



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE
LA SALUD ANIMAL

CONTENIDO DE NUTRIENTES EN CECÓTROFOS Y EVALUACIÓN
DE VARIABLES PRODUCTIVAS DE CONEJOS CANULADOS EN
APÉNDICE CECAL, DÉCIMO TERCER ASA CECAL Y COLON DISTAL

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA:

ARIADNA CONDE CORONA

TUTOR:

MVZ MPA Dr. C. Carlos Gutiérrez Olvera

COMITÉ TUTORAL:

M en E. Adriana M. Ducoing Watty
MVZ MC Ph. D. Mario A. Cobos Peralta

MÉXICO D. F.

2012



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIAS

A mis amores, por mostrarme que el amor y la felicidad es un hermoso regalo que llega cuando menos te lo esperas y que la esperanza nunca muere. Los amo con todo mi corazón, ustedes son el motor que me mueve cada día

Ale, gracias amorcito, porque tu ejemplo me llena de orgullo y me enseña que todo es posible si uno se lo propone. Eres quien por amor es capaz de hacer de sus objetivos, logros que nos den un futuro mejor y lleno de amor. Disculpa mis malas rachas, mis traumas y mis desequilibrios. Gracias porque para todos ellos solo tienes palabras de aliento y amor.

Axel, mi angelito, porque tu sonrisa vale todo el esfuerzo que tu papi y yo hacemos día a día para salir adelante. Porque cada nuevo logro en tu desarrollo nos da fuerza y nos alienta a crecer como personas y llegar a ser los mejores padres

Gracias a ustedes por hacerme mamá, por cambiar mi vida, por llenarla de alegría con su llegada y por hacerme sentir una mujer completa. Ustedes son mi mención honorífica.

A la familia Conde Corona, por estar conmigo tanto en los momentos difíciles como en los de dicha. Por ayudarme a comprender que no hay amor más incondicional que el de tus seres queridos. AMO!!!

Mamita y Papá Oso por ser mis compañeros inseparables en este trabajo, desde su planeación hasta su conclusión. Por su inmenso amor, por darme el ejemplo de toda la vida... “todo por apoyar a tus hijos”.

Rox, porque cuando fue necesario me regresaste a la realidad y me alentaste a recuperar las riendas de mi vida.

A la familia Conde Sagahón, por su apoyo y la guía que representan en este camino en el que aún somos unos inexpertos.

Betty y Jonatán, por la fuerza que poseen al enfrentar esta fase de incertidumbre que les presenta la vida.

A mis chiquitines Christian y Cedric, por llenar la casa de risas y juegos, por su inocencia y ternura.

A la Familia Molina Miranda: Suegrita, Suegrito, Damir, Adriana, Andrea y Luis, por la paciencia... la espera ha sido larga, pero aquí están los resultados.

A la familia Conde Pérez: Isauro, Erika, Luis y Paty, por echarme porras.

A Winny y Camila, mis perritos, por cuidar a las conejas y ayudarnos con la limpieza, jejejeje! Por ser los más fieles y cariñosos.

Y pues a Chiki, mi gata, por ser ella... una reinita.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), que a través del proyecto PAPIIT IN216309 EVALUACIÓN NUTRICIONAL (AMINOÁCIDOS PROTÉICOS, VITAMINAS HIDROSOLUBLES, VITAMINA K, ÁCIDOS GRASOS VOLÁTILES Y AMONIACO) EN CECOTROFOS Y CONTENIDO CECAL DE CONEJOS CANULADOS A NIVEL DEL CIEGO Y PRODUCCIÓN DE INÓCULOS MICROBIANOS, permitió la realización del presente trabajo de investigación.

Al Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica (Laboratorios de Bromatología y Toxicología), así como al Departamento de Fisiología y Farmacología de la FMVZ de la UNAM, por las facilidades prestadas en la realización de la fase de laboratorio del proyecto.

A los miembros del Comité Tutoral: Dr. Carlos Gutiérrez Olvera, Dra. Adriana Ducoing Watty y Dr. Mario A. Cobos Peralta, por su paciencia e invaluable dirección.

A los miembros del Jurado: Dr. Francisco Castrejón Pineda, Dr. Luis Corona Gochi, Dr. Sergio Gómez Rosales y Dr. Gerardo Mariscal Landín, por su orientación y las valiosas aportaciones realizadas.

A todas aquellas personas que en determinado momento formaron parte de este proyecto, quienes con su tiempo y dedicación hicieron posible la conclusión de este trabajo:

La familia Gutiérrez Torres, por colaborar y acompañarme en los momentos clave de la fase experimental.

A MVZ José Luis Flores Gutiérrez, MVZ Janitzio Bautista y la Laboratorista Fermina Palma, por brindarme su apoyo en el procesamiento, lectura y determinación de nutrientes, minerales y vitaminas de las muestras experimentales.

A todos mis compañeros tesisistas: Cochapón, Chio, Eli (al doble), Joshi, Mary, Erika P-luche, por su ayuda en la etapa de cirugías preliminares. A Pau y Tann por su ayuda en el procesamiento de muestras. A Carmen, Kari, César, Floresita, por sus valiosos comentarios y aportaciones en la etapa de discusión. A Salvador, Clau Ledesma, Clau Alarcón, Héctor, Gaby y Maru, por estar todos al pie del cañón tras un objetivo en común. A todos por brindarme su apoyo y amistad.

A mis amigas Mine y Dianita, por su apoyo a pesar de la distancia.

A mis niñas... por brindar su vida en favor de ésta investigación

Índice de Contenido

ÍNDICE DE FIGURAS	III
ÍNDICE DE CUADROS	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
1 INTRODUCCIÓN	1
2 REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 FISIOLÓGÍA DIGESTIVA DEL CONEJO	3
2.2 APARATO DIGESTIVO DEL CONEJO	4
2.2.1 Cavidad oral	4
2.2.2 Esófago y estómago.....	5
2.2.3 Intestino delgado	6
2.2.4 Intestino grueso.....	7
2.3 EL CIEGO DEL CONEJO	8
2.3.1 Microorganismos cecales	8
2.3.2 Función cecal	11
2.3.3 Principales productos obtenidos en la fermentación cecal.....	12
2.4 CECOTRÓFIA	16
2.4.1 Definición y función biológica	16
2.4.2 Formación de heces duras y cecótrofos	17
2.4.3 Control biológico de la cecotrofia.....	19
2.4.4 Patrones de excreción de heces duras y cecótrofos	20
2.4.5 Composición nutrimental de los cecótrofos	21
2.4.6 Fibra y proteína, factores determinantes de la producción de cecótrofos	22
2.5 VITAMINAS EN LA NUTRICIÓN DEL CONEJO.....	23
2.6 MINERALES EN LA NUTRICIÓN DEL CONEJO	24
2.6.1 Macroelementos	25
2.6.2 Microelementos.....	28
2.7 LA CANULACIÓN COMO HERRAMIENTA EN LA INVESTIGACIÓN NUTRICIONAL	29
2.8 CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS DEL CONEJO	31
3 JUSTIFICACIÓN.....	33
4 HIPÓTESIS.....	34
5 OBJETIVOS GENERALES.....	35

5.1	Objetivos específicos.....	35
6	MATERIALES Y MÉTODOS	36
6.1	LOCALIZACIÓN	36
6.2	DISEÑO EXPERIMENTAL	37
6.2.1	Población.....	37
6.2.2	Alimentación.....	37
6.2.3	Grupos experimentales	38
6.2.4	Asignación de tratamientos.....	38
6.3	PRUEBAS PRELIMINARES	39
6.4	CANULACIÓN DE INTESTINO GRUESO	41
6.5	VARIABLES EVALUADAS.....	45
6.5.1	Aspectos fisiológicos.....	45
6.5.2	Contenido de nutrientes	46
6.5.3	Variables productivas	49
7	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	50
8	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
8.1	ASPECTOS FISIOLÓGICOS.....	51
8.1.1	Producción de heces	51
8.1.2	Digestibilidad Aparente de la Materia Seca	52
8.1.3	Producción de cecótrofos	54
8.2	CONTENIDO DE NUTRIENTES.....	58
8.2.1	Análisis químico proximal y fracciones de fibra	58
8.2.2	Vitaminas.....	62
8.2.3	Minerales.....	63
8.3	VARIABLES PRODUCTIVAS.....	66
8.3.1	Consumo Voluntario.....	66
8.3.2	Ganancia Diaria de Peso.....	68
8.3.3	Conversión Alimenticia	68
9	CONCLUSIONES.....	71
10	REFERENCIAS.....	72
	Anexo I.....	85
	Anexo II.....	87
	Anexo III	90

Índice de Figuras

Figura 1. Estructura del cráneo del conejo mostrando las piezas dentarias.....	5
Figura 2. Esquema del aparato digestivo del conejo.....	9
Figura 3. Movimiento de la ingesta del conejo a través del segmento íleo-ceco-cólico.....	19
Figura 4. Canulación a nivel de apéndice cecal de conejas adultas.....	40
Figura 5. Canulación a nivel de decimotercer asa cecal en conejas adultas.....	40
Figura 6. Canulación a nivel de colon distal en conejas adultas.....	40
Figura 7. Exposición de la porción intestinal a canular.....	44
Figura 8. Inserción de la cánula en el órgano.....	44
Figura 9. Fijación de la cánula en la piel de la pared abdominal.....	44

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Requerimientos de vitaminas del conejo alimentado <i>ad Libitum</i> en crecimiento y mantenimiento.....	24
Cuadro 2. Requerimientos de minerales del conejo alimentado <i>ad Libitum</i> en crecimiento y mantenimiento.....	25
Cuadro 3. Composición nutrimental de la dieta comercial.....	37
Cuadro 4. Condiciones estándar y concentración característica de los controles para absorción atómica.....	48
Cuadro 5. Producción de heces promedio (g) por tratamiento y por semana.....	51
Cuadro 6. Digestibilidad aparente de la materia seca (%) por tratamiento y por semana.....	53
Cuadro 7. Producción de cecótrofos (g) por tratamiento y por semana.....	55
Cuadro 8. Composición nutrimental de cecótrofos de animales canulados y no canulados.....	57
Cuadro 9. Concentración de riboflavina y piridoxina en cecótrofos de animales canulados y no canulados.....	62
Cuadro 10. Concentración de minerales en cecótrofos de animales canulados y no canulados.....	63
Cuadro 11. Consumo voluntario de alimento (g) por tratamiento y por semana.....	65
Cuadro 12. Ganancia diaria de peso (g) por tratamiento y por semana.....	67
Cuadro 13. Conversión alimenticia (g) por tratamiento y por semana.....	68

Resumen

Se utilizaron 32 conejas de la raza Nueva Zelanda Blanco. Formando cuatro grupos experimentales de ocho conejos cada uno, considerando al animal como la unidad experimental. Grupo uno (T1) considerado testigo o control, grupo dos (T2) animales canulados a nivel del apéndice cecal, grupo tres (T3) animales canulados en decimotercer asa cecal y grupo cuatro (T4) animales canulados a nivel de colon distal. Se evaluaron aspectos fisiológicos (producción de heces, digestibilidad aparente de la materia seca, producción de cecótrofos) y variables productivas (consumo voluntario, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia) en animales canulados y no canulados una semana antes de la canulación y tres semanas después de ésta, así como el contenido de nutrientes en cecótrofos (PC, EE, CEN, FDN, FDA, minerales y vitaminas) de la semana uno postcanulación. Se encontró diferencia ($p < 0.05$) entre tratamientos en el tiempo en la producción de heces y entre tratamientos para el contenido de nutrientes (PC, CEN, FDA, Ca y K). Se observó interacción tiempo por tratamiento para la producción de cecótrofos ($p < 0.0001$), el consumo voluntario ($p < 0.001$) y la ganancia diaria de peso ($p < 0.05$), mientras que solo fueron significativas a través del tiempo la digestibilidad aparente de la materia seca y la conversión alimenticia ($p < 0.05$). Los resultados obtenidos muestran que la canulación provoca variaciones en el comportamiento fisiológico y productivo de los animales. La canulación a nivel de colon fue menos favorable que la canulación a nivel cecal, por lo que solo esta última puede resultar útil para obtener información sobre los procesos digestivos y los productos de la digestión in vivo, como lo son los cecótrofos.

Palabras clave: Canulación, apéndice cecal, decimotercer asa cecal, colon distal, cecótrofos.

Abstract

32 rabbits of New Zealand White were used. Forming four experimental groups of eight rabbits each, considering the animal as the experimental unit. Group one (T1) is considered a witness or control, group two (T2) cannulated animals at the cecal appendix, group three (T3) animals cannulated in cecal loop thirteenth and group four (T4) animals cannulated at the level of distal colon. Physiological aspects (feces production, apparent digestibility of dry matter and cecotropes production) and productive variables (voluntary intake, daily weight gain and feed conversion) were assessed in cannulated and non cannulated animals one week prior to cannulation and three weeks after this, as well as the content of nutrients in cecotropes (PC, EE, ASH, NDF, ADF, minerals and vitamins) of the week one postcanulación. Difference was found ($p < 0.05$) between treatments at the time in the production of feces and between treatments for nutrient content (PC, ASH, ADF, Ca and K). Time treatment interaction was observed for cecotropes production ($p < 0.0001$), voluntary intake ($p < 0.001$) and daily weight gain ($p < 0.05$), whereas only were significant over time apparent digestibility dry matter and feed conversion ($p < 0.05$). The results show that cannulation induces changes in physiological and productive behavior of animals. Cannulation at colon was less favorable than cecal cannulation, so only the latter can be useful to learn about the digestive processes and products of digestion in vivo, such as the cecotropes.

Keywords: cannulation, cecal appendix, thirteenth cecal loop, distal colon, cecotropes.

1 INTRODUCCIÓN

El conejo se clasifica taxonómicamente dentro del orden *LAGOMORPHA* y la familia *LEPORIDAE*, su nombre científico es *Oryctolagus cuniculus* (Linnaeus, 1758). Esta especie se caracteriza por sus extremidades cortas, pelaje café grisáceo con un poco de rojizo y negro. Las partes ventrales son grisáceas y la parte baja de la cola es blanca. Los individuos melánicos son comunes y puede haber una enorme variabilidad en el tipo de pelaje, color y tamaño. Cuentan con un sentido del oído y del olfato bien desarrollado y poseen diversas formas de comunicación, desde vocalizaciones, hasta golpes con las extremidades posteriores. Una de las principales diferencias entre *Lepus* y *Oryctolagus* es que en general, las liebres son más grandes y con puntas negras en las orejas. Al nacimiento, los conejos están desnudos, ciegos y totalmente desvalidos en un nido preparado con pelo por la madre, mientras que las liebres, nacen en campo abierto, sin nido, con pelo, ojos abiertos y son capaces de correr en pocos minutos. En México, el conejo se encuentra domesticado a lo largo de todo el territorio nacional (Álvarez-Romero, 2005).

El conejo es un animal que posee características digestivas intermedias entre los rumiantes y los animales de estómago sencillo o simple (no rumiantes). Sin embargo, nutricionalmente hablando, el conejo es casi tan eficiente como los rumiantes pues procesa y aprovecha forrajes en un grado bastante aceptable. Una gran parte de los procesos digestivos experimentados por los rumiantes son realizados en forma similar en el aparato digestivo de los conejos, pero en forma, orden y circunstancias diferentes (Martínez, 1993).

De una forma similar a los rumiantes, los herbívoros no rumiantes han desarrollado otros compartimentos de fermentación, como el ciego o el colon, con el objetivo de optimizar la acción de los microorganismos sobre la fibra del alimento. Sin embargo, mientras que los rumiantes son capaces de aprovechar la proteína microbiana resultante de estos procesos de fermentación, en los animales no rumiantes este y otros nutrientes es desechado con las heces. Algunas especies, no obstante, han desarrollado mecanismos especiales para aprovechar este material que combina la retención selectiva de líquido y partículas de pequeño tamaño en el ciego con cierta forma de coprofagia. Estos mecanismos se definen como cecotrofia y permite a los lagomorfos nutrirse de los cecótrofos producidos durante la fermentación cecal (Barcells, 1998).

