



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
FACULTAD AGROPECUARIA Y DE
RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE MEDICINA
VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**“DETERMINACION DE CARACTERISTICAS MORFO-
FISIOLOGICAS DEL TRACTO DIGESTIVO DEL CUY (*Cavia*
porcellus)”**

*Tesis previa a la
obtención del Título de
Médico Veterinario
Zootecnista*

AUTOR:

Alex Mauricio Ramón Jaramillo

DIRECTOR:

Dr. Teddy Manuel Maza Tandazo

Loja – Ecuador
2017

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Dr. Teddy Manuel Maza Tandazo Mg Sc

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Que he revisado la presente tesis titulada “**DETERMINACION DE CARACTERISTICAS MORFO-FISIOLOGICAS DEL TRACTO DIGESTIVO DEL CUY (*Cavia porcellus*)**”, realizado por el egresado ALEX MAURICIO RAMON JARAMILLO, la misma que cumple con todos los lineamientos normados por la Universidad Nacional de Loja, por lo cual, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

Loja, 24 de mayo del 2017

Atentamente,



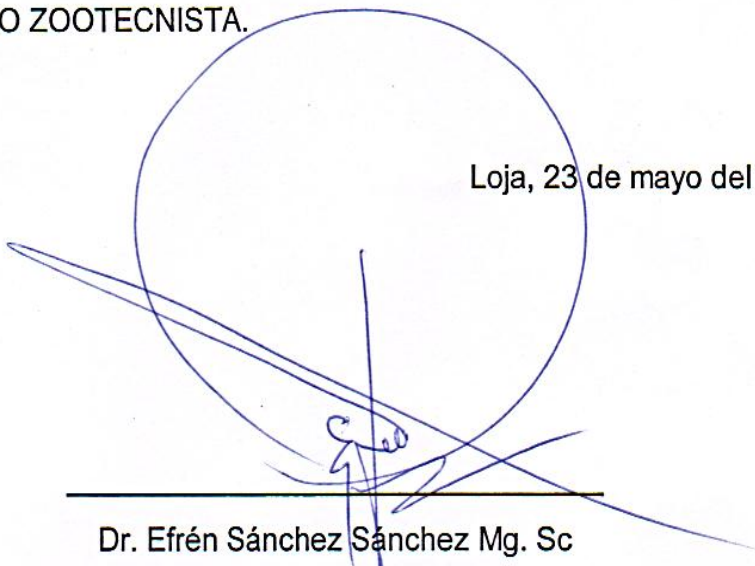
.....
Dr. Teddy Manuel Maza Tandazo Mg Sc.
DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Que luego de haber procedido a la calificación de Tesis escrita del trabajo de investigación titulado “**DETERMINACION DE CARACTERISTICAS MORFO-FISIOLOGICAS DEL TRACTO DIGESTIVO DEL CUY (*Cavia porcellus*)**”, del señor egresado ALEX MAURICIO RAMON JARAMILLO, y al haber constatado que se ha incluido en el documento las observaciones y sugerencias realizadas por los miembros del tribunal autorizamos continuar con los trámites como requisito previo a la obtención del título de: **MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA.**

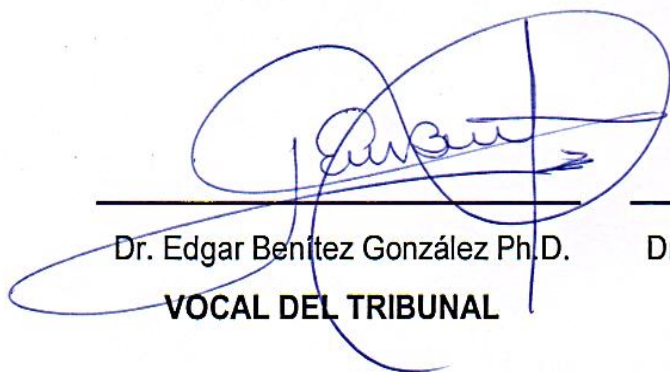
APROBADO

Loja, 23 de mayo del 2017



Dr. Efrén Sánchez Sánchez Mg. Sc

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Dr. Edgar Benítez González Ph.D.

VOCAL DEL TRIBUNAL



Dr. Jorky Armijos Tituana Mg. Sc.

VOCAL DEL TRIBUNAL

AUTORIA

Yo, **Alex Mauricio Ramón Jaramillo** declaro ser autor del presente trabajo de tesis 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.

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

Autora: Alex Mauricio Ramón Jaramillo

Firma:



Cédula: 1104734932

Fecha: Loja 29 de mayo 2017

CARTA DE AUTORIZACION DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACION ELECTRONICA DEL TEXTO COMPLETO

Yo Alex Mauricio Ramón Jaramillo, declaro ser el autor de la tesis titulada "DETERMINACION DE CARACTERISTICAS MORFO-FISIOLOGICAS DEL TRACTO DIGESTIVO DEL CUY (*Cavia porcellus*)", como requisito para optar al grado de Médico Veterinario 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 puedan 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, con fines académicos.

Para constancia de esta autorización, en la Ciudad de Loja, a los 29 días del mes de mayo del 2017 firma el autor.

Firma:



Autor:

Alex Mauricio Ramón Jaramillo

Cédula de identidad:

1104734932

Dirección:

Loja, "Urbanización El Castillo"

Correo electrónico:

alexjr_for88@hotmail.com

Teléfono:

3026239

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de tesis: Dr. Teddy Manuel Maza Tandazo Mg. Sc.

Presidente del Tribunal: Dr. Efrén Sánchez Sánchez Mg. Sc

Vocal: Dr. Edgar Benítez González Ph.D.

Vocal: Dr. Jorky Armijos Tituana Mg. Sc.

AGRADECIMIENTO

Mis eternos agradecimientos a la Virgen del Cisne y Dios por darme la sabiduría y constancia para llegar a mi objetivo; a mis padres, por ser mi pilar en cada momento guiándome con sus palabras sabias llenas de amor y apoyo incondicional; a mis hermanos, por brindarme su apoyo siendo ejemplo de respeto y admiración; a mis docentes por guiarme y compartir sus conocimientos; a mi Director Dr. Rodrigo Abad que es un forjador de los principios morales y éticos hacia mí, enseñándome a ser mejor cada día; a mis compañeros que me brindaron su confianza y porque formamos lazos de amistad que siempre estarán en nuestras mentes en nuestro diario vivir.

Alex Jaramillo

DEDICATORIA

Dedico mi tesis de grado a mis padres Bertha Jaramillo y Guillermo Ordoñez que son mi ejemplo de vida, por sus consejos y enseñanzas; a mis Abuelos Francelina Cabrera y de manera especial a Elibertho Jaramillo, Manuel Ordoñez, Regia Ramón que desde el cielo me han guiado y cuidado siempre.

Alex Jaramillo

INDICE GENERAL

CONTENIDO	Pág
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS	II
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	III
AUTORIA	IV
CARTA DE AUTORIZACION	V
AGRADECIMIENTO	VI
DEDICATORIA	VII
INDICE GENERAL	VIII
RESUMEN	XIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. FISIOLÓGÍA DIGESTIVA DE LOS ANIMALES HERBÍVOROS	3
2.2. SISTEMA DIGESTIVO Y CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS DEL CUY.	4
2.2.1. Boca.....	4
2.2.2. Esófago.....	5
2.2.3. Estómago.....	5
2.2.4. Intestino Delgado.....	5
2.2.5. Intestino Grueso	6
2.2.6. Ciego	6
2.3. DIGESTIÓN DE LOS ALIMENTOS.....	10
2.4. CECOTROFIA	11
2.4.1. Mecanismos de Separación Dependiente de las Partículas.....	11
2.4.2. Composición Física y Química de los Dos Tipos de Heces	14
3. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1. <i>MATERIALES</i>	16
3.1.1. <i>De Campo</i>	16
3.1.2. <i>De Oficina</i>	16
3.2. <i>MÉTODO</i>	17
3.2.1. <i>Ubicación</i>	17
3.2.2. <i>Descripción y Adecuación de Instalaciones</i>	17
3.2.3. <i>Descripción e Identificación de las Unidades Experimentales</i>	17
3.2.4. <i>Diseño Experimental</i>	17
3.2.5. <i>Conformación e Identificación de Grupos Experimentales</i>	17
3.2.6. <i>Variables en Estudio</i>	18

