



unl

Universidad
Nacional
de Loja

Facultad
**Agropecuaria y de Recursos
Naturales Renovables**

Carrera de
**Medicina
Veterinaria y
Zootecnia**

TESIS DE GRADO

**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA FIBRA INSOLUBLE EN EL
TRACTO DIGESTIVO DE CUYES EN CEBO”**

Trabajo de tesis previo a la obtención del título de
MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

AUTORA

MICHELLE DEL ROCIO CALVA SÁNCHEZ

DIRECTOR

DR. RODRIGO MEDARDO ABAD GUAMÁN PhD.

LOJA – ECUADOR

2021

CERTIFICACIÓN DE TESIS

Dr. Rodrigo Medardo Abad Guamán PhD.
DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA

Que he revisado la presente tesis titulada “**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA FIBRA INSOLUBLE EN EL TRACTO DIGESTIVO DE CUYES EN CEBO**” realizada por la Srta. Egresada **MICHELLE DEL ROCÍO CALVA SÁNCHEZ**, la misma que **CULMINO DENTRO DEL CRONOGRAMA APROBADO**, cumpliendo con todos los lineamientos impuestos por la Universidad Nacional de Loja, por lo cual, **AUTORIZO QUE SE CONTINÚE CON EL TRÁMITE DE GRADUACIÓN.**

Loja, 01 de septiembre de 2021

Atentamente



Firmado electrónicamente por:
**RODRIGO MEDARDO
ABAD GUAMAN**

Dr. Rodrigo Medardo Abad Guamán, PhD.
Director de Tesis

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Tribunal Calificador de la Tesis de Grado titulada: **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA FIBRA INSOLUBLE EN EL TRACTO DIGESTIVO DE CUYES EN CEBO”**, de la autoría de la Srta. Egresada **MICHELLE DEL ROCÍO CALVA SÁNCHEZ** de la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional de Loja, CERTIFICAN que ha incorporado todas las sugerencias efectuadas por sus miembros, por tal motivo se procede a la aprobación y calificación del trabajo de Tesis de Grado.

Por lo que se autoriza la versión final y entrega oficial para su publicación y difusión.

Loja, 22 de noviembre de 2021



Firmado electrónicamente por:
**GALO VINICIO
ESCUDERO
SANCHEZ**

Dr. Galo Vinicio Escudero Sánchez, Mg.Sc.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**ROCIO DEL CARMEN
HERRERA HERRERA**

Dra. Rocío del Carmen Herrera Herrera, Mg.Sc.
VOCAL DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**EDWIN GEOVANNY
MIZHUERO RIVERA**

Dr. Edwin Geovanny Mizhquero Rivera, Mg. Sc.
VOCAL DEL TRIBUNAL

AUTORÍA

Yo, **Michelle del Rocío Calva Sánchez**, declaro ser autora del presente trabajo de tesis que ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma por: los conceptos, ideas, resultados, conclusiones, y recomendaciones vertidas en el desarrollo del presente trabajo de investigación, son de absoluta responsabilidad de su autor.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional- Biblioteca Virtual.

FIRMA:



Firmado electrónicamente por:

**MICHELLE
DELROCIO
CALVA
SANCHEZ**

AUTORA: Michelle del Rocío Calva Sánchez

CÉDULA: 1150956876

FECHA: 30 de noviembre del 2021

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, **Michelle del Rocío Calva Sánchez**, declaro ser la autora de la tesis titulada **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA FIBRA INSOLUBLE EN EL TRACTO DIGESTIVO DE CUYES EN CEBO”**, como requisito para optar al grado de Médica Veterinaria Zootecnista, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la reproducción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera, en el Repositorio Digital Institucional (RDI):

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, 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 de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 30 días del mes de noviembre de 2021, firma el autor.

FIRMA:



Firmado electrónicamente por:
**MICHELLE DELROCIO CALVA
SANCHEZ**

Autora: Michelle del Rocío Calva Sánchez

Número de cédula: 1150956876 **Dirección:** Pedro de León y Gral. Rafael Rodríguez

Correo electrónico: michelle.r.calva@unl.edu.ec

Teléfono: 3104884

Celular: 0991224246

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis:

Dr. Rodrigo Medardo Abad Guamán, PhD.

Tribunal de Grado:

Dr. Galo Vinicio Escudero Sánchez, Mg.Sc. (Presidente)

Dra. Rocío del Carmen Herrera Herrera, Mg.Sc. (Vocal)

Dr. Edwin Geovanny Mizhquero Rivera, Mg.Sc. (Vocal)

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi eterno agradecimiento a Dios, por iluminarme y darme la fortaleza para seguir adelante frente a cada reto de mi vida.

Mi más profundo agradecimiento a mi alma máter, la Universidad Nacional de Loja, y a toda su familia que la conforman, a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables y, de manera muy especial a mi carrera, Medicina Veterinaria y Zootecnia, por acogerme en sus aulas y brindarme todos los conocimientos compartidos que ayudaron a formarme día a día como profesional.

Así mismo, agradezco sinceramente a mi director y tutor de tesis, Dr. Rodrigo Abad, por ser mi mentor y por todo su apoyo, además que, junto a la Dra. Rocío Herrera, con sus esfuerzos y conocimientos, me guiaron exitosamente en la presente investigación.

De la misma manera, quiero agradecer a mi familia, que son el motor de mi vida, por toda su guía, paciencia y su confianza puesta en mí.

Finalmente, pero no menos importante, quiero agradecer a mis amigas y amigos que me apoyaron y me ayudaron a crecer.

Michelle del Rocío Calva Sánchez.

DEDICATORIA

Todo el esfuerzo y dedicación de la presente tesis de investigación va dedicada con todo mi amor a mis queridos padres, Diomedes Efraín Calva Carrión, el hombre que me ha enseñado que con esfuerzo se logran las cosas, por su amor y su apoyo incondicional y, María Cenelia Sánchez Calva, por estar siempre conmigo, por sus consejos y sus valores que me convirtieron en la mujer que soy.

A mi abuelito Neptalí Sánchez, que está en el cielo, por haberme dado su amor y ternura.

A mis hermanas, Mireya, Magaly, Katherine, Josselyn y a mi hermano Jonathan, quienes fueron el apoyo incondicional, la fuerza y la valentía; a mis sobrinos Anthony Cuenca, Mateo Caiza, José Sánchez, Dylan Torres, Mathías Caiza y Leandro Díaz, porque son las sonrisas del hogar; a mis cuñados, Marco Caiza y Carlos Díaz, por brindarme su apoyo para seguir con más fuerza.

A Estuardo Sánchez, por ser la vida, en un beso.

A todos los que fueron mis maestros a lo largo de mi vida, que me educaron como profesional y, sobre todo, como persona.