Para estudiar de manera amplia la fisiología digestiva en el conejo, se han desarrollado metodologías que permiten conocer cuantitativamente la degradación y absorción de nutrientes en diferentes partes del tracto digestivo. Los primeros estudios de fistulación de órganos del sistema digestivo fueron realizados en rumiantes, con la finalidad de conocer el proceso digestivo y microbiológico del rumen, permitiendo el acceso al órgano para tomar muestras de su contenido para analizarlas (Allen, 2004). En el conejo, la canulación ileal permite medir el flujo y la digestibilidad a nivel del íleon; en último término, con ello se persigue una mejor estimación tanto del valor nutritivo de los alimentos como de su impacto sobre la actividad y estabilidad de la microflora ceco-cólica (Blas, 1999).

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 FISIOLÓGÍA DIGESTIVA DEL CONEJO

De acuerdo a su comportamiento alimenticio, los conejos son considerados animales herbívoros no rumiantes ya que consumen solo material vegetal y poseen un tracto digestivo que alberga una comunidad bacteriana dedicada a la digestión de fibra. Así mismo, los conejos son sub-clasificados por Van Soest como consumidores selectivos (prefieren partes suculentas), ya que estos seleccionan las porciones de la planta menos fibrosas, con mayor contenido de proteínas y carbohidratos.

Al poseer un tracto digestivo con adaptaciones anatómicas que le permiten albergar una comunidad microbiana simbiótica compuesta por bacterias y protozoarios que desempeñan funciones digestivas que el hospedero es incapaz de realizar, como la digestión de la celulosa, los herbívoros pueden aprovechar ingredientes de poco valor nutricional para otros animales.

De acuerdo a esta característica, los herbívoros se clasifican con base en el sitio donde se lleva a cabo la fermentación microbiana. Es así que existen los fermentadores pregástricos (rumen) y los fermentadores postgástricos (ciego y colon). El conejo se encuentra dentro de la segunda categoría, ya que realiza fermentación cecal (Cheeke, 1987).

2.2 APARATO DIGESTIVO DEL CONEJO

El aparato digestivo tiene como misión la transformación física y química de los ingredientes de la dieta con el propósito de convertirlos en partículas absorbibles, las cuales serán integradas a diversos procesos metabólicos para la obtención de la energía, y para la construcción de múltiples compuestos orgánicos necesarios para el organismo (Martínez, 1993).

2.2.1 Cavidad oral

El proceso digestivo comienza con la ingestión del alimento. El conejo utiliza como órganos prensiles a los belfos e incisivos. Una vez en la cavidad oral, el alimento es sometido a aproximadamente 120 movimientos masticatorios, dependiendo de las características del mismo.

La fórmula dentaria de los conejos es la siguiente:

I: 2/1, C: 0/0, PM: 3/2 M 3/3 = 28 dientes

Poseen un par de incisivos superiores, llamados accesorios, lo cual es la base para la separación taxonómica entre los lagomorfos y roedores. Los incisivos son estructuras de crecimiento constante (10 a 12 cm/año), por ello el conejo tiene la necesidad de roer el alimento con la finalidad de desgastarlos y mantenerlos en un tamaño acorde a su funcionamiento prensil. Debido a esta situación el alimento debe poseer un tamaño y una dureza adecuada para estimular este desgaste. Los dientes premolares no poseen raíz pero presentan en su meseta grietas bien desarrolladas que facilitan la trituración de los alimentos (*Figura 1*).

La lengua tiene forma triangular y posee papilas con botones gustativos bien definidos. El paladar blando es largo y estrecho por lo que el conejo carece de habilidad para vomitar. Posee tres pares de glándulas salivales, las infraorbitales, parótidas y submaxilares (Martínez, 1993).

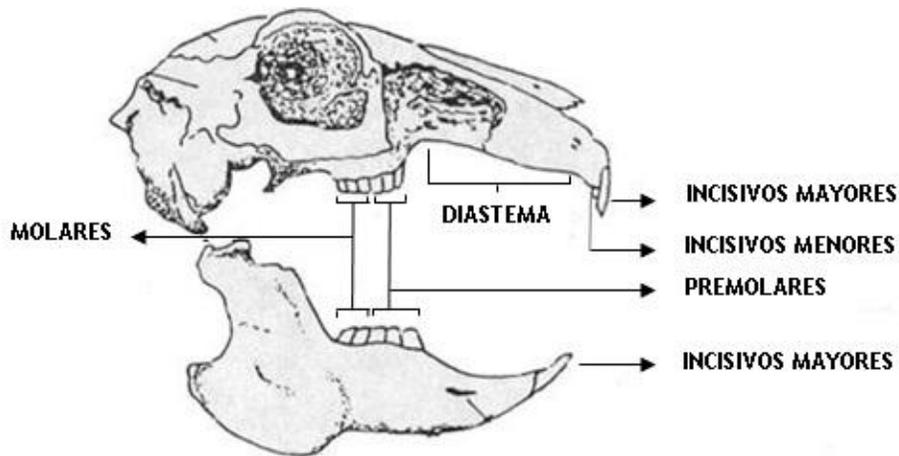


Figura 1. Estructura del cráneo del conejo mostrando las piezas dentarias (Modificado de Martínez, 1993)

2.2.2 Esófago y estómago

El esófago tiene tres capas musculares, característica única dentro del reino animal. La porción cardiaca del estómago del conejo es grande, de paredes delgadas, relativamente inmóvil, no glandular, y está delineada con epitelio escamoso estratificado. La capa muscular epicárdica es estriada, y es una extensión del tejido muscular del esófago. El fondo es la región principal secretora del estómago. La región pilórica es fuertemente musculosa. El conejo, como el caballo y la rata, no pueden regurgitar sus alimentos, y el cierre de la válvula pilórica provoca incluso que una leve gastritis llegue ser una condición seria. En

los conejos jóvenes, ésta situación en condiciones extremas pueden incluir la ruptura de estómago (Martínez, 1993; Brewer, 2006). El alimento, permanece durante cuatro a seis horas en el estómago, tiempo en el cual es expuesto a secreciones gástricas como el ácido clorhídrico y moco, además de enzimas digestivas de forma similar a las demás especies; por ejemplo la quimosina, presente únicamente en gazapos lactantes, la cual sirve para coagular la leche ingerida. La enzima se secreta solo en cantidades discretas y estructuralmente presenta diferencias con respecto a otros animales domésticos. El estómago del conejo tiene un pH que evoluciona descendentemente con la edad, alcanzando aproximadamente a las 7 semanas de vida un valor que oscila entre 1.0 a 3.0. Durante toda su vida adulta, el pH solo variará entre 1.0 y 1.5, por lo cual el medio estomacal puede considerarse estéril constituyendo una barrera altamente eficiente contra potenciales infecciones microbianas (Martínez, 1993) (*Figura 2*).

2.2.3 Intestino delgado

El intestino del conejo representa el 12% del volumen total corporal (O'Malley, 2005). Es el principal sitio de digestión química y de absorción y está constituido por tres secciones funcionales: duodeno, yeyuno e íleon.

El duodeno, la parte de mayor longitud, posee una gran capacidad de movimiento y a través de una acción intensa de agitación mezcla la ingesta, primero con bilis y después con jugo pancreático, lo que neutraliza el pH ácido del alimento proveniente del estómago. El conducto biliar entra en el duodeno proximal. El lóbulo derecho del páncreas se encuentra en el mesoduodeno del asa duodenal. Hay un solo conducto pancreático que se abre en el cruce transversal y

ascendente de las asas duodenales. El conducto pancreático drena ambos lóbulos (Harcourt-Brown F, 2002).

El yeyuno es la sección más larga del intestino delgado posee agregados de tejido linfoide (placas de Peyer). El extremo distal del íleon tiene un área esférica de paredes gruesas conocida como *sacculus rotundus*. Esto marca el cruce entre el íleon, ciego y colon. El *sacculus rotundus* es a menudo llamado "tonsila cecal" a causa de la presencia de tejido linfoide. Este órgano es único para los conejos. Una válvula ileo-ceco-cólica controla el tránsito de la ingesta de íleon al *sacculus rotundus* impidiendo el reflujo de la ingesta hacia el íleon. La válvula se abre en el cruce del íleon, colon y ciego (O'Malley, 2005). El intestino delgado en el conejo, funciona de forma similar a otros animales monogástricos (Harcourt-Brown F, 2002) (*Figura 2*).

2.2.4 Intestino grueso

El intestino grueso consiste en el ciego y colon. El ciego del conejo es muy voluminoso (10 veces la capacidad del estómago), representa el 40 % de la capacidad total del sistema digestivo del animal. Es el principal órgano de fermentación del conejo. Este órgano tiene un pliegue en espiral que recorre toda su longitud y durante su estimulación (contracción) permite, según sea el caso, el avance o el retroceso del contenido cecal. Este órgano finaliza en un saco ciego llamado apéndice vermiforme o apéndice cecal. Este apéndice, que contiene tejido linfoide, secreta bicarbonato que amortigua ácidos cecales que al mezclarse con el agua del lumen cecal forma la pasta cecal (O'Malley, 2005; Harcourt-Brown F, 2002) (*Figura 2*).

El colon es el siguiente segmento del intestino grueso. Se origina a partir de la unión ileo-ceco-cólica. Se divide en tres segmentos, el segmento triplemente haustrado, el cual está conformado por tres hileras de saculaciones separadas entre sí por tres tenias respectivas; el segmento haustrado simple, el cual posee una sola hilera de saculaciones y una gran tenia simple, y el *fusus coli*, que es un estrechamiento del colon caracterizado por poseer una capa muscular longitudinal y un prominente pliegue longitudinal de la mucosa. El colon distal está exento de saculación alguna. Fisiológicamente, el colon desempeña de manera sobresaliente dos funciones importantes, la separación de las partículas de ingesta de acuerdo a su tamaño y la liberación circadiana de los dos tipos de heces producidas (Martínez, 1993) (*Figura 2*).

2.3 EL CIEGO DEL CONEJO

2.3.1 Microorganismos cecales

La flora cecal es la responsable no solamente de la degradación de la fibra del alimento sino que también los microorganismos que la constituyen son responsables de la síntesis de vitaminas del complejo B y producción de proteínas de alto valor biológico, y en recientes investigaciones se les ha relacionado con el estado de salud del animal al evitar la proliferación en la mucosa cecal de bacterias patógenas como *E. coli* (Cheeke, 1982; Morisse, 1985).

La población microbiana de la mayoría de los mamíferos herbívoros es similar, sin embargo, la excepción a la regla es el conejo, el cual tiene una población microbiana marcadamente diferente. El conejo carece de

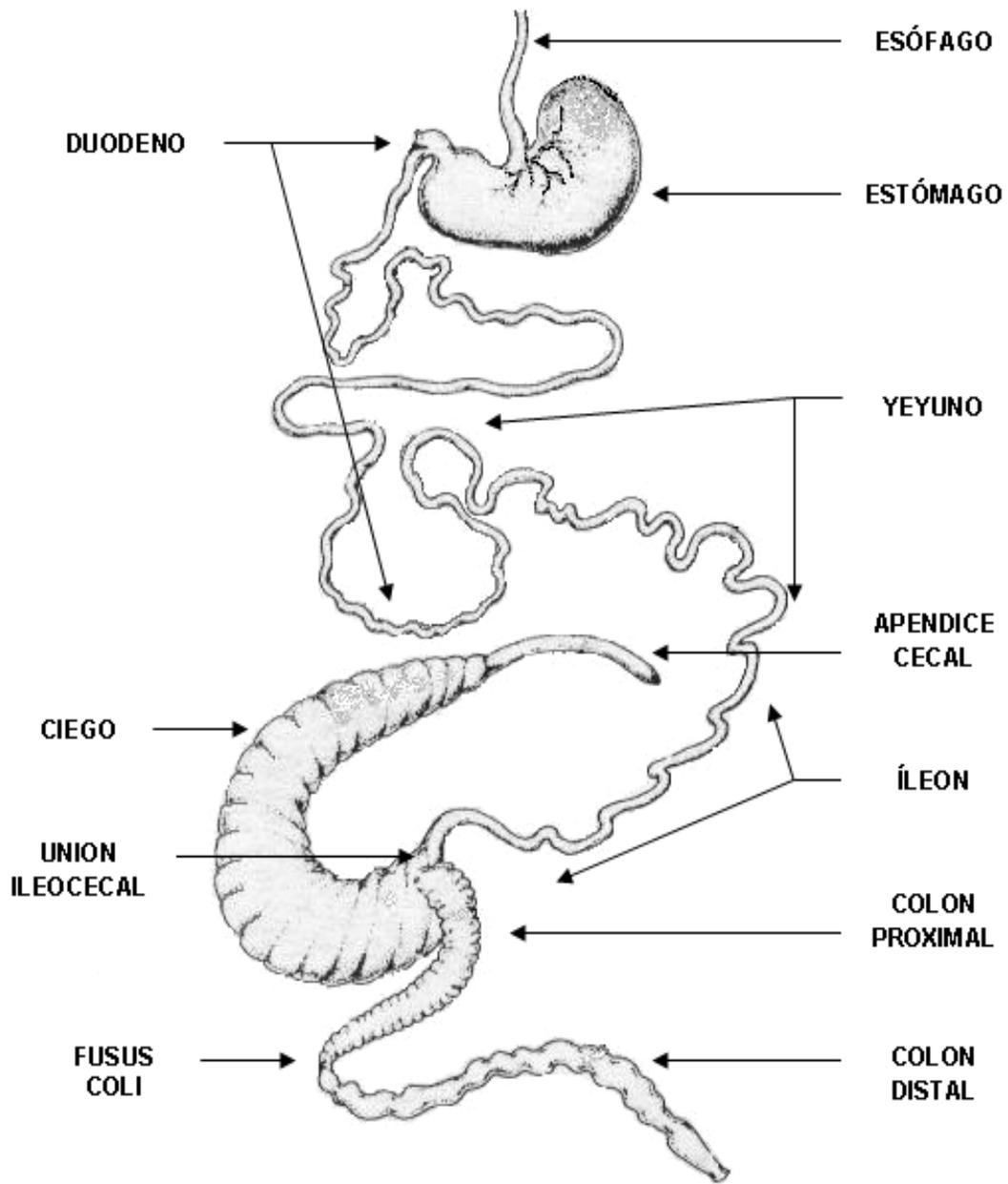


Figura 2. Esquema del aparato digestivo del conejo (Modificado de Martínez, 1993)

microorganismos en el estómago e intestino delgado, esto atribuido a las condiciones virtualmente estériles de estos órganos, mientras que la microbiota del intestino grueso está formada casi en su totalidad por especies del género *Bacteroides* (bacilos gram negativos, no esporulados y anaeróbios estrictos). La población se complementa por especies de los géneros *Bifidobacterium spp.*, *Endophorus spp.*, *Streptococcus spp.*, y *Acuformis spp.* También se han observado especies de *Clostridium*, *Peptococcus*, *Peptostreptococcus*, y *Fusobacterium* adheridas a la membrana mucosa, así como numerosas especies de bacterias anaeróbicas no identificadas (Ress Davis, 2003). Los géneros intestinales comunes como *Escherichia coli* y *Lactobacillus spp.* se encuentran ausentes en conejos sanos. La población bacteriana presente tiene la capacidad de utilizar amonio y urea, así como actividad proteolítica. La capacidad celulolítica probablemente está asociada con las especies del género *Bacteroides* (Cheeke, 1987). En el conejo joven, la flora inicial predominante es *E. coli* y *C. perfringens*, posteriormente bacterias de los géneros *Bacteroides* y *Lactobacillus* se desarrollan poco después. Conforme aumenta la edad, el proceso de sucesión bacteriana continua, predominando el género *Bacteroides* (Cheeke, 1987).

