digestivo, está estrechamente relacionada con la dieta proporcionada y la composición de nutrientes (Grajal, 1995). En el caso de la fibra soluble presenta esta denominación debido a su capacidad para retener agua en su matriz, de tal forma que produce una mezcla gelatinosa (Escudero & González, 2006). La fibra soluble se fermenta más rápida y completamente que la fibra insoluble (Montagne et al., 2003). Cuando se incorpora a la dieta a través de fuentes como la pulpa de remolacha o los cítricos, la fibra soluble aumenta la biomasa y la actividad de los

microorganismos en el ciego, especialmente de los saprófitos que descomponen la fibra. Este proceso genera ácidos grasos de cadena corta (AGCC) y aumenta la acidez en el ciego (Reis et al., 2012)

Las dos características principales de la fibra soluble en el sistema digestivo, que influyen en su impacto sobre los animales, son su capacidad para aumentar la viscosidad de la digesta intestinal y su facilidad de fermentación. En aves, el aumento de la viscosidad

causado por las fracciones solubles de glucanos y arabinosilanos de los cereales es más significativo que en otros monogástricos, como cerdos y conejos. Este aumento de la viscosidad suele estar asociado con una disminución en la digestibilidad de otros nutrientes, especialmente de las grasas, lo que afecta negativamente el rendimiento productivo (Altamirano, 2020).

La fibra soluble al constituirse de hidratos de carbonos presenta una característica digestiva, la cual es su fácil fermentación y su buena accesibilidad para la flora microbiana. Así, una fracción significativa de la fibra soluble se degrada antes de llegar al intestino grueso dando lugar a ácido láctico y AGV. El residuo resultante es degradado en el intestino grueso siendo los AGV los resultantes de la fermentación, mismo que cumplen funciones importantes en la digestión. La presencia en el ciego de los AGV estimula la proliferación de las células de la mucosa, e incrementa el flujo sanguíneo en la misma y la motilidad intestinal, lo que resultan indispensables para el mantenimiento de la integridad de la mucosa, ya que funciona como una barrera para las bacterias y las endotoxinas (Gardiner *et al.*, 1995).

La inclusión de fibra soluble alrededor del destete tiene como objetivo mantener a las bifidobacterias como dominantes el mayor tiempo posible, ya que suaviza los cambios nutricionales que suceden durante este periodo. Se mejora la velocidad de crecimiento e índice de conversión alrededor del 5% y reduce la incidencia de trastornos digestivos tras el destete (Russell et al., 1996). Sin embargo, los niveles elevados de fibra soluble no siempre son beneficiosos, pudiendo aumentar los procesos fermentativos, la velocidad de tránsito disminuye y la aparición de heces más blandas, y reducir la eficacia de utilización del nitrógeno, lo que retarda la velocidad de crecimiento, por ello se debe mantener un equilibrio entre fibra soluble e insoluble para mayores beneficios (Mul & Perry, 1994). La fibra soluble es el principal componente del maíz, trigo y algunos cítricos (Flores, 2019). Al momento de escoger los ingredientes para formular una dieta, es importante considerar la interacción que existe entre los componentes de la fibra soluble con la especie y edad del animal (Rodríguez, et al., 2024).

4.4. Definición de Diferentes Fuentes de Fibra Soluble

4.4.1. Alfalfa

La alfalfa (*Medicago sativa*) pertenece al grupo de las leguminosas, producido en mayor medida para alimentación de los cobayos, debido al valor nutricional que tiene este y a la capacidad que tiene de adaptación en la sierra y a su valor nutritivo. Este se utiliza como forraje verde, como heno y pastoreo (Delgado, 2015). Su ciclo vital varía de acuerdo a la variedad utilizada, pero va de 5 a 12 años, este puede alcanzar el 1 metro de altura, con flores de color púrpura. Esta tiene raíces profundas de 4.5 m, por la cual la hace resistente a diversas condiciones ambientales como la sequía, de un clima cálido seco hasta un templado, la mejor altura de esta de los 1 500 hasta 2 500 m.s.n.m, considerándose que es sensible al exceso de humedad (Cairo & Díaz, 2022).

La alfalfa se considera un carbohidrato de alta fermentabilidad, es decir fibra soluble, y que tienen altos niveles de pectina, esta posee 1.5 veces más calorías que el heno de gramínea, además permite la proliferación de microbiota saludable del intestino grueso. Adicional posee gran contenido de calcio, representando el mineral de biodisponibilidad en el organismo. Por otra parte, presenta un efecto significativo para prevenir y curar las úlceras gástrica. En % de azúcares y almidón posee valores inferiores al heno de gramíneas 7 % y 1.5 %, presentando un valor medio de 5 % y 2 % respectivamente (Nutra Horse, 2019).

Tiene una excelente palatabilidad y gran aporte de aminoácidos, aporta tanto fibra soluble como insoluble, lo que permite un adecuado tránsito intestinal, y gran producción de AGV en el ciego. La composición química es variable, debido a que esta depende de su estado de madurez, climatológico y de conservación. Según Vásquez, R (2021) menciona que a medida que avanza su estado de madures, disminuye su calidad y aporte de nutrientes. Pero se puede estimar de muestras comerciales que de materia seca (MS) tiene 13.6 % y de proteína bruta 14.0 % (García et al., 1994). El momento del corte ideal, se menciona que es cuando esta tenga el 10 % de floración (Tarazona & Cabrera, 2022).

La producción depende de algunos factores tanto la fertilización del suelo, precipitaciones y considerando que el periodo más crítico es la dormancia del invierno, ya que, por las condiciones medio ambientales presentes en este periodo, existe muerte de estas plantas. Sin embargo, se estima que se puede obtener de 2000 a 3000 kg de materia seca por hectárea y por corte, pudiéndose hacer hasta 7 cortes cuando las condiciones son favorables (Soto, 2000).

4.4.2. Pectina

Las pectinas son heteropolisacáridos, que se encuentran presentes en las plantas, representando elementos estructurales de las mismas, encontrándose principalmente en la lamina media de estos, estas características permiten dar rigidez a los vegetales (Herbstreith & Fox 2001). Además, las pectinas se encuentran en frutas, que son la principal fuente de extracción de pectinas para la industria, principalmente alimentaria ya que actúa como gelificante (Da Silva et al. 2005). La cantidad de pectina presente en las frutas dependerá de algunos factores, tales como el estado de su maduración y el tipo de fruta, tomando en cuenta que mientras más madura esta, mayor será la proporción de pectina. El membrillo, manzana y cítricos se ha evidenciado que tienen mayor cantidad de pectinas. Por otro lado, es importante conocer que, para evaluar la pureza de las pectinas, se toma en cuenta que debe contener un alto porcentaje de ácido galacturónico (AAG) y el bajo porcentaje de cenizas, ya que la ceniza no permite a la pectina a gelificarse (Chasquibol et al. 2008).

Fuse et al., (1989) en su investigación realizada en ratas, donde se evaluó el efecto de fibra soluble, principalmente pectinas, en su metabolismo postprandial, se obtuvieron datos de $0,86 \pm 0,07$, $0,72 \pm 0,05$ y $0,67 \pm 0,04$ cuando se administraron concentraciones de pectina de 5, 10 y 15 g/litro, respectivamente, lo cual evidenció una disminución de absorción de glucosa mayor concentración de pectina, concluyéndose que las fuentes de fibra soluble en la dieta. Al igual que la pectina, la goma guar o el psyllium, disminuyen las concentraciones plasmáticas de colesterol de lipoproteínas de baja densidad (LDL) (Fernández, 1997).

Escudero & González (2006), menciona que aquellas fibras solubles como pectinas, al ingresar al estómago absorben agua, de tal forma que aumentan su tamaño y dan sensación de saciedad, a nivel de intestino delgado estas aumentan la viscosidad, enlenteciendo los movimientos peristálticos y antiperistálticos y sobre todo aumentando el espesor de la capa de agua que han de traspasar los solutos para alcanzar la membrana del enterocito.

4.4.3. Pulpa de naranja

La naranja (*Citrus sinensis* L.) pertenece a la familia de las Rutáceas, son arbustos, que presenta hojas simples, flores de blancas y el cual su fruto es una baya, es una planta perenne, donde su crecimiento es erecto ramificado, alcanzando una altura de 12 m y 25 cm de diámetro. Se encuentran principalmente en países de clima cálido y templado (FAO 2011). Este fruto presenta una forma esférica, con un diámetro de 6 a 10 cm, presenta varios carpelos o gajos,

mismos que contienen pulpa, además de semillas y diversas células jugosas, toda las antes mencionadas cubiertas por un exocarpo coriáceo (cáscara) de color anaranjado (Ocas, 2020).