3.2.7.	Manejo de los Animales	19
3.2.8.	Toma y Registro de Datos	19
3.2.9.	Análisis Estadístico	20
4.	RESULTADOS	21
4.1.	PESOS ABSOLUTOS Y RELATIVOS DE ÓRGANOS DIGESTIVOS CON CONTENIDO Y VACÍOS	21
4.2.	LONGITUDES ABSOLUTAS Y RELATIVAS DE ÓRGANOS DIGESTIVOS	23
4.3.	PH DEL ESTÓMAGO Y DEL CIEGO	24
5.	DISCUSIÓN	25
5.1.	PESOS ABSOLUTOS Y RELATIVOS DE ÓRGANOS DIGESTIVOS CON CONTENIDO Y VACÍOS	25
5.2.	LONGITUDES ABSOLUTAS Y RELATIVAS DE ÓRGANOS DIGESTIVOS	26
5.3.	PH DEL ESTÓMAGO Y DEL CIEGO	27
6.	CONCLUSIONES	28
7.	RECOMENDACIONES	29
8.	BIBLIOGRAFIA	30
9.	ANEXOS	34

ÍNDICE DE CUADROS

CONTENIDO	Pág.
Cuadro 1. Mecanismos que participan en la digestión de alimentos	11
Cuadro 2. Peso absoluto y relativo de órganos digestivos de los cuyes.....	21
Cuadro 3. Dimensiones de órganos digestivos entre cuyes que realizaron la cecotrofia y los que no lo realizaron	23
Cuadro 4. Variaciones de pH del estómago y ciego en cuyes que realizaron la cecotrofia y los que no la realizaron.....	24

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	Pág.
Figura 1. Modelo esquemático de la separación tipo 'lavado' de digesta en el colon proximal	12
Figura 2. Comparación de pesos relativos de los órganos digestivos con contenido entre los animales que realizaron la cecotrofia y los que no realizaron	22
Figura 3. Efecto de la supresión de cecotrofia en el pH cecal de cuyes en cebo	24

ÍNDICE DE ANEXOS

CONTENIDO	Pág.
Anexo 1. Unidades experimentales (<i>Cavia porcellus</i>).....	34
Anexo 2. Sacrificio de los animales (dislocación cervical).....	34
Anexo 3. Disección de los cobayos.....	35
Anexo 4. Separación del aparato digestivo del cobayo.....	35
Anexo 5. Equipo de trabajo de investigación	36

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar las características morfofisiológicas del tracto digestivo del cuy y cuál es el impacto que tiene suprimir la cecotrofia en el funcionamiento del trato digestivo. Para tal propósito se definieron dos tratamientos (**T1**) los cuyes realizaron la cecotrofia; (**T2**) se le suprimió la cecotrofia por dos días seguidos. Se utilizaron 8 cuyes machos Tipo A1 de 2,5 meses de edad con un peso promedio de 865 ± 83 g por tratamiento. Las variables en estudio fueron pesos absolutos y relativos de órganos digestivos con contenido y vacíos, longitudes absolutas y relativas de órganos digestivos y pH del estómago y del ciego. Los tratamientos fueron comparados aplicando un análisis de varianza. Los cuyes mostraron los siguientes pesos absolutos y relativos medios, del estómago 20,0 g (2,01% PV) y peso del ciego 53,2 g (5,52% PV). La longitud media del intestino delgado en los cuyes estudiados fue de 390 cm del tracto digestivo total, 7 cm de estómago, 233 cm del intestino delgado, 12 cm del ciego. Las selecciones de animales para carne han producido un incremento del intestino delgado y una reducción de la longitud y peso del ciego. Los cuyes que realizaron la cecotrofia muestran valores de pH del contenido del estómago de 1,53 y del ciego de 6,63. La prevención de la cecotrofia principalmente produce una reducción del contenido del estómago, asociado a incrementos de pH a nivel cecal y una enteropatía generalizada en los animales.

Palabras clave: Coprofagia, Cecotrofia, pH, Parámetros digestivos

ABSTRACT

The objective of the present study was to determine the morphophysiological characteristics of the digestive tract of the guinea pig and what is the impact of suppressing cecotrophy in the functioning of the digestive tract. For this purpose two treatments were defined (T1) the cuyes performed the cecotrophy; (T2) cecotrophy was suppressed for two consecutive days. Eight male guinea pigs Type A1 of 2.5 months of age with an average weight of 865 ± 83 g per treatment were used. The variables under study were absolute and relative weights of digestive organs with contents and voids, absolute and relative lengths of digestive organs and pH of the stomach and the cecum. Treatments were compared using an analysis of variance. The cuyes showed the following absolute and relative mean weights, of the stomach 20.0 g (2.01% PV) and the weight of the blind 53.2 g (5.52% PV). The mean length of the small intestine in the cuyes studied was 390 cm of the total digestive tract, 7 cm of stomach, 233 cm of the small intestine, 12 cm of the cecum. Selections of meat animals have produced an increase in the small intestine and a reduction in the length and weight of the cecum. The guinea pigs that performed the cecotrophy showed pH values of the stomach contents of 1.53 and of the blind of 6.63. The prevention of cecotrophy mainly results in a reduction of the stomach contents, associated to increases in pH at the cecal level and a generalized enteropathy in the animals.

Key words: Coprophagy, Cecotrophy, pH, Digestive parameters

1. INTRODUCCIÓN

En Ecuador, la crianza comercial y familiar de cuyes es una actividad que ha tenido auge en los últimos años. Según el III Censo Nacional Agropecuario realizado en el año 2002, en el país 337.177 UPAs está dedicadas a la producción de esta especie; las cuales mantienen una población aproximada de 5'065.164 animales. Estas granjas se encuentran ubicadas principalmente en las provincias de la región Sierra con el 94,3%, la Amazonia con el 3,63% y en menor proporción en las provincias de la Costa con el 2,06%, la producción de cuyes es mayoritariamente de tipo familiar convirtiéndose en una fuente de proteína animal para la población campesina, contribuyendo en su seguridad alimentaria.

La investigación en esta especie es muy limitada y por lo tanto el desarrollo tecnológico de la misma también ha sido muy reducido, el cuy, al igual que otros fermentadores postgástricos de pequeño tamaño, realizan ciertas actividades de reciclado de nutrientes, a través de la reingestión de contenido digestivo (Hirakawa, 2001; Kenagy & Hoyt, 1979); sin embargo no está bien establecida su capacidad para separar partículas insolubles y grandes de las solubles y pequeñas. Por lo que algunos autores consideran que el cuy no realiza cecotrofia sino más bien coprofagia (Sharkey, 1971).

En contraste, con los conejos, donde está bien establecido la capacidad de separar las partículas largas e insolubles, de las partículas pequeñas y solubles (Björnhag, 1981; Franz, Kreuzer, Hummel, Hatt, & Clauss, 2011).

Estudios previos muestran que el cuy presenta ciertas particularidades morfofisiológicas que lo distinguen de otros fermentadores posgástricos, haciéndolo un animal con características morfofisiológicas particulares. Respecto de esta área, las investigaciones se han centrado en animales

de laboratorio; sin embargo, en los últimos años, institutos y universidades de investigación peruanos han hecho un importante trabajo en la selección y mejoramiento en animales de carne. Pese a esto, en este animal no se ha realizado estudios de base fisiológicos que nos muestren los cambios de los parámetros digestivos y la importancia de la cecotrofia en los caviás para producción de carne. Es por ello que en el presente trabajo nos planteamos los siguientes objetivos:

- Conocer el peso absoluto y peso relativos de los órganos del aparato digestivo del cuy de producción de carne.
- Conocer las medidas, absolutas y relativas, de los órganos del aparato digestivo del cuy seleccionado para producción de carne.
- Determinar el pH de las diferentes partes del tracto digestivo.
- Estudiar el efecto de suprimir la cecotrofia sobre la morfofisiología del aparato digestivo del cuy.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. FISIOLÓGÍA DIGESTIVA DE LOS ANIMALES HERBÍVOROS

Los herbívoros han adaptado su tracto digestivo (estómago o intestino grueso) para el aprovechamiento de alimentos de baja digestibilidad. La ingestión de alimento fibroso ha hecho necesario desarrollar procesos de fermentación para la degradación microbiana de las celulosas, hemicelulosas, pectinas y otros componentes de la fibra. La alimentación de estos animales frecuentemente es baja en energía digestible y otros nutrientes, el proceso de fermentación puede ser lento y el animal debe ser capaz de acomodar y procesar grandes cantidades de alimentos para satisfacer sus requerimientos de nutrientes (Franz et al., 2011).