Se han encontrado en el contenido cecal protozoarios no patógenos, incluyendo protozoarios ciliados morfológicamente similares al género *Isotricha spp.* presente en los rumiantes, protozoarios flagelados como *Eutrichomastix spp.*, *Enteromonas spp.*, *Retortamonas spp.* y *Entamoeba cuniculi*, un organismo ameboide. Además de una cepa específica de *Saccharomyces guttulatus* (Ress Davis, 2003)

2.3.2 Función cecal

El ciego juega un papel importante en la utilización de nutrientes del conejo, cerca del 80% de la digesta es contenida en el estómago y en el ciego. Una importante actividad bacteriana localizada en el ciego y el colon proximal es la responsable de la digestión del 25 al 50% de la materia orgánica (Gidenne, 1996; Bellier, 1996; Bellier, 1995; Makkar, 1987). Además de ser responsables de la fermentación y la degradación de la fibra, los microorganismos cecales del conejo son la principal fuente de producción de vitaminas del complejo B y de la síntesis de proteína de alto valor biológico (Cheeke, 1982).

El conejo es un animal herbívoro con un estómago pequeño y un largo tracto intestinal, el cual por ésta característica es comúnmente definido como un área funcional similar al rumen de la vaca. Esto no es correcto, aunque poseen algunas similitudes. Los rumiantes no requieren de aminoácidos esenciales en la dieta, debido a que las bacterias presentes en el rumen los sintetizan. En los conejos la proteína bacteriana sintetizada en el ciego, representa una pequeña contribución para cubrir los requerimientos protéicos, por lo que mayormente estos animales dependen de los aminoácidos de la dieta. Los bovinos son eficientes en la digestión de la fibra, debido a la producción de celulasas por parte de las bacterias ruminales, esto no sucede con los conejos, de hecho la digestión de la fibra en los conejos es menor que en otras especies como la rata y el cerdo. En los rumiantes y los conejos, las bacterias el rumen y del ciego sintetizan cantidades adecuadas de vitamina B, por lo que las vitaminas A, D y E son necesarias en la dieta (Cheeke, 1996).

En comparación con los microorganismos ruminales, los microorganismos cecales tienen una baja cantidad disponible de material nitrogenado digestible para ellos proveniente de la digesta, esto debido a que la mayor parte de la fracción digerible de la proteína dietaria es digerida antes del ciego. Debido a esto, una significativa proporción de la proteína bacteriana será sintetizada a partir de la urea y otras fuentes de nitrógeno endógeno (enzimas digestivas y descamación celular; Carabaño, 1988).

2.3.3 Principales productos obtenidos en la fermentación cecal

El amoníaco es el principal producto del catabolismo del nitrógeno en el ciego y la principal fuente para la síntesis de proteína microbiana. (Carabaño, 1989) La concentración de amoníaco cecal en las dietas balanceadas se encuentran entre 4.5 y 6 mmol/l, lo cual parece apropiado para la correcta síntesis de proteína microbiana, cuando se compara con la concentración de amoníaco en el rumen (Carabaño, 1989; Fraga, 1991). El incremento de la concentración de amoníaco cecal está ampliamente relacionado con el incremento de la proteína cruda digestible presente en la dieta. Sin embargo, como sucede en el rumen (en la cual la concentración de amoníaco está directamente relacionada con el nivel de degradación de las proteínas de la dieta, pero además es inversamente proporcional a la concentración de los carbohidratos digestibles de la dieta), una relación similar puede observarse en los conejos entre la concentración de amoníaco cecal y la proporción energía digestible : proteína digestible de la ración (Carabaño, 1989; Carabaño, 1997; García, 1995; Motta-Ferreira, 1996).

La utilización de fuentes exógenas de nitrógeno no protéico, tales como la urea, en la síntesis de proteína microbiana han sido observadas, pero solo en situaciones en las cuales la concentración de amoniaco en el ciego es limitada (p. Ej. dietas con bajo contenido de proteína). En estos casos la urea administrada en la dieta suplirá al amoniaco, aunque no de forma satisfactoria. Sin embargo, si la urea es administrada directamente al ciego, se ha observado una rápida degradación de esta a amonio (Makkar, 1990). Los incrementos en la fibra dietaria han mostrado disminuir el contenido en la proteína cruda de las heces blandas; debido a que la eficiencia de los microorganismos cecales para sintetizar proteína decrece, asociada a un tiempo de retención cecal corto, cuando se incrementa el contenido de fibra (Carabaño, 1988; García, 1995; Johnson-Delaney, 2006; García, 2000).

El almidón no digerido en el intestino delgado es fermentado por la microflora en el segmento ceco-cólico en lactato y ácidos grasos volátiles (AGV), siendo absorbidos *in situ*. Varios estudios han mostrado la presencia de amilasas en el ciego, la mayoría de estas investigaciones sugieren que estas amilasas son de origen microbial además de las que provienen del íleon con la digesta (Yoshida, 1968). La actividad de las amilasas en ciego es doblemente mayor en el contenido cecal del conejo que en el contenido ruminal (Makkar, 1987).

En los rumiantes, los AGV, productos finales de la fermentación en el rumen, son absorbidos a través de la pared ruminal hacia la sangre portal y constituyen la primera fuente de energía absorbida. En dietas altas en fibra, el ácido acético es el producido en mayor cantidad en el rumen, así como en dietas altas en concentrado la producción de ácido propiónico se ve incrementada. El

ácido butírico generalmente es producido solo en pequeñas cantidades, siendo entre el 5 y 10% del total de los AGV. El butirato, en los rumiantes, es metabolizado durante la absorción a cuerpos cetónicos y β -hidroxibutirato (Cheeke, 1995).

En el conejo, los AGV son producidos en el ciego como parte de la fermentación bacteriana. Se estima que proveen del 12 al 40% de los requerimientos de energía de mantenimiento. Además, se ha demostrado que los AGV son la principal fuente de energía para el metabolismo de los tejidos de la última porción del tubo digestivo, esto debido a que los epitelios del colon requieren de una gran cantidad de energía para las reacciones involucradas en la absorción de electrolitos y otros nutrientes. El ácido butírico es el más utilizado para el metabolismo del intestino grueso, seguido por el propionato y el acetato. (Hoover, 1972; Marty, 1984; Parker, 1976). La producción y distribución de los AGV es diferente en el conejo que en los rumiantes, en contraste con los rumiantes, en los cuales el butirato es producido en mucho menor cantidad que el acetato y el propionato, en el conejo el butirato es producido en cantidades considerablemente mayores que el propionato. Esto puede ser reflejo de la inusual población microbiana que posee el ciego del conejo, la cual es dominada por especies del género *Bacteroides*, los cuales, por lo regular, son organismos productores de butirato, mientras que los *Lactobacillus*, los cuales son productores de lactato y propionato, se encuentran en cantidades insignificantes (Cheeke, 1987; Vernay, 1984). El ácido láctico es rápidamente metabolizado en el ciego del conejo a acetato y posiblemente a propionato. El lactato que se encuentra en sangre, proviene principalmente de la fermentación que se lleva a cabo dentro del

cecótrofo en el estómago, donde éste permanece intacto por lo menos seis horas antes de ser digerido, tiempo durante el cual las bacterias que contiene fermentan carbohidratos, produciendo lactato como producto final (Griffith, 1963; Parker, 1976; Vernay, 1986).

En los rumiantes los ácidos grasos insaturados son hidrogenados en el rumen, convirtiéndose en ácidos grasos saturados. En los conejos las grasas son digeridas en el intestino delgado. Los ácidos grasos que no son digeridos pasan al intestino grueso y son excretados en las heces como jabones, o entran en el ciego, donde los ácidos grasos insaturados son hidrogenados por la microflora cecal (Fernández, 1994; Gidenne, 1996).

Los cuyes poseen, al igual que el conejo, un ciego alargado en el cual se lleva a cabo fermentación. Se ha observado que en el ciego del cuye se producen AGV y que en contraste con lo observado en el conejo, en el cual el butirato es el más importante, en los cuyes, el butirato es el AGV de menor producción (Henning, 1970). Al igual que en el conejo, el cobayo lleva a cabo la cecotrofia, la cual resulta ser más eficiente en la utilización de proteína y en el aporte de vitaminas del complejo B. (Sharkey, 1971)

Los microorganismos del ciego, son los responsables de la síntesis de fitasas que permiten romper los enlaces de los fitatos haciendo que tras la ingestión de las heces blandas los conejos puedan aprovechar el fósforo de origen vegetal. (Gutiérrez, 2000)

2.4 CECOTROFIA

2.4.1 Definición y función biológica

La cecotrofia es un mecanismo que combina una especialización de la coprofagia (reingestión del material cecal) con una retención y excreción selectiva de líquidos y partículas de pequeño tamaño en el ciego (Pérez, 1997). Los conejos empiezan a consumir los cecótrofos entre la segunda y tercera semana de edad, cuando empiezan a comer alimentos sólidos (Johnson-Delaney, 1997). Tras el destete, la producción de heces blandas se incrementa linealmente hasta llegar a un máximo de 25 g de MS/día (63 y 77 días de edad). Este periodo corresponde con las máximas necesidades de crecimiento y con el máximo incremento en el consumo del alimento (DeBlas, 1998).

La cecotrofia permite al conejo aprovechar ciertos nutrientes de un elevado valor biológico (vitaminas y proteínas) sintetizadas por la flora cecal. A diferencia de los rumiantes, que experimentan la fermentación en un segmento digestivo anterior al intestino delgado, el conejo experimenta la fermentación a nivel posterior de este, y ello significa que de no practicar la cecotrofia, todos los beneficios derivados de la fermentación se eliminarían con las heces (Pérez, 1997).

A través de la cecotrofia los conejos obtienen múltiples beneficios, como:

- Mejor utilización de la materia seca y de las proteínas.
- Aporta entre el 5 y 18% de la materia seca ingerida durante el día.
- Aporta del 15 al 30% del nitrógeno ingerido.
- Aporta entre el 10 y el 30% de la energía metabolizable requerida.

- Aporta las cantidades necesarias de vitaminas del complejo B y de vitamina K.
- Cubre los requerimientos de varios minerales gracias a la recuperación de los mismos.
- Mantiene la salud del animal evitando la proliferación de bacterias patógenas (Martínez, 1993)

2.4.2 Formación de heces duras y cecótrofos

La ingesta es descargada dentro del área ceco-cólica encontrándose uniformemente mezclada. El ciego se encuentra continuamente en movimiento mezclando el contenido por medio de contracciones hacia adelante y atrás a través de toda su longitud. Esto asegura un flujo continuo del material entre el ciego y colon proximal. La separación de partículas grandes de las pequeñas y del fluido ocurre mecánicamente. Movimientos peristálticos mueven la ingesta hacia el colon. Las partículas grandes (más de 3 mm de diámetro) siendo de menor densidad, tienden a acumularse en el lumen, mientras las partículas pequeñas (menos de 3 mm de diámetro) y los líquidos, siendo más densos, tienden a acumularse hacia la periferia. Contracciones de las haustras (saculaciones en la pared del colon formadas por el arreglo de sus fibras musculares) mueven el material de manera retrógrada hacia el ciego (Cheeke, 1987; Carabaño, 1998) (*Figura 3*). Las partículas pequeñas y líquidos son retenidos por tiempos prolongados en el ciego, donde la fermentación ocurre, mientras las partículas grandes son eliminadas rápidamente. El material que entra al colon proveniente del ciego es denso y pastoso. Para la separación de partículas de acuerdo a su

densidad, la secreción de fluido dentro del colon es necesaria. La dilución del contenido ocurre aproximadamente 10 cm distal a la unión ceco-cólica durante ciertos periodos en el día. Así, esta secreción activa de fluido es una parte esencial del mecanismo de excreción selectiva del ciego-colon (Cheeke, 1987).

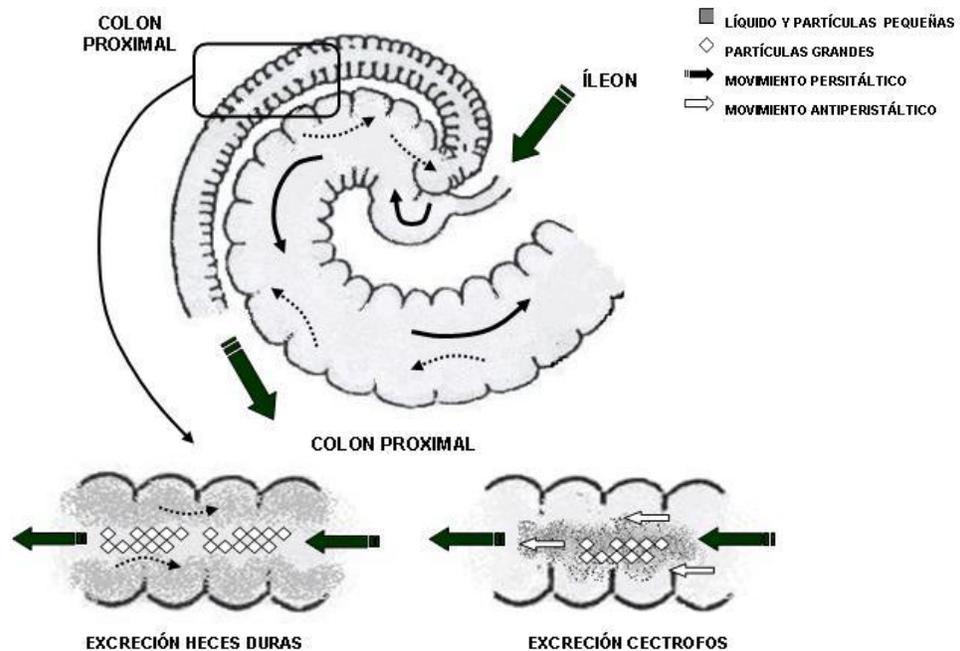


Figura 3. Movimiento de la ingesta del conejo a través del segmento ileo-ceco-cólico (Modificado de Blas, 1998)

El conejo produce dos tipos de excretas: heces duras y heces blandas o cecótrofos. La producción de heces duras se realiza en las haustras del colon. Las contracciones segmentales ocurren separando la digesta del material fecal, mientras las contracciones haustrales mueven el agua de regreso hacia el ciego. Así, esta separación mecánica de agua, con la consecuente absorción de ésta, produce las heces duras (Cheeke, 1987). Las heces blandas (5 mm diámetro)

están conformadas por contenido cecal pero, a diferencia de las heces duras, contienen más humedad, proteínas y minerales y una menor cantidad de fibra. Los cecótrofos están rodeados por una membrana mucilaginosa secretada por las células globosas o productoras de moco del colon. Estas heces blandas son tomadas directamente del ano con la boca del animal y son tragadas sin ser masticadas, y permanecen por varias horas en el estómago (3 a 6 horas) después de haber sido consumidas, coincidiendo generalmente con la noche. El revestimiento de moco las protege de la digestión a éste nivel (Cheeke, 1987; Johnson Delaney, 1996-97; Carabaño, 1998; Romero, 2008).

2.4.3 Control biológico de la cecotrofia

Las prostaglandinas endógenas juegan un papel importante en la función motora involucrada en la producción de las heces blandas. La PGE₂ y la PGF₂α producen inhibición de los movimientos del colon proximal, estimulación del colon distal y la producción de las heces blandas. Cambios en la concentración de AGV y del pH cecal, derivados del consumo de alimento, se proponen como las primeras señales que desencadenan la excreción de cecótrofos. El *fusus coli* aparentemente actúa como marcapasos en el control de las contracciones en la excreción de los dos tipos de heces. El arribo de los cecótrofos al ano desencadena una respuesta neural en la que el conejo lame el área anal, traduciéndose en el consumo de cecótrofos (Cheeke, 1987; Carabaño, 1998).

2.4.4 Patrones de excreción de heces duras y cecótrofos

Los términos heces diurnas y heces nocturnas son utilizados para referirse a las heces duras y a las heces blandas respectivamente, sin embargo, la excreción de cecótrofos también ocurre durante las horas del día (Cheeke, 1987).

Las heces blandas son excretadas de acuerdo a un ritmo circadiano. Mientras el consumo de alimento y la excreción de heces duras ocurren durante las tardes (en ausencia de luz en condiciones naturales), las heces blandas son liberadas por la mañana. La mayoría de los conejos muestran patrones monofásicos de excreción de cecótrofos desde las 8:00 h a las 17:00 h, con un máximo de 12 horas. Sin embargo, otros muestran un patrón difásico, con un segundo periodo de excreción durante la noche. La ocurrencia de patrones difásicos es más frecuente cuando la duración de los periodos de luz es reducida. Bajo condiciones de luz continua (24 horas) la cecotrofia se desarrolla libre y monofásicamente. Durante un periodo de cecotrofia duradero (7 a 9 horas), hay una ausencia de excreción de heces duras y bajo consumo de alimento.