Michelle del Rocío Calva Sánchez

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	I
CERTIFICACIÓN DE TESIS	II
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	III
AUTORÍA	IV
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
DEDICATORIA	VII
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
INDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
TITULO.....	XIII
RESUMEN	XIV
ABSTRACT.....	XV
1. INTRODUCCIÓN	XVI
2. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1 IMPORTANCIA DEL CUY	2
2.2 DESCRIPCIÓN ZOOLOGICA	2
2.3 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS	3
2.3.1. Anatomía Externa	3
2.4 FISIOLOGÍA DIGESTIVA DEL CUY.....	3
2.5 NECESIDADES NUTRITIVAS DEL CUY	6
2.6 FIBRA.....	7
2.6.1. Métodos para la Determinación de la Fibra	8
2.6.2. La Fibra en la Alimentación de Cuyes.....	9

3.	MATERIALES Y MÉTODOS	11
3.1	MATERIALES	11
3.1.1.	De Campo	13
3.1.2.	De Oficina.....	13
3.2	MÉTODOS.....	13
3.2.1.	Ubicación del Experimento	13
3.2.2.	Descripción y Adecuación de Instalaciones	13
3.2.3.	Descripción e Identificación de las Unidades Experimenta- les	13
3.2.4.	Descripción de los Tratamientos	14
3.2.5.	Manejo de Animales.....	16
3.2.6.	Diseño Experimental	16
3.2.7.	VARIABLES DE ESTUDIO.....	16
3.2.8.	Toma y Registro de Datos	16
3.2.8.1.	Peso absoluto de órganos digestivos.	16
3.2.8.2.	Peso relativo de órganos digestivos.	17
3.2.8.3.	Longitud absoluta y relativa del intestino delgado.	17
3.2.8.4.	pH del estómago y del ciego.....	17
3.2.9.	Análisis estadístico	16
4.	RESULTADOS	18
4.1	PESO ABSOLUTO DEL TRACTO DIGESTIVO	18
4.2	PESO RELATIVO DEL TRACTO DIGESTIVO.....	19
4.3	LONGITUD ABSOLUTA Y RELATIVA DEL INTESTINODELGADO	20
4.4	pH DE ESTÓMAGO Y DE CIEGO	21
5.	DISCUSIÓN.....	23
5.1	PESO RELATIVO DEL TRACTO DIGESTIVO	23
5.2	LONGITUD ABSOLUTA Y RELATIVA DEL INTESTINODELGADO	24

5.3	pH DE ESTÓMAGO Y DE CIEGO	25
6.	CONCLUSIONES	27
7.	RECOMENDACIONES	28
8.	BIBLIOGRAFÍA	29
9.	ANEXOS	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición nutricional y de ingredientes de las dietas de crecimiento para cobayos.	15
Tabla 2. Efecto de diferentes niveles de FND de la dieta de cuyes de engorde en el peso absoluto del tracto digestivo total y en diferentes secciones del mismo.	18
Tabla 3. Efecto de diferentes niveles de FND de la dieta de cuyes de engorde en el peso relativo del tracto digestivo total y en diferentes secciones del mismo.	19
Tabla 4. Efecto de diferentes niveles de FND de la dieta de cuyes de engorde en la longitud absoluta y relativa del intestino delgado.	21
Tabla 5. Efecto de diferentes niveles de FND de la dieta de cuyes de engorde en el pH del estómago y del ciego.	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Recolección de materia prima.....	33
Figura 2. Uso de picadora para procesamiento de la materia prima.	33
Figura 3. Secado de materia prima.....	34
Figura 4. Picadora para disminución de tamaño de partícula.....	34
Figura 5. Elaboración de dietas en planta de balanceados.	35
Figura 6. Adecuación de instalaciones para recepción de cobayos	35
Figura 7. Desinfección de instalaciones previo ingreso de cobayos	36
Figura 8. Unidades Experimentales	36
Figura 9. Pesaje samanal de alimento y animales	37
Figura 10. Disección de los cobayos	37
Figura 11. Toma de medidas de intestino delgado.....	38
Figura 12. Pesaje de TDT, ID, estómago y ciego	38
Figura 13. Medición de pH de estómago y ciego	39
Figura 14. Control de temperatura y humedad ambiental.	39
Figura 15. Registro de control de alimento y pesos semanales	40
Figura 16. Registro para la toma de datos de variables.....	41

**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA FIBRA INSOLUBLE EN
EL TRACTO DIGESTIVO DE CUYES EN CEBO”**

RESUMEN

El cuy es un herbívoro fermentador post gástrico que por su fisiología digestiva aprovecha bien los alimentos fibrosos. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes niveles de fibra insoluble en el tracto digestivo de cuyes en cebo. Se trabajaron 200 cuyes machos, con peso promedio de 390 ± 96 g. La distribución fue al azar con 25 unidades experimentales por tratamiento. Se formularon cuatro dietas isoenergéticas e isoproteicas (aproximadamente con 2700 kcal/kg de energía digestible y 15 % de Proteína Cruda) con niveles de 34, 38, 42 y 46 % de fibra neutro detergente (FND). Las variables evaluadas fueron peso absoluto y relativo de órganos digestivos, longitud absoluta y relativa de intestino delgado, pH de estómago y de ciego. Los tratamientos fueron comparados aplicando un análisis de varianza, obteniendo los siguientes resultados. El incremento de FND aumenta el peso del tracto digestivo total, siendo el intestino delgado y el ciego las secciones donde se observa en mayor medida este efecto. El peso relativo fue superior con la inclusión de 46 % (5,09 % de PV) para el intestino delgado y 38 % (7,20 % de PV) para el ciego. La longitud relativa del intestino delgado fue superior con la inclusión de 46 % (33,7cm/g PV). El pH del estómago y ciego no presentó modificaciones, siendo sus valores medios 4,1 y 6,6 respectivamente. Los resultados sugieren que, la ingesta de dietas con altos niveles de fibra neutro detergente aumentan el peso y la longitud del tracto gastrointestinal.

Palabras claves: peso absoluto, fibra insoluble, cuy, requerimientos, longitud relativa

ABSTRACT

The guinea pig is a post-gastric fermenting herbivore that, due to its digestive physiology, makes efficient use of fibrous foods. Therefore, the objective this work was to evaluate the effect of different levels of insoluble fiber in the digestive tract of fattening guinea pigs. Two hundred male guinea pigs, with an average weight of 390 ± 96 g, were used. The distribution was randomized with 25 experimental units per treatment. Four isoenergetic and isoproteic diets were formulated (approximately 2700 Kcal/kg of digestible energy and 15 % of crude protein) with levels of 34, 38, 42 and 46 % of neutral detergent fiber (NDF). The variables evaluated were absolute and relative weight of digestive organs, absolute and relative length of small intestine, pH of stomach and cecum. The treatments were compared by applying an analysis of variance, obtaining the following results. Increased NDF increases the weight of the total digestive tract, being the small intestine and cecum the sections where this effect is observed to a greater extent. Relative weight was higher with the inclusion of 46 % (5.09 % of BW) for the small intestine and 38 % (7.20 % of BW) for the cecum. The relative length of the small intestine was higher with the inclusion of 46 % (33.7cm/g BW). The pH of the stomach and cecum did not change, with mean values of 4.1 and 6.6, respectively. The results suggest that the intake of diets with high levels of neutral detergent fiber increases the weight and length of the gastrointestinal tract.

Key words: absolute weight, insoluble fiber, guinea pig, requirements, relative length.

1. INTRODUCCIÓN

En Ecuador, la producción de cuyes se ha convertido en una importante alternativa económica siendo una de las actividades pecuarias más importantes del país. Según menciona Moreta (2017), de la Revista Líderes, en el año 2016, mediante una proyección realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC), y los resultados del Censo Agropecuario del 2011, se estimó que la producción de *cavia porcellus* total del país fue de 6.6 millones, de los cuales, 4.9 millones se producen en las provincias de Azuay, Tungurahua, Chimborazo y Cotopaxi, siendo estas provincias líderes en la producción del país con un 74,3 % del total. La producción de cuyes en su mayoría es de tipo familiar-tradicional, constituye un producto alimenticio de alto valor nutricional que contribuye a la seguridad alimenticia de la población rural de escaso recurso (Chauca, 1997).

Se conoce que la fibra es uno de los principales componentes de la dieta del cuy, cuyos niveles varía de 6 a 18 % según la etapa de desarrollo, este componente tiene importancia no solo por la capacidad que tienen los cuyes de digerirla, sino que su inclusión es necesaria para la digestibilidad de otros nutrientes permitiendo aumentar la productividad y mejorar la rentabilidad de la producción del cuy (Chauca, 1997).