Dentro de la naranja se encuentra el albedo, el cual es una capa de tejido de color blanco, esponjoso y celulósico, que representa del 20 al 60 % del peso total del fruto, y que contiene del 75 – 85 % de agua. Los principales componentes de esta so: azúcares en frutos maduros 44 %, celulosa 33 % y sustancias pécticas 20 % (Gomez *et al.* 2001). El residuo derivado de la extracción del jugo de naranja, toma el nombre de pulpa, como son: la cáscara, bagazo, semillas, junto con una pequeña cantidad de jugo y aceites. Constituyendo la pulpa el 45 al 60 % de peso del fruto completo, estas se obtienen de plantas procesadoras de jugos o locales que expenden el juego del mismo (Saval., 2012)

Entre las características fundamentales de la pulpa de cítricos, es su capacidad de solubilidad que presenta del 35 a 40 %, su degradabilidad efectiva que es del 65 % y una velocidad de degradación del 6 % por hora (FEDNA, 2004.) Jiménez *et al.* (2012) indicaron que los residuos de naranja son una excelente fuente de fibra, ya que poseen cantidades suficientes tanto soluble e insoluble; que permiten una proliferación de bacterias benéficas y evitan el crecimiento de aquellas que son patógenas; además, son una buena fuente de ácido acético y ácido ascórbico, importantes para mantener una buena salud intestinal.

Se considera la pulpa de cítricos, puede sustituir la harina de alfalfa como fuente de fibra en la dieta de conejos y con ello mejorar las ganancias de peso vivo (Heuze et al. 2011). HON *et al.* (2009), mencionan que la pulpa cítrica es recomendable como ingrediente alimenticio para conejos, debido a que tiene un valor nutricional 2,700 kcal/kg y se puede introducir en niveles de 20 a 30% de las dietas. Por su parte Coloni et al. (2012) comprobaron que, con la sustitución parcial y total de heno de alfalfa por harina de bagazo de naranja en dietas de conejos, se presentaron mayores ganancias de peso y menor consumo de alimento, cuando la sustitución fue mayor. Pinzón & Tamayo (2015) muestran que los residuos de naranja tales como la cáscara, poseen un alto índice de digestibilidad debido a que contienen proteína (5.27%), grasa (1.66%), EM (2700kcal/kg) celulosa (16.2 %), lignina (1%), hemicelulosa (13.8%), ácido ascórbico (17mg/100mg) y otros compuestos de bajo peso molecular como limoneno.

5. Metodología

5.1. Ubicación

El presente trabajo de investigación se realizó en la Quinta Experimental Punzara de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja (UNL), en el Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación de Nutrición Animal (CIDiNA), ubicada al sur oeste de la provincia de Loja, del cantón Loja, en el sector “La Argelia”, cuya ubicación geográfica de acuerdo a INAMHI (2013) se presenta con las siguientes coordenadas y características meteorológicas:

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



Figura 3. Ubicación de la Quinta Experimental Punzara y el Centro de Investigación Desarrollo Innovación de Nutrición Animal (CIDiNA)

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

5.2.Procedimiento

5.2.1. Enfoque Metodológico

Cuantitativo

5.2.2. Diseño de la Investigación

Se utilizó un diseño de bloques al azar, de tres tratamientos con 10 unidades experimentales, en el cual el factor principal de variación fue el tratamiento (alfalfa, pectinas y pulpa de naranja) y el factor aleatorio fue la camada, durante 10 días después del destete. Para la comparación de medias se aplicó un T-Test protegido con la ayuda del programa estadístico SAS.

5.2.3. Tamaño de la Muestra y Tipo de Muestreo

El tipo de muestreo de esta investigación fue probabilístico, con un tamaño de muestra de 30 cobayos destetados a una edad de 15 días de la camada total. Se escogió aleatoriamente 10 animales para instaurar 3 tratamientos (alfalfa, pectinas y pulpa de naranja) respectivamente.

5.2.4. Técnicas

La desinfección de instalaciones, jaulas metabólicas y materiales se realizó 15 días antes de empezar la investigación, se inició con una limpieza seca, para continuar con la limpieza húmeda que incluyó la desinfección con productos a base de detergentes. Los animales se alojaron en un área aproximada de 20 m², la cual permitió trabajar con 30 cuyes en fase de post destete. Además, se usaron jaulas metabólicas individuales, con dimensiones de 42x26x51 cm de largo, ancho y altura respectivamente, construidas con malla galvanizada electrosoldada, equipadas con un comedero y bebedero para cada animal.

Se administró a cada animal de experimentación comida y agua ad libitum en comederos tipo tolva y bebederos tipo chupón respectivamente. Para conformar los bloques se tomó en cuenta las diferentes fuentes de fibra soluble, y se realizó 10 repeticiones por tratamiento.

- T1: Grupo de 10 cobayos destetados con dieta a base de alfalfa.

- T2: Grupo de 10 cobayos destetados con dieta a base de pectinas.
- T3: Grupo de 10 cobayos destetados con dieta a base de pulpa de naranja.

Las dietas se administraron ad libitum durante 10 días

5.2.5. Variables de Estudio

Tabla 1. Variables estudiadas en la investigación

Variable	Tipo de variable	Definición operacional	Indicadores o medidas
Tratamientos	Variable independiente	Tipo de alimento con distintas fuentes de fibra soluble	T1: dieta a base de pectinas T2: dieta a base de pulpa de cítricos T3: dieta a base de alfalfa
Pesos absolutos de órganos digestivos	Variable dependiente	Peso absoluto individual del tracto digestivo total, estómago, intestino delgado y ciego.	Peso en gramos
Pesos relativos de órganos digestivos	Variable dependiente	Peso relativo del tracto digestivo total, estómago, intestino delgado y ciego	Porcentaje
Medidas absolutas de órganos digestivos	Variable dependiente	Medidas absolutas del intestino delgado.	Longitud en cm
Medidas relativas de órganos digestivos		Medidas relativas del intestino delgado.	Porcentaje
pH de órganos digestivos	Variable dependiente	pH de contenido estomacal y ciego	Potenciómetro; escala del 1 al 14

Se emplearon tres tratamientos, con diferentes fuentes de fibra soluble. Los animales, previo un tiempo de adaptación y 10 días de experimento, se tomaron los datos y posteriormente se registraron a cada unidad experimental.

Para la cual se sacrificaron a 30 cobayos que fueron destetados a los 15 días de edad y sacrificados a una edad de 25 días, considerando las normas de bienestar animal descritas en el “Código Orgánico del Ambiente” (ROS N.º 983, Ecuador), se aplicó la técnica de

aturdimiento utilizados para roedores de un peso menor a 1 kg, descrita por Close et al., (1986) que consiste en inmovilizar las extremidades, la cabeza debe ser volteada de tal forma que quede la boca hacia abajo, con ayuda de un objeto macizo se aplicó un golpe contundente y preciso en el cabeza seguido del desangramiento, se realizó la disección de la cavidad abdominal para extraer, pesar y se medir el tracto digestivo total, y los secciones por separado (estómago, intestino delgado y ciego), se midió pH de contenido estomacal y cecal. Los datos fueron anotados en una matriz Excel, para el cálculo de valores absolutos y relativos (Aguirre, 2021).

- **Peso absoluto y relativo de órganos digestivos.**

El peso absoluto (g) se calculó utilizando una balanza digital (SB32001), en donde se pesó individualmente el tracto digestivo total, estómago, intestino delgado y ciego, y para el peso relativo se aplicó la siguiente fórmula:

$$PR = (\text{Peso de cada órgano} / \text{Peso vivo}) * 100$$

- **Longitud absoluta y relativa del intestino delgado.**

Para la toma de las medidas absolutas se utilizó una cinta métrica y se tomó la longitud (cm) del intestino delgado de cada unidad observacional, y para las longitudes relativas se utilizó la siguiente fórmula:

$$LR \text{ de intestino} = (\text{Largo de intestino} / \text{Peso vivo}) * 100$$

- **pH del estómago y del ciego.**

Para determinar esta variable se utilizó un peachímetro, se calibró con soluciones buffer pH7 y pH4, y se procedió a medir el pH de contenido de estómago y ciego.

5.2.6. Dietas Experimentales

Se elaboraron tres dietas experimentales con diferentes fuentes de fibra soluble (FS). La dieta 1 se formuló como fuente de fibra soluble la alfalfa; la dieta 2 pectina y finalmente, la composición de la dieta 3 incluyó como fuente pulpa de naranja.

En la Tabla 2, se muestran los ingredientes y composición nutricional porcentual considerados para la formulación y elaboración de las dietas.

Tabla 2. Ingredientes y composición nutricional porcentual de las dietas experimentales con diferentes fuentes de fibra soluble.