Los herbívoros pequeños presentan una complicación adicional tienen una alta tasa metabólica en relación con el tamaño corporal y su capacidad para sobrevivir con materiales fibrosos de baja digestibilidad, que puede ser limitada por el tamaño de su compartimento de fermentación. Si un roedor pequeño tiene que vivir con el mismo tipo de alimento que un caballo, y usarlo de la misma manera, tendría que comer y retener aproximadamente 15 veces más que el caballo, en comparación con su tamaño corporal (Björnhag, 1981).

Naturalmente, sería imposible acomodar tal volumen. Sin embargo, los pequeños herbívoros han desarrollado diferentes mecanismos para resolver este problema. Estos mecanismos básicamente se los puede agrupar en dos: i) el animal podría seleccionar y consumir sólo las partes más digeribles de la planta y ii) estar equipado con mecanismos que faciliten el paso a través del tracto digestivo de material no digerible, al mismo tiempo que retengan las partes más útiles de la alimentación. Estos mecanismos pueden diferir ligeramente entre las especies. Pero todos pueden caracterizarse por una separación mecánica de diferentes

constituyentes del contenido colónico y un transporte retrógrado en el colon de las partes más digeribles en el ciego, donde ocurre acumulación y fermentación.

Centrándonos en el cuy (*Cavia porcellus*) motivo de estudio en este trabajo, caracterizado como un herbívoro roedor de pequeño tamaño y con una fermentación pos-gástrica, diversos estudios realizados principalmente en cobayos de laboratorio muestran algunas particularidades morfo-fisiológicas que permiten entender su adaptación para aprovechar los recursos alimenticios de bajo valor nutricional (Hargaden & Singer, 2012). Para lo cual a continuación profundizamos en la morfo-fisiología digestiva del cuy.

2.2. SISTEMA DIGESTIVO Y CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS DEL CUY

El Sistema Digestivo comienza con la cavidad oral y termina en el ano. El tracto alimentario adulto tiene una longitud de 2,3 m desde la faringe hasta el ano (Jilbe, 1980); además, contiene accesorios y órganos que ayudan en la digestión que incluyen los dientes, glándulas salivales, páncreas, hígado y vesícula biliar (Hargaden & Singer, 2012).

2.2.1. Boca

En la parte externa de la boca encontramos las paredes laterales (mejillas) y las almohadillas bucales, que son los bordes doblados hacia adentro de los labios que separan los incisivos de los dientes molares. (Hargaden & Singer, 2012). Hay cuatro pares de glándulas salivales incluyendo la parótida, mandibular, sublingual y molar (Quesenberry, Donnelly, & Hillyer, 2004). Poseen estos animales dientes incisivos superiores de crecimiento continuo, piezas dentarias afiladas en bisel y muy resistentes, característico de los roedores.

2.2.2. Esófago

Es un conducto destinado a impulsar el alimento de la faringe al estómago a través de un proceso llamado peristaltismo debido a las contracciones rítmicas que realizan las paredes musculares del esófago (Harkness, Murray, & Wagner, 2002).

2.2.3. Estómago

Los cobayos son monogástricos con estómagos completamente glandulares a diferencia de otros roedores, no hay ninguna parte no glandular (Harkness, Murray, & Wagner, 2002).

Las cuatro regiones del estómago incluyen: cardias, fundus, cuerpo y píloro. El esófago entra oblicuamente en la región cardíaca en la menor curvatura del estómago (Hargaden & Singer, 2012).

2.2.4. Intestino Delgado

No hay rasgos que distinguen a las tres secciones del intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon) que tiene aproximadamente 125 cm de longitud y es la parte más larga del tracto digestivo. De las tres secciones, el duodeno es el más corto (10 a 12 cm), el yeyuno el más largo (95 cm) y el íleon mide aproximadamente unos 10 cm (Hargaden & Singer, 2012). En el intestino delgado, los ganglios linfáticos y las placas de Peyer aumento en número dirigiéndose distalmente a la cabeza.

El intestino delgado realiza 3 funciones básicas:

1. Recibe el jugo pancreático que contiene enzimas y secreta el jugo intestinal o entérico que contiene también enzimas, las cuales completan la digestión final de las proteínas y convierte los azúcares en compuestos más sencillos en el duodeno.
2. La segunda función es la de absorber el alimento digerido, y pasar los nutrimentos al torrente circulatorio.

3. Realiza una función peristáltica que fuerza al material que no es digerido, pasar al ciego (González Murillo, 2007).

2.2.5. Intestino Grueso

El intestino grueso no contiene ningún apéndice cecal, colon sigmoide o apéndice vermiforme y tiene aproximadamente 70 a 75 cm de longitud (Hargaden & Singer, 2012).

La primera sección del intestino grueso, el ciego, es la mayor dilatación del tracto digestivo ocupando la mayor parte de la cavidad abdominal ventral y es conocida por sus características más singulares. Posee de 15 a 20 cm de longitud y contiene aproximadamente el 65% del volumen de contenido gastrointestinal y hasta un 15% del peso corporal y es responsable de que en él se sintetizen grandes cantidades de vitaminas por parte de los microorganismos (Hargaden & Singer, 2012). Localizado en el lado izquierdo de la cavidad abdominal, es un órgano semicircular de paredes delgadas tiene numerosas bolsas laterales (Haustras) y contiene una gran cantidad de músculo liso, distribuidos en tres bandas blancas longitudinales: dorsal, ventral y taenia coli medial. La taenia coli corre a lo largo del intestino grueso, el colon descendente termina en el recto que aparece similar al colon, localizada en la línea media durante aproximadamente 10 cm antes entrando en el canal anal (Cooper y Schiller, 1975).

El tiempo de tránsito es de aproximadamente 20 horas, pero puede ser muy variable (8 a 30 horas) dependiendo principalmente del tipo de dieta que consume el animal (Jilbe, 1980). Debido a la elevada tasa metabólica de los cobayos, la cecotrofia o coprofagia se observan varias veces al día en el laboratorio y los animales se pueden observar comiendo cecotrofos (heces cecales blandas) directamente desde el ano (Ebino, 1993).

2.2.6. Ciego

Es el órgano digestivo más importante allí ocurren los procesos fermentativos del alimento y se clasifican las heces para la cecotrofia.

Representa una porción individualizada del intestino grueso que destaca por terminar en un apéndice tubular sin salida y por su gran volumen (250 a 600 cc). Desde un punto de vista estructural, tiene tres partes o porciones: cuerpo, apéndice y saco redondo o válvula íleo-cecal. La longitud total del mismo viene a ser de 30 a 50 cm encontrándose dispuesto en forma espiral, y ofreciendo un aspecto abollado. El cuerpo del ciego tiene un tono grisáceo y el apéndice es blanquecino. El ciego en el conejo es un órgano fundamental, como lo demuestra el hecho de que es de 6 a 12 veces más voluminoso que su estómago, pudiendo alcanzar un 33% del total del aparato digestivo (Dihigo, 2007).

Recibe los alimentos del intestino a través de la válvula íleo-cecal. La motricidad del ciego consiste en movimientos que se conocen por el nombre de peristaltismo. El ciego se contrae regularmente, de 10 a 15 veces cada 10 minutos; durante las comidas, las contracciones pueden doblarse en frecuencia, inhibiéndose después de las mismas. Los movimientos del ciego producen una homogeneización de su contenido, sometiéndolo a una serie de fenómenos bioquímicos y biológicos (Dihigo, 2007).

El contenido cecal puede dividirse en tres elementos: el alimento, las secreciones digestivas y la microflora (Dihigo, 2007).

- El alimento que ingresa en el ciego procedente del intestino delgado, es un substrato nutritivo rico en celulosa, proteínas y otros elementos. Los productos celulolíticos constituyen la fracción mayoritaria del ciego pues la ausencia de enzimas celulolíticas hace que estas materias lleguen indigestibles a dicho órgano. La destrucción de la celulosa por parte de los microorganismos, que si producen estas enzimas, libera determinados nutrientes que serán luego aprovechados por el animal en un segundo ciclo de digestión (Dihigo, 2007).
- Las secreciones digestivas tienen poca importancia, ya que en el interior del ciego sigue parcialmente la actividad de algunas enzimas intestinales. Otra secreción es la del apéndice que produce un fluido alcalino de un pH entre 7.8 a 8.0. (Dihigo, 2007).