El consumo de alimento y la excreción de heces duras ocurren a lo largo del periodo complementario, mostrando dos fases. El consumo de alimento comienza en torno a las 15:00 h y alcanza un máximo a las 18:00 h. Después de éste periodo, los conejos reducen el consumo hasta las 2:00 h y una nueva fase comienza, alcanzando un nuevo pico a las 6:00 h. La segunda fase termina a las 8:00h. La excreción de heces duras (de las 18:00 h a las 8:00 h) muestra un patrón similar, con dos picos a las 0:00 h y las 6:00 h.

La edad del conejo, su estado fisiológico y el acceso restringido al alimento pueden alterar este patrón. Se ha observado que los conejos destetados a las seis

semanas muestran una gran incidencia de patrones difásicos y un periodo de cecotrofia más largo que los adultos (14 semanas de edad) de las 4:00 h a las 12:00 h y de las 22:00 h a las 0:00 h. Durante el periodo de lactación se exhibe un ritmo alternado de excreción de cecótrofos y heces duras. La cecotrofia ocurre durante dos periodos desde las 2:00 h a las 9:00 h (40% de la excreción total) y de las 13:00 h a las 17:00 h (60% de la excreción total), con una carencia de excreción de las 9:00 h a las 13:00 h. Todas estas descripciones han sido tomadas bajo condiciones de alimentación *ad libitum*. Cuando el régimen alimenticio es modificado a un acceso restringido de alimento, el ritmo de excreción es profundamente alterado sea cual fuere la duración del periodo de luz. En esta situación, el tiempo de excreción de cecótrofos dependerá de la distribución de la alimentación (Carabaño, 1998; Romero, 2008).

2.4.5 Composición nutricional de los cecótrofos

Los cecótrofos representan entre el 10 y 15% de la ingestión total diaria de MS del conejo, lo que representa alrededor del 50 al 60% del nivel de fibra cruda y una alta proporción de proteína (entre un 23 y 33% de la MS), de la cual alrededor del 50% es de origen microbiano (Carabaño, 1998; Ress Davis, 2003). La proteína presente en las heces blandas permite cubrir un 15% de las necesidades proteicas del gazapo en crecimiento (Romero, 2008). Los cecótrofos contienen altos niveles de ácidos grasos de cadena corta, vitaminas del complejo B (que pueden incluso exceder los requerimientos del animal), Na, K y agua. Representan más de 30% del nitrógeno consumido (Stevens, 1998). Por lo tanto, suponen un aporte significativo de proteína para el animal (aproximadamente un 15% de sus

necesidades totales) y aún mayor de aminoácidos azufrados, lisina y treonina (17, 18 y 21%, respectivamente; Nicodemus, 1999).

2.4.6 Fibra y proteína, factores determinantes de la producción de cecótrofos

En los conejos, la fibra dietética tiene un papel fundamental en el mantenimiento de la salud intestinal pues estimula la motilidad intestinal y con ello la prevención de enteritis (Irlberk, 2001). La fibra es el constituyente mayoritario de la ración ofrecida a los conejos representando entre un 40 y un 50% de la misma. Su importancia radica en su influencia sobre la velocidad de tránsito, ya que evita la acumulación de la digesta en el ciego lo cual podría reducir el consumo de alimento. Además constituye un sustrato importante para el crecimiento de la microbiota. Ambos factores relacionados directamente con la salud y los rendimientos productivos del conejo (García, 2006; García, 2000). En comparación con otros herbívoros, la capacidad de los conejos para digerir la fibra es relativamente baja (14% para el heno de alfalfa comparado con un 44% en la vaca, 41% en caballos y 22% en cerdos; McNitt, 2000).

La composición de las heces duras y de los cecótrofos está influenciada por la dieta. Si la concentración de la fibra dietaria se incrementa, la composición de las heces duras y los cecótrofos también se incrementan. Por lo tanto, la fermentación de la fibra no parece ser mayor con la cecotrofia (Irlberk, 2001).

La cecotrofia requiere de una dieta alta en fibra para funcionar correctamente (12 a 16 % FC; Hand, 2000). Dietas bajas en fibra (-10 % FC) aumentan el tiempo de retención cecal y promueven hipomotilidad de todo el

intestino, lo que reduce aún más la producción de cecótrofos. Cuando un animal se alimenta con una dieta con bajo aporte de energía, la ingestión de cecótrofos se maximiza (Johnson Delaney, 1997; Irlberk, 2001; Hand, 2000).

Cuándo un animal se alimenta con una dieta *ad libitum*, la concentración de proteína y fibra afectan el consumo de cecótrofos. Los niveles bajos de proteína de la dieta suministrada a los conejos aumentan el consumo de cecótrofos y los altos niveles de proteína causan una disminución del consumo de cecótrofos, que parece ser un mecanismo que escatima la proteína. Por lo tanto, una dieta alta en proteínas y baja en fibra reduce el consumo de cecótrofos (Johnson-Delaney, 1996-97; Irlberk, 2001).

Se ha comprobado que la cecotrófia aumenta la digestibilidad proteica (50% vs. 75 a 80% para la alfalfa) de los forrajes en conejos. Aun así, se debe tener cuidado cuando la alimentación tiene altos niveles de proteínas en la dieta porque el exceso de proteínas puede aumentar los niveles de amoníaco cecales, ocasionando un aumento en el pH cecal. Este aumento en el pH puede permitir a los agentes patógenos prosperar y puede aumentar el potencial de enteritis (Irlberk, 2001).

2.5 VITAMINAS EN LA NUTRICIÓN DEL CONEJO

Las vitaminas son compuestos orgánicos necesarios en pequeñas cantidades para el crecimiento normal y mantenimiento de los animales, las plantas y los demás seres vivientes. En el caso de los conejos, los requisitos vitamínicos (*Cuadro 1*) en general son bajos (mg/d), ya que algunas vitaminas

pueden ser fabricadas por el propio organismo del animal mientras que otras deben ser suplidas en la dieta.

Cuadro 1. *Requerimientos de vitaminas del conejo alimentado Ad Libitum en crecimiento y mantenimiento (Porcentaje o cantidad por Kg en la dieta) (Modificado de NRC, 1977)*

Vitamina ^a	Crecimiento	Mantenimiento
Vitamina A (UI)	580	- ^c
Vitamina E (mg)	40 ^e	- ^c
Vitamina D	- ^d	- ^d
Vitamina K (mg)	- ^f	- ^f
Niacina (mg)	180	- ^g
Piridoxina (mg)	39	- ^g
Colina (g)	1.2 ^b	- ^g

^a Vitaminas que no figuran indican dietética necesidad desconocido o no demostrado

^b No puede ser mínimo, pero se sabe que es suficiente

^c Requisito cuantitativo no determinado, pero se demostró necesidad en la dieta

^d Probablemente se requiera, la cantidad desconocida

^e Estimado

^f Síntesis intestinal probablemente adecuada.

^g La dieta necesidad desconocido.

Las vitaminas solubles en agua son: tiamina (B₁), riboflavina (B₂), niacina (B₃), colina (B₄), piridoxina (B₆), ácido pantoténico (B₅), biotina (B₈), ácido fólico (B₉), cianocobalamina (B₁₂) y vitamina C. Ninguna de estas vitaminas, aunque vitales para el funcionamiento normal del organismo, son necesarias en la dieta del conejo debido a que son sintetizadas por las bacterias presentes en el ciego, por lo tanto los conejos las obtienen durante la cecotrofia (Cheeke, 1987).

2.6 MINERALES EN LA NUTRICIÓN DEL CONEJO

Los minerales tienen diversas funciones en el organismo del conejo. Algunos son parte de la estructura del cuerpo y otros pueden regular los procesos

biológicos de los fluidos, como la sangre. Los elementos minerales que el animal necesita en mayor cantidad (g/d) se les llaman macroelementos y aquellos que se requieren en menor cuantía (mg/d) se les denominan microelementos (*Cuadro 2*).

Cuadro 2. *Requerimientos de minerales del conejo alimentado Ad Libitum en crecimiento y mantenimiento (Porcentaje o cantidad por Kg en la dieta) (Modificado de NRC, 1977)*

Mineral ^a	Crecimiento	Mantenimiento
Calcio (%)	0.4	- ^c
Fósforo (%)	0.22	- ^c
Magnesio (mg)	300-400	300-400
Sodio (%)	0.2 ^{b, d}	0.2 ^{b, d}
Cloro (%)	0.3 ^{b, d}	0.3 ^{b, d}
Potasio (%)	0.6	0.6
Hierro	- ^c	- ^c
Cobre (mg)	3	3
Iodo (mg)	0.2 ^b	0.2 ^b
Manganeso (mg)	8.5 ^e	2.5 ^e
Zinc	- ^c	- ^c

^a Minerales que no figuran indican necesidad dietética desconocida o no demostrada

^b No puede ser mínimo, pero se sabe que es suficiente

^c Requisito cuantitativo no determinado, pero se demostró necesidad en la dieta

^d Pueden ser satisfechas con 0,5 por ciento de NaCl

^e Construcción de la cantidad por conejo por día con un consumo de alimento seco de 60 ^g por día para un conejo de 1 kg

Así los macroelementos son calcio, fósforo, magnesio, azufre, sodio, cloro y potasio y los llamados microelementos son hierro, manganeso, zinc, cobre, yodo, cobalto, molibdeno y cromo.

2.6.1 Macroelementos

El calcio es el componente mayoritario del esqueleto. Se encuentra aproximadamente en un 99 % en los huesos y los dientes. Además interviene en

la coagulación de la sangre, en la contracción muscular, en el funcionamiento del músculo cardíaco, en el equilibrio electrolítico de la sangre y en la transmisión de los impulsos nerviosos al tejido muscular. Los requerimientos de este elemento en la dieta son mayores en animales jóvenes en crecimiento que en las demás etapas productivas (Cheeke, 1995; DeBlas, 1998; NRC, 1977). En el conejo los niveles sanguíneos de calcio se incrementan a medida que aumenta su consumo, reflejando los niveles de calcio en la dieta (DeBlas, 1998). Estos animales absorben eficientemente el calcio y la principal ruta de excreción del elemento es la orina (NRC, 1977). La absorción del elemento se lleva a cabo mediante la interacción de la hormona paratiroidea (PTH) y el 1, 25 dihidroxicolecalciferol (1, 25 OHD₃). El descenso en la calcemia determina la secreción de la PTH, estimulando la conversión enzimática de la 1 OHD₃ en 1, 25 OHD₃ en el riñón, la cual pasará a la sangre para ser transportada hacia el intestino, donde estimula la formación de proteína ligadora de calcio, que interviene en el transporte de calcio del intestino a la sangre. Una vez absorbida la cantidad de calcio necesaria, se eleva la calcemia, se inhibe la secreción de la PTH que a su vez deja de activar a la vitamina D. En el conejo este mecanismo no parece funcionar de éste modo, el calcio es absorbido en el intestino delgado en una proporción directa con su concentración en la dieta, sin tener en cuenta las necesidades metabólicas. Así, el exceso de calcio en la sangre por encima del umbral renal es excretado en la orina como un precipitado blanco y cremoso (Cheeke, 1995; DeBlas, 1998).

Al igual que el calcio, el fósforo es un componente mayoritario del hueso. Este elemento, juega un papel crítico en el metabolismo energético como constituyente del ATP y carbohidratos fosforilados y derivados. Además, muchos

compuestos requieren la presencia de uno o más grupos fosfato. La absorción de este mineral es poco conocida, sin embargo se conoce que también está regulada por un metabolito de la vitamina D (1, 25 OHD₃). Un factor muy importante en la disponibilidad del fósforo en los animales no rumiantes es la presencia de fitatos y fitasas en el material vegetal. Los fitatos no son degradados por enzimas animales. En el conejo los fitatos son bien utilizados debido a la producción de fitasas por los microorganismos cecales. El metabolismo y los requerimientos de calcio y fósforo están estrechamente relacionados, de hecho la leche de las conejas guarda una constante proporción de 2:1 entre ambos minerales a lo largo del periodo de lactancia. Esta relación de rango parece no ser crítica en esta especie, ya que se obtienen resultados satisfactorios con rangos más amplios que el antes mencionado (Cheeke, 1996; Cheeke, 1995; DeBlas, 1998).

El magnesio es un componente mayoritario de los huesos (aproximadamente 70 %). Es un importante cofactor en la actividad de las enzimas que participan en el metabolismo energético y en la transmisión de los impulsos nerviosos. Una deficiencia de magnesio causa convulsiones, hiperirritabilidad y muerte. Su deficiencia en conejos es poco común ya que la alfalfa es una excelente fuente de ese mineral. El exceso de este elemento, al igual que el calcio, es eliminado a través de la orina (Cheeke, 1996; Cheeke, 1995; DeBlas, 1998).

El sodio, el cloro y el potasio son importantes para el buen funcionamiento de la sangre y de otros fluidos, incluyendo el pH y las relaciones osmóticas. Cuando ocurren diarreas, estos elementos se pierden por medio del intestino causando deshidratación y posiblemente la muerte. Estos elementos son llamados

electrolitos por su función bioquímica. El potasio juega un papel importante en la regulación del equilibrio ácido base, para el buen funcionamiento del corazón y como cofactor de diversas enzimas. Se encuentra en mayor concentración en el interior de la célula (25 veces más que en el plasma). Su deficiencia ocasiona distrofia muscular. El sodio está involucrado en la regulación de la presión osmótica. En contraste con el potasio, este elemento se concentra en el plasma, fuera de las células. El exceso de sodio en forma de sal (NaCl) resulta detrimental para el crecimiento (Cheeke, 1996; Cheeke, 1995; DeBlas, 1998; NRC, 1977).

2.6.2 Microelementos

El hierro es un componente esencial de diversos pigmentos respiratorios como la hemoglobina, mioglobina, citocromos y enzimas como la catalasa y peroxidasa, que intervienen en el transporte de oxígeno en la sangre. Los conejos son capaces de pasar una cantidad razonable de hierro a través de la placenta. La deficiencia de hierro en el conejo produce anemia microcítica hipocrómica. (Cheeke, 1996; Cheeke, 1995; DeBlas, 1998; NRC, 1977).

El cobre forma parte de varias metaloenzimas como la citocromo oxidasa, que interviene en la respiración celular y la lisil oxidasa que es importante en la formación de tejido conectivo. Es importante en el metabolismo del hierro y su deficiencia ocasiona una baja utilización de este último elemento causando anemia. La deficiencia de cobre ocasiona que en los conejos de pelo negro éste adquiera un tono grisáceo. El cobre ayuda a promover el crecimiento y la eficiencia alimentaria y reduce la enteritis (Cheeke, 1996; Cheeke, 1995; DeBlas, 1998).

El manganeso es importante en la formación de la matriz orgánica de mucopolisacáridos del hueso. Este elemento es el cofactor de la enzima galactotransferasa que participa en la formación del mucopolisacárido. La deficiencia ocasiona malformación del sistema esquelético, incluyendo huesos frágiles (Cheeke, 1995; McNitt, 2000).

El zinc forma parte de numerosas metaloenzimas, como la timina quinasa, que interviene en la biosíntesis de la forma activada de la timina, base pirimídica que forma parte de los ácidos nucleicos. La deficiencia provoca trastornos en la reproducción, dermatitis y detención del crecimiento (Cheeke, 1995; McNitt, 2000).

2.7 LA CANULACIÓN COMO HERRAMIENTA EN LA INVESTIGACIÓN NUTRICIONAL

Para conocer de forma más precisa la digestión en el conejo, se han creado modelos experimentales basados en el empleo de animales portadores de una cánula ileal en T. Los resultados obtenidos muestran que la recuperación de los conejos a la cirugía es rápida y satisfactoria. Además los procedimientos estresantes necesarios para valorar la digestibilidad ileal, como las colectas de digesta ileal y la prevención de la cecotrofia, no parecen afectar a la ingestión de alimento y el claro descenso de la digestibilidad fecal de la proteína cruda en conejos portadores de cánula ileal no comprometen gravemente la utilidad de la cánula ileal en T (Gidenne, 1988; Blas, 1999).