Dietas experimentales			
	Alfalfa	Pectinas	Pulpa de Naranja
<i>Ingredientes, % tal como se ofrece</i>			
Afrecho de trigo	10,000	10,000	10,000
Arrocillo	11,705	12,680	12,335
Maralfalfa	38,105	40,750	40,455
Alfalfa granulada	4,195	0,000	0,000
Pectinas	0,000	0,225	0,000
Pulpa de cítricos	0,000	0,000	0,875
Soya	27,335	28,225	28,245
Aceite de Palma	3,320	2,715	2,715
Melaza	3,000	3,000	3,000
Sal	0,270	0,200	0,200
L-Lisina-HCl	0,000	0,010	0,000
DL-Metionina	0,370	0,370	0,370
Premezcla vitamínico mineral	0,150	0,150	0,150
Vitamina C	0,030	0,030	0,030
Carbonato de calcio	1,120	1,250	1,225
Bentonita	0,400	0,400	0,400
<i>Composición Química Calculada</i>			
Proteína	17,99	18,00	18,00
Energía Digestible	2740,83	2748,17	2745,40
Extracto Etéreo	4,64	4,02	4,03
FND	35,80	36,00	35,97
FAD	21,69	21,64	21,66
LAD	4,00	3,88	3,88
Fibra Cruda	16,94	16,83	16,79
Fibra Soluble	7,89	8,00	7,94
Almidón	10,51	11,26	11,00
Lisina	0,91	0,92	0,91
Metionina	0,60	0,60	0,60
Treonina	0,61	0,60	0,60
Calcio	0,73	0,80	0,80
Fosforo Total	0,34	0,34	0,34
Sodio	0,15	0,12	0,12
Cl	0,38	0,35	0,35
K	1,30	1,28	1,28

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

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

5.2.7. Procesamiento y Análisis de la Información

Se realizó un análisis estadístico de los parámetros digestivos, mediante un modelo de medidas repetidas, utilizando el procedimiento de MIXED del programa SAS (SAS University Edition 2016). En el modelo, el tratamiento fue el factor de variación y la camada fue el factor aleatorio considerada como un bloque. Para la comparación de medias se aplicó un t-test protegido, y los p valores $\leq 0,05$ fueron considerados como significativos.

5.2.8. Consideraciones Éticas

El proyecto se ejecutó de acuerdo a las normas bioéticas para el cuidado y uso de los animales en investigación del “Código Orgánico del Ambiente” (ROS No 983, Ecuador).

6. Resultados

En la Tabla 3 se observa el efecto generado al incluir diferentes fuentes de fibra soluble en la dieta sobre las variables estudiadas en cobayos en etapa post destete.

Tabla 3. Parámetros digestivos en cuyes (*Cavia porcellus*) con diferentes fuentes de fibra soluble

Variables	Fuente de fibra soluble			EEM	P valor
	T1 Alfalfa	T2 Pectina	T3 Pulpa de naranja		
Peso vivo	409,74 ^a	373,70 ^{ab}	338,30 ^b	19,51	0,0362
<i>Pesos absolutos del tracto digestivo (g)</i>					
Tracto digestivo total	113,11	106,55	98,28	5,40	0,1758
Estómago	18,99	19,43	18,33	1,68	0,8812
Intestino delgado	27,06	25,02	24,19	1,13	0,2027
Ciego	35,59	32,14	29,29	2,20	0,1393
<i>Pesos relativos del tracto digestivo (% PV)</i>					
Tracto digestivo total	27,56 ^b	28,39 ^{ab}	29,72 ^a	0,76	0,0201
Estómago	4,72	5,19	5,40	0,44	0,4300
Intestino delgado	6,62 ^b	6,69 ^b	7,32 ^a	0,24	0,0496
Ciego	8,65	8,60	8,81	0,34	0,8907
<i>Longitud absoluta del intestino delgado (cm)</i>					
Intestino delgado	215,45	213,80	207,13	7,07	0,6380
<i>Longitud relativa del intestino delgado (cm)</i>					
Intestino delgado	53,88 ^b	57,07 ^a	61,66 ^a	2,47	0,0196
<i>Ph</i>					
Estómago	2,90	3,57	3,73	0,31	0,1042
Ciego	6,40	8,49	6,36	1,24	0,3934

a,b,c Medias con diferentes letras en cada fila difieren a $P < 0,05$ (T- test protegido).

En la tabla 2 se muestra que entre los tratamientos evaluados existe diferencia estadística para la variable de peso vivo ($p=0,0362$), de pesos relativos tanto del tracto digestivo total ($p=0,0201$), como del intestino delgado ($p=0,0496$) y longitudes relativas del intestino delgado ($p=0,0196$), no existiendo diferencia estadística significativa de pesos absolutos, ni de pesos relativos del estómago ($p= 0,4300$), ni del ciego ($p= 0,8907$). En cuanto a la longitud absoluta del intestino delgado no se encontró diferencia significativa ($p= 0,6380$). No se evidenció un efecto significativo en pH de estómago ($p= 0,1042$), ni de ciego ($p= 0,3934$). Sin embargo, se observa promedios de pesos absolutos y relativos según corresponde de tracto digestivo total (105,98 g – 28,56 %), estómago (18,92 g – 5,10 %), intestino delgado (25,42 cm – 6,66%) y ciego (32,34 g – 8,69 %); así mismo, en longitudes absolutas y relativas se tiene promedios del intestino delgado (212,138 cm – 57,54 %); y valores promedios de pH de estómago (3,40); ciego (7,08).

7. Discusión

7.1. Pesos Absolutos y Relativas de los Órganos Digestivos

El análisis del efecto de las tres fuentes de fibra soluble como alfalfa (T1), pectina (T2) y pulpa de naranja (T3) en la dieta de cobayos a los 25 días de edad no mostró diferencias significativas ($p \geq 0,05$) en los pesos absolutos del tracto digestivo. Los valores medios registrados fueron de 105,98 g para el tracto digestivo total (TDT); 18,92 g para el estómago (E); 25,42 g para el intestino delgado (ID) y 32,34 g para el ciego (C). Estos resultados son superiores a los registrados por Bustamante (2022) en su estudio con cuyes machos de 30 días de edad donde utilizando diferentes niveles de inclusión de fibra cruda (5 %, 7 %, 10 %, 12 %) obtuvo pesos absolutos de estómago de $9,25 \pm 3,17$ g ($p \geq 0,05$) e intestino delgado de $20,33 \pm 3,37$ g ($p \leq 0,0178$). Sin embargo, el peso absoluto del ciego ($39,33 \pm 6,8$ g; $p \geq 0,05$), fue superior al reportado en la presente investigación, y se determinó que la edad fue el factor más determinante que el nivel de fibra cruda en el desarrollo del tracto digestivo.

Por otra parte, los valores registrados en el presente estudio fueron inferiores a los reportados por Guamán (2023), quien al incorporar 31 % de maralfalfa en la dieta de cobayos destetados de 15 días de edad, registró promedios absolutos de 144 g para TDT; 31,3 g (E); 33,4 g (ID) y 42,5 g (C). Así mismo, Sánchez (2023) reportó valores similares de 148,7 g para TDT; 30,81 g (E); 34,78 g (ID) y 49,27 g (C), en cobayos de la misma edad, alimentados con dietas basadas en paja de arroz, afrecho de trigo y maralfalfa como fuentes principales de fibra, lo cual sugiere que la fibra insoluble contrario a la fibra soluble parece estimular el tracto digestivo como una adaptación fisiológica para mejorar el aprovechamiento del alimento.

Paredes & Goicochea (2021) coinciden en que el efecto sobre el peso absoluto en los órganos digestivos está influenciado por la fibra dietética insoluble; en su estudio con cuyes de 77 días, demostraron que las diferentes proporciones de FND:almidón (PFA) afectaron significativamente ($p \leq 0,05$) el peso de los segmentos del tracto gastrointestinal. Las dietas con PFA de 8,1 y 3,5 registraron mayores pesos del TDT; para PFA de 8,1 se obtuvieron 19,3 g (E); 64,7 g (ID) y 90,7 g (C); mientras que para PFA de 3,5 los valores fueron de 19,1 g (E); 66,4 g (ID) y 94,6 g (C).

De modo que, estos hallazgos sugieren que el peso de los órganos digestivos en cobayos parece estar correlacionado con el tipo de fibra dietética consumida. En el presente estudio, las fuentes de fibra soluble registraron menores pesos absolutos, mientras que investigaciones previas con fuentes de fibra insoluble reportaron mayores pesos absolutos y diferencias

significativas, y sugieren que la fibra insoluble tiene mayor efecto sobre el peso de los órganos digestivos en cobayos (Calva, 2021). Además, se debe considerar que un mayor desarrollo de los órganos digestivos puede mejorar la motilidad intestinal y reducir el riesgo de que los patógenos intestinales colonicen segmentos inferiores del tracto gastrointestinal (Celi et al., 2017).