Estudios han evidenciado que el cuy posee un ciego voluminoso más eficiente en la digestión de fibra que conejos e incluso caballos, esto debido a que no hay retención de ninguna de las fases de digestión en su intestino posterior, así mismo, contiene concentraciones de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) similares a los del rumen bovino, se ha estimado que dichos ácidos son equivalentes al 31 % de la tasa metabólica basal del animal, esto sugiere que el cuy tiene alta capacidad para obtener energía de materiales fibrosos. (Sakaguchi *et al.*, 1997)

Se conoce que la fibra es un ingrediente importante en el desarrollo del cobayo, pero el efecto de diferentes niveles de fibra en el tracto digestivo en la actualidad está

limitado. Es por ello que en el presente trabajo se plantearon los siguientes objetivos:

- Evaluar el efecto de los niveles de fibra sobre el peso absoluto y relativo de órganos digestivos con contenido.
- Determinar el efecto de los niveles de fibra sobre la longitud absoluta y relativa del intestino delgado.
- Determinar el efecto de los niveles de fibra sobre el pH del estómago y ciego.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 IMPORTANCIA DEL CUY

El cuy es un mamífero roedor originario de la zona andina de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú. El cuy constituye un producto alimenticio de alto valor nutricional que contribuye a la seguridad alimentaria de la población rural de escasos recursos (Chauca, 1997), al poseer una carne saludable, esto se fundamenta en la calidad proteica y su bajo contenido de colesterol y grasas considerándose una fuente alternativa de proteína animal en la alimentación de consumidores con necesidades proteicas elevadas (Santos, 2007).

2.2 DESCRIPCIÓN ZOOLOGICA

En la escala zoológica que menciona Chauca (1997), se ubica al cuy dentro de la siguiente clasificación

- Orden: Rodentia
- Suborden: Hystricomorpha
- Familia: *Caviidae*
- Género: *Cavia*
- Especie: *Cavia porcellus* Linnaeus

2.3 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Según menciona Hargaden (2012), el conejillo de indias doméstico es descendiente del conejillo de indias salvaje (*Cavia aparea*), es un roedor herbívoro histri-comorfo con cuerpo robusto, cuello y extremidades cortas y sin cola.

2.3.1. Anatomía Externa

El cuy posee una cabeza relativamente grande en relación a su cuerpo, sus orejas son por lo general caídas, ojos redondos con tonalidades que varían en claro y oscuro, hocico cónico con fosas nasales pequeñas (Cooper y Schiller, 1975), su fórmula dentaria es $2(I\ 1/1C\ 0/0\ PM\ 1/1\ M\ 3/3) = 20$ (Harknessn *et al.*, 2002), con los incisivos superiores más cortos que los inferiores (Nixon, 1974).

Su tórax está conformado por 14 pares de costillas de los cuales 6 pares son verdaderas y los 7-9 pares restantes son falsas o flotantes (Hargaden, 2012).

Su esqueleto apendicular según Cooper y Schiller (1975) presenta miembros anteriores más cortos que los posteriores con 4 dígitos en los pies delanteros y tres dígitos en los traseros siendo sus uñas más largas en estos últimos.

2.4 FISIOLOGÍA DIGESTIVA DEL CUY

El sistema digestivo comienza con la cavidad oral y termina en el ano. Además, contiene órganos accesorios que ayudan a la digestión y que incluyen los dientes, las glándulas salivales, el páncreas, el hígado y la vesícula biliar (Cooper y Schiller, 1975).

La fisiología digestiva según Chauca (1997), estudia los mecanismos que transfieren los nutrientes desde el medio externo al interno que son conducidos a través

del sistema circulatorio a cada célula del organismo, este proceso comprende la ingestión, digestión y absorción de los nutrientes y el transporte de los mismos a través del tracto digestivo.

El cuy, especie herbívora monogástrica, tiene un estómago donde se inicia su digestión enzimática y un ciego funcional donde se realiza la fermentación bacteriana (Chauca, 1997) destacando que, a nivel de estómago no existe absorción de nutrientes (Solorzano, 2014).

De acuerdo con Van Soest (1994), el cuy está clasificado según su anatomía gastrointestinal como fermentador post-gástrico debido a los microorganismos que presenta a nivel del ciego.

Las cuatro regiones del estómago incluyen el cardias, el fondo, el cuerpo y el píloro (Potter *et al.*, 1956) , En el estómago se segrega el HCl (ácido clorhídrico), disuelve el alimento y lo transforma en quimo, así mismo, destruye las bacterias ingeridas siendo ésta su función protectora (Chauca, 1997), algunas proteínas y carbohidatos son degradados pero no llegan a la formación de aminoácidos ni glucosa y las grasas no sufren modificaciones (Solorzano, 2014).

La secreción de pepsinógeno, al ser activada por el HCl, se convierte en pepsina, la cual degrada las proteínas y las convierte en polipéptidos, así como también en algunas amilasas, que degradan a los carbohidratos, y en lipasas, que degradan a las grasas. Segrega también la gastrina, sustancia que regula la motilidad y que es esencial en la absorción de la vitamina B12 a nivel del intestino delgado. (Aliaga *et al.*, 2009)

Después de la cecotrofia, la región fúndica del estómago actúa como una cavidad de almacenamiento para los cecotrofos. Por lo tanto, el estómago está secretando continuamente y el pH es ácido. El pH estomacal oscila entre 1 y 5, dependiendo del lugar de determinación (región fúndica frente a región cardio-pilórica), de la presencia o ausencia de heces blandas, del tiempo transcurrido desde la ingesta de alimentos y de la edad del animal. (Carabaño *et al.*, 2010)

Seguidamente se encuentra el intestino delgado que tiene aproximadamente 125cm de longitud, está formado por muchas espirales que dificultan mucho la localización de las distintas porciones que son: duodeno, yeyuno e íleon (Potter *et al.*, 1956). Es la parte más larga del tracto alimentario, de las tres secciones, el duodeno es la más corta (10-12cm de largo), el yeyuno la más larga con 95cm y el íleon mide unos 10 cm (Cooper y Schiller, 1975).

En el intestino delgado ocurre la mayor parte de la digestión y absorción, especialmente en la primera sección denominada duodeno, en este nivel se encuentran monosacáridos, aminoácidos y ácidos grasos de cadena corta (AGCC), acetato, propionato y butirato, capaces de cruzar las células epiteliales intestinales y llegar a los vasos sanguíneos y a los vasos linfáticos (Aliaga *et al.*, 2009)

El movimiento de la ingesta a través del estómago e intestino delgado es rápido, no demora más de 2h en llegar la mayor parte de la ingesta al ciego (Chauca, 1997). La flora gastrointestinal está formada por organismos Gram-positivos que son similares a la flora del conejo.

En el cuy, el intestino grueso es un órgano sumamente desarrollado. Comprende el ciego, colon ascendente, colon transverso, colon descendente, recto y ano. En el colon ascendente destacan la ampolla y el asa espiral (Jara *et al.*, 2019).

Según Solorzano (2014), los alimentos no digeridos, agua no absorbida y las secreciones de la parte final del intestino delgado pasan al intestino grueso donde no existe digestión enzimática, pero sí una fermentación posgástrica de los alimentos fibrosos que ingiere debido a que posee un ciego funcional desarrollado. Según Hargaden (2012), en el intestino grueso, los lactobacilos anaerobios son el organismo más común.