- Microflora, las variaciones observadas pueden deberse por una parte a la influencia de la edad. Se estudió la evolución de la microflora con aportación de los siguientes datos:
 - a) En las 3 primeras semanas de vida, la microflora bacteriana es muy irregular, la presencia en la leche de la coneja de los ácidos grasos octanoico y decanoico podría influenciar en la composición de la misma.
 - b) La microflora anaerobia facultativa se compone mayoritariamente de estreptococos, hasta la segunda semana de vida, después se produce un cambio progresivo con predominio de las enterobacterias que alcanza un máximo a los 21-25 días de vida y desciende a partir de las 4 semanas de edad.
 - c) Las especies más habituales pertenecen al grupo de los anaerobios estrictos no esporulados: *Endosporus* antes del destete y *acuformis* después. Existe un predominio generalizado de *Bacteroides* tanto en ciego como en colon.
 - d) *Lactobacilos* y *estafilococos* no forman parte de la microflora normal del ciego (GOVET. P. y FONTY. G. citado por Cheeke (1987), 1979).

La población de protozoos es bien conocida calculan poblaciones alrededor de 1 millón de protozoos en un mililitro de contenido cecal. Las variaciones de dieta conducen también a modificaciones en la microflora cecal y con frecuencia alteraciones patológicas (LELKES, L y CHANG, C.L. , 1987).

2.2.6.1. Actividad enzimática

En las reacciones que se producen en el ciego, tiene un importante papel la actividad de las enzimas que intervienen en el estudio realizado comparación del potencial de hidrólisis de macromoléculas y urea en el ciego obteniendo los siguientes resultados (MAKKAR y SING , 1987).

- **Proteasa**

La actividad de la proteasa en el ciego en el conejo es más elevada podría ser debido al doble origen de estas enzimas que son producidas por los microorganismos del ciego y propia producción del conejo (MAKKAR y SING ,1987).

- **Amilasa**

El alto nivel de amilasa en el ciego permita un mayor potencial de energía a partir de los almidones, en contrapartida esta misma capacidad de degradar el almidon puede ser causa de enteropatías en dietas muy ricas en cereales, pues la actividad, pues la actividad de la amilasa en el ciego puede crear un sustrato adecuado para determinadas bacterias cuya proliferación es perjudicial para el animal (MAKKAR y SING , 1987).

- **Ureasa**

La actividad de la ureasa presenta variaciones importantes tanto en el ciego como en el rumen, dependiendo de la dieta y fuente de nitrógeno con que se alimenta a los animales los estudios presenta grandes diferencias parece que queda demostrado una capacidad importante en el conejo para hidrolizar urea amoniaco en el ciego, gracias a la actividad ureasica (MAKKAR y SING , 1987).

- **Celulasa**

La digestibilidad de la fibra en el conejo oscila entre el 12% y 30%, esta característica puede estar relacionada con el bajo tiempo de permanencia del alimento en el aparato digestivo y las partículas fibrosas de tamaño grande no entran al ciego cuando se produce la separación del material cecal también a podido constatarse la baja actividad de la celulosa en el ciego (Lebas, 1984).

Su disminución de pesos en sus respectivos órganos fue debido a la restricción del proceso de la cecotrofia, inhibiendo su adsorción de nutrientes debido que no se realizó la acción microbiana del ciego ya que la ingestión de los cecotrofos permite un mejor aprovechamiento de algunos nutrientes dándose alteraciones en la hidrólisis de macromoléculas y urea (SING, 1987)

En el ciego se aloja una microflora simbiótica anaerobia predominante de los generos Bacteroides, Clostridium, Endosporus, Acuformis capaz de fermentar la fibra dando lugar a una serie de nutrientes dado que el ciego se halla en una posición caudal con respecto al íleon principal lugar de adsorción de nutrientes resultantes de la digestión duodenal que es una estrategia para aprovechamiento de la fermentación cecal (Carabaño, 2006).

La ingestión de cecotrofos permite el mejor aprovechamiento de algunos nutrientes la cifra total de microorganismos en el ciego es de 109/g contenido (Fekete , 1987) .

2.3. DIGESTIÓN DE LOS ALIMENTOS

Un alimento es una mezcla de principios alimentarios. Para cubrir las necesidades nutritivas de un animal la dieta debe suministrar al menos los siguientes principios alimenticios: proteínas, carbohidratos, grasas, sales inorgánicas, agua y vitaminas. La digestión de los alimentos consiste en su aprovechamiento para que sean incorporados al organismo para el mantenimiento, crecimiento, producción y buena salud.

Para que los alimentos puedan aprovecharse realmente, es preciso que antes sean degradados y transformados a entidades más simples (glucosa, aminoácidos, ácidos grasos y glicerol, etc.). Para que se produzca esta transformación, debe haber la intervención de mecanismos físicos o mecánicos, químicos y biológicos.

Cuadro 1. Mecanismos que participan en la digestión de alimentos

FÍSICOS	QUÍMICOS	BIOLÓGICOS
Humidificación	Ácido clorhídrico	Microbiota
Maceración	Sales biliares	
Masticación	Bicarbonatos	
Movimiento de mezcla	Enzimas	

Fuente: (González Murillo, 2007)

2.4. CECOTROFIA

La cecotrofia es la actividad a través de la cual se vuelve a ingerir contenido digestivo de la parte final del tracto digestivo (Franz et al., 2011). Es necesario distinguir entre cecotrofia y coprofagia. La coprofagia implica un proceso de reingestión de heces duras; mientras que, la cecotrofia es la ingestión de contenido cecal o también conocido como heces blandas. En conejos está muy bien establecida su capacidad para separar y consumir cecotrofos (heces blandas) directamente del ano en las primeras horas del día (Blas & Wiseman, 2010).

En cuyes, no está claro si llevan a cabo coprofagia o cecotrofia. Algunos autores al notar que macroscópicamente se distinguen muy poco las heces blandas de las heces duras, consideran que el animal realmente realiza coprofagia (Sharkey, 1971). Adicional a esto se argumenta los tiempos de retención similares entre las partículas y la parte líquida en el tracto digestivo del cuy. Lo que mostraría una escasa capacidad para separar las partículas insolubles y largas, de las partículas más solubles y pequeñas (Sakaguchi et al., 1986; Sakaguchi & Kazuaki, 1992).

2.4.1. Mecanismos de Separación Dependiente de las Partículas

La retención selectiva distinta de digesta fluida en el ciego se observa en conejos, koalas y zarigüeyas. Estos deben ser los mejores ejemplos de movimientos de digesta causados por CSM, probablemente más conocidos

en el conejo (Ruckebusch Y, 1976) .

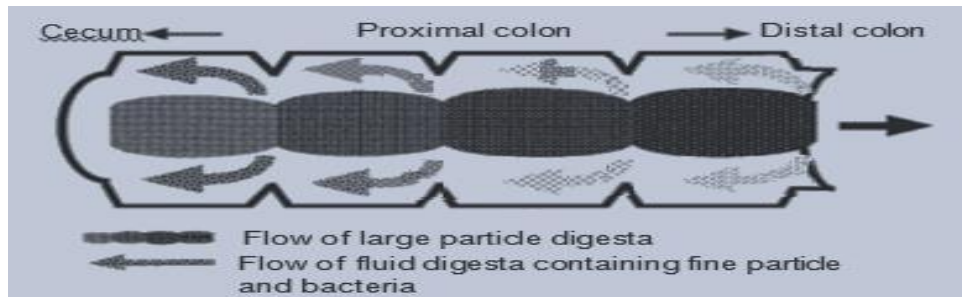


Figura 1. Modelo esquemático de la separación tipo 'lavado' de digesta en el colon proximal (Bjornhag, 1972).

En conejos, la digesta fluida se conserva en el ciego mucho más tiempo que la digesta de partículas los movimientos peristálticos y antiperistálticos del colon mezclan los contenidos que se trasladaron al ciego. Entonces el contenido fluye en el colon proximal que posee taeniae y una serie de haustra. El movimiento peristáltico y antiperistáltico activo también se observa en el colon (Ruckebusch Y, 1976). Un marcador digestivo soluble en agua se acumula en el ciego durante los períodos en que se forman pastillas fecales duras. En el colon proximal las concentraciones del marcador y nitrógeno disminuyen sucesivamente en el conejo (Bjornhag, 1972).