En el caso de conejos, el peso del ciego tiende a aumentar por efecto de la fibra soluble y de partículas finas, y disminuye por acción de la lignina y partículas largas, componentes de la fibra insoluble. Este efecto es importante porque la acumulación de digesta en el ciego influye negativamente en el consumo de alimento y, consecuentemente, en los rendimientos productivos de los animales (Blas et al., 2002). Por otra parte, los cuyes han desarrollado un sistema digestivo altamente especializado, en cuyo ciego se desarrolla el 65% de la digestión (Johnson-Delaney, 2016). Además, su mecanismo de separación colónica (trampa de moco) favorece una mayor retención y el retorno de partículas grandes (fibra) hacia el ciego para una fermentación más prolongada. Esta característica adaptativa explica por qué el ciego de los cuyes presenta mayor peso cuando procesa fibra insoluble en comparación con la soluble (Grant, 2014; Kholes, 2014).

Con respecto a los pesos relativos observados en este estudio, el T3 a base de pulpa de naranja presentó valores mayores en el peso de órganos digestivos, siendo el tracto digestivo total ($p=0,0201$) e intestino delgado ($p=0,0496$) los que mostraron diferencias significativas, a excepción del estómago y el ciego. Se obtuvieron promedios relativos (PR) en tracto digestivo total de 28,56 %; estómago 5,10 %; intestino delgado 6,66 %; y ciego 8,69 %, datos superiores a los descritos por Farías (2021) en su estudio en conejos de 39 días de edad alimentados con dietas altas en fibra soluble, donde obtuvo un peso relativo del TDT del 25 %, con excepción del estómago (6,13 %, $p<0,001$) y del ciego (8,51 %), pero este último, sólo en niveles bajos de fibra insoluble (14 %), lo que resultó en una interacción del nivel de fibra insoluble x soluble ($p = 0,041$). Por el contrario, Álvarez et al., (2007) en conejos de 45 días a los que se les suplementó una dieta con 11 % de fibra soluble proveniente de pulpa de manzana, reportó 18,3 % de peso relativo de intestino y 7,19 % de ciego. Mientras que, Mínguez & Calvo (2018) registraron valores de peso relativo en TDT de 28,1 % y 37,6 % en dieta de cuyes en la que se reemplazó la alfalfa con pulpa de naranja (*Citrus sinensis*) al 15% y 30% de materia seca dietética (G15 y G30, respectivamente).

Ramón (2017) determinó que, en cuyes de 2,5 meses de edad, que realizaban cecotrofia y que recibieron una dieta comercial del 60 % de la dieta total, el TDT representó el 17,1 % del peso corporal. Por su parte, Bustamante (2022), reportó valores relativos de 5,23 % para ID, mientras que Soler (2014) al estudiar conejos de 29 días de edad alimentados con dietas donde sustituyó almidón por fibra fermentable, obtuvo un peso relativo del ID de 2,52 %. En concordancia con estos resultados, Guamán (2023) describió pesos relativos de 26,1 % para TDT y 6.58 % para ID, observando mayores valores con la inclusión del 32% de maralfalfa. De manera similar, Sánchez (2023) registró pesos relativos de 27,52 % y 6,47 % para TDT e ID, respectivamente.

En contraste, en el estudio realizado por El Abed et al. (2012) en conejos de 35 días de edad observaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en los pesos relativos del ciego y del tracto digestivo entre diferentes tratamientos dietéticos. Los animales que recibieron la dieta InsSBP (fracción insoluble de la fibra de remolacha; 3 g FS/100 g MS) y SBP (pulpa de remolacha; 9,7 g FS/100 g MS) mostraron mayores pesos en comparación al grupo control y pectina. Los conejos alimentados con pectina presentaron un peso intermedio del ciego y el menor peso del estómago ($p \leq 0,05$). Estos resultados coinciden con los reportados por Gómez-Conde et al. (2009) quienes sugieren que la fracción insoluble de la pulpa de remolacha es la responsable del efecto en el aumento del peso del tracto digestivo.

Por tanto, parece que el aumento del peso relativo de órganos digestivos guarda relación con la mayor ingestión de FND (Paredes & Goicochea, 2021), debido al mayor trabajo mecánico y mayor permanencia en el tracto digestivo, mientras que, los valores son menores cuando se incluye fibra soluble debido a su alta digestibilidad, a que genera mayor viscosidad que ralentiza el vaciado y produce ácidos grasos de cadena corta que promueven una fermentación más eficiente, lo que resulta en menor desarrollo de órganos digestivos y como consecuencia, pesos relativos más bajos.

7.2. Longitudes Absolutas y Relativas de los Órganos Digestivos

En cuanto a la longitud absoluta del intestino delgado no se observó diferencia estadística, sin embargo, en la longitud relativa si se evidenció esta diferencia ($p = 0,0196$), presentando valores mayores en el tratamiento con inclusión de pulpa de naranja. Además, se obtuvieron promedio de longitudes absolutas de intestino delgado de 212,13 cm y un promedio de longitud relativa de 57, 54 %. Estos resultados al ser comparados con Bastidas (2024), que administró una dieta con el 3 % de lignocelulosa en cobayos destetados a los 15 días de edad,

y 15 días de tratamiento, obtuvo promedios de longitud absoluta de 235 cm (ID) y longitud relativa de 42,1 % (ID), sin diferencias estadísticas entre los niveles de inclusión. Además, coinciden con lo que expone Guamán (2023) quien obtuvo 218,5 cm (ID) de longitud absoluta y 46,06 % (ID) de longitud relativa. Ortega (2019) por otra parte, incluyó 8,5 % de FC en la dieta de cobayos de 15 días de edad y utilizó como fuente de fibra la alfalfa obtuvo un promedio de 226 cm (ID) de longitud absoluta. Los valores absolutos antes expuestos superan a los de esta investigación, mientras que, los valores relativos son inferiores, lo que podría estar relacionado con el menor peso vivo de los animales al momento del sacrificio.

La fibra dietética afecta directamente la longitud y el peso del tracto gastrointestinal, existiendo evidencia de que los diferentes tipos de fibra generan diferentes respuestas morfológicas. La fibra insoluble provoca un mayor desarrollo de los órganos digestivos debido a la necesidad de un procesamiento mecánico más intenso, estimulando la hipertrofia muscular y el aumento del tamaño de los órganos (Jha & Mishra, 2021). En contraste, aunque la fibra soluble retiene agua y causa distensión, su rápida fermentación y menor requerimiento de procesamiento mecánico resultan en un menor desarrollo estructural, sin embargo, se ha registrado su efecto positivo en la salud intestinal a través de la proliferación de células epiteliales: enterocitos, células calciformes, paneth y enteroendocrinas (Braun, 2024).

7.3. pH de Estómago y Ciego

No existió diferencia significativa en el pH de estómago ($p= 0,1042$), ni de ciego ($p= 0,3934$). El pH promedio de estómago con la inclusión de diferentes fuentes de fibra soluble como alfalfa, pectina y pulpa de naranja en la dieta fue de 3,40, mientras que, el pH del ciego alcanzó 7,08. Estos valores resultan superiores a los reportados en investigaciones previas. Sánchez (2023), al estudiar el efecto del tamaño de partícula de la dieta, en hembras destetadas de 15 días y sacrificados a los 25 días de edad, registró valores promedios de pH de estómago de 2,42 y pH cecal de 6,6. Resultados similares obtuvo Angamarca (2017) en su análisis sobre los efectos de niveles altos de fibra cruda en cobayos de 20 días de edad, utilizando como fuente de fibra la paja, encontró un pH estomacal de 1,79 , siendo el pH más bajo con el 13 % de FC y un pH cecal de 6,47, cuando se empleó un 11 % de FC. Ramón (2017) por su parte obtuvo un pH de estómago y ciego 1,53 y 6,63 respectivamente.

Según Merchant (2011) el pH promedio de (E) oscilan entre 2,9 pudiendo llegar a 4 y (C) 6,1 a 7. Otros autores mencionan que el pH estomacal tiene un promedio de 2,9 a 4,4, es decir ácido, característica que permite la digestión inicial de alimentos y la activación de enzimas, tales como la pepsina, misma que permite descomponer las proteínas y eliminar

aquellos microorganismos patógenos que ingresan junto al alimento, si este es demasiado ácido puede causar daño a la mucosa. En el caso del pH cecal este suele ser más neutro o alcalino que el estómago mismo que ayuda a la fermentación eficaz de la fibra vegetal por parte de la microbiota, de tal forma que si el pH cecal es muy ácido no permitiría la producción de ácidos grasos volátiles afectando la fermentación de fibra, y reduciendo la microbiota beneficiosa, un pH alcalino no permitirá la digestión y absorción de nutrientes, además favorece el crecimiento de microorganismos patógenos (Campos, 2003; Morales, 2020).