El intestino grueso se divide a su vez en colon proximal y colon distal, el colon proximal, junto con el ciego, funciona como el sitio principal en el intestino posterior para la retención de residuos alimenticios y materiales endógenos para la fermentación microbiana (Hume, 1997).

Según Potter *et al.* (1956), el ciego es un órgano grande de unos 6.5 pulgadas de un extremo al otro. Constituye cerca del 15 % del peso total (Chauca, 1997) y comunica con el íleon por medio del orificio ileal y con el colon por medio del orificio cecocólico (Jara *et al.*, 2019), el ciego puede contener hasta el 65 % del contenido gastrointestinal total (Harknessn *et al.*, 2002).

El pasaje del contenido de la ingesta por el ciego es más lento pudiendo permanecer en él por 48h (Chauca, 1997). Se conoce que la celulosa en la dieta retarda los movimientos del contenido intestinal permitiendo una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes, siendo en el ciego y el intestino grueso, donde se realiza la absorción de AGCC (Gómez y Vergara, 1993).

La celulosa almacenada fermenta por acción microbiana existente en el ciego dando como resultado un buen aprovechamiento de la fibra. En el ciego las bacterias en su mayoría son gram negativas, sintetizan ácidos grasos volátiles (son los principales productos de la fermentación microbiana de los carbohidratos), proteína microbiana y vitamina B, las que pueden ser aprovechadas por el animal mediante el proceso de cecotofia para un buen rendimiento productivo (Jara *et al.*, 2019).

El tiempo de vaciado gástrico es de 2 horas y el tiempo de tránsito gastrointestinal es de aproximadamente 20 horas (rango 8-30) (Harknessn *et al.*, 2002). El tiempo de tránsito gastrointestinal aumenta a 66 horas cuando se incluye la coprofagia. La prevención de la coprofagia tiene como resultado de la fibra, un aumento de la excreción de minerales y pérdida de peso (Hargaden, 2012). Finalmente, todo el material no digerido llega al recto y es eliminado a través del ano.

2.5 NECESIDADES NUTRITIVAS DEL CUY

Según Aliaga *et al.* (2009), las necesidades nutricionales se refieren a los niveles de nutrientes que los cuyes requieren y que deben ser suplidos en su ración. Estas son necesidades para mantenimiento, producción, crecimiento, gestación, y lactancia.

Una característica del cobayo es que, al igual que los primates, es una de las pocas especies incapaces de sintetizar su propia vitamina C; ésta debe ser suministrada en la dieta o en el agua de bebida en forma de ácido ascórbico (Buckland, 1981). Al igual que en otros animales, los nutrientes requeridos por el cuy son: agua, proteína (aminoácidos), fibra, energía, ácidos grasos esenciales, minerales y vitaminas. Los requerimientos dependen de la edad, estado fisiológico, genotipo y medio ambiente donde se desarrolla la crianza (Aliaga *et al.*, 2009).

2.6 FIBRA

La fibra se define como materia vegetal insoluble que no es digerible por las enzimas proteolíticas y diastásicas y que no puede ser utilizada excepto por fermentación microbiana en el tracto digestivo de los animales (Soest y Wine, 1967), generalmente representa del 30 al 80 % de la materia orgánica en los cultivos forrajeros. La materia orgánica restante, las células solubles, es casi completamente digerible.

El término fibra en anatomía vegetal está asociado a los componentes fibrosos de la pared celular, éstas engloban estructuras complejas como la hemicelulosa, celulosa y lignina, siendo estos sus componentes principales (García *et al.*, 2008). Es así que los carbohidratos presentes en la materia seca del alimento se dividen en dos fracciones: fibra detergente ácida (FDA) constituida por celulosa y lignina, y la fibra detergente neutra (FDN) que es la suma de FDA más hemicelulosa (Van Soest, 1982).

Según Gidenne *et al.* (1998), existen dos grupos principales de componentes de la DF (fibra dietética) según su ubicación, estructura química y propiedades:

Componentes de la pared celular:

- Polisacáridos no amiláceos solubles en agua, por ejemplo, parte de los beta-glucanos, arabinosilanos y sustancias pécticas.

- Polímeros insolubles en agua: lignina, celulosa, hemicelulosas y sustancias pécticas.

Componentes del citoplasma:

- Oligosacáridos, fructanos, almidón resistente y mananos.

2.6.1. Métodos para la Determinación de la Fibra

Según menciona García *et al.* (2008) , los métodos utilizados para medir el contenido de fibra en los alimentos se dividen en tres categorías, estas son:

- Métodos gravimétricos: miden un residuo indigerible después de una solubilización química o enzimática de los constituyentes no fibrosos de los alimentos
- Métodos colorimétricos: emplean reacciones químicas que producen complejos coloreados con los carbohidratos, que pueden ser determinados por espectrofotometría a una determinada longitud de onda.
- Métodos cromatográficos: emplean la cromatografía de gas líquido (GLC), los componentes monoméricos de los polisacáridos de la fibra, son liberados por hidrólisis ácida, separados y contados por (GLC) (García *et al.*, 2008).

En cuanto al Método Gravimétrico, uno de esos métodos, es el de Soest (1963) conocido como el método de Fibra por Detergente Acido (FDA), que determina principalmente celulosa y lignina y el otro método, lo constituye el descrito por Soest y Wine (1967) ; el cual utiliza Detergente Neutro (FDN). En ambos métodos, se utilizan sustancias químicas (detergentes) que solubilizan todo material diferente a la fibra, quedando un residuo vegetal insoluble.

Actualmente ningún método es totalmente adecuado para cuantificar o fraccionar la FD (fibra dietética), se han desarrollado varios métodos para estimar el contenido de FD en los alimentos para animales, pero ninguno corresponde a una fracción

precisa de FD. La metodología gravimétrica tradicional no cuantifica los oligosacáridos solubles de bajo peso molecular como recomiendan las definiciones de FD, ante esto, el método analítico incorpora el uso de la cromatología líquida para medir los oligosacáridos en el líquido residual.

En el método de Van Soest de 1967, el método de la FDN se diseñó para aislar los componentes insolubles de la FD en los PCW¹ (pared celular vegetal) utilizando una solución de detergente neutro caliente-celulosa, hemicelulosas y ligninas (Gidenne *et al.*, 1998). Dicho método ha sido criticado por la pérdida de componentes de la pared celular, por los valores de digestibilidad no esperados entre la fibra en el detergente neutro y en el detergente ácido (Jaimes *et al.*, 2018) y debido a la variable entre laboratorios, esta se debe en parte a los procedimientos que se usen para realizarlo (con amilasa termoestable y/o sulfito de sodio o no, sin cenizas o no) (Gidenne *et al.*, 1998).

En el método de la fibra detergente ácida (ADF) aísla la celulosa y las ligninas utilizando solución detergente ácida caliente, diseñado para realizarse después del análisis de FDN, ya que las pectinas se retienen cuando se realiza directamente, dicho método es útil para predecir el valor energético de la dieta. Finalmente, la fracción de la lignina se aísla del residuo de ADF tras la eliminación de la celulosa utilizando una solución de ácido fuerte a temperatura ambiente (Gidenne *et al.*, 1998).

2.6.2. La Fibra en la Alimentación de Cuyes

Según menciona Gidenne *et al.* (1998), la importancia de la fibra se debe a su influencia en la velocidad de paso de la digesta y la funcionalidad de la mucosa, y su papel como sustrato de la microbiota.