La digesta colónica que entra desde el ciego debe ser transportada por una serie de construcciones En la pared del colon, y luego digesta fluida que contiene nutrientes solubles en agua y las bacterias se presiona fuera de los contenidos gruesos de colon. El contenido grueso debe moverse lentamente hacia el centro de la luz hacia el colon distal. Los contenidos que se mueven en el haustra se transportan continuamente a lo largo de una serie de hembras por movimiento antiperistáltico hacia el ciego a una velocidad de aproximadamente 1 mm / s en conejos (Bjornhag, 1981). Este tipo de CSM se denomina separación de tipo "wash-back" (Cork SJ, Hume ID, Faichney GJ, 1999).

Los herbívoros, como el conejo, consumen alimentos generalmente muy fibrosos, a pesar de que ellos mismos no producen enzimas que

transformen esos compuestos en nutrientes absorbibles (De Blas, C. y Mateos, G.G. , 1997). Sin embargo poseen una población microbiana con una actividad celulolítica importante que en caso del conejo se concentran en el Ciego, como órgano fermentativo en esta especie. A partir de esta microbiota, en el ciego, se producen los ácidos grasos de cadena corta (AGCC), NH₃, después de la fermentación de azúcares y aminoácidos. A diferencia de los rumiantes, los patrones de fermentación son acético (60-80 mmol/100mol) butírico (8-20 mmol/100mol) y propiónico (3-10 mmol/100mol) de acuerdo con (Gidenne, T.; Pinhero, J; Falcao, L y Cunha, C., 2000). Además se debe señalar que los AGCC son específicos de la flora cecal y no de la composición del sustrato fermentable (Adjiri, D. ; Bouillier Oudot, M.; Lebas, F. y Candau, M., 1992).

Como se mencionó anteriormente la cecotrofia le permite al conejo incorporar proteína microbiana principalmente producida en el ciego, aumenta la digestibilidad de los principios nutritivos sobre todo de las proteínas y permite a los conejos aprovechar las vitaminas fundamentalmente del complejo B sintetizadas en el ciego y en el intestino grueso (Ganuza, J.M.; Balcells, J.; Martín, S y Pérez, J., 1998).

Al comer sus cecotrofos, hace un mejor uso de la proteína del alimento, que a su vez contiene muchos aminoácidos esenciales, absorbe las vitaminas hidrosolubles (complejo B) producidas por los microorganismos del ciego y de los ácidos grasos volátiles producto de la degradación de la fibra por la flora microbiana que es fuente energética para las bacterias y la separación mecánica de la fibra que conlleva finalmente a la cecotrofia, se aumenta la ingestión de material fibroso, ya que aquella fibra larga al expulsarse como heces duras tiene una gran importancia por su efecto lastre que permite el pasaje del alimento y aumentar así la ingestión de alimentos fibrosos. (Schmidts-nielsen, 1976)

La fibra es un carbohidrato, pero un carbohidrato indigestible que solamente puede ser aprovechado por las bacterias. Las bacterias utilizan la fibra para sintetizar ácidos grasos volátiles, vitaminas y aminoácidos (constituyentes de

las proteínas (Schmidts-nielsen, 1976) .

La estimulación de los receptores de presión en el recto y los olores específicos de los cecotrofos, son otros de los factores más importantes para que se desencadene el mecanismo de la cecotrofia (Fekete, 1991) .

Cuando el alimento penetra en las horas frescas de la mañana en el colon sufre pocas transformaciones y la pared cólica segrega una mucosidad que envuelven progresivamente las bolas que se han formado por efecto de las contracciones de la pared, dichas bolas se encuentran reunidas en racimos alargadas, se les llama cagarrutas blandas o cecotrofo. En cambio si el contenido cecal se introduce en el colon en otro momento del día sufre otro tipo de modificaciones. Se observan contracciones en sentido contrario que empujan la digesta hacia el ciego debido a la diferencia de presión, el contenido es exprimido y las partes líquidas que agrupa sustancias solubles y partículas menores de 0.1 penetran al ciego para su degradación y las partes sólidas forman las cagarrutas duras a merced de esta función dual el colon fabrica dos tipos de cagarrutas: Las heces blandas o cecotrofos y las heces duras (Björnhang, 1981).

Las heces blandas son las que el conejo se come sin masticar directamente del ano y las duras son las que aparecen en la cama o suelo. El tránsito de la digesta en el conejo varía entre 18 y 30 h con una media de 20h. Este es más rápido cuando aumenta el contenido de celulosa en el alimento o con el aumento del tamaño de la partícula. Las heces blandas permanecen durante más tiempo en el estómago contrario a la que aconteció en la primera digestión, posteriormente pasan directamente al colon sin introducirse al ciego para formar parte de las cagarrutas (Aghina, 1989) .

2.4.2. Composición Física y Química de los Dos Tipos de Heces

La composición química de los cecotrofos es similar a la del contenido del colon. Muestra una notable riqueza en agua, proteína y fósforo, frente a una marcada superioridad en celulosa por parte de las heces duras. Asimismo,

los cecotrofos tienen un notable interés alimenticio, pues aparte de los macro-ingredientes, contienen vitaminas y oligoelementos.

Por lo que la simple valoración de sus componentes sugiere que se trata de un alimento que no puede ser desperdiciado, sobre todo si tenemos en cuenta que el régimen herbívoro impide al conejo proveerse de las grandes fuentes naturales de aminoácidos (González Murillo, 2007).

Una dieta a base de cereales difícilmente supera el 9% de proteína en base de materia seca y sin embargo, los cecotrofos triplican esta proporción. Por otra parte, los aminoácidos en los mismos son de gran calidad.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

3.1.1. De Campo

- Cuyes tipo 1A
- Jaulas metabólicas
- Alimento balanceado
- Comederos
- Bebederos
- Collares
- Registros
- Balanza de precisión (Shimadzu BL320H).
- Peachímetro
- Cinta métrica
- Termómetro
- Fundas plásticas
- Baldes
- Escoba
- Sal
- Cemento
- Formol
- Guantes
- Mandil

3.1.2. De Oficina

- Computadora
- Cámara fotográfica
- Esferos
- Calculadora

3.2. MÉTODO

3.2.1. Ubicación

El trabajo experimental se realizó en las instalaciones de la Quinta Experimental Punzara de la Universidad Nacional de Loja, ubicada a 2200 msnm, con una temperatura promedio de 15,6 °C.

3.2.2. Descripción y Adecuación de Instalaciones

Para la realización del experimento se adecuó las instalaciones en la Quinta Experimental Punzara. Las instalaciones se limpiaron y se desinfectaron con una mezcla de cal, cemento y formol. Se lo equipo con jaulas metabólicas de alambre galvanizado de aproximadamente 405 x 510 x 320 mm. Cada jaula estaba equipada con un comedero y un bebedero tipo tetina. Las condiciones fueron semicontroladas. Los animales contaron con iluminación natural de 12 horas luz y 12 horas de oscuridad. La temperatura se mantuvo entre 18 a 22°C y la humedad relativa entre 54 a 80% gracias a un calentador eléctrico.

3.2.3. Descripción e Identificación de las Unidades Experimentales

Las unidades experimentales fueron 16 cuyes machos Tipo A1, de 2,5 meses de edad con pesos promedios de 865 ± 83 g, procedentes de la Finca San Ignacio de Purunuma, del cantón Gonzanama.

3.2.4. Diseño Experimental

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado. En la que cada animal fue asignado a cada uno de los dos tratamientos al azar. Al final se verificó que las medias de los pesos no son diferentes significativamente y que las desviaciones estándares son homogéneas entre los dos grupos experimentales.

3.2.5. Conformación e Identificación de Grupos Experimentales

Se conformaron dos grupos experimentales. Al primer grupo experimental

conformado por 8 animales se los identificó como grupo control. Mientras que el segundo grupo, conformado de igual forma por 8 animales, se les colocó un collar para suprimir la cecotrofia.