8. Conclusiones

- La inclusión de diferentes fuentes de fibra soluble en cobayos destetados tuvo una diferencia estadísticamente significativa sobre el peso relativo del tracto digestivo total e intestino delgado, así como en la longitud relativa del intestino delgado, siendo el tratamiento 3 a base de pulpa de naranja el que exhibió mayores resultados. Las variables restantes no presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos.
- El pH de estómago y ciego no tuvieron significancia estadística en cobayos alimentados con diferentes fuentes de fibra soluble.

9. Recomendaciones

- Realizar investigaciones similares con otras fuentes de fibra soluble, con diferentes niveles de inclusión, con el fin de determinar la fuente más óptima de inclusión en la dieta, permitiendo un efecto positivo sobre parámetros digestivos en cobayos (*Cavia porcellus*).
- Realizar ensayos similares, con fuentes de fibra soluble con distinta granulometría para la elaboración de dietas de cuyes en etapa post destete y sus parámetros productivos.

10. Bibliografía

- Almeida, S., Aguilar, T., & Hervert, D. (2014). La fibra y sus beneficios a la salud. *Anales venezolanos de nutrición*, 27(1), 73–76.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-07522014000100011
- Altamirano, K. (2020). *Extracción de fibra comestible a partir de la pulpa de zapote (Pouteria sapota)* (Doctoral dissertation). Universidad Agraria del Ecuador
- Barba, G., & Edwards, L. (2013). Manejo y nutrición de cuyes (*Cavia porcellus*). *Revista de Nutrición Animal y Zootecnia*, 45(3), 210-215.
- Barragán, J. (2012). *La salud intestinal de los pollos de carne*. Com.ar.
https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_aves/enfermedades_aves/05-salud_intestinal.pdf
- Braun, A. (2024). What Are Short-Chain Fatty Acids? Verywell Health.
<https://www.verywellhealth.com/short-chain-fatty-acids-5219806>
- Beukema, M., Faas, M., & De Vos, P. (2020). *Exp Mol Med*.
<https://www.nature.com/articles/s12276-020-0449-2>
- Bustamante, F. (2022). Influencia del nivel de fibra dietaria sobre el desarrollo gastrointestinal en cuyes. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3206037>
- Caicedo, A. (1992). *Pasto*. Universidad de Nariño
- Cairo, P., & Díaz, B. (2022). Efectos del manejo y el establecimiento de dos especies de plantas sobre la estructura de un suelo salino. *Revista Centro Agrícola*, 49(1).
- Calva, M. (2021). Evaluación del efecto de la fibra insoluble en el tracto digestivo de cuyes en cebo. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Loja.
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/24466/1/Michelle%20del%20Roc%20C3%ADo%20Calva%20S%20C3%A1nchez.pdf>
- Campos, J. (2003). Digestibilidad de leguminosas y gramíneas forrajeras en la alimentación de cuyes. Tesis. Ingeniero Agrónomo. Cochabamba, Bolivia.

Universidad Mayor de San Simón. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias.
Departamento de Zootecnia.

Carabaño, R., Lorente, M., Boixeda, G., de Blas Beorlegui, C., & Fraga, M. (1984). Influencia del contenido en fibra y cereales del pienso determinados parámetros digestivos del conejo al final del cebo. In IX Symposium de cunicultura (pp. 231-242). Asociación Española de Cunicultura (ASESCU).

Celi, P., Cowieson, A.J., Fru-Nji, F., Steinert, R.E., Kluentner, A.M., Verlhac, V. (2017). Gastrointestinal functionality in animal nutrition and health: New opportunities for sustainable animal production. *Anim Feed Sci Technol*, 234:88–100.

Chambilla, E., & Matos, A. (2010). importancia de la fibra dietética, sus propiedades funcionales en la alimentación humana y en la industria alimentaria. *Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1).
https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/ri_alimentos/article/view/813

Chasquibol S., Arroyo, E., Morales, J. (2008). Extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana *Ingeniería Industrial*, núm. 26, 2008, pp. 175-199. Universidad de Lima.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337428492010>

Chauca, L. (1997). Producción de cuyes (*Cavia porcellus*).
https://www.fao.org/3/W6562S/w6562s02.htm#P370_30920

Chauca L., Muscari, J., Vega, L., Higaonna, J. XXVII REUNION DE LA ASOCIACION PERUANA DE PRODUCCION ANIMAL. (2004). Gob.pe.
[https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/398/3/Formaci%
de_una_linea_sintetica_de_cuyes.pdf](https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/398/3/Formaci%c3%b3n_de_una_linea_sintetica_de_cuyes.pdf)

Chaucheyras, F & Durand, H. (2010). Probiotics in animal nutrition and health. *Beneficial Microbes*, 1(1), 3–9. <https://doi.org/10.3920/bm2008.1002>

Chiou, P., Yu, B., & Kuo, C. (2000). "Comparación de la función digestiva entre conejos, cuyes, ratas y hámsters. Rendimiento, digestibilidad y tasa de paso de la digesta". *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. Disponible en: *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*.

- Da Silva, E. G., Borges, M. D. F., Medina, C., Piccoli, R. H., & Schwan, R. F. (2005). Pectinolytic enzymes secreted by yeasts from tropical fruits. *FEMS yeast research*, 5(9), 859-865.
- De Blass, J., García, J., & Carabaño, R. (2002). Avances de nutrición en conejos. XXVII Symposium de Cunicultura de ASESCU. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_cuni/cuni_2002_122_completa.pdf
- Delgado, D. (2015). La alfalfa (*Medicago sativa*): origen, manejo y producción. *Conexión agropecuaria JDC*, 5(1), 27-43. <https://revista.jdc.edu.co/index.php/conexagro/article/view/520>
- Delzenne, N. & Roberfroid, M. (1994). *Lebensm. Wiss. u Technol.* 27, 1-6.
- Dhingra, D., Michael, M., Rajput, H., & Patil, R. (2012). *J Food Sci Technol.* doi:10.1007/s13197-011-0365-5
- El Abed, E., Rodrigo, A., David, M., Javier, G., Rosa, C., y cols. (2012). Efecto de la fibra soluble e insoluble de la pulpa de remolacha sobre la fisiología digestiva de gazapos destetados a 25 d. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 6(1).
- Escudero, E., & González, P. (2006). La fibra dietética. *Nutrición hospitalaria: órgano oficial de la Sociedad Española de Nutrición Parenteral y Enteral*, 21, 61-72. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112006000500007
- Eswaran, S., Muir, J & Chey, W. (2013). Fiber and functional gastrointestinal disorders. *Am J Gastroenterol.* 108(5):718-727. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23545709/>
- FAO. (2011). Morfología de la naranja. <http://www.fao.org/docrep/fao/006/x6732s/x6732s03.pdf>
- Farias, C. (2021). Effect of dietary soluble and insoluble fibre level, oligosaccharide supplementation and feed restriction on rabbit performance (Doctoral dissertation, Agronomica).

- FEDNA. (2004). Pulpa de cítricos. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. [http://www.fundacionfedna.org/subproductos_fibrosos_humedos/pulpa-dec% C3%ADtricos](http://www.fundacionfedna.org/subproductos_fibrosos_humedos/pulpa-dec%20C3%ADtricos)
- Fernández, M., Vergara, M., Conde, K., Behr, T. & Abdel, G. (1997). Regulación de las lipoproteínas que contienen apolipoproteína B por la fibra dietética soluble en cobayas. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 65 3, 814-22. <https://doi.org/10.1093/AJCN/65.3.814> .
- Fernández, F & Gassull M (1992). Metabolismo colónico de la fibra: efectos fisiológicos y posibles indicaciones terapéuticas de los ácidos grasos de cadena corta. *Gastroenterol Hepatol*; 15(9):536-542.
- Flores, C., Duarte, C., & Salgado, I. (2016). Caracterización de la carne de cuy (*Cavia porcellus*) para utilizarla en la elaboración de un embutido fermentado. *Redalyc*. <https://www.redalyc.org/journal/5600/560062845004/html/>
- Flores, R. (2019). Fibra dietaria: una alternativa para la alimentación. *Redalyc.org*. <https://www.redalyc.org/journal/3374/337461321011/html/>
- Fuse, K., Bamba, T., & Hosoda, S. (1989). Effects of pectin on fatty acid and glucose absorption and on thickness of unstirred water layer in rat and human intestine. *Digestive Diseases and Sciences*, 34(7), 1109–1116. <https://doi.org/10.1007/BF01536383>
- González, R. (2006). Nutrición y alimentación del conejo. *Cunicultura*. Universidad autónoma de Baja California Sur.
- García, E., Mayer, M., Cotter, P & Narbad, A. (2019). Gut microbiota as a source of novel antimicrobials. *Gut Microbes*, 10(1), 1–21. <https://doi.org/10.1080/19490976.2018.1455790>
- García. J., De Blas, C., Perez, L., Alvarez, C & Ramos, M. (1994). Predicción del valor energético y proteico del heno de alfalfa. XIX Symposium de Cunicultura. p(1)