Así mismo, por la capacidad que tienen los cuyes de digerirla y porque su inclu-

¹Los PWC consisten en una serie de polisacáridos a menudo asociados y/o sustituidos por gluco-proteínas (extensina), compuestos fenólicos y ácido acético, junto con, en algunas células, el polímero fenólico lignina

si3n es necesaria para favorecer la digestibilidad de otros nutrientes, ya que retarda el pasaje del contenido alimenticio a trav3s del tracto digestivo. Los porcentajes de fibra de concentrados utilizados para la alimentaci3n de cuyes van de 5 al 18 % y su aporte esta dado por el consumo de forrajes esenciales para la alimentaci3n de los cuyes (Chauca, 1997).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES

3.1.1. De Campo

- 200 cuyes tipo 1A, machos
- Jaulas
- Comederos
- Bebederos tipo niple
- Registros
- Picadora
- Balanza analítica
- pH metro
- Cinta métrica
- Escobas
- Rótulos de identificación para cada tratamiento
- Baldes plásticos
- Overol
- Botas
- Mallas

- Alambre
- Bridas de plástico
- Alicate corte diagonal
- Alicate universal
- Equipo de disección
- Termómetro ambiental
- Guantes
- Regulador de presión de agua
- Mezcladora de balanceado
- Cal
- Formaldehído

3.1.2. De Oficina

- Computadora
- Esferográficos
- Calculadora
- Teléfono celular

3.2 MÉTODOS

3.2.1. Ubicación del Experimento

La presente investigación se la realizó en las instalaciones de la Quinta Experimental Punzara de la Universidad Nacional de Loja situada en la parte sur de la hoya de Loja. De acuerdo a PNUMA y Municipio (2007), la ciudad de Loja se sitúa a 2100 m s.n.m., el clima es temperado-ecuatorial subhúmedo y su temperatura promedio es de 16 °C.

3.2.2. Descripción y Adecuación de Instalaciones

Se adecuó el galpón del área de experimento de cuyes, ubicado en la Quinta Experimental Punzara. Las instalaciones se limpiaron y desinfectaron con una mezcla de cal y formaldehído. Se equipó con jaulas metálicas de malla galvanizada con dimensiones de 35cm x 25cm x 20cm, las mismas que contaron con su respectivo comedero y bebedero niple para cada unidad experimental. Los animales contaron con iluminación natural de 12 horas luz y 12 de oscuridad. La temperatura se mantuvo entre 11 y 21°C y la humedad relativa entre 55-85 %.

3.2.3. Descripción e Identificación de las Unidades Experimentales

Las unidades experimentales fueron 200 cuyes machos de línea mejorada tipo A1, destetados, con un peso promedio de 390 ± 96 g, provenientes del criadero de cuyes San Ignacio de Purunuma del cantón Gonzanamá, los mismos que fueron distribuidos al azar en 25 unidades experimentales para cada tratamiento, cada unidad experimental se constituyó por dos animales por alojamiento, las mismas fueron colocadas en sus jaulas e identificadas con su respectivo letrero.

3.2.4. Descripción de los Tratamientos

Se formularon cuatro dietas isoenergéticas e isoproteicas con aproximadamente 2700 kcal/kg de energía digestible y 15 % de PB, teniendo como única variación los niveles de fibra neutro detergente que corresponden a 34,38, 42 y 46 %.

Tabla 1: Composición nutricional y de ingredientes de las dietas de crecimiento para cobayos.

	Niveles de inclusión de FND			
	34 %	38 %	42 %	46 %
<i>Composición de los ingredientes, g / kg</i>				
Cema de trigo	47,6	47,6	47,6	18,8
Trigo	30,5	14,5	0,81	0,00
Paja de arroz	28,9	28,9	28,9	28,9
Chilena	25,7	38,3	50,6	74,5
Soja	21,5	22,1	22,2	24,2
Aceite de palma	4,79	7,71	9,83	12,4
Melaza	5,10	5,10	5,10	5,10
Sal	0,48	0,47	0,46	0,44
L-Lisina-HCl	0,67	0,70	0,73	1,71
DL-Metionina	0,25	0,27	0,29	0,33
Treonina	0,43	0,47	0,51	0,58
Premezcla	0,34	0,34	0,34	0,34
Vitamina C	0,05	0,05	0,05	0,05
Carbonato de calcio	3,43	3,35	2,39	2,08
Fosfato monocalcico	0,00	0,00	0,00	0,45
Atrapador	0,17	0,17	0,17	0,17
<i>Composición química, % MS</i>				
E. Digestible, kcal/kg	2700	2700	2700	2700
Materia seca	100	100	100	100
Cenizas	11,1	11,8	11,7	13,5
Extracto etéreo	6,82	8,09	8,93	11,0
Proteína cruda	16,8	16,7	16,1	14,3
Fibra cruda	9,89	13,8	13,6	17,3
Fibra neutro detergente	41,4	42,6	41,2	48,2
Fibra ácido detergente	19,7	20,8	21,7	28,2
Lignina detergente ácida	2,79	3,36	3,36	4,05

3.2.5. Manejo de Animales

Se recibió los animales, se pesaron y fueron colocados aleatoriamente en las jaulas experimentales, se trabajó con una ración de 700 g de alimento semanal, se procedió a suministrar las dietas de acuerdo a los tratamientos establecidos, para lo cual se realizó un periodo de adaptación de 7 días, posteriormente se suministró en una frecuencia de dos veces al día, 7am y 4pm, por el lapso de ocho semanas.

3.2.6. Diseño Experimental

Se utilizó un diseño completamente aleatorio (DCA) en la que cada animal fue asignado al azar a cada uno de los cuatro tratamientos.

3.2.7. Variables de Estudio

Las variables de estudio fueron:

- Peso absoluto de órganos digestivos con contenido.
- Peso relativo de órganos digestivos con contenido.
- Longitud absoluta y relativa del intestino delgado.
- pH del estómago y del ciego.

3.2.8. Toma y Registro de Datos

3.2.8.1. Peso absoluto de órganos digestivos.

Se tomó una muestra de 32 animales (8 por tratamiento), los mismos que fueron sacrificados utilizando el método de aturdimiento con golpe cervical e inmediato

degüello, método que convencionalmente se utiliza en el beneficio comercial de cuyes, se extrajo el tracto digestivo total (TDT) de cada uno, se pesó en balanza analítica el TDT y luego por secciones.

3.2.8.2. Peso relativo de órganos digestivos.

Para determinar esta variable se usó la siguiente fórmula:

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

3.2.8.3. Longitud absoluta y relativa del intestino delgado.

Estos datos se obtuvieron del intestino delgado con ayuda de una cinta métrica. Para obtener las longitudes relativas se usó la siguiente fórmula:

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

3.2.8.4. pH del estómago y del ciego.

Para determinar dicha variable se utilizó un peachímetro, se calibró el mismo con soluciones buffer pH7 y pH4, posteriormente se procedió a medir el pH del estómago y ciego, se esperó estabilidad del valor y se registraron los datos.

3.2.9. Análisis Estadístico

Se hizo un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el programa estadístico GLM del SAS (SAS University Edition, 2019) en la que se incluyó el factor principal de variación que fue, los niveles de fibra de los tratamientos, para la comparación de medias se usó un t- test protegido. Los valores $P < 0.05$ fueron considerados como significativos.

4. RESULTADOS

4.1 PESO ABSOLUTO DEL TRACTO DIGESTIVO

El efecto de alimentar cuyes con diferentes niveles de fibra insoluble en el peso absoluto del tracto digestivo y sus secciones son presentados en la tabla 2 .

Tabla 2: Efecto de diferentes niveles de FND de la dieta de cuyes de engorde en el peso absoluto del tracto digestivo total y en diferentes secciones del mismo.