Para determinar el número óptimo de animales por tratamiento y medir parámetros digestivos se utilizó la fórmula propuesta por Roberts (1983) y Mead *et al.*, (1993).

$$n \geq s^2 \times t^2 \times 2/d^2$$

Donde:

n: Número óptimo de réplicas por tratamiento para detectar diferencias.

s²: Desviación estándar al cuadrado (varianza)

t: Valor del estadístico t para los grados de libertad de n-1

d²: Valor de la diferencia que deseamos detectar elevada al cuadrado

Se reemplazó la fórmula, considerando una confianza del 95% y se obtuvo los siguientes resultados:

$$n \geq 0,87^2 \times 2,30^2 \times 2/1^2$$

$$n \geq 8$$

3.2.6. Variables en Estudio

Las variables de estudio fueron:

- Pesos absolutos de órganos digestivos con contenido y vacíos
- Longitudes absolutas de órganos digestivos
- Pesos relativos de órganos digestivos con contenido y vacíos
- Longitudes relativas de órganos digestivos
- pH del estómago y del ciego

3.2.7. Manejo de los Animales

A los animales se les dio 7 días de adaptación a la dieta. El alimento fue 100% balanceado CUNIMENTOS de BIOALIMENTAR, con un 12% de proteína Cruda, 4% de extracto etéreo y 36% de fibra neutro detergente en base seca. Posterior a este periodo se utilizó un collar en los animales del grupo 2 para evitar la cecotrofia por 2 días consecutivos y posterior a este periodo se sacrificaron los animales por dislocación cervical y desangramiento.

Los sacrificios se llevaron a cabo a partir de las 19h00, tomando como antecedente que los conejos en horas de la tarde empiezan a consumir alimento, por lo que a partir de las 19h00 se encuentra contenido de alimento en el tracto digestivo. Antes del sacrificio los animales fueron pesados con una balanza de precisión (Balanza Shimadzu BL320H).

3.2.8. Toma y Registro de Datos

3.2.8.1. Pesos absolutos de órganos digestivos con contenido y vacíos

Para obtener esta información primeramente se procedió a realizar el sacrificio de los cuyes, luego se extrajo el tracto digestivo total de cada uno, se pesó y se procedió a separar el estómago, el intestino delgado, el ciego y el colon por último se pesó cada sección con contenido y posteriormente se retiró el contenido digestivo para pesarlas vacías.

3.2.8.2. Longitudes absolutas de órganos digestivos

Estos datos se obtuvieron a partir de las medidas del cuy con ayuda de una cinta métrica.

3.2.8.3. Pesos relativos de órganos digestivos con contenido y vacíos

Para determinar esta variable se utilizó la siguiente fórmula:

(%) = $\frac{\text{Peso de cada \acute{o}rgano}}{\text{Peso vivo}}$

$\times 100$ Longitudes relativas de \acute{o}rganos digestivos

Se calculó esta variable utilizando la siguiente fórmula:

$\frac{\text{Longitud de cada \acute{o}rgano}}{\text{Longitud total}}$

$\times 100$

3.2.8.4. pH del estómago y del ciego

Para determinar esta variable se realizó con ayuda de un pH metro JENWAY 3510, primeramente se calibro el mismo con soluciones buffer pH7 y pH4 posterior a esto y una vez diseccionado el cuy, a las 19:30 se procedió a tomar el pH del estómago y ciego introduciendo el electrodo del pH metro en cada una de estas secciones.

3.2.9. Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de varianza utilizando el PROC GLM del programa estadístico SAS (SAS University Edition 2016). En la que el tratamiento (Animales que realizaron vs animales que no realizaron la cecotrofia) fue considerado el efecto principal. Las probabilidades $>0,10$ fueron consideradas como no significativas; del 0,05 al 0,10 fueron consideradas como tendencias, del 0,01 a 0,05 fueron consideradas significativas.

4. RESULTADOS

4.1. PESOS ADSOLUTOS Y RELATIVOS DE ORGANOS DIGESTIVOS CON CONTENIDO Y VACIOS

El efecto de prevenir la cecotrofia en los cobayos sobre los pesos absolutos y relativos de los órganos digestivos, son mostrados en el Cuadro 2 y la Figura 2. Los pesos relativos son calculados como porcentaje del peso vivo para reducir la varibilidad de estas medidas y separarlas del efecto del peso vivo de los animales.

Cuadro 2. Peso absoluto y relativo de órganos digestivos de los cuyes

Variables	Tratamiento		EEM ¹	P-valor
	Sin cecotrofia	Con cecotrofia		
Peso vivo (PV), Kg	0,872	0,979	0,0399	0,079
Pesos absolutos, g				
Tracto digestivo total	119	167	7,79	<0,001
Estómago vacío	6,38	6,92	0,308	0,196
Estómago con contenido	10,7	20,0	2,66	0,027
Ciego vacío	10,9	11,2	0,421	0,611
Ciego con contenido	40,1	53,2	4,98	0,084
Pesos relativos, % PV				
Tracto digestivo total	13,6	17,1	0,742	0,005
Estómago vacío	0,732	0,719	0,0402	0,232
Estómago con contenido	1,23	2,01	0,246	0,042
Ciego vacío	1,25	1,15	0,0440	0,724
Ciego con contenido	4,55	5,52	0,580	0,255

¹ Error estándar de la media, n=8

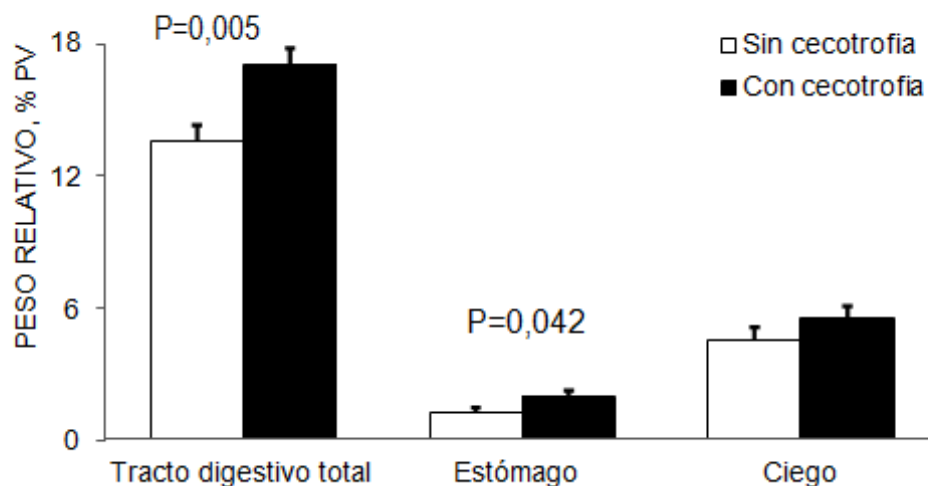


Figura 2. Comparación de pesos relativos de los órganos digestivos con contenido entre los animales que realizaron la cecotrofia y los que no realizaron

El peso de los animales antes del sacrificio tendió a reducirse en los cuyes que no pudieron realizar la cecotrofia ($P = 0,079$) en un 11%. De igual forma el no permitirles el consumo de cecotrofos a los cobayos, a través del uso de collares, redujo el peso absoluto y relativo del tracto gastrointestinal y del estómago con contenido digestivo ($P \leq 0,042$). El peso absoluto del tracto gastrointestinal se redujo en un 28,7% y el del estómago con contenido en un 46,5%. Además, el peso absoluto del ciego lleno se redujo ($P = 0,084$) en un 24,6%.

Por su parte el peso absoluto y relativo del estómago vacío, del ciego vacío, y solo el peso relativo del ciego con contenido digestivo, no mostraron diferencias entre los animales que consumieron y no consumieron los cecotrofos ($P \geq 0,196$). Siendo los valores medios de 6,65 g; 0,726%; 11,1 g; 1,20%; y 5,04 g respectivamente.

El efecto de prevenir la cecotrofia en los cobayos sobre las dimensiones de los órganos digestivos, son mostrados en el cuadro 3.