- García, J., Nicodemus, N., García, A., Carabaño, R., & de Blas, J. C. (1999). Efecto de la inclusión de granilla desengrasada de uva en piensos de conejos en crecimiento sobre los parámetros digestivos. *ITEA*, 20, 466-468.
- García, P., & Velasco, C. (2007). Evolución en el conocimiento de la fibra. *Nutricion hospitalaria: organo oficial de la Sociedad Espanola de Nutricion Parenteral y Enteral*, 22, 20–25. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112007000500004
- Gardiner, K., Kirk, S & Rowlands, B. (1995). *Nutr. Res. Rews.* 8, 43-66.
- Gidenne, T. (1997). "Caeco-colic digestion in the growing rabbit: impact of nutritional factors and related disturbances". *Livestock Production Science*, 51(1-3), 73-88.
- Gómez-Conde, M., Pérez de Rozas, A., Badiola, I., Pérez-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. *Livest. Sci.* 125:192-198
- Gómez, L. (2024). *Importancia de la Fibra Dietaria Total (FDT) en la dieta de las mascotas*. nutriNews, la revista de nutrición animal; nutriNews. <https://nutrinews.com/importancia-fibra-dietaria-total-fdt-dieta-mascotas/>
- Gómez Z. (1998) Factibilidad Técnica del Aislamiento y la Caracterización de Pectina Cítrica para el Sector Agroindustrial. (Trabajo de Grado). Medellín: Corporación Universitaria Lasallista, Facultad de Administración. Pdf. Consultado 16 set. 2014. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/226189306/918-2806-1-PB>
- Grajal, A. (1995). Estructura y función del tracto digestivo del Hoatzin (*Opisthocomus hoazin*): ave folívora con fermentación del intestino anterior. Li PJ, Martín TE. Selección del sitio de anidación y éxito de anidación de aves que anidan en cavidades en drenajes forestales de gran altura. *El Auk* 1995;112(1):20-28
- Grant, K. (2014). Rodent nutrition: Digestive comparisons of 4 common rodent species. In *Veterinary Clinics of North America - Exotic Animal Practice*, 17 (3), 471–483. <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2014.05.007>

- Guagchinga, C. (2023). *Efecto del tamaño de partícula en la alimentación de cuyes (Cavia porcellus) en la etapa de crecimiento-engorde*. Repositorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/11643/1/MUTC-001833.pdf>
- Guamán, D. (2023). Efecto de diferentes niveles de inclusión de Maralfalfa (*pennisetum spp.*) en los parámetros digestivos de cobayos (*Cavia porcellus*). Edu.ec. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/26666/1/Diana%20Carolina%20Guam%C3%A1n%20Flores.pdf>
- Hildebrand, F., Ebersbach, T., Nielsen, H., Li, X., Sonne, S., Bertalan, M., Dimitrov, P., Madsen, P., Qin, J., Wang, J., Raes, J., Kristiansen, K & Licht, T. (2012). A comparative analysis of the intestinal metagenomes presents in guinea pigs (*Cavia porcellus*) and humans (*Homo sapiens*). *BMC Genomics* 13: 514-525. doi: 10.1186/1471-2164-13-514
- Herbstreith & Fox. (2001). The Specialists for Pectinsi. <http://www.herbstreith-fox.de/produkte/englisch/einstant.htm>
- Huang, R., Li, L., Song, B., Lyu, Y., & Wu, B. (2020). Appearance and digestive system comparison of *Lonchura striata* and *Copsychus saularis*: Searching for the effect of staple feeding ingredients on avian morphology. *Revista brasileira de ciencia avicola*, 22(4). <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2020-1308>
- Icaza, M. (2013). Microbiota intestinal en la salud y la enfermedad. *Revista de gastroenterología de México*, 78(4), 240–248. <https://doi.org/10.1016/j.rgmx.2013.04.004>
- Jara, M., Valencia, R., Chauca, L., & Torres, L. (2019). Contribución al estudio anatómico e histológico del ciego del cuy (*Cavia porcellus*) raza Perú. *Salud y tecnología veterinaria*, 6(2), 100. <https://doi.org/10.20453/stv.v6i2.3464>
- Jeroch, H. & Danicke, S. (1995). *World Poultry Sci. J.* 51, 271-291.
- Jha, R., & Mishra, P. (2021). Dietary fiber in poultry nutrition and their effects on nutrient utilization, performance, gut health, and on the environment: a review. *J Animal Sci Biotechnol*, 12 (51). <https://doi.org/10.1186/s40104-021-00576-0>

- Jha, R., Fohse, J., Tiwari, U., Li, L., & Willing, B. (2019). Dietary Fiber and Intestinal Health of Monogastric Animals. *Frontiers in Veterinary Science*, 6. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00048>
- Jiménez, V., González, N., Magaña, A., Corona, A. (2012). La fibra de la naranja y la salud. *Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Veracruzana*. 25(3). <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol25num3/articulos/fibra/>
- Kohles, M. (2014). Gastrointestinal Anatomy and Physiology of Select Exotic Companion Mammals. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, 17(2), 165–178. doi:10.1016/j.cvex.2014.01.010
- López, P., Fuller, N., Zulet, M., Martínez, J & Caterson I. (2014). The influence of mediterranean, carbohydrate and high protein diets on gut microbiota composition in the treatment of obesity and associated inflammatory states. *Asia Pac J Clin Nutr*; 23(3):360-368. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25164445/>
- Makki, K., Deehan, E., Walter, J & Bäckhed, F. (2018). The impact of dietary fiber on gut microbiota in host health and disease. *Cell host & microbe*, 23(6), 705-715.
- Manríquez, J. (2015). *La digestibilidad como criterio de evaluación de alimentos*. Fao.org. Recuperado el 29 de junio de 2024, de <https://www.fao.org/4/ab482s/ab482s08.htm>
- Martini, F., Nath, J., & Bartholomew, E. (2015). *Fundamentals of Anatomy & Physiology* (10th ed.). Pearson
- Merchant, H., McConnell, E., Liu, F., Ramaswamy, C., Kulkarni, R., Basit, A., & Murdan, S. (2011). Assessment of gastrointestinal pH, fluid and 32 lymphoid tissue in the guinea pig, rabbit and pig, and implications for their use in drug development. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 42(1-2), 3-10.
- MINAGRI. (2019). Ministerio de Agricultura y Riego. Potencial del mercado internacional para la carne de cuy 2019. (No. 14). Available: http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/1-ciencia/101/mercado_interno_carne_cuy.pdf

- Mínguez, C., & Calvo, A. (2018). Effect of supplementation with fresh orange pulp (*Citrus sinensis*) on mortality, growth performance, slaughter traits and sensory characteristics in meat guinea pigs. doi:10.1016/j.meatsci.2018.06.003
- Montagne, L., Pluske, J., & Hampson, D. (2003a). A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. *Animal Feed Science and Technology*, 108(1), 95–117. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(03\)00163-9](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(03)00163-9)
- Morales, J. (2020). Estudio del efecto de pH y relación sustrato/inóculo sobre la producción de ácidos grasos volátiles durante la fermentación de lactosuero.
- Mul, A. & Perry, F. (1994). En: *Recent Advances in Animal Nutrition*. pp: 57-79.
- Nutra Horse (2019). *Alfalfa*. Nutrición Clínica Avanzada. Nutrahorse.es. Recuperado el 20 de julio de 2024, de <https://www.nutrahorse.es/alfalfa.htm>
- Ocas, L (2020). Rendimiento de pectina de la cáscara de naranja (*citrus sinensis* l.) A diferentes valores de ph y tiempos de extracción. *Universidad Nacional de Cajamarca*. Edu.pe. [https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/4160/TESIS%20L%20UZ%20MARINA%20OCAS%20QUILICHE%20\(1\).pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/4160/TESIS%20L%20UZ%20MARINA%20OCAS%20QUILICHE%20(1).pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Panizo, S. (2021). Inclusión de tres niveles de una combinación entre tributirina, levadura hidrolizada y proteinato de zinc para medir el impacto en las variables productivas de Pollos Broiler (Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).
- Paredes, A & Goicochea, P. (2021). Efecto de cinco dietas con diferentes proporciones de fibra detergente neutro y almidón en el rendimiento productivo, comportamiento ingestivo y peso de órganos digestivos del cuy (*Cavia porcellus*). *Revista de investigaciones veterinarias del Peru*, 32(1), e19495. <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i1.19495>
- Pérez, J. (2023). INS destaca valor nutricional de la carne de cuy y recomienda su consumo para prevenir enfermedades. Infobae