	Niveles de inclusión de FND				EEM ¹	P-valor
	34 %	38 %	42 %	46 %		
Peso vivo (PV), g	1044 ^a	879 ^b	800 ^c	733 ^c	26,8	<0,001
Tracto digestivo total	183 ^b	217 ^a	179 ^b	187 ^b	9,44	0,034
Estómago	45,7	58,7	48,5	50,6	6,30	0,516
Intestino delgado	37,6	37,3	35,0	36,9	2,56	0,887
Ciego	49,6 ^b	63,2 ^a	48,7 ^b	50,5 ^b	3,08	0,007

a, b y c Letras muestran diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre las medias encontradas en las filas

¹ Error estándar de la media, n=8

En el presente estudio se observó que el nivel de inclusión de FND en las dietas afectó al peso del tracto digestivo total ($P=0,034$); en los que el tracto digestivo total de los animales que consumieron los niveles de 34, 42 y 46 % de FND mostraron pesos similares, siendo en promedio un peso de 183 g, el cual es un 16 % menor al peso que se obtuvo en el tracto digestivo total de los animales que consumieron la dieta con un nivel del 38 % de FND.

En lo que respecta al peso del estómago no se observaron diferencias ($P=0,516$); dándonos un peso promedio de 50,9 g.

De igual manera, el peso absoluto del intestino delgado no presentó diferencias

significativas ($P= 0,887$) entre estos niveles; dando como peso promedio un 35,7 g.

Finalmente, la inclusión de FND en las dietas afectó el peso absoluto del ciego ($P=0,007$); en la que los animales que consumieron el nivel de 38 % obtuvieron un peso de 63,2g, el cual fue superior a los obtenidos en los animales que consumieron los niveles de 34, 42 y 46 % de FND cuyo peso promedio fue 49,6g.

4.2 PESO RELATIVO DEL TRACTO DIGESTIVO

El efecto de alimentar cuyes con diferentes niveles de fibra insoluble en el peso relativo del tracto digestivo y sus diferentes secciones son presentadas en la tabla 3. El peso relativo se calcula como porcentaje del peso vivo para reducir la variabilidad de estas medidas y separarlas del efecto del peso vivo de los animales.

Tabla 3: Efecto de diferentes niveles de FND de la dieta de cuyes de engorde en el peso relativo del tracto digestivo total y en diferentes secciones del mismo.

Peso relativo, % de PV	Niveles de inclusión de FND				EEM ¹	P-valor
	34 %	38 %	42 %	46 %		
Tracto digestivo total	17,5 ^a	24,7 ^b	22,8 ^b	25,4 ^b	1,06	<0,001
Estómago	4,36	6,73	6,18	6,81	0,75	0,098
Intestino delgado	3,59 ^a	4,24 ^{ab}	4,44 ^{ab}	5,09 ^b	0,34	0,036
Ciego	4,75 ^a	7,20 ^b	6,13 ^c	6,84 ^{bc}	0,32	<0,001

a, b y c Letras muestran diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre las medias encontradas en las filas

¹ Error estándar de la media, n=8

La inclusión de FND en las dietas afectó al peso relativo del tracto digestivo total ($P < 0, 001$), en el que los animales que consumieron las dietas con niveles de 38, 42y 46 % mostraron pesos similares, teniendo un peso promedio de 21 %, el cual es un 16,5 % mayor al peso que se obtuvo en los animales que consumieron la dieta con un nivel de 34 %.

Así mismo, en el peso relativo del estómago no se observaron diferencias signifi-

cativas ($P=0,098$); con un peso promedio de 6,02 %.

En lo que respecta al intestino delgado, la inclusión de FND en las dietas afectó al peso relativo ($P=0,036$); donde los animales que consumieron la dieta con inclusión del 34 % de FND tuvieron un peso de 3,59 %, lo que es un 29,5 % menor a los que consumieron la dieta con inclusión de 46 % de FND. En lo que respecta a los animales que consumieron las dietas con inclusión de 38 y 42 % de FND, fueron similares entre sí, teniendo un promedio de 4,34 %.

Por último, el peso relativo del ciego presentó diferencias ($P=< 0,001$); en los que el peso relativo del ciego de los animales que consumieron el nivel de 38 % fue 7,20 %, el cual es superior a los pesos de los animales que consumieron las dietas con niveles de 34,42 y 46 % que corresponden a 4,75; 6,13 y 6,84 % respectivamente; por otro lado, los animales que consumieron la dieta con 34 % de inclusión de FND cuyo peso fue de 4,75 %, es inferior a los pesos con la inclusión de 38, 42 y 46 % de FND en la dieta.

4.3 LONGITUD ABSOLUTA Y RELATIVA DEL INTESTINO DELGADO

El efecto de alimentar cuyes con diferentes niveles de fibra insoluble en el peso relativo del tracto digestivo y sus secciones son presentadas en la tabla 4.

Tabla 4: Efecto de diferentes niveles de FND de la dieta de cuyes de engorde en la longitud absoluta y relativa del intestino delgado.

	Niveles de inclusión de FND				EEM ¹	<i>P</i> -valor
	34 %	38 %	42 %	46 %		
Longitud absoluta, cm						
Intestino delgado	248	237	230	243	8,47	0,485
Longitud relativa, cm/g PV						
Intestino delgado	23,8 ^a	27,2 ^{ab}	29,1 ^{bc}	33,7 ^c	1,71	0,003

a, b y c Letras muestran diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre las medias encontradas en las filas

¹ Error estándar de la media, n=8

El efecto de la inclusión de niveles de FND sobre la longitud absoluta del intestino delgado, no presentó diferencias ($P=0,48$), teniendo como longitud media de 239 cm. Por otro lado, el efecto de la inclusión de niveles de FND sobre la longitud relativa del mismo, si presentaron diferencias ($P= 0,003$); siendo así que, la longitud del tratamiento con 46 % de inclusión de FND fue superior a la longitud de los tratamientos con 34,38 y 42 % de FND; así mismo la longitud más baja registrada corresponde a la inclusión del 34 % de FND, cuyo valor es de 23,8cm.

4.4 pH DE ESTÓMAGO Y DE CIEGO

El efecto de alimentar cuyes con diferentes niveles de fibra insoluble en el pH del estómago y ciego, son presentados en la tabla 5.

Tabla 5: Efecto de diferentes niveles de FND de la dieta de cuyes de engorde en el pH del estómago y del ciego.

	Niveles de inclusión de FND				EEM ¹	<i>P-valor</i>
	34 %	38 %	42 %	46 %		
Estómago	3,98	4,55	4,30	3,67	0,37	0,395
Ciego	6,56	6,65	6,66	6,72	0,10	0,719

¹ Error estándar de la media, n=8

Respecto al pH del contenido del estómago ($P=0,395$) y del ciego ($P=0,719$), no se detectaron diferencias entre los diferentes niveles de inclusión de FND en las dietas, cuyos valores medios fueron 4,1 y 6,6 respectivamente.

5. DISCUSIÓN

5.1 PESO RELATIVO DEL TRACTO DIGESTIVO

La fibra ejerce efectos fisiológicos en el tracto gastrointestinal (TGI), esto depende del tipo de fibra, proceso a la que fue sometida y características del animal como su peso y edad (Savón, 2002). De hecho, las mediciones realizadas en este estudio confirmaron que el peso relativo del TDT, estómago, intestino delgado (ID) y ciego aumentaron cuando se incrementó el nivel de FND, siendo el peso superior para el ciego.

En lo que respecta al TDT, Gargallo (1980) menciona un estudio realizado por Kondra y col., 1974., donde se probó la adición de fibra en la dieta para aves de recría sobre el crecimiento intestinal, donde la adición de fibra en el tratamiento uno, aumentó el peso del tracto digestivo frente al tratamiento control, lo mismo ocurre en el trabajo de Paredes y Goicochea (2021) al probar el efecto de cinco dietas con diferentes niveles de FND y almidón en cuyes, donde el peso total del TGI varió entre 17.2 y 26.5 % para los tratamientos con menor y mayor FDN, respectivamente.