4.2. LONGITUDES ADSOLUTAS Y RELATIVAS DE ORGANOS DIGESTIVOS

Cuadro 3. Dimensiones de órganos digestivos entre cuyes que realizaron la cecotrofia y los que no lo realizaron

Variables	Tratamiento		EEM ¹	P-valor
	Sin cecotrofia	Con cecotrofia		
<i>Dimensiones absolutas, cm</i>				
Largo tracto digestivo total	375	390	11,0	0,345
Largo estómago	6,19	6,69	0,359	0,342
Largo del intestino delgado	225	233	8,90	0,529
Largo Ciego	11,8	12,6	0,664	0,367
Ancho Ciego	2,64	3,09	0,175	0,091
Largo del Colon	132	138	5,98	0,517
<i>Dimensiones relativas, % TDT</i>				
Largo estómago	1,65	1,73	0,0926	0,573
Largo del intestino delgado	60,0	60,0	1,38	0,919
Largo Ciego	3,15	3,23	0,154	0,703
Ancho Ciego	0,699	0,797	0,0419	0,120
Largo del Colon	35,2	35,3	1,30	0,982

¹ Error estándar de la media, n=8

En las dimensiones, tanto absolutas como relativas, del tracto digestivo total, del estómago, del intestino delgado, del ciego y del colon no se detectaron diferencias entre los animales que practicaron la cecotrofia y los que no la realizan ($P \geq 0,091$). Las dimensiones medias (absolutas y relativas) fueron: largo del tracto digestivo total 382 cm; largo del estómago 6,44 cm (1,69%); largo del intestino delgado 229 cm (60%); largo del ciego 12,2 cm (3,19%); ancho del ciego 2,87 cm (0,75%); largo del colon 135 cm (32,3%).

En el cuadro 5 y figura 3 se muestran los valores de pH del estómago y del ciego de los animales que realizaron la cecotrofia y los animales que no la llevaron a cabo.

4.3. pH DEL ESTOMAGO Y CIEGO

Cuadro 4. Variaciones de pH del estómago y ciego en cuyes que realizaron la cecotrofia y los que no la realizaron

pH	Tratamiento		EEM ¹	P-valor
	Sin cecotrofia	Con cecotrofia		
Estómago	1,35	1,53	0,108	0,238
Ciego	7,44	6,63	0,146	0,002

¹ Error estándar de la media, n=8

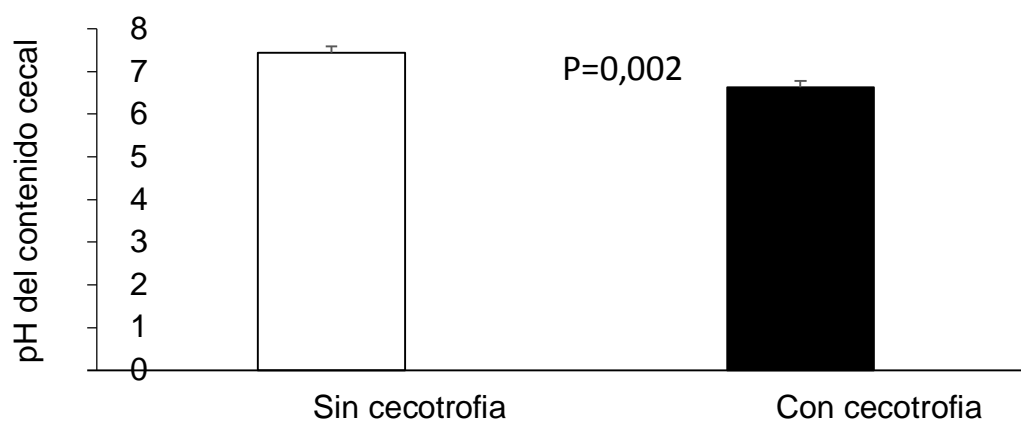


Figura 3. Efecto de la supresión de cecotrofia en el pH cecal de cuyes en cebo

Respecto al pH del contenido del estómago, no se detectó diferencias entre los animales que consumieron y no consumieron cecotrofos ($P = 0,23$). Mientras que, el pH del contenido cecal de los animales que no llevaron a cabo la cecotrofia se elevó en un 12% respecto de los animales que si la realizaron normalmente ($P = 0,002$).

5. DISCUSIÓN

5.1. PESOS ADSOLUTOS Y RELATIVOS DE ORGANOS DIGESTIVOS CON CONTENIDO Y VACIOS

El cuy es una especie endémica de América del Sur, ha sido domesticada desde la era pre-Incaica. En cautiverio, el régimen alimenticio más común incluye hierba y verduras variadas, así como granos o alimentos balanceados.

Los animales silvestres en América del Sur tienen disponibles a menudo solamente alimentos de poco valor nutricional, tales como cactus y pradera o vegetación del desierto (materias primas fibrosas). A pesar de esta diferencia, la morfología del tracto intestinal en comparación con las formas domesticadas es mínima (Gorgas, 1967). En ambas formas, el ciego es muy voluminoso. En este estudio el ciego con contenido, en peso, representa la sección del tracto digestivo predominante (31,9% del tracto digestivo total), seguido por el estómago que representa el 12% del tracto digestivo total. Nirah *et al.* (2015), considera que el ciego puede llegar a contener más de 65% de la digesta presente en el tracto digestivo total y representar el 15% del peso vivo. Los animales con los que se trabajó en el presente estudio muestran un menor porcentaje, respecto del peso vivo, de representación del ciego y tracto digestivo en general. Esto posiblemente se debe a la selección de animales con mayores pesos y con un mayor rendimiento a la canal como es el caso de los cuyes con los que se trabajó, respecto de los animales de laboratorio con los que se está contrastando.

Cuando se suprime la cecotrofia, el peso del tracto digestivo se ve reducido, especialmente debido a una reducción del contenido del estómago. Esto se lo puede asociar a una reducción del consumo de alimento (Narváez, 2017); sin embargo, parece no ser la causa primaria; ya que los animales a primeras horas de colocar el collar

mantienen un consumo normal de alimento. La supresión del consumo también podría deberse a una enteropatía producida por un desorden a nivel cecal, como se evidencia en este trabajo. En los animales que no realizaron la cecotrofia, la fermentación se vio afectada en el ciego, como se evidencia con la subida del pH a nivel cecal. La coprofagia tiene un efecto marcado sobre el tipo y la función de la flora intestinal. Sin esta reinoculación constante del intestino, el espectro bacteriano se altera, la capacidad intestinal para la síntesis de tiamina se reduce en gran medida y la producción de amoníaco se reduce (Barnes, 1962). Esto evidencia la dependencia del cuy a la realización de la cecotrofia. Otros autores, consideran que la dependencia del cuy a la cecotrofia se debe a que el animal posee altos requerimientos de vitaminas provenientes de los cecotrofos. Sharkey (1971), realizó un experimento en el que demostró que los cobayos alimentados con alfalfa sólo sobrevivieron durante cortos períodos cuando se evitó la coprofagia. El estado vitamínico de la alfalfa no se midió, pero presumiblemente la ingesta de vitaminas fue menor que la de los cuyes libres de gérmenes que sobrevivieron indefinidamente sin comer material fecal (Newton y DeWitt, 1961; Moir, 1968). La coprofagia parece menos desarrollada en el cobayo en relación con el conejo, y el tiempo de supervivencia cuando la coprofagia fue prevenida fue menor en el cobayo.

Esto sugiere que los cobayas tienen reservas más bajas de vitaminas en el tejido corporal o una mayor necesidad diaria de vitaminas. Los hallazgos experimentales confirman las afirmaciones de Grasse y Dekeyser (1955), que la coprofagia es obligatoria en el cobayo. Se requieren experimentos adicionales para definir las vitaminas particulares, aminoácidos u otros factores, cuya escasez da como resultado la muerte de las cobayas.

5.2. LONGITUDES ABSOLUTAS Y RELATIVAS DE ORGANOS DIGESTIVOS

La longitud del tracto digestivo y sus diferentes fracciones no se

vieron afectadas por la prevención de la coprofagia en este experimento, posiblemente al corto periodo de supresión de la coprofagia (debido a que los animales comenzaron a presentar graves problemas digestivos). Las longitudes del intestino delgado mostradas en este trabajo fueron superiores

a los reportado en animales de laboratorio por Hargaden y Singer (2012); quienes muestran una longitud de 125 cm para el intestino delgado (10 – 12 cm para el duodeno, 95 cm para el yeyuno y 10 cm para el ileon). En contraste la longitud del ciego muestra ser más pequeña que cobayas de laboratorio (12,6 vs. 15 a 20 cm). Esto mostraría los cambios en un animal de producción de carne, en el que incrementa la importancia de la digestión y absorción de nutrientes en el intestino delgado, debido a dietas más ricas en almidones, a la vez que la función del ciego se ve reducida al producirse, paralelamente, la reducción de fibra en las dietas de cuyes de cebo.

5.3. PH DEL ESTÓMAGO Y DEL CIEGO

Los cambios de pH a nivel cecal, detectados cuando no se permite la coprofagia en los cuyes, reflejaría cambios en la fermentación producto de cambios en la microbiota. Esto posiblemente se deba a la falta de reinfestación microbiana como lo menciona (Barnes, 1962).