<https://www.infobae.com/peru/2023/05/17/inei-cuy-alto-valor-nutricional-para-prevenir-enfermedades/>

Pluske, J., Turpin, D., & Kim, J. (2018). Gastrointestinal tract (gut) health in the young pig. *Animal Nutrition (Zhongguo Xu Mu Shou Yi Xue Hui)*, 4(2), 187–196. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.12.004>

Quesenberry, K., & Donnelly, T. (2012). *Ferrets, Rabbits, and Rodents: Clinical Medicine and Surgery*. Elsevier Health Sciences. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9781416066217000221>

Ramón A. (2017). Determinación de características morfo-fisiológicas del tracto digestivo del cuy (*Cavia porcellus*). <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/18826/1/Alex%20Mauricio%20Ram%C3%B3n%20Jaramillo.pdf>

Reis, T., Mariscal, G., Escobar, K., Aguilera, A & Magne, A. (2012). Cambios nutrimentales en el lechón y desarrollo morfofisiológico de su aparato digestivo. *Veterinaria México*, 43(2), 155-173. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-50922012000200007&lng=es&tlng=es.

Ridlon, J., Harris, S., Bhowmik, S., Kang, D & Hylemon, P. (2016). Consequences of bile salt biotransformations by intestinal bacteria. *Gut Microbes*, 7(1), 22–39. <https://doi.org/10.1080/19490976.2015.1127483>

Rodriguez, P., Garcia, J. & De Blas, C. (2024). Fibra soluble y su implicación en nutrición animal: enzimas Y PROBIÓTICOS. XIV Curso de Especialización. p. 12

Russel, T., Kerley, M., y Allee, G. (1996). *J. Anim. Sci.* 74(Suppl. 1), 61.

Sánchez, E. (2023). Estudio del efecto del tamaño de partícula de la dieta sobre parámetros digestivos de cuyes. Edu.ec. https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/28411/1/EstefanyPamela_SanchezPonce.pdf

- Sánchez, R. & Hernández, A. (2015). "Fibra dietética y salud intestinal en pequeños roedores: una revisión". *Nutrición Animal y Salud*, 22(4), 145-156
- Saval, S. (2012). Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro. *BioTecnología*. 16(2):14-48. ISSN: 0188-4786. https://www.academia.edu/4478614/Saval_Residuosagroindustriales
- Savón, L. (2002). Alimentos altos en fibra para especies monogástricas. Caracterización de la matriz fibrosa y sus efectos en la fisiología digestiva. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 36(2), 91–102.
- Segura, F., Echeverri, R & Mejía, A. (2007). Descripción y discusión acerca de los métodos de análisis de fibra y del valor nutricional de forrajes y alimentos para animales. *Vitae*, 14(1), 72–81.
- Smith, A., & Mangkoewidjojo, S. (1988). *Biology of the Laboratory Guinea Pig*. Academic Press.
- Soler, M. (2014). Efectos de la inclusión de fibra fermentable en sustitución de almidón y del nivel de grasa animal en el pienso sobre el rendimiento productivo y los parámetros digestivos de conejos en crecimiento. Ceu.es. https://repositorioinstitucional.ceu.es/bitstream/10637/7038/4/Efectos_Soler_UC HCEU_Tesis_2014.pdf
- Suárez, J. (2013). Microbiota autóctona, probióticos y prebióticos. *Nutrición hospitalaria: órgano oficial de la Sociedad Española de nutrición Parenteral y Enteral*, 28, 38–41. http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112013000700009
- Tarazona, H., & Cabrera, R. (2022). Efecto de los abonos orgánicos en el rendimiento de forraje de alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad moapa en Chavinillo, Yarowilca–Huánuco, 2021.
- Tena, G. (2018). *La Vida Útil de los Alimentos y sus Principales Reacciones: ¿Qué pasa en los alimentos con el tiempo?*. Innovación Editorial Lagares de México, SA, de CV.

- Trejo, F., Mendoza, G., Plata, F., Martínez, J., & Villarreal, O. (2019). Crecimiento de cuyes (*Cavia porcellus*) con alimento para conejos y suplementación de vitamina C. *Revista MVZ Cordoba*, 24(3), 7286–7290. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1384>
- Trowell, H., Southgate, D., Wolever, T., Leeds, A., Gassull, M., & Jenkins, D. (1976). *The lancet*. doi: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(76\)92750-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(76)92750-1)
- Vargas, J., Cardona, J., Portillo, P., Carlosama, L., Avellaneda, Y., Burgos, W., & Patino, R. (2023). Importancia de la alimentación en el sistema productivo del cuy. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/341448932_Importancia_de_la_alimentacion_en_el_sistema_productivo_del_cuy
- Vázquez, R. (2021). Dinámica de crecimiento de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Cuf-101 a diferentes edades de rebrote. <https://repositorio.uaaan.mx/handle/123456789/47795>
- Vázquez, Y., Valdivié, M., Berrios, I., & Sosa, E. (2018). Análisis morfométrico del tracto gastrointestinal de conejos alimentados con forraje de morera y tallo de caña de azúcar. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 52(4), 389-394. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802018000400389&lng=es&nrm=iso. Epub 06-Sep-2018. ISSN 2079-3480.
- Villén, M. (2013). *La fibra dietética - Tipos, Beneficios, Cantidades recomendadas*. Conasi. <https://www.conasi.eu/blog/consejos-de-salud/fibra-dietetica/>
- Williams B, Mikkelsen D, Flanagan B, Gidley M. (2019). Dietary fibre: Moving beyond the “soluble/insoluble” classification for monogastric nutrition, with an emphasis on humans and pigs. *Anim Sci Biotechnol*. 10:1–12. doi: 10.1186/s40104-019-0350-9
- Wu, Y., Zhen, W., Geng, Y., Wang, Z & Guo, Y. (2019). Pretreatment with probiotic *Enterococcus faecium* NCIMB 11181 ameliorates necrotic enteritis-induced intestinal barrier injury in broiler chickens. *Sci Rep* 9: 10256. doi: 10.1038/s41598-019-46578-x

- Yaich, H., Garna, H., Bchir, B., Besbes, S., Paquot, M., Richel, A., Blecker, C., & Attia, H. (2015). Chemical composition and functional properties of dietary fibre extracted by Englyst and Prosky methods from the alga *Ulva lactuca* collected in Tunisia. *Algal Res.* 2015; 9:65-73. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2211926415000430>
- Zhang, P. (2022). Influence of Foods and Nutrition on the Gut Microbiome and Implications for Intestinal Health. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(17). <https://doi.org/10.3390/ijms23179588>

11. Anexos.

Anexo 1. Limpieza desinfección de instalaciones, jaulas y materiales



Anexo 2. Adecuación de jaulas con su rotulo, comedero y bebedero respectivo



Anexo 3. Elaboración de dietas experimentales



Anexo 4. Destete y peso de unidades experimentales



Anexo 5. Administración de agua y balanceado de acuerdo al tratamiento



Anexo 6. Peso de gazapos antes del sacrificio



Anexo 7. Sacrificio de los gazapos



Anexo 8. Toma de pesos y longitudes de diferentes segmentos del tracto digestivos