En la mayoría de los estudios realizados sobre la fermentación cecal se utiliza material tomado de animales recién sacrificados extrapolando los resultados a la situación *in vivo*. Esta técnica, consiste en la remoción de la parte terminal del

intestino de animales anestesiados o recientemente sacrificados, con la posterior recolección manual de la digesta. La técnica presenta varias desventajas, ya que solo proporciona una observación por animal, por lo que los animales no pueden ser usados como sus propios testigos (Parra, 2009; Cervantes, 2000). Además, es complicado obtener muestras adecuadas de heces (para estudios de digestibilidad de energía) y de dietas altamente digestibles, lo que conlleva a la utilización de un mayor número de animales (Parra, 2009). Por el contrario cuando se emplea la técnica de canulación existe la posibilidad de tomar varias muestras de un mismo animal a diferentes tiempos y durante un tiempo prolongado; además, los animales fistulados se pueden usar en diferentes experimentos, reduciendo así el número de animales necesarios para este tipo de estudios (Bellier, 1996; Bellier, 1995; Dihigo, 1997). El volumen de contenido intestinal obtenido por el método de canulación es mayor que el del método de sacrificio, por lo que es más representativo de la dieta consumida. En el método de sacrificio no es posible medir el valor del flujo de la digesta en los animales sacrificados, debiéndose trabajar más rápido debido a que las enzimas presentes en el contenido intestinal actúan sobre la degradación de éste y además ocurren procesos fermentativos que no se producen con la técnica de canulación. En el método de sacrificio, se observa un ligero aumento en el proceso de descamación de las células epiteliales que no tiene lugar cuando se emplean técnicas quirúrgicas (Dihigo, 1997). De ahí la importancia de la utilización de cánulas, con el propósito de obtener muestras de material cecal directamente del animal con un mínimo de disturbios en el funcionamiento normal del tubo digestivo (Bellier, 1995).

La fistulación cecal o cecotomía es la comunicación del ciego con el exterior a través de un orificio que se ocluye con una cánula apropiada (Allen, 2004). La canulación a nivel cecal permite realizar estudios directos sobre la microflora presente en el ciego, sobre la fermentación que llevan a cabo estos microorganismos; además, permite la medición de la producción de diversos metabolitos como el amonio y los ácidos grasos volátiles que ahí se producen y se absorben, así como la presencia de vitaminas producidas por los microorganismos. Además, puede ser evaluada la permanencia de la digesta en el ciego, así como los cambios de pH producidos por los diferentes componentes de la dieta (Bellier, 1996; Bellier, 1995).

Las ventajas que puede proporcionar la canulación tanto ileal como cecal en la investigación de la nutrición de los conejos es muy amplia. Puede mostrar el efecto de factores de la dieta, edad y condición animal sobre la digestibilidad de aminoácidos y otros nutrientes. Pueden permitir el seguimiento de productos enzimáticos e inóculos en el tubo digestivo y evaluar su desempeño de una forma directa (Bellier, 1995).

2.8 CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS DEL CONEJO

La cunicultura representa una alternativa para producir proteína animal de excelente calidad y a bajo costo, sustentada en la alta eficiencia reproductiva del conejo. Después del pavo y el pollo, el conejo es un animal considerado altamente eficiente para producir carne, ya que en comparación con otras especies domésticas, el conejo aporta una buena cantidad de kilogramos de carne en

proporción a su peso corporal y en función al tiempo de producción (Martínez, 1993). Una coneja adulta es capaz de producir 25.2 gazapos destetados anualmente, los cuales al ser llevados al sacrificio se traducen en 48.6 kg de peso vivo por coneja por año (Palma, 2010).

Las particularidades del sistema digestivo de los conejos determinan que puedan ser criados con alimentos que en otras especies no rumiantes generan baja productividad. De esta manera, esta especie es adecuada para lograr una eficiente utilización de fuentes fibrosas de poco valor nutritivo para otras especies produciendo carne baja en colesterol y sodio. Lo anterior se puede vincular a la posibilidad de que el conejo doméstico puede tomar cada vez más importancia en el abastecimiento de carne para México, especialmente porque no compite por los granos y cereales con el hombre como lo hacen otros animales domésticos, como las aves y los cerdos (Martínez, 1993; Nieves, 2009; Cheeke, 1996).

La carne de conejo es un producto cuyas características resultan benéficas para la salud y nutrición humana, ya que es una carne rica en proteínas, vitaminas y minerales, es de fácil digestibilidad, reducida en calorías y con bajos porcentajes de materia grasa y colesterol. Además, se ha demostrado que el perfil de ácidos grasos (omega 3) presente en la carne puede ser modificado por el tipo de ácidos grasos presentes en la dieta, permitiendo la manipulación de los ingredientes en la ración, con la finalidad de mejorar la calidad de la materia grasa. Por todo ello constituye un alimento adecuado a regímenes alimentarios orientados a prevenir o atenuar enfermedades cardiovasculares, siendo también recomendado en la alimentación de niños y ancianos (Martínez, 1993; Neri, 2007).

3 JUSTIFICACIÓN

La fistulación y canulación de animales a diferentes niveles del tubo digestivo es una herramienta para obtener información sobre los procesos digestivos y los productos de la digestión *in vivo*. La utilización de cánulas evita que el animal tenga que ser constantemente anestesiado para obtener muestras por punción, o ser sometido a eutanasia. Sin embargo la utilización de estas puede promover un cambio en el ambiente anaerobio del aparato digestivo y por tanto en la digestión y productos de ésta, por tal motivo es importante evaluar el efecto de estas cánulas sobre el desempeño digestivo, utilizando para tal motivo a los cecótrofos de animales canulados y no canulados como parámetro comparativo.

4 HIPÓTESIS

La utilización de cánulas en conejos Nueva Zelanda Blanco no alterará aspectos fisiológicos como producción de heces, producción de cecótrofos y digestibilidad de la materia seca.

La utilización de cánulas en conejos Nueva Zelanda Blanco no alterará la concentración de proteína cruda, extracto etéreo, cenizas, fibra detergente neutra, fibra detergente ácida, minerales y vitaminas hidrosolubles, en cecótrofos.

La utilización de cánulas en conejos Nueva Zelanda Blanco no alterará variables productivas como consumo voluntario, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia.

5 OBJETIVOS GENERALES

- Evaluar el efecto de la canulación sobre los productos de la digestión del conejo a través de la producción de cecótrofos y la concentración de nutrientes en éstos.
- Evaluar el desempeño productivo de conejos canulados a nivel de apéndice cecal, decimotercer asa cecal y colon distal.

5.1 Objetivos específicos

- Evaluar la producción de heces y cecótrofos en conejos canulados y no canulados
- Evaluar el efecto de la canulación en la digestibilidad aparente de la materia seca (MS) en conejos canulados y no canulados.
- Evaluar el contenido de MS, proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), cenizas (CEN), fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) en cecótrofos de conejos canulados y no canulados.
- Evaluar la concentración de Ca, Mg, Na, K, Cu, Fe, Mn y Zn en cecótrofos de conejos canulados y no canulados.
- Evaluar la concentración de vitaminas del complejo B (riboflavina y piridoxina) en cecótrofos de conejos canulados y no canulados.
- Evaluar el consumo voluntario de conejos canulados y no canulados.
- Evaluar la ganancia diaria de peso de conejos canulados y no canulados.
- Evaluar la conversión alimenticia de conejos canulados y no canulados.

6 MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 LOCALIZACIÓN

Este trabajo se realizó en un centro de producción cunícola particular, ubicado en Calle Sur 80 No. 155 en la colonia San Agustín 3ra. Sección B, del municipio de Ecatepec de Morelos en el Estado de México, el cual geográficamente se encuentra referido a los paralelos 19° 19' 24" latitud norte y a los 19° 19' 49" longitud oeste del meridiano de Greenwich y una altitud de 2,200 a 2,600 msnm. El municipio colinda al norte con el municipio de Tecámac; al sur con el municipio de Nezahualcóyotl y el Distrito Federal; al oriente con los municipios de Acolman y Atenco, y al poniente con Tlalnepantla y el Distrito Federal. El clima es templado, subhúmedo con lluvias en verano. Se registra una temperatura media anual de 13.8°C y una máxima de 30°C; en los meses de marzo, abril, mayo, junio y julio se tienen cambios muy variables de temperatura, siendo la mínima de 7°C en invierno. La precipitación pluvial promedio anual es de 584 mm y en los meses de junio, julio, agosto y en septiembre se registra la máxima precipitación (SEGOB, 2011).

La fase de laboratorio se llevó a cabo en los laboratorios de Bromatología, Microbiología Ruminal y Toxicología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica, así como, en el laboratorio de Farmacología Veterinaria, del Departamento de Fisiología y Farmacología. Ambos departamentos pertenecientes a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México.

6.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

6.2.1 Población

Se utilizaron 32 conejas recién destetadas, con un rango de peso de 700 a 800 g de la raza Nueva Zelanda Blanco.

Las conejas fueron alojadas en un módulo de engorda que consta de 32 jaulas de alambre galvanizado de 60 cm de ancho, 90 cm de largo y 40 cm de alto. Cada jaula contó con un comedero individual tipo botella o “J” y un bebedero automático individual de tipo chupón.

6.2.2 Alimentación

Como alimento se proporcionó a los animales una dieta comercial, de la cual se presenta la composición nutrimental (*Cuadro 3*). Se ofrecieron 300 g de alimento en la semana cero y la semana uno, posteriormente se aumentó la cantidad de alimento a 350 g en la semana dos y semana tres del periodo experimental. Estas cantidades permitieron medir el consumo voluntario de alimento. El agua se les proporcionó a libre acceso.

Cuadro 3. *Análisis bromatológico de la dieta comercial*

Nutriente	%
Materia Seca*	91.06
Proteína Cruda*	13.70
Extracto Etéreo*	3.05
Cenizas*	9.12
Calcio	1.64
Fósforo	1.55
Fibra Cruda*	17.00
Fibra Detergente Neutra ⁺	44.05
Fibra Detergente Ácida ⁺	30.03

Análisis Químico Proximal *
Fracciones de Fibra (Van Soest)⁺

6.2.3 Grupos experimentales

Se formaron cuatro grupos experimentales de ocho conejos cada uno. Se alojó un animal por cada jaula, considerando al animal como la unidad experimental, de modo que cada tratamiento contará con ocho repeticiones.

- El grupo uno (T1) constó de ocho animales sin canular y fue considerado el grupo testigo o control.
- El grupo dos (T2) estuvo formado por ocho animales canulados a nivel del apéndice cecal.
- El grupo tres (T3) estuvo formado por ocho animales canulados a nivel de la decimotercer asa cecal.
- El grupo cuatro (T4) estuvo formado por ocho animales canulados a nivel de colon distal.

6.2.4 Asignación de tratamientos

La distribución de los animales a los tratamientos se realizó a través de un diseño de bloques generalizado. El factor de bloqueo fue la ubicación de las jaulas (orilla-centro) dentro del módulo de alojamiento. Se consideró a cada hilera de ocho conejos (uno por jaula) como un bloque, teniendo así cuatro bloques. Dentro de cada bloque se asignaron aleatoriamente dos animales por cada tratamiento. Se asignó aleatoriamente a un animal de cada tratamiento al día de muestreo de cecótrofos, tomando las muestras de cecótrofos de 16 animales el día non de la semana y los restantes en el día par de la misma. El manejo anterior se

estableció, con la finalidad de reducir el efecto negativo que pudiera acarrear la privación del consumo de cecótrofos en los animales.

6.3 PRUEBAS PRELIMINARES

Previo a la realización del experimento, se llevaron a cabo pruebas preliminares para evaluar la efectividad de la técnica quirúrgica y su efecto en la producción de cecótrofos y el estado de salud de los animales. También se ensayó con el uso de los collares isabelinos y se observó el efecto de los mismos sobre el comportamiento de los animales, observando que el animal posee buena capacidad de adaptación al uso de éstos.

Se canularon 24 conejas de la raza Nueva Zelanda Blanco de 75 días de edad un peso de entre 1400 y 1500 g. Las conejas fueron canuladas a nivel de apéndice cecal, decimotercer asa cecal y colon distal. Para cada nivel se utilizaron ocho animales. La alimentación de los animales fue restringida para cubrir únicamente sus necesidades de mantenimiento. Estas pruebas también permitieron establecer el diseño experimental.

Las pruebas mostraron resultados positivos en cuanto a la efectividad de la técnica quirúrgica, ya que se encontró una adecuada comunicación entre el exterior y el órgano canulado (apéndice cecal, décimo tercer asa cecal o colon distal) (*Figura 4, 5 y 6*). La producción de cecótrofos no se vio afectada debido a la canulación, es decir, no desapareció, lo cual podría reflejar un efecto mínimo en el funcionamiento normal del órgano y como consecuencia en el estado de salud de los animales.



Figura 4. Canulación a nivel de apéndice cecal de conejas adultas



Figura 5. Canulación a nivel de decimotercer asa cecal en conejas adultas



Figura 6. Canulación a nivel de colon distal en conejas adultas

6.4 CANULACIÓN DE INTESTINO GRUESO

Los animales fueron canulados cuando éstos alcanzaron un peso de entre 1 y 1.2 kg. Antes de la operación, éstos fueron sometidos a un periodo de ayuno de 12 h, con la finalidad de reducir al mínimo la posibilidad de contaminación con el contenido intestinal, para así evitar infecciones secundarias durante el proceso quirúrgico. Al animal, se le rasuró el abdomen y el flanco correspondiente al área donde se colocaría la cánula, izquierdo para apéndice cecal y colon distal y derecho para decimotercer asa cecal.

Antes de comenzar la intervención quirúrgica, cada conejo se pesó con el fin de calcular la dosis de anestésico necesaria en la inducción preanestésica y la anestesia general. Para la inducción preanestésica se utilizó Xilacina (5-15 mg/kg PV). La vía de administración fue intramuscular y el efecto tranquilizante y de relajación se manifestó en el animal después de transcurridos 10 minutos, al término de los cuales, se procedió a inducir anestesia general a los animales con la inyección por vía intramuscular de Ketamina (10-40 mg/kg PV). Ya en estado de anestesia total, se colocó al conejo en decúbito dorsal y se sujetaron las cuatro extremidades a la mesa de operaciones. Posteriormente, se procedió a desinfectar el abdomen del animal y el flanco correspondiente a la zona a canular con yodopovidona al 10%, para posteriormente colocar los campos quirúrgicos. El ritmo cardíaco y frecuencia respiratoria del animal se monitoreó durante todo el procedimiento.

La incisión primaria se realizó en el abdomen, sobre la línea media. La primera capa que se incidió fue la piel, posteriormente, con la tijera de mayo, se

abrió el campo operatorio por medio de disección roma exponiendo las fascias y capas musculares. Una vez dentro de la cavidad abdominal, se expuso el intestino grueso del animal con el fin de aproximar la porción de intestino que fue canulada (apéndice cecal, décimo tercer asa cecal o colon distal) (*Figura 7*). Posteriormente, se localizó un punto sobre el flanco del animal y después se realizó una incisión de aproximadamente 20 mm que se suturó con ácido poliglicólico (3-0) a la porción de intestino seleccionada utilizando sutura perforante simple corrediza alrededor de los bordes de la herida. Con ayuda de una gasa, se eliminó de la zona la mayor cantidad de contenido intestinal, previniendo la entrada de microorganismos a la cavidad abdominal. Una vez fija la porción de intestino grueso correspondiente, se realizó una incisión en la parte central de la porción de intestino expuesta y se introdujo, con ayuda de un estilete, la cánula de silicón (2 cm de longitud y 0.5 cm de diámetro) en el lumen intestinal (*Figura 8*). Finalmente, la cánula, se fijó a la piel de la pared abdominal con material no absorbible (Nylon 5-0) utilizando sutura perforante simple corrediza (*Figura 9*). La incisión abdominal (peritoneo, capas musculares y grasa subcutánea) se cerró utilizando material absorbible (Ácido Poliglicólico 3-0), mientras que la piel se cerró con sutura no absorbible (Nylon 5-0); para ambos planos se utilizaron candados continuos.