6. CONCLUSIONES

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

- Los cuyes (machos de -3 meses de edad para producción de carne) tuvieron los siguientes pesos (con contenido) absolutos y relativos medios, del estómago 20,0 g (2,01% PV) y peso del ciego 53,2 g (5,52% PV). Valores relativos que son inferiores a los reportados en cuyes de laboratorio, por la selección de animales con un mayor rendimiento a la canal.
- La longitud media del intestino delgado en los cuyes estudiados fue de 390 cm del tracto digestivo total, 7 cm de estómago, 233 cm del intestino delgado, 12,6 cm del ciego. Las selecciones de animales para carne han producido un incremento en la longitud del intestino delgado y una reducción en la longitud del ciego.
- Los cuyes bajo condiciones normales muestran valores de pH del contenido del estómago de 1,53 y del ciego de 6,63.
- La prevención de la cecotrofia principalmente produce una reducción del contenido del estómago, asociado a incrementos de pH a nivel cecal y una enteropatía generalizada en los animales.

7. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones del presente trabajo son:

- Seguir estudiando la fisiología digestiva del cuy, para entender el comportamiento de estos animales y desarrollar investigación que posibilite establecer estrategias nutricionales para optimizar la producción de carne de cuy y permita la sostenibilidad de la producción de esta especie y de esta forma garantizar la soberanía y seguridad alimentaria local.
- Estudiar la microflora intestinal del cuy para entender de mejor forma los procesos fisiológicos que suceden principalmente a nivel de ciego.
- Actualizar las tablas de requerimientos en cuyes, para producción de carne, ya que muestran una serie de cambios anatomofisiológicos que pueden influir en gran medida sobre sus requerimientos nutricionales.

8. BIBLIOGRAFIA

- Adjiri, D. ; Bouillier Oudot, M.; Lebas, F. y Candau, M. (1992). Simulation in vitro des fermentations caecales du lapin en fermenteur à flux semi- continu. . En *Role du prétraitement du substrat alimentaire*. (págs. Repr. Nutr. Dev. 32 : 351-360).
- Aghina, C. (1989). Cría del conejo. Barcelona: ed. CEAC: Barcelona, España.
- Bjornhag. (1972). Separation and delay of contents in the rabbit colon. En *Swedish Journal of Agricultural Research* 2 (págs. 125–136).
- Bjornhag. (1981). The retrograde transport of fluid in the proximal colon of rabbits. En *Swedish Journal of Agricultural Research* 6 (págs. 63–69).
- Björnrag, G. (1981). Separation and retrograde transport in the large intestine of herbivores. *Livestock Production Science*, 8(4), 351–360.
- Blas, C., & Wiseman, J. (2010). *Nutrition of the Rabbit*. CABI.
- Breazile, J. B. (1976). *The Biology of the Guinea Pig*. Academic Press, New York, pp. 53–62.
- Carabaño. (2006). Recent Advances in Rabbit Sciences.
- Cooper, G, Schiller A.L. (1975). *Anatomía del Conejillo de Indias*. Harvard University Press, Cambridge.
- Cork SJ, Hume ID, Faichney GJ. . (1999). The Role of the Hindgut. In: Jung HJG, Fahey GC Jr (eds), *Nutritional Ecology of Herbivores*, pp. En S. I. American Society of Animal Science, *Digestive strategies of nonruminant herbivores*. (págs. 210–260).

- De Blas, C. y Mateos, G.G. . (1997). The digestive system of the rabbit.
In *The nutrition of the Rabbit*. CABI Publishing, Wallingford, UK. .
- Dihigo, L. .. (2007). *Caracterización físico-química de productos tropicales y su impacto en la morfofisiología digestiva del conejo*. Instituto de Ciencia Animal ICA. La Habana, Cuba.
- Ebino, K. Y. (1993). Studies on coprophagy in experimental animals.
Jikken Dobutsu. Experimental Animals, 42(1), 1-9.
- Franz, R., Kreuzer, M., Hummel, J., Hatt, J. M., & Clauss, M. (2011). Intake, selection, digesta retention, digestion and gut fill of two coprophageous species, rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) and guinea pigs (*Cavia porcellus*), on a hay-only diet. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 95(5), 564-570.
- Fekete . (1987). En *Recent findings and future perspectives of rabbits digestive physiology* (págs. 1-9).
- Fekete, S. (1991). New scientific findings in the digestive physiology of the rabbit.
- Ganuzá, J.M.; Balcells, J.; Martín, S y Pérez, J. (1998). En *La excreción de derivados púricos en la orina como índice de la ingestión de proteína microbiana*. . ITEA. Extra.196.
- Gidenne, T.; Pinhero, J; Falcao, L y Cunha, C. (2000). En *A comprehensive approach of the rabbit digestion: consequences of a reduction in dietary fiber supply* (pág. Livest. Prod. Sci. 64: 225).
- González Murillo, R. (2007). Nutrición y alimentación del conejo.
- GOVET. P. y FONTY. G. citado por Cheeke (1987). (1979). En *Rabbit Feeding Nutrition*.
- Hargaden, M., & Singer, L. (2012). Anatomy, Physiology, and Behavior.
En *The Laboratory Rabbit, Guinea Pig, Hamster, and Other Rodents*

(pp. 575-602). Elsevier.

- Harkness, J. E., Murray, K. A., & Wagner, J. E. (2002). Biology and diseases of guinea pigs. *Laboratory Animal Medicine. San Diego: Elsevier Science*, 203-46.
- Hirakawa, H. (2001). Coprophagy in leporids and other mammalian herbivores. *Mammal Review*, 31(1), 61–80.
- Jilbe, B. (1980). The gastrointestinal transit time in the guinea-pig. *Zeitschrift fur Versuchstierkunde*, 22(4), 204-210.
- Kenagy, G. J., & Hoyt, D. F. (1979). Reingestion of feces in rodents and its daily rhythmicity. *Oecologia*, 44(3), 403–409.
- Lebas, F. (. (1984). Relaciones entre la alimentación y patología digestiva en el conejo en crecimiento. *Ix Symposium Nacional de cunicultura. Figueres*.
- LELKES, L y CHANG, C.L. . (1987). En *Microbial dysbiosis in rabbit mucoid enteropathy. Lab. Anim. Sci.*
- LOPEZ, V. E. (1987). “Situación Actual de la crianza de cuyes en la Sierra Ecuatoriana a nivel de Grande, Mediano y Pequeño Productor”. Ministerio Agricultura, Informe 20.IV.87 8p.
- MAKKAR y SING . (1987). En *Comparative enzymatic profiles of rabbit cecum and bovine rumen contents. Appl. Rabbit Res.* 10, 172-174.
- Motta, W. F.; Borges, F. M. & Apocaypse, R. (2006). Fundamentos de nutrición en conejos. *Memorias del III Congreso de Cunicultura de las América. Paraná. Brasil*.
- Quesenberry, K. E., Donnelly, T. M., & Hillyer, E. V. (2004). Biology, husbandry, and clinical techniques of guinea pigs and chinchillas. *Ferrets, Rabbits, and Rodents, Clinical Medicine and Surgery*, ed,

2, 232-244.

Ruckebusch Y, F. J. (1976). The fusus coli of the rabbit as a pace-maker area. *Experientia* 32.

Sakaguchi, E., Heller, R., Becker, G., & Engelhardt, W. v. (1986). Retention of digesta in the gastrointestinal tract of the guinea pig. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 55(1-5), 44–50.

Sakaguchi, E., & Kazuaki, N. (1992). Digesta retention and fibre digestion in maras (*Dolichotis patagonum*) and guinea-pigs. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 101(4), 867–870.

Sharkey, M. J. (1971). Some aspects of coprophagy in rabbits and guinea pigs fed fresh lucerne. *Mammalia*, 35(1), 162–168.

Schmidts-nielsen, K. (1976). Fisiologia animal Adaptacion al medio ambiente. Barcelona.

SING, M. (1987). Comparative enzymatic profiles of rabbit cecum and bovine rumen contents.

9. ANEXOS



Anexo 1. Unidades experimentales (*Cavia porcellus*)



Anexo 2. Sacrificio de los animales (dislocación cervical y desangramiento)



Anexo 3. Disección de los cobayos



Anexo 4. Separación del aparato digestivo del cobayo



Anexo 5. Equipo de trabajo de investigación