Anexo 9. Toma de pH de estómagos y ciegos



Anexo 10. Resultados obtenidos

SEXO	Jaula	Madre	Tratamiento	Peso vivo	Peso Td(%)	Peso estomago	Peso ciego	Peso Intestino	Long. Intestino	pH estomago	pH ciego	Observaciones
M	J1	T1	R1	310.2	8.1	3.3	31.2	20.6	170cm	2.1	2.1	
M	J2	T2	R2	308.2	8.2	19.3	28.5	28.5	200cm	3.91	2.7	
M	J3	T3	R3	275.3	8.5	18.7	21.5	21.5	180cm	4.35	2.9	
M	J4	T4	R4	286.6	8.2	24.1	35.2	30.4	210cm	3.40	2.9	
M	J5	T5	R5	294.6	8.2	13.4	25.2	21.9	230cm	3.9	2.9	
M	J6	T6	R6	493.9	13.7	13.4	140.9	130.2	230cm	2.2	2.5	
M	J7	T7	R7	252.2	8.5	11.3	25.3	19.2	180cm	2.97	2.5	
M	J8	T8	R8	485.5	14.5	11.5	55.4	34.5	240cm	1.84	2.4	
M	J9	T9	R9	384.8	11.8	21.2	31.7	28.8	200cm	4.0	2.8	
M	J10	T10	R10	326.8	11.4	23.8	36.1	26.1	201cm	4.05	2.9	
M	J11	T11	R11	319.6	11.2	23.2	29.2	24.4	185cm	3.93	2.9	
M	J12	T12	R12	302.5	9.6	11.8	31.0	27.3	237cm	4.25	2.8	
M	J13	T13	R13	316.2	10.1	20.7	28.4	28.7	209cm	3.80	2.9	
M	J14	T14	R14	308.4	9.1	21.6	25.3	25.1	230cm	4.11	2.9	
M	J15	T15	R15	284.7	90.9	21.7	21.7	18.7	202cm	4.85	2.4	
M	J16	T16	R16	467.5	18.6	17.2	45.8	27.7	254cm	1.29	26.8	blanco huda
M	J17	T17	R17	285.9	8.6	23.8	26.2	24.7	202cm	4.09	2.6	blanco huda
M	J18	T18	R18	410.8	10.4	12.8	33.4	26.2	263cm	3.59	2.9	blanco huda
M	J19	T19	R19	481	11.8	15.9	34.2	28.4	213cm	2.52	25.8	
M	J20	T20	R20	358	9.4	12.5	33.3	25.3	308cm	2.15	2.6	
M	J21	T21	R21	378.8	10.7	15.2	38.5	21.3	180cm	2.32	2.7	
M	J22	T22	R22	1191	140.7	26.5	193.1	126.3	2122cm	1.12	28.7	
M	J23	T23	R23	191.1	12.7	11.5	32.3	23.3	233cm	2.95	2.7	
M	J24	T24	R24	257.6	8.4	22.4	32.6	26.6	187cm	3.34	22.7	
M	J25	T25	R25	367.3	10.8	21.3	40.3	24	207cm	4.61	26.7	
M	J26	T26	R26	337.9	10.1	26.5	24.5	25.1	214	4.94	29.5	
M	J27	T27	R27	318.8	9.7	19.5	24.3	21.9	210	4.38	24.2	
M	J28	T28	R28	408.8	10.8	22.4	29.1	23.2	242	3.51	28.8	

NUMERO	SEXO	JAULA	Camada	TTO	PV	PTDT	PRDT	PEST	PREST	Pciego	PRCiego	PID	PRID	LID	LRID	pHEst	pHCiego
1	Macho	J1	1 T1		310.9	83.9	28.99	8.5	2.73	31.2	10.04	20.6	6.63	170	54.66	1.83	6.85
2	Hembra	J2	1 T2		380.5	108.2	28.44	18.3	5.07	34.9	9.17	28.3	7.44	226	58.40	3.91	5.89
3	Macho	J3	1 T3		280.8	83.9	33.45	18.7	7.46	24	9.57	21.7	8.85	162	64.59	4.75	6.23
4	Macho	J4	1 T4		386.6	128.6	33.52	28.1	7.53	32.2	8.59	30.4	7.96	212	54.84	3.4	2.9
5	Macho	J5	2 T3		274.6	86.2	31.39	13.4	4.88	23.2	8.45	21.9	7.98	190	69.19	3	6.36
6	Macho	J6	1 T1		493.9	137.9	27.92	17.9	3.82	40.9	8.28	32.5	6.58	230	46.57	2.83	6.34
7	Macho	J7	2 T2		362.2	96.6	27.74	16.3	4.98	25.9	8.30	19.2	8.85	188	60.22	2.97	6.52
8	Macho	J8	2 T1		485.5	146.3	30.07	19.5	4.01	53.4	10.98	32.7	8.72	240	49.02	1.84	6.81
9	Hembra	J8	3 T3		364.6	10.8	30.39	21.2	5.81	37.9	10.39	23.9	6.56	207	56.77	4	6.86
10	Hembra	J8	3 T2		378.8	114.4	30.20	23.8	6.28	36.1	9.53	26.1	6.89	201	53.06	4.46	6.44
11	Macho	J12	3 T1		398.6	102.1	29.05	23.2	6.91	29.2	7.31	29.4	7.26	195	48.30	3.23	6.46
12	Hembra	J11	4 T3		323.5	98.6	30.48	17.8	5.50	31	9.58	27.3	8.44	237	73.26	4.25	6.33
13	Hembra	J13	4 T2		318.2	95.1	29.89	20.7	6.51	26.4	8.30	23.7	7.45	209	66.68	3.8	6.22
14	Hembra	J14	4 T3		308.4	90.1	31.81	21.6	7.00	23.3	9.16	25.1	8.14	230	74.58	4.11	6.38
15	Macho	J15	4 T1		284.8	80.9	28.41	21.7	7.62	21.7	7.62	18.7	6.57	202	70.93	4.85	6.2
16	Hembra	J16	5 T1		467.5	118.6	26.37	17.2	3.88	45.8	9.80	27.7	6.93	264	54.33	1.29	6.6
17	Macho	J17	5 T3		325.4	83.6	25.69	13.8	4.24	26.2	8.05	21.7	6.67	202	62.08	4.07	6.44
18	Hembra	J18	5 T2		410.8	104.1	25.34	16.8	3.32	33.4	8.13	26.1	6.26	263	65.02	3.5	6.81
19	Macho	J19	6 T3		421	118.1	28.05	19.9	4.73	34.1	8.10	28.4	6.75	213	50.59	2.57	6.86
20	Macho	J20	6 T2		328	94.4	27.93	12.5	3.70	29.9	8.65	25.7	7.60	208	61.54	2.15	6.81
21	Hembra	J21	6 T1		378.8	103.9	28.75	18.7	4.14	38.5	10.16	22.9	6.06	195	61.45	2.32	6.47
22	Macho	J22	7 T2		451	140.2	31.09	26.5	5.88	47.1	10.44	26.3	5.83	212	47.01	4.42	6.95
23	Hembra	J24	7 T1		421.1	127	30.16	16.5	3.92	38.9	9.24	32.3	7.67	232	56.09	2.96	6.85
24	Macho	J23	8 T3		257.6	81.4	31.60	11.1	4.31	23.2	9.01	21.1	8.19	187	72.59	3.31	6.27
25	Macho	J25	8 T3		387.3	108.2	28.46	22.4	6.10	28.6	7.79	26.6	7.24	200	54.45	3.16	6.18
26	Hembra	J26	8 T2		351	98.9	28.15	21.3	6.07	24	6.84	24	6.84	207	58.97	4.61	5.93
27	Hembra	J27	8 T1		337.3	100.1	29.68	26.1	7.74	24	7.32	25.1	7.44	214	63.85	4.94	6.18
28	Macho	J28	8 T2		348.8	97.8	28.94	18.5	5.91	29.3	8.40	21.9	6.28	192	62.16	4.28	6.42
29	Hembra	J29	9 T3		408.8	102.8	25.15	22.9	5.80	23.1	7.32	23.2	6.68	217	53.08	3.51	6.42
30	Macho	J30	9 T1		543.4	140.9	26.63	30.6	6.57	40.1	7.30	32	6.82	220	40.04	4.09	6.29
31	Hembra	J31	10 T1		370.4	87.7	23.68	11.8	3.21	27.8	7.51	23.8	6.43	222	55.84	1.7	6.39
32	Hembra	J32	10 T2		390.1	102.8	26.35	12.4	3.18	32	8.20	23.5	6.02	230	58.96	1.83	6.39
33	Macho	J33	10 T3		374.6	109.4	29.20	19.4	6.18	34	8.08	26.2	6.73	228	61.13	4.84	6.6

Anexo 11. Certificación de traducción de inglés

CERTIFICACIÓN DE TRADUCCIÓN

Loja, 13 de noviembre de 2024

Lic. Viviana Valdivieso Loyola Mg. Sc.

DOCENTE DE INGLÉS

A petición verbal de la parte interesada:

CERTIFICA:

Que, desde mi legal saber y entender, como profesional en el área del idioma inglés, he procedido a realizar la traducción del resumen, correspondiente al Trabajo de Integración Curricular, titulado: **Efecto de diferentes fuentes de fibra soluble sobre parámetros digestivos en cobayos (*Cavia porcellus*) en etapa post destete**, de la autoría de: **Elvia Marilú González Chuquimarca**, portadora de la cédula de identidad número **1900817485**

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

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

Atentamente. -



Lic. Viviana Valdivieso Loyola Mg. Sc.

1103682991

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

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