Como manejo postoperatorio se aplicó un antiséptico y cicatrizante (violeta de genciana), en las heridas quirúrgicas de los animales canulados, además se les administró Enrofloxacina (5-10 mg/kg PV) y Flunixin de meglumina (0.2-0.4 mg/kg PV), ambos por vía intramuscular, con la finalidad de prevenir infecciones e inducir analgesia. Los animales canulados se mantuvieron cinco días en recuperación,

protegiendo el área abdominal con media de Nylon y colocando el collar isabelino para evitar que arrancaran la cánula.

Al inicio de la semana uno, dos conejas pertenecientes al tratamiento cuatro (animales canulados en colon distal), evidenciaron signos de disfunción intestinal, mostrando deshidratación, anorexia (que repercutió en su peso), letargia y presencia de heces muy pequeñas acompañadas por moco claro de color amarillo; signos característicos de obstrucción intestinal. Finalmente dos animales de este grupo, murieron por esta razón (confirmado a la necropsia) al día dos y cuatro de ésta semana. Un individuo del grupo dos (animales canulados en apéndice cecal) también presentó obstrucción intestinal que concluyó con su muerte al segundo día de la semana dos.

Las cánulas de todos los animales fistulados fueron retiradas al final de la semana dos, una vez que fueron registrados los datos necesarios, con el objetivo de evaluar la recuperación de los animales tras el retiro de la cánula.



Figura 7. Exposición de la porción intestinal a canular (Apéndice Cecal)



Figura 8. Inserción de la cánula en el órgano (Apéndice Cecal)



Figura 9. Fijación de la cánula en la piel de la pared abdominal (Apéndice Cecal)

6.5 VARIABLES EVALUADAS

6.5.1 Aspectos fisiológicos

- **PRODUCCIÓN DE HECES.** Diariamente durante una semana previa a la canulación y durante tres semanas posteriores a la misma, se recolectaron las heces duras de los animales, se separaron de los cecótrofos y se registró su peso para obtener la producción promedio por día y por semana. Semanalmente se obtuvo una muestra homogénea de $80 \text{ g} \pm 1 \text{ g}$ de heces duras por cada animal para determinar su contenido de MS (AOAC, 934.01) por el método descrito por AOAC (1990).
- **DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA MS.** Se evaluó la digestibilidad aparente de la MS por el método de colección total de heces, aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Dig Ap.} = (\text{MS alimento} - \text{MS heces}) / (\text{MS alimento}) * 100$$

- **PRODUCCIÓN DE CECÓTROFOS.** Se colocó el collar isabelino para evitar que los animales ingirieran los cecótrofos durante el día de muestreo asignado, retirándolo al día siguiente. Los cecótrofos de los animales asignados al día de muestreo (par o non) se recolectaron cada tercer día, se separaron de las heces y se pesaron diariamente en el transcurso de la tarde, durante una semana previa a la canulación y durante tres semanas posteriores a la misma.

6.5.2 Contenido de nutrientes

6.5.2.1 Procesamiento de las muestras

Posterior a su separación de las heces y una vez determinada la producción de cecótrofos, se reservaron 10 g de muestra por cada animal, obteniendo $80 \text{ g} \pm 1 \text{ g}$ de cecótrofos por individuo de la semana uno del periodo experimental.

Los cecótrofos se almacenaron en congelación a -20°C hasta su procesamiento. Las muestras individuales (por día) fueron homogeneizadas para obtener una muestra representativa (por semana) de $10 \text{ g} \pm 1 \text{ g}$, la cual fue destinada a la determinación de vitaminas por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC, por sus siglas en inglés). Los $70 \text{ g} \pm 1 \text{ g}$ restantes fueron deshidratados en estufa de aire forzado (50°C por 24 h) para la determinación de MS. Una vez obtenida la MS, las muestras se molieron en licuadora. Se reservó 1 g de cecótrofos deshidratados por individuo para la determinación de minerales y los gramos restantes se utilizaron en la determinación de PC, EE, CEN, FDN y FDA.

6.5.2.2 Análisis químico proximal y fracciones de fibra

Se determinó a partir de muestras de cecótrofos de conejos canulados y no canulados de la semana uno del periodo experimental, el contenido de PC por el método de Micro-Kjeldahl (AOAC 976.05), EE por el método de Soxlet (AOAC 920.39) y CEN (AOAC 942.05) mediante la metodología descrita por AOAC (1990). La FDN y FDA, se determinaron según la técnica descrita por Van Soest *et al*, (1991).

6.5.2.3 Análisis de vitaminas

La concentración de riboflavina (B₂) y piridoxina (B₆) se determinó por cromatografía líquida de alta resolución a partir de cecótrofos de conejos canulados y no canulados.

Las muestras de cecótrofos, de 10 g por cada animal, de la semana uno del periodo experimental, se homogeneizaron y maceraron manualmente para su posterior procesamiento. Se tomaron 0.25 g de cada muestra y se diluyeron en 12.5 ml de agua desionizada (dilución 1/50) en tubos de cultivo. Las muestras diluidas se centrifugaron a 2500 rpm (1470 G) por 10 minutos. Una vez centrifugadas las muestras, se filtró el sobrenadante de cada tubo en vasos de precipitado de 10 ml, utilizando papel filtro Whatman® No. 4 de 125 mm. Posteriormente, el filtrado obtenido se filtró nuevamente, utilizando acrodiscos de 13 mm x 0.45 µm de nylon, con ayuda de jeringas de 5 ml, en una cámara Manifold de 16 puertos para ejercer un vacío sobre ellas, esto con la finalidad de eliminar las partículas contaminantes presentes en la muestra. El resultado final fueron 1.5 ml de muestra que fueron colocados en viales certificados de vidrio color ámbar, especiales para la inyección de la muestra (100 µl) en la unidad de HPLC de la marca Jasco, modelo CO-2067 Plus (flujo de 1.0 ml/m, detector UV de 254 de longitud de onda). Las muestras fueron evaluadas para determinar las concentraciones de vitaminas B₂ y B₆ con la elaboración de estándares de 10 mg/10 ml para cada vitamina. Los estándares se elaboraron con agua desionizada empleando la técnica de HPLC descrita por Van Niekerk (1988) y contemplando la metodología descrita por Alltech®, la que consiste en la detección de vitaminas

hidrosolubles con una columna C18 5µm, 150 x 4.6 mm, una fase móvil 0.25 M de KH₂PO₄ y CH₃CN (97:3) con un pH de 3.0. La fase móvil fue filtrada con una membrana de polímero de 0.22 µm.

6.5.2.4 Análisis de minerales

Se determinó el contenido de Ca, Mg, Zn, Cu, Fe y Mn mediante espectrofotometría de absorción atómica por el método de flama, así mismo, se analizó el contenido de Na y K mediante espectrofotometría de emisión atómica a partir de muestras de cecótrofos de conejos canulados y no canulados de la semana uno del periodo experimental. Las muestras se sometieron a una digestión ácida adicionando a 0.5 g de muestra deshidratada, 3 ml de ácido nítrico al 70 % y 2 ml de ácido perclórico. Posteriormente se colocaron en una parilla de digestión a 85°C durante una hora. Las muestras digeridas se recuperaron y se aforaron a 50 ml de agua desionizada y se almacenaron en recipientes de nalgono con tapa hasta su análisis. Para ambos métodos se utilizó un equipo de la marca Perkin Elmer™ modelo 3110 (Northwalk, EUA) estableciendo las condiciones adecuadas de conformidad con las especificaciones del fabricante (*Cuadro 4*).

Cuadro 4. *Condiciones estándar y concentración característica de los controles para absorción atómica (Modificado de Perkin Elmer™, 1996)*

Elemento	LO	ABE	Gases	CCC	Notas	Elemento	LO	ABE	Gases	CCC	Notas
Ca	422.7	0.7	A - Ac	4.0		Mg	285.2	0.7	A - Ac	0.3	(b)
Cu	324.8	0.7	A - Ac	4.0	(b)	Mn	279.5	0.2	A - Ac	2.5	(b)
Fe	248.3	0.2	A - Ac	5.0	(b)	Na	589.0	0.2	A - Ac	0.5	(a, b, c)
K	766.0	0.7	A - Ac	2.0	(a, b, c)	Zn	213.9	0.7	A - Ac	1.0	(e)

LO: Longitud de Onda

ABE: Ancho de Banda Espectral

CCC: Concentración característica del control

(a) Adición de una sal alcalina (p. ej. K, La o Cs como cloruro) recomendado para controlar ionización

(b) El uso del efecto gota mejora la sensibilidad al doble

(c) Condiciones estándar de emisión de llama. Na y K (Abertura: 0.2/0.4 nm; Flama: A - Ac)

6.5.3 Variables productivas

- **CONSUMO DE ALIMENTO.** Se pesó diariamente el alimento ofrecido y el rechazado por animal y se calculó la diferencia entre ambos. Se obtuvo el consumo promedio por día y por semana. Al alimento se le determinó la MS para la determinación de la digestibilidad aparente de la MS.
- **GANANCIA DIARIA DE PESO.** Se calculó mediante la diferencia obtenida de las mediciones de peso al inicio y al final de cada periodo de ocho días (cuatro periodos) y la división de ésta entre el número de días transcurridos entre cada pesaje, para cada animal. Los conejos se pesaron diariamente por la mañana antes de proporcionar el alimento.
- **CONVERSIÓN ALIMENTICIA.** Se calculó a partir del consumo promedio por día por animal para cada semana, dividido entre la ganancia diaria de peso.

7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para todas las variables medidas en los cecótrofos (contenido de nutrientes) se realizó el análisis correspondiente a un diseño en bloques generalizado con un solo factor con cuatro niveles (canulados a nivel de apéndice cecal, a nivel de decimotercer asa cecal, a nivel de colon distal y no canulados). Para poder llevar a cabo el análisis de FDA, se realizó la transformación de Box y Cox (1964) a las mediciones de la FDA para lograr normalidad y homogeneidad de varianzas $((FDA2 - 1)/59.7111)$.

Para las comparaciones de medias se utilizó la prueba de Tukey. Para probar homogeneidad de varianzas de los errores se utilizó la prueba de Levene.

Para todas las variables de respuesta que se midieron en varias ocasiones en el tiempo (aspectos fisiológicos y variables productivas) se realizó un análisis multivariado para observaciones repetidas, de un diseño en bloques generalizado, de un sólo factor con cuatro niveles (canulados a nivel de apéndice cecal, a nivel de decimotercer asa cecal, a nivel de colon distal y no canulados). En los casos donde se encontró interacción tiempo por tratamiento, se evaluaron las diferencias entre tratamientos para cada tiempo. En los casos donde se encontraron diferencias entre tratamientos, las comparaciones entre medias se realizaron con la prueba de Tukey.

En el caso de la producción de heces, el nivel global de significancia para el conjunto de pruebas de comparaciones múltiples es de aproximadamente 0.10

8 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1 ASPECTOS FISIOLÓGICOS

8.1.1 Producción de heces

En este estudio, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la producción de heces promedio entre tratamientos ($p < 0.05$) entre el grupo control (T1) con los grupos de apéndice cecal (T2) y decimotercer asa cecal (T3) ($p < 0.02$). También se encontraron diferencias entre tiempos debidas a cambios entre la semana cero y la demás semanas del periodo experimental ($p < 0.05$) (Cuadro 5) (Anexo I).

Cuadro 5. Producción de heces promedio (g) por tratamiento y por semana

	SEMANA 0	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	MMCt ± EE
	MMC	MMC	MMC	MMC	
T1	58.30	89.34	80.61	86.95	78.80 ± 3.66 a
T2	52.64	71.96	62.66	69.08	64.10 ± 3.94 b
T3	52.01	69.89	67.50	73.32	65.70 ± 3.66 b
T4	53.61	70.46	81.98	84.32	72.60 ± 4.27 ab
MMCt ± EE	54.14 ± 2.93 a	75.37 ± 2.93 b	73.28 ± 2.93 b	78.68 ± 2.93 b	

T1= Control T2= Apéndice cecal T3= 13ª asa cecal T4= Colon distal

Semana 0= anterior a la canulación

Semana 1 a 3= posterior a la canulación

MMC = Media por mínimos cuadrados

MMCt= Media por mínimos cuadrados total

EE = Error estándar

a, b = literales diferentes entre filas y columnas indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$)

Los resultados de Gidenne *et al.*, (1994), no concuerdan con los obtenidos en el presente estudio, ya que los autores observaron una mayor producción de heces en los conejos que fueron canulados. Rivera *et al.*, (2011) en un estudio con alimentación restringida y a libre acceso, encontraron que la cantidad de alimento

consumido influye directamente en la producción de heces (siendo directamente proporcional). Hamanaka, *et al.* (1970), encontraron que los niveles de cortisol en plasma aumentan después de una cirugía, lo que sugiere que las situaciones estresantes están asociadas con niveles plasmáticos elevados de cortisol biológicamente activo. Con relación a lo anterior, Fisher, *et al.*, (1996) hallaron que el aumento de cortisol, derivado de un procedimiento quirúrgico, disminuye el consumo voluntario y la ganancia diaria de peso. En este sentido, se puede deducir que la reducción en la producción promedio de heces en los animales canulados a nivel de apéndice cecal (T2) y decimotercer asa cecal (T3) en comparación del grupo control (T1), pudo deberse a un bajo consumo de alimento, consecuencia de la cirugía a la que fueron sometidos. Por otro lado, y al estar relacionada la producción de heces con el consumo de alimento (*Cuadro 10*), la diferencia encontrada entre la semana cero y las demás semanas del periodo experimental, también pudo estar relacionada con el estado fisiológico de los conejos, ya que durante la etapa de crecimiento, el animal va cambiando su consumo para ajustarlo a sus requerimientos (Forbes, 1986).

8.1.2 Digestibilidad Aparente de la Materia Seca

En este estudio, solo existió diferencia significativa entre los tiempos de observación ($p < 0.01$), encontrando diferencias significativas entre la semana cero y la semana uno, entre la semana uno y la semana dos, y entre la semana dos y tres ($p < 0.02$) (*Cuadro 6*) (*Anexo I*)

Cuadro 6. Digestibilidad aparente de la materia seca (%) por tratamiento y por semana

	SEMANA 0	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3
	MMC	MMC	MMC	MMC
T1	48.59	45.37	52.84	46.04
T2	54.50	47.36	58.64	53.20
T3	50.80	50.93	52.02	47.33
T4	55.08	42.00	48.92	47.47
MMCt ± EE	51.90 ± 1.49 ab	46.97 ± 1.49 c	53.05 ± 1.49 a	48.30 ± 1.49 bc
T1= Control	T2= Apéndice cecal	T3= 13ª asa cecal	T4= Colon distal	

Semana 0= anterior a la canulación

Semana 1 a 3= posterior a la canulación

MMC = Media por mínimos cuadrados

MMCt= Media por mínimos cuadrados total

EE = Error estándar

a, b, c, = literales diferentes entre columnas indican diferencias estadísticamente significativas (P< 0.02)

De manera similar al presente estudio, Gidenne *et al.*, (1994) no encontraron diferencias significativas por efecto del tratamiento para la digestibilidad aparente de la materia seca. La digestibilidad aparente permite asumir que cantidad del alimento fue asimilado por el animal (Pérez de Ayala, 1989). En este sentido, los resultados del estudio difieren de los encontrados por Gidenne y Lapanouse (1997), quienes trabajaron con conejos canulados en ileon para realizar un estudio sobre la velocidad de pasaje a través del tracto digestivo de éstos animales. Los autores, hallaron una mayor digestibilidad de la materia seca en los animales canulados, relacionado a un bajo aporte de fibra en la dieta y mayor tiempo de retención. Aunque, estudios realizados por Gidenne *et al.*, (1994) y Gidenne y Ruckebush (1989) demuestran que la diferencia en la composición de la dieta no afecta la digestibilidad.