Así mismo, Jorgensen *et al.* (1996) encontraron que por cada kg de peso en vacío del estómago y ciego fueron significativamente mayores en los cerdos que consumieron la dieta rica en fibra, que en los cerdos alimentados con la dieta baja en fibra, siendo este aumento el doble para el ciego.

De la misma manera, estos resultados coinciden con las observaciones de Chao (2008) en su estudio efecto del nivel de fibra en el rendimiento y los rasgos de la digestión en conejos en crecimiento, donde el peso relativo del ciego aumentó conforme aumentaba el nivel de fibra en las dietas. En el estudio realizado por Paredes y Goicochea (2021), el peso relativo del ciego varió, siendo más bajo para los cuyes que consumieron menor FND que para los animales que consumieron más FND.

García *et al.* (1999) observó que la proporción del peso del contenido cecal con respecto al peso corporal aumentaba cuando se incrementaba el FND en la dieta, sin embargo, García *et al.* (2000) observó que la proporción del peso del contenido cecal con respecto al peso corporal (PC) disminuía cuando aumentaba la FND de la dieta, el peso del ciego sólo se correlacionaba con la proporción de lignina en FND.

En el ciego, el cual fermenta el alimento por acción microbiana para utilizar la fibra, sin embargo, emplea mayor cantidad de energía por unidad de masa corporal que rumiantes y caballos y es aquí donde se desarrolla el 65 % de la digestión gastrointestinal, alcanzando hasta 55 % de digestibilidad de la fibra detergente neutro (FDN), con una actividad hidrolítica de la fibra en el ciego, siendo esta mayor que la del conejo (Paredes y Goicochea, 2021), además, estudios han demostrado que la fibra dietética en los piensos de los pollos origina un alargamiento de los ciegos, según Eastwood (1992) es la respuesta de un ajuste fisiológico normal provocado por el aumento del tiempo de permanencia de la misma en estos órganos y de la masa microbiana y productos finales de la fermentación, lo que explicaría el mayor peso alcanzado a nivel del ciego comparado con el resto de órganos digestivos.

5.2 LONGITUD ABSOLUTA Y RELATIVA DEL INTESTINO DELGADO

La ingesta de dietas ricas en fibra puede provocar una extensión significativa del tracto gastrointestinal con un aumento adicional de la longitud, en nuestro estudio, al aumentar el nivel de FND en la dieta, aumentó la longitud del ID. Jorgensen *et al.* (1996) en su trabajo sobre la influencia de la fibra dietética en el desarrollo del tracto gastrointestinal en cerdos prueba que la longitud del ID aumentó considerablemente en los cerdos que consumieron la dieta con altos niveles de fibra frente a los cerdos que consumieron la dieta con bajos niveles de fibra. Otra situación de hipertrofia similar de los tejidos intestinales tras consumir dietas fibrosas se ha confirmado en estudios con ratas (Goodlad, 1990).

Por otro lado, se sabe que un alto consumo de fibra, por lo general, reduce el tiempo de tránsito, lo que se atribuye a un aumento de su motilidad, debido a que las celulosas son las responsables de agrupar las contracciones en el complejo mio-eléctrico. Se puede decir que existe una relación directa entre el contenido de fibra dietética insoluble (FDI) en la dieta (principalmente hemicelulosa y celulosa) y la velocidad con la que los nutrientes transitan por el TGI (Cherbut *et al.*, 1994). Es así que se ha demostrado que la fibra dietética insoluble puede acelerar el tránsito intestinal. Esta aceleración disminuye el tiempo disponible para la digestión y la absorción de nutrientes por lo que restringe su utilización. Así, los efectos de la FDI en la motilidad intestinal dependen de su nivel en la dieta y el tipo de fuente (Savón, 2002).

5.3 pH DE ESTÓMAGO Y DE CIEGO

Debido a las secreciones del ácido clorhídrico y a las continuas ingestiones de alimento, el pH del estómago se mantiene entre 1 y 2; en cuanto al ciego, las secreciones del apéndice y la fermentación bacteriana hace que se mantenga en un pH entre 7,8 a 8,0 (Gecele, 1986).

Según menciona Gidenne *et al.* (1998), el pH cecal está relacionado negativamente con las concentraciones de FND digerible de la dieta, es así entonces que el pH cecal disminuye con la inclusión en la dieta de ingredientes como pulpas de remolacha o de frutas, cáscaras de soja y alfalfa y aumenta con la inclusión de paja de cereales o cáscara de girasol, así mismo, se espera que el pH cecal esté relacionado con los AGV y el nitrógeno amoniacal, principales fuentes de iones hidrógeno e hidróxido. Para Gecele (1986), estos AGV además de jugar un rol energético, ejercen una marcada influencia sobre el pH cecal, la motilidad cecocólica y la mantención de un medio interno cecal adecuado para el desarrollo de la microflora normal.

Sin embargo, según Carabaño *et al.* (2010), el pH cecal varía de forma inversa al aumento de la concentración de AGV. En nuestra investigación, el pH del ciego se

mantiene, esto podría ser según Carabaño *et al.* (2010) por la presencia de sustancias tampón en el ciego de origen endógeno o alimentario que mantiene la estabilidad del pH cecal entre animales alimentados con diferentes dietas.

Kenagy (1979), en su trabajo reingestión de las heces en roedores y su ritmicidad diaria, midieron la masa y el pH de cuatro secciones del intestino de *D. microps* para examinar el mecanismo del cambio cíclico en la composición de las heces, encontraron que no existió variación en el pH, siendo 6,4 su valor para el ciego. Jaramillo (2017) en su trabajo determinación de las características morfofisiológicas del tracto digestivo del cuy, concluye que, los cuyes bajo condiciones normales muestran valores de pH del contenido del estómago de 1,53 siendo el mismo, ácido, y un pH casi neutral de 6,63 en el ciego.

6. CONCLUSIONES

Una vez finalizada la presente investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

- El incremento de FND en las dietas de los cuyes aumentó el peso del tracto digestivo total, siendo el intestino delgado y el ciego las secciones del tracto digestivo donde se observa en mayor magnitud este efecto.
- La longitud del intestino delgado de los cuyes aumentó con la inclusión de mayores niveles de FND en la dieta.
- En el presente trabajo no se detectaron cambios en el pH del estómago y del ciego con el incremento de FND en la dieta. el ciego las secciones del tracto digestivo donde se observa en mayor magnitud este efecto.