Los resultados observados en este estudio, podrían estar relacionados con la variación del consumo de alimento. Sin embargo, Blas *et al.* (1999) refieren que

el efecto de la canulación, ileal en su caso, sobre la digestibilidad fecal parece bastante independiente del consumo. De esta manera, las variaciones en cuanto a la digestibilidad de un alimento, dentro de una misma especie, dependen de la raza, edad, estado de salud, que en conjunto muestran hábitos y requerimientos alimentarios diferentes (De la Peña, 1993). Por lo tanto, dado que las diferencias encontradas en este estudio se dieron a través del tiempo, la edad de los animales pudo haber determinado los cambios en la digestibilidad aparente de la materia seca. El efecto de la edad sobre la digestibilidad en el conejo, puede ser explicado por el cambio en el consumo de alimento que se produce desde la quinta hasta la novena semana de edad, el cual puede ser responsable de la falta de concordancia entre la cantidad de alimento ingerido y las heces excretadas, donde una proporción sustancial del alimento ingerido en este período no se excreta en las heces pero permanece en el tracto digestivo (ciego), dando lugar a una sobreestimación de la digestibilidad en conejos jóvenes (Fernández, 1994).

8.1.3 Producción de cecótrofos

En este estudio, la interacción tiempo por tratamiento para la producción de cecótrofos resultó significativa ($p < 0.0001$). Al evaluar las diferencias entre tratamientos para cada tiempo (*Cuadro 7*), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la semana cero, mientras que en la semana uno si se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo control (T1) y los tres grupos de animales canulados y entre el grupo de animales canulados en colon distal (T4) con los animales canulados en apéndice cecal (T2) ($p < 0.05$). En la semana dos se encontró diferencia estadística significativa entre

los animales del grupo testigo (T1) con el grupo de decimotercer asa cecal (T3) y el de colon distal (T4) ($p < 0.05$). En la semana tres, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) (*Anexo I*)

Los resultados obtenidos para la producción promedio de cecótrofos, en este estudio, fueron similares a los observados por Gidenne *et al.*, (1994) y Merino (1994), quienes encontraron que los animales canulados excretaban una menor cantidad de cecótrofos que los animales que no habían sido canulados.

Cuadro 7. Producción de cecótrofos (g) por tratamiento y por semana

	SEMANA 0	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3
	MMC ± EE	MMC ± EE	MMC ± EE	MMC ± EE
T1	19.95 ± 1.86 a	45.00 ± 2.28 a	47.39 ± 2.36 a	39.24 ± 3.45 a
T2	22.01 ± 2.01 a	35.54 ± 2.46 b	40.12 ± 2.54 ab	39.39 ± 3.71 a
T3	16.16 ± 1.86 a	32.69 ± 2.28 bc	34.28 ± 2.36 b	37.94 ± 3.45 a
T4	27.76 ± 2.18 a	24.55 ± 2.66 c	34.86 ± 2.75 b	36.31 ± 4.03 a

T1= Control T2= Apéndice cecal T3= 13ª asa cecal T4= Colon distal

Semana 0= anterior a la canulación

Semana 1 a 3= posterior a la canulación

MMC = Media por mínimos cuadrados

EE = Error estándar

a, b, c = literales diferentes entre filas indican diferencias estadísticamente significativas debidas a interacción tiempo por tratamiento ($P < 0.05$)

La cantidad de alimento que ingieren los animales influye directamente en la producción de cecótrofos. Ya que la excreción de los mismos, depende del consumo de materia seca y del tipo de dieta, a través de su relación con la cantidad de substrato fermentada en el ciego (Rivera, 2011; Gidenne, 1987; Blas 2003). En relación a lo anterior, la edad del conejo es un factor importante en el reciclaje de materia seca a través de la cecotrofia y por lo tanto en la producción de heces blandas, ya que ésta alcanza su nivel más alto cuando el crecimiento y

el consumo son más altos, entre las ocho y las once semanas de edad (Gidenne, 1987).

Por otra parte, se sugiere que los animales sujetos a la canulación pueden presentar cambios en el proceso digestivo, ya que la canulación puede causar discapacidad en el tránsito de la digesta, especialmente en órganos tubulares, donde la cánula representa un obstáculo físico para el flujo de material intestinal (Gidenne, 1997). Así, por ejemplo, la obstrucción a nivel ileal, conduce a una progresiva distensión intestinal que resulta en la acumulación de secreciones gástricas, pancreáticas y biliares, en la disminución de la absorción de agua y sodio y en un incremento en la secreción de estos elementos (Mulvihill, 1988). Como hipótesis, Blas, *et al* (1999), sugieren que la cánula ileal podría afectar al proceso de producción de cecótrofos por su proximidad a la unión íleo-ceco-cólica y el colon proximal, lo que podría explicar los resultados encontrados en el presente estudio, para los diferentes niveles de canulación evaluados. En rumiantes, se ha observado que agregados de contenido digestivo formados alrededor de la cánula, crean una región en la cual, la motilidad intestinal no puede mantener la presión para sostener el movimiento de la digesta (Harmon, 1997). Así, la reducción en la motilidad del órgano que puede producirse, debida a la acumulación de material intestinal asociada a la presencia de la cánula, presenta el riesgo de reducción del lumen intestinal e incluso de causar obstrucción, la cual en este estudio pudo conducir al funcionamiento anormal de la porción intestinal donde se alojó la cánula.

Por todo lo anterior, las diferencias existentes entre el grupo control (T1) con los demás grupos de conejas canuladas en la semana uno del periodo

experimental, podría explicarse por una disminución en el consumo de alimento derivado del proceso quirúrgico en asociación con una posible reducción de la motilidad de la porción canulada, en una etapa en la que el animal regula la cecotrofia cuantitativamente basándose en la organización de las necesidades para el crecimiento. En el caso de las diferencias encontradas en esa misma semana, entre los grupos de conejas canuladas a nivel de colon distal (T4) y del grupo de apéndice cecal (T2), éstas pudieron deberse a que el nivel de la canulación de apéndice cecal, no comprometiera la motilidad del tubo digestivo en el grado que lo hizo la canulación a nivel del colon distal, lo cual quedo de manifiesto al provocar obstrucción intestinal en dos animales de éste grupo. De esta manera, también se explican las diferencias encontradas en la semana dos, entre el grupo control (T1) con el grupo de colon distal (T4) y el de decimotercer asa cecal (T3), donde, para este último, la reducción de motilidad que pudo presentarse en ciego, pudo reducir la formación del cecótrofo, al prolongar el tiempo de retención del material en el órgano, situación que incluso puede causar enteritis (Irlberk, 2001). En el caso de la semana tres, al no encontrarse diferencias, se demuestra que los animales canulados pueden mostrar un comportamiento normal después del retiro de la cánula.

8.2 CONTENIDO DE NUTRIENTES

8.2.1 Análisis químico proximal y fracciones de fibra

En el *Cuadro 8* se presentan los resultados del Análisis Químico Proximal (AQP) y de la determinación de FDN y FDA, realizados a los cecótrofos de animales canulados y no canulados obtenidos durante la semana uno del periodo experimental.

Cuadro 8. Composición nutrimental de cecótrofos de animales canulados y no canulados

Nutriente	T1	T2	T3	T4
	MMC ± EE	MMC ± EE	MMC ± EE	MMC ± EE
Materia Seca (%)	39.53 ± 2.67 a	41.14 ± 2.88 a	41.47 ± 2.67 a	45.97 ± 3.12 a
Proteína Cruda (%)	19.67 ± 0.73 ab	20.84 ± 0.78 a	21.88 ± 0.73 a	16.83 ± 0.85 b
Extracto Etéreo (%)	3.24 ± 0.29 a	3.13 ± 0.31 a	3.61 ± 0.29 a	2.85 ± 0.34 a
Cenizas (%)	12.79 ± 0.19 bc	13.33 ± 0.20 ab	12.74 ± 0.19 c	13.91 ± 0.22 a
Fibra Detergente Neutra (%)	48.46 ± 2.01 a	49.58 ± 2.17 a	46.48 ± 2.01 a	54.08 ± 2.35 a
Fibra Detergente Ácida (%)	30.39 ± 1.34 ab	27.58 ± 1.44 b	28.67 ± 1.34 b	34.52 ± 1.56 a

T1= Control

T2= Apéndice cecal

T3= 13ª asa cecal

T4= Colon distal

MMC = Media por mínimos cuadrados

EE = Error estándar

a, b, c = literales diferentes entre columnas indican diferencias estadísticamente significativas (P< 0.05)

En este estudio, para el porcentaje de MS, no hubo diferencia estadística significativa entre los tratamientos ($p>0.05$) (*Anexo II*). Los resultados obtenidos son mayores a los reportados por Carabaño *et al.*, (1988), Carabaño *et al.*, (1989), Fraga *et al.*, (1991), Gomes y Ferreira (1999), Carabaño *et al.*, (1997), y Belenguer *et al.*, (2004) quienes mencionan contenidos desde 25 % a 35 % de MS mientras que en este estudio se encontraron porcentajes de 39.53 % a 45.97 %.

La composición química de los cecótrofos es muy parecida a la del contenido cecal debido a que los mecanismos de separación de partículas a nivel del ciego y del colon proximal son básicos para la producción de los dos tipos de heces, ya que sólo las partículas más finas del alimento ($< 0,3$ mm) y el contenido digestivo soluble entran en el ciego, mientras que las partículas más gruesas progresan rápidamente por el colon para dar lugar a la formación de las heces duras (DeBlas, 2003). Por lo tanto, las variaciones observadas en la composición química de los cecótrofos son consecuencia del efecto de la dieta sobre el contenido cecal (Carabaño, 1988). De este modo, un incremento en el contenido de MS en los cecótrofos puede deberse a que la dieta contiene fuentes de fibra más lignificada (Pérez de Ayala, 1989).

En cuanto al contenido de EE en cecótrofos, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p>0.05$) (*Anexo II*). El porcentaje encontrado en el estudio, que osciló entre 2.85% a 3.61%, fue mayor que lo reportado por Gecele (1986), quien refiere alrededor de 2.40%. Las grasas ingeridas con los cecótrofos dependen de la cantidad de sustrato energético en llegar al área de fermentación y representa alrededor del 12% del total de grasas ingeridas (Gómez, 2004).

Para el contenido de fibra en los cecótrofos de animales canulados y no canulados, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para el porcentaje de FDN ($p>0.05$) (*Anexo II*). Los porcentajes de FDN observados en el estudio, se encontraron entre 48.45% y 54.08%, siendo mayores que los obtenidos por Belenguer *et al.*, (2002), Blas *et al.*, (2003) y Belenguer *et al.*, (2004), éstos autores reportan de 26.8% a 44.00%. Al mismo

tiempo, los resultados son concordantes con García *et al.*, (2000) quien menciona un 48.1%, pero con el uso de harina de paprika en la dieta. El mayor porcentaje de FDN encontrado en el presente estudio, pudo deberse a la posible utilización de subproductos de cereales en la elaboración del alimento utilizado en este estudio.

Para el porcentaje de PC y de FDA se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p < 0.01$), encontrándose diferencias entre el grupo de animales canulados en colon distal (T4) con el grupo de decimotercer asa cecal (T3) y el grupo de apéndice cecal (T2) ($P < 0.05$) (*Anexo II*). El contenido de PC se encontró entre 16.83% y 21.88%; estos promedios quedan por debajo de lo reportado por Carabaño *et al.*, (1988), Carabaño *et al.*, (1989), Fraga *et al.*, (1991), Gomes y Ferreira (1999), Carabaño *et al.*, (1997), y Belenguer *et al.*, (2004), los cuales mencionan promedios desde 29.66% hasta 37.80%. Los porcentajes de FDA que se hallaron, entre 27.67% y 34.81%, fueron mayores que el 25.90% reportado por Blas *et al.*, (2003).

Los resultados hallados en este estudio, para el contenido de nutrientes, sugieren que éstos se encuentran estrechamente relacionados entre sí, ya que la variación en el contenido de uno se relaciona con la variación de otro, como en el caso del contenido de FDA y el contenido de PC. Un aumento en el nivel y la fuente de fibra de la dieta da lugar a un aumento del nivel de fibra de las heces blandas, pero no de forma linealmente proporcional, lo que indica la eficacia que posee el mecanismo de separación de partículas en el colon, al evitar la entrada de grandes cantidades de fibra en el ciego (Carabaño, 1988; García, 2000; Santomá, 1989). De este modo, la variación existente en la FDA de los animales canulados en colon distal con los demás grupos de animales canulados (apéndice

cecal y decimotercer asa cecal), pudiera deberse precisamente a una deficiente separación de las partículas solubles e insolubles de la dieta por parte del colon, a causa de la reducción de la motilidad que puede ocasionar la presencia de la cánula en el órgano. Dicho fenómeno, puede explicar las diferencias de contenido de PC observadas en los cecótrofos de las conejas canuladas a nivel del colon distal, con los demás grupos de animales canulados (apéndice cecal y decimotercer asa cecal), ya que el alto nivel de fibra en el contenido cecal ocasiona un decremento en el porcentaje de PC en el cecótrofo.

De la misma forma que en el caso de la MS, la variación en la concentración de proteína en el cecótrofo se explica por el nivel de fibra en el contenido cecal (Carabaño, 1988). Así, el aumento de fibra cruda de la dieta aumenta la fibra cruda del contenido cecal, lo cual disminuye el contenido de PC del contenido cecal y por consecuencia en el cecótrofo, la mayor parte de este efecto está relacionado con las variaciones en la concentración de pectinas en la dieta, que limita la actividad xilanolítica y celulolítica en el ciego al provocar un tiempo de retención cecal corto (Johnson-Delaney, 2006; García, 2000).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas, para el porcentaje de CEN hallado en este estudio, entre el grupo de conejas canuladas en colon distal (T4) con el grupo control (T1) y el grupo de animales canulados en decimotercer asa cecal (T3) y entre el tratamiento dos (apéndice cecal) con el grupo de decimotercer asa cecal (T3) ($P < 0.05$) (*Anexo II*). El contenido de CEN, se encontró entre 12.74% y 13.91%, siendo concordante con lo reportado (entre 12.75% y 15.12%) por Carabaño *et al.*, (1988), quienes encontraron que los niveles de cenizas del contenido cecal son similares a los hallados en heces

blandas de acuerdo a la dieta utilizada. En contraste con el presente estudio, Gómez y Ferreira (1999) obtuvieron porcentajes de CEN entre 9.35% y 12.04%, y en esta ocasión ellos si encuentran diferencias en el contenido de CEN de acuerdo al tipo de dieta. Lo que sugiere que el contenido de cenizas en el contenido cecal y por ende en los cecótrofos se debe a variaciones de la dieta.

En este caso, el elevado contenido de CEN en los cecótrofos del grupo de colon distal, podría ser explicado por el aumento en la concentración de Ca y K resultante del proceso inflamatorio que acompaña la canulación (lo cual se describe en el apartado de minerales). Situación que si bien se presentó de manera similar en los demás grupos de animales canulados, no tuvo los mismos efectos en las porciones canuladas respectivas (apéndice cecal y decimotercer asa cecal).

8.2.2 Vitaminas

En el estudio, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, para las concentraciones de las vitaminas B₂ y B₆ ($p > 0.05$) (*Anexo II*). En el *Cuadro 9* se presentan las concentraciones de riboflavina y piridoxina determinadas a partir de los cecótrofos de conejos canulados y no canulados, obtenidos en la semana uno del periodo experimental, por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).

Las concentraciones obtenidas en el estudio, son mayores que las presentadas por Kulwich *et al.* (1953) y por Hove y Herndon (1957) respectivamente, ambas determinadas por análisis microbiológicos.