7. RECOMENDACIONES

Los resultados y conclusiones del presente trabajo de investigación permiten hacer las siguientes recomendaciones:

- Trabajar con al menos tres niveles más bajos de fibra neutro detergente para evaluar el efecto cuadrático de la misma sobre el tracto gastrointestinal.
- Realizar estudios de la microflora intestinal con el fin de estudiar las modificaciones que se producen al someter al cuy a una dieta de altos niveles de FND.
- Considerar la adición del 34% de FND en las dietas formuladas para cuyes ya que al peso vivo fue la dieta que mayores pesos reportó.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Aliaga, L., Moncayo, R., Rico, E., y Caycedo, A. (2009). *Producción de cuyes*. Universidad Católica Sedes Sapientiae.
- Buckland, M. (1981). *El conejillo de indias (cavia porcellus)*.
- Carabaño, R., Piquer, J., y Menoyo, I., D y Badiola. (2010). El sistema digestivo del conejo. *Nutrición del conejo*, 1–18.
- Chao, F., HY y Li. (2008). Efecto del nivel de fibra sobre el rendimiento y los rasgos de digestión en conejos en crecimiento. *Animal Feed Science and Technology*.
- Chauca, L. (1997). *Producción de cuyes (cavia porcellus)* (Vol. 138). Food & Agriculture Org.
- Cherbut, C., Des Varannes, S. B., Schnee, M., Rival, M., Galmiche, J., y Delort-Laval, J. (1994). Implicación de la motilidad del intestino delgado en la respuesta de la glucosa en sangre a la fibra dietética en el hombre. *British Journal of Nutrition* (5), 675–685.
- Cooper, G., y Schiller, A. L. (1975). *Anatomy of the guinea pig*. Harvard University Press.
- Eastwood, M. A. (1992). El efecto fisiológico de la fibra dietética: una actualización. *Revisión anual de nutrición* (1), 19–35.
- García, J., Carabaño, R., y De Blas, J. (1999). Efecto de la fuente de fibra sobre la digestibilidad de la pared celular y la velocidad de paso en conejos. *Journal of animal Science* (4), 898–905.
- García, J., Carabaño, R., Pérez, L., y De Blas, J. (2000). Efecto de la fuente de fibra sobre la fermentación cecal y el nitrógeno reciclado mediante cecotrofia en conejos. *Journal of animal Science* (3).

- García, O., Infante, R., y Rivera, C. (2008). Hacia una definición de fibra alimentaria. En *Anales venezolanos de nutrición* (Vol. 21, pp. 25–30).
- Gargallo, J. (1980). Efectos nutricionales de la utilización de fibra en las dietas de monogástricos. *Selecciones avícolas*, 22(8), 0288–292.
- Gecele, P. (1986). Fisiología digestiva del conejo adulto. *Monografías de Medicina Veterinaria*, 8(2).
- Gidenne, T., Carabaño, R., Abad, R., García, J., y De Blas, J., C y Wiseman. (1998). Digestión de fibra. *La nutrición del conejo*, 69–88.
- Gómez, B., y Vergara, V. (1993). *Fundamentos de nutrición y alimentación. i curso nacional de capacitación en crianzas familiares, págs. 38-50* (Inf. Téc.). INIA-EELM-EEBI.
- Goodlad, J., JS y Mathers. (1990). Fermentación del intestino grueso en ratas que recibieron dietas que contienen guisantes crudos (*pisum sativum*). *British Journal of Nutrition* (2), 569–587.
- Hargaden, L., Maureen y Singer. (2012). Anatomía, fisiología y comportamiento. En Elsevier (Ed.), *El conejo de laboratorio, el conejillo de indias, el hámster y otros roedores*.
- Harknessn, J., Murray, K., y Wagner, J. (2002). Biología y enfermedades de los conejillos de indias. *Medicina animal de laboratorio*, 203.
- Hume, I. D. (1997). Fermentación en el intestino grueso de los mamíferos. En *Microbiología gastrointestinal* (p. 84-115). Springer.
- Jaimes, L., Giraldo, A. M., y Correa, H. (2018). De parmentier a van soest y más allá: un análisis histórico del concepto y métodos de determinación de la fibra en alimentos para rumiantes. *Livestock Research for Rural Development*, 30.

- Jara, M., Valencia, R., Chauca, L., y Torres, L. (2019). Contribución al estudio anatómico e histológico del ciego del cuy (*cavia porcellus*) raza Perú. *Salud y Tecnología Veterinaria; Vol. 6 Núm. 2 (2018): Julio-Diciembre: 100-114.*
- Jaramillo, A. (2017). *Determinación de las características morfofisiológicas del tracto digestivo del cuy (cavia porcellus)* (tesis). Loja: UNL.
- Jorgensen, H., Zhao, X.-q., y Eggum, B. (1996). La influencia de la fibra dietética y la temperatura ambiental en el desarrollo del tracto gastrointestinal, la digestibilidad, el grado de fermentación en el intestino posterior y el metabolismo energético en los cerdos. *Revista británica de nutrición* (3), 365–378.
- Kenagy, D. F., GJ y Hoyt. (1979). Reingestión de heces en roedores y su ritmo diario. *Oecologia* (3), 403–409.
- Moreta, M. (2017). El cuy crece en la región central del ecuador. *Líderes.*
- Nixon, J. M. (1974). Breathing pattern in the guinea-pig. *Laboratory Animals*, 8(1), 71-77.
- Paredes, M., y Goicochea, E. (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 Perú*, 32(1).
- PNUMA, y Municipio. (2007). Perspectivas del medio ambiente urbano: Loja. *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambientë, Loja, Ecuador: Loja, Ecuador.*
- Potter, G., Rabb, E., Gibbs, L. W., y Medlen, A. (1956). Anatomía del sistema digestivo del conejillo de indias (*cavia porcellus*), 232–234.
- Sakaguchi, E., Itoh, H., Kohno, T., Ohshima, S., y Mizutani, K. (1997). Fiber digestion and weight gain in guinea pigs fed diets containing different fiber sources. *Experimental animals*, 46(4), 297–302.

- Santos, V. (2007). Importancia del cuy y su competitividad en el mercado. *Arch. Latinoamérica de Producción Animal*, 15(1), 216–217.
- 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.
- Soest, V. (1963). Uso de detergentes en el análisis de alimentos fibrosos. ii, un método rápido para la determinación de fibra y lignina. *Diario de la Asociación de Químicos Agrícolas Oficiales* (5), 829–835.
- Soest, V., y Wine, R. (1967). Uso de detergentes en el análisis de alimentos fibrosos. iv. determinación de los componentes de la pared celular de las plantas. *Diario de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales* (1), 50–55.
- Solorzano, J. (2014). *Crianza, producción y comercialización de cuyes*. Editorial Macro.
- Van Soest, P. J. (1982). *Nutritional ecology of the ruminant*. o & b books. Inc., Corvallis, OR, 267.
- Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant*. Cornell university press.

ANEXOS



Figura 1: Recolección de materia prima.



Figura 2: Uso de picadora para procesamiento de la materia prima.



Figura 3: Secado de materia prima.



Figura 4: Picadora para disminución de tamaño de partícula.



Figura 5: Elaboración de dietas en planta de balanceados.



Figura 6: Adecuación de instalaciones para recepción de cobayos.



Figura 7: Desinfección de instalaciones previo ingreso de cobayos.



Figura 8: Unidades experimentales.



Figura 9: Pesaje semanal de alimento y animales.



Figura 10: Disección de los cobayos.



Figura 11: Toma de medidas de intestino delgado.



Figura 12: Pesaje de TDT, ID, estómago y ciego.



Figura 13: Medición de pH de estómago y ciego.



Figura 14: Control de temperatura y humedad ambiental.

JAULA	TRATAMIENTO	FECHA		ALIM. SOBRANTE		FECHA		ALIM. SOBRANTE		FECHA		ALIM. SOBRANTE	
		PESO VIVO											
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													



 Universidad Nacional de Loja

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
CENTRO i+D+i de Nutrición Animal
 Evaluación de diferentes niveles de fibra en el cebo de cuyes

Figura 15: Registro de control de alimento y pesos semanales.

 Universidad Nacional de Loja CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA CENTRO I+D+i de Nutrición Animal Evaluación de diferentes niveles de fibra en el cebo de									
IDENTIFICACION	PESO VIVO	PESO DIG. TOTAL	PESO DE ESTÓMAGO	PESO DE I.D.	PESO DE CIEGO	LARGO DE I.D.	pH DE ESTÓMAGO	pH DE CIEGO	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									

Figura 16: Registro para la toma de datos de variables.