Cuadro 9. Concentración de riboflavina y piridoxina en cecótrofos de animales canulados y no canulados

Vitamina	T1	T2	T3	T4
	MMC ± EE	MMC ± EE	MMC ± EE	MMC ± EE
Riboflavina (µg/ml)	785.61 ± 99.62 a	700.07 ± 107.41 a	620.23 ± 99.62 a	492.53 ± 126.39 a
Piridoxina (µg/ml)	30.67 ± 3.78 a	26.98 ± 4.08 a	26.48 ± 3.78 a	25.10 ± 4.42 a

T1= Control

T2= Apéndice cecal

T3= 13ª asa cecal

T4= Colon distal

MMC = Media por mínimos cuadrados

EE = Error estándar

a = literales diferentes entre columnas indican diferencias estadísticamente significativas (P< 0.05)

El contenido de vitaminas del complejo B en los cecótrofos es resultado de la síntesis bacteriana en ciego. Los conejos, al practicar la cecotrofia, aparentemente no dependen de una fuente dietaria de la mayoría de las vitaminas del complejo B (incluida la Riboflavina), sin embargo, en el caso de la Piridoxina si la requieren, siendo su demanda inversamente proporcional al grado en el que ellos reciclan las vitaminas provenientes de la síntesis microbiana (Cheeke, 1982; Stevens, 1998). Así, mientras la Piridoxina dietética aumenta, la excreción de la vitamina se mantiene, y la proporción en las heces suaves permanece cerca del 50%. Esto indica que la vitamina B₆ en cecótrofos se debe principalmente a una fuente dietética o metabólica (Hove, 1957).

8.2.3 Minerales

Las concentraciones de sodio, potasio, calcio, magnesio y hierro halladas en este estudio, fueron menores que las reportadas por Hörnicke y Björnhag (1980), no encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para las concentraciones de sodio, magnesio, zinc, hierro, cobre y

manganeso ($p>0.05$). Sin embargo, si se hallaron diferencias estadísticamente significativas para las concentraciones de calcio y potasio ($p<0.01$). En la concentración de calcio, se encontraron diferencias significativas entre el grupo de animales canulados a nivel de colon distal (T4) con los demás tratamientos ($p<0.05$). Para el caso de la concentración de potasio las diferencias significativas se hallaron entre el grupo de colon distal (T4) con los animales del grupo control (T1) y los animales del grupo de decimotercer asa cecal (T3) ($p<0.01$) (*Cuadro 10*) (*Anexo II*)

Cuadro 10. Concentración de minerales en cecótrofos de animales canulados y no canulados

Mineral	T1	T2	T3	T4
	MMC ± EE	MMC ± EE	MMC ± EE	MMC ± EE
Calcio (mg/kg)	3590.66 ± 167.66 a	3427.03 ± 180.76 b	3615.35 ± 167.66 b	4406.84 ± 195.88 b
Sodio (mg/kg)	1726.35 ± 211.53 a	1397.95 ± 228.53 a	1271.80 ± 211.53 a	1500.86 ± 247.14 a
Potasio (mg/kg)	4489.23 ± 240.93 b	5128.17 ± 259.76 ab	4847.11 ± 240.93 b	5990.15 ± 281.48 a
Magnesio (mg/kg)	4865.07 ± 364.70 a	4440.40 ± 383.20 a	4835.94 ± 364.70 a	4840.21 ± 426.08 a
Zinc (mg/kg)	169.33 ± 11.16 a	195.37 ± 12.03 a	167.94 ± 11.16 a	177.02 ± 13.04 a
Hierro (mg/kg)	190.05 ± 33.45 a	224.78 ± 36.06 a	210.59 ± 33.45 a	226.34 ± 39.08 a
Cobre (mg/kg)	54.06 ± 1.42 a	54.62 ± 1.53 a	52.55 ± 1.42 a	51.49 ± 1.66 a
Manganeso (mg/kg)	256.21 ± 5.30 a	263.39 ± 5.71 a	260.58 ± 5.30 a	272.15 ± 6.19 a

T1= Control

T2= Apéndice cecal

T3= 13ª asa cecal

T4= Colon distal

MMC = Media por mínimos cuadrados

EE = Error estándar

a, b = literales diferentes entre columnas indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.01$)

El intestino grueso de mamíferos es importante para el mantenimiento del equilibrio de agua y electrolitos. De este modo, el colon descendente del conejo tiene la capacidad de secretar y, posiblemente, de absorber el potasio por medio de mecanismos activos que requieren de energía metabólica (Hintz, 1978; McCabe, 1982; Vernay, 1984). Halm y Frezzel (1986) sugieren que el proceso de

secreción de K es independiente de la absorción de Na, pero es mecánicamente similar a los procesos de secreción de Cl. Así, ellos observaron que la adrenalina y la prostaglandina E₂ estimulan la secreción de K, pero sólo esta última también estimula la secreción de Cl (Halm, 1986). En este sentido, al existir un proceso inflamatorio debido a la presencia de la cánula en el colon distal, pudo haberse originado un cambio en la capacidad secretora y de absorción del órgano, derivando en una mayor secreción de potasio. La secreción de K inducida por la PGE₂, derivada de un proceso inflamatorio, podría implicar un aumento en la concentración intracelular de calcio que puede estar mediado por la calmodulina (McCabe, 1985). Bajo estas premisas, el aumento en la concentración de calcio y potasio en los cecótrofos de animales canulados a nivel de colon distal pudo darse a medida que las heces blandas avanzaron a través del colon proximal, la porción intervenida y hasta el ano.

8.3 VARIABLES PRODUCTIVAS

8.3.1 Consumo Voluntario

La interacción tiempo por tratamiento para el consumo voluntario promedio resultó estadísticamente significativa ($p < 0.001$), esto debido a diferencias entre tratamientos en la semana uno y dos del periodo experimental. Para la primera semana postcanulación, las diferencias se observaron entre los animales canulados en colon distal (T4) y los animales del grupo control (T1) ($p < 0.05$). En la semana dos, las diferencias se hallaron entre el grupo control (T1) con los animales canulados en decimotercer asa cecal (T3) y en apéndice cecal (T2). ($p < 0.05$). En la semana cero, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, al igual que en la última semana del periodo experimental ($p < 0.05$) (Cuadro 11) (Anexo III).

Cuadro 11. Consumo voluntario de alimento (g) por tratamiento y por semana

	SEMANA 0	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3
	MMC ± EE	MMC ± EE	MMC ± EE	MMC ± EE
T1	112.78 ± 4.98 a	163.39 ± 8.39 a	172.12 ± 5.32 a	161.21 ± 7.03 a
T2	114.54 ± 5.37 a	136.06 ± 9.04 ab	149.09 ± 5.73 b	146.35 ± 7.57 a
T3	110.06 ± 4.98 a	147.68 ± 8.39 ab	146.70 ± 5.32 b	145.15 ± 7.03 a
T4	116.06 ± 5.82 a	113.84 ± 9.80 b	155.90 ± 6.21 ab	154.81 ± 8.20 a
T1= Control	T2= Apéndice cecal	T3= 13ª asa cecal	T4= Colon distal	

Semana 0= anterior a la canulación

Semana 1 a 3= posterior a la canulación

MMC = Media por mínimos cuadrados

MMCT= Media por mínimos cuadrados total

EE = Error estándar

a, b = literales diferentes entre filas indican diferencias estadísticamente significativas debidas a interacción tiempo por tratamiento ($P < 0.05$)

Los resultados obtenidos en este estudio, concuerdan con los observados por Gidenne *et al.*, (1994) quienes canularon conejos a nivel ileal para evaluar su

efecto en la digestión y la cecotrofia, encontrando un mayor consumo voluntario en los animales que no fueron canulados comparado con un menor consumo en los animales canulados. La ingestión de alimento es una variable de gran interés para valorar el impacto de la canulación en los procesos digestivos del conejo (Blas, 1999).

El patrón de alimentación observado en los animales canulados en colon distal en la semana uno posterior a la canulación, coincide con el obtenido por Blas *et al.*, (1999), quien señala que la ingestión es muy baja tras la canulación, de forma que el peso disminuye bruscamente. En la semana dos posterior a la canulación, las diferencias que se observaron entre los grupos de animales canulados en apéndice cecal (T2) y en la decimotercer asa cecal (T3) con el grupo control (T1), igualmente pueden ser explicadas por el efecto de la cirugía practicada a los animales, ya que, si bien la ingestión de alimento aumentó en esa semana, no alcanzó el mismo nivel de ingestión de los animales del grupo control (T1), sino hasta el final de la tercera semana post-canulación.

Los resultados obtenidos por Gidenne *et al.*, (1993) en conejos canulados en ciego, por Blas *et al.*, (1999) en conejos canulados a nivel ileal y Cervantes *et al.*, (2000) en cerdos al mismo nivel indican que la ingestión de alimento está plenamente recuperada 10-20 días después de la intervención quirúrgica, apuntando a que los conejos responden con un sobreconsumo de alimento para compensar el efecto negativo del daño quirúrgico sobre la condición corporal. Lo anterior, puede explicar porque no se hallaron diferencias significativas entre tratamientos en la semana tres del periodo experimental.

8.3.2 Ganancia Diaria de Peso

En este estudio, la interacción tiempo por tratamiento para la ganancia diaria de peso resultó significativa ($p < 0.05$). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo de animales canulados en colon distal (T4) y los animales canulados en decimotercer asa cecal (T3) y en apéndice cecal (T2) en la segunda semana del periodo experimental ($p < 0.05$) (*Cuadro 12*) (*Anexo III*).

Cuadro 12. Ganancia diaria de peso (g) por tratamiento y por semana

	SEMANA 0	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3
	MMC ± EE	MMC ± EE	MMC ± EE	MMC ± EE
T1	31.30 ± 2.88 a	34.65 ± 4.88 a	29.58 ± 2.07 ab	29.61 ± 2.98 a
T2	35.97 ± 3.11 a	24.74 ± 5.26 a	25.72 ± 2.23 b	31.06 ± 3.21 a
T3	37.21 ± 2.88 a	25.22 ± 4.88 a	24.61 ± 2.07 b	31.33 ± 2.98 a
T4	31.63 ± 3.37 a	27.35 ± 5.70 a	34.88 ± 2.42 a	31.36 ± 3.48 a

T1= Control

T2= Apéndice cecal

T3= 13ª asa cecal

T4= Colon distal

Semana 0= anterior a la canulación

Semana 1 a 3= posterior a la canulación

MMC = Media por mínimos cuadrados

EE = Error estándar

a, b = literales diferentes entre filas indican diferencias estadísticamente significativas debidas a interacción tiempo por tratamiento ($P < 0.05$)

El comportamiento observado en los conejos canulados en colon distal (T4) en la semana dos, para la ganancia diaria de peso, puede ser explicado por el fenómeno de crecimiento compensatorio, que se define como un proceso fisiológico por el cual un organismo acelera su tasa de crecimiento después de un periodo de desarrollo restringido, debido a la reducción del consumo de alimento y la consecuente pérdida de peso. La reducción en el peso de los animales canulados también pudo deberse a la restricción en el consumo de cecótrofos, que

representan entre el 10 y 15% de la ingestión total de MS diaria del conejo, que tuvo lugar al colectar los mismos para determinar su producción (Carabaño, 1988; Rivera, 2011). En este caso, los animales canulados en colon distal (T4), al parecer presentaron una compensación completa, la cual ocurre cuando un animal con una nutrición deficientemente tiene la habilidad de alcanzar el mismo peso, e incluso superior, al logrado por los animales que no fueron restringidos, luego de un régimen alimentario abundante, como el observado por estos animales al avanzar el periodo experimental (Olazabal, 2011; Bavera, 2005).

8.3.3 Conversión Alimenticia

En el presente estudio, solo se hallaron diferencias estadísticamente significativas debidas a efectos en el tiempo entre la semana cero y la semana uno, y no a consecuencia del tratamiento ($p < 0.02$) (Cuadro 13) (Anexo III).

Cuadro 13. Conversión alimenticia (g) por tratamiento y por semana

	SEMANA 0	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3
	MMC	MMC	MMC	MMC
T1	3.72	5.53	5.99	5.70
T2	3.32	6.26	5.8	5.02
T3	3.02	6.62	6.22	4.71
T4	3.88	8.16	4.57	7.14
MMCt	3.48 ± 0.54 a	6.53 ± 0.54 b	5.75 ± 0.54 b	5.44 ± 0.54 b
T1= Control	T2= Apéndice cecal	T3= 13ª asa cecal	T4= Colon distal	

Semana 0= anterior a la canulación

Semana 1 a 3= posterior a la canulación

MME = Media por mínimos cuadrados

MMCt= Media por mínimos cuadrados total

EE = Error estándar

a, b = literales diferentes entre columnas indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.10$)

La conversión alimenticia es una medida de la productividad de un animal que se define como la relación entre el alimento que consume con el peso que gana. Tomando esta definición, los animales con una conversión alimenticia menor son más convenientes, ya que consumen menos alimento por unidad de peso ganado (Parnell, 1996; Rodríguez, 2007). Los animales jóvenes, de crecimiento rápido, tienen una conversión alimenticia más favorable que los animales que han llegado a un peso de sacrificio. La diferencia en contenido del tejido acumulado (grasa contra proteína y agua) y el incremento en los requerimientos de mantenimiento son los responsables por el rápido incremento de la conversión alimenticia (Maertens, 2009). Por lo tanto, las mejores conversiones se consiguen durante las primeras semanas de vida. Lo anterior podría explicar la diferencia observada en este estudio a lo largo del periodo experimental, donde en la semana cero los animales mostraron la mejor conversión alimenticia, comparada con las demás semanas del periodo experimental.

9 CONCLUSIONES

La canulación a nivel de colon distal en conejos Nueva Zelanda Blanco, alteró la composición nutrimental de los cecótrofos (PC, CEN, FDA, Na y K), la excreción de los mismos, así como el consumo voluntario y la ganancia diaria de peso, además representó un mayor riesgo de generar obstrucción del lumen intestinal, por lo que no se recomienda canular animales jóvenes a este nivel.

Se demostró que la canulación cecal en conejos Nueva Zelanda Blanco es útil en la investigación de los procesos digestivos del animal, ya que se observó que los animales canulados a nivel de apéndice cecal y decimotercer asa cecal no mostraron diferencias para la composición de nutrientes en los cecótrofos, permitiendo que los mismos sean tomados como un reflejo de lo que sucede en el ciego del animal.

La recuperación de las conejas tras el retiro de la cánula, fue completa y satisfactoria, demostrando que éstos pueden ser utilizados en posteriores investigaciones e incluso pueden ser llevados a finalización, llevando a cabo de este modo, un aprovechamiento integral de los animales.

10 REFERENCIAS

- Álvarez-Romero, J y Medellín, RA. *Oryctolagus cuniculus*. Vertebrados superiores exóticos en México: diversidad, distribución y efectos potenciales. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto U020. México. D.F. 2005.
- Allen JD, Prieto P, Reyes JL y Ly J. Técnica quirúrgica para la implantación de una cánula simple en el duodeno de los cerdos. Revista Computadorizada de Producción Porcina. [en línea] 2004 [fecha de consulta: Junio 2011]; 11 (1): [75-83].
- Disponible en: <http://www.iip.co.cu/R CPP/R CPP%2011.1.pdf>
- Association of Official Agricultural Chemists. Official methods of analysis of the Association of Official Agricultural Chemists. 14th ed. EUA (Virginia): AOAC, 1990.
- Balcells J, Ganuzaa JM, Pérezza JF, Martín-Orúea SM, González Ronquillo, M. Urinary excretion of purine derivatives as an index of microbial-nitrogen intake in growing rabbits. Br. J. Nutr. 1998; 79:373-80
- Belenguer A, Balcells J, Abecia L, Decoux M. Efecto del tipo de carbohidrato sobre la producción de leche y el ambiente cecal en conejas en lactación. XXIX Simposium de Cunicultura de ASESCU; 2004 31 marzo y 1 abril; Lugo España. España: Asociación Española de Cunicultura 2004: 127-32
- Belenguer A, Balcells J, Fondevila M, Torre C. Caecotrophes intake in growing rabbits estimated either from urinary excretion of purine derivatives or from

- direct measurement using animals provided with a neck collar : effect of type and level of dietary carbohydrate. *Animal Science* 2002;74;135-44
- Belenguer A, Barcells J, Fondevilla M, Torre C. Caecotrophes intake in growing rabbits estimated either from urinary excretion of purine derivatives or from direct measurement using animals provided with a neck collar: effect of type and level of dietary carbohydrate. *Animal Science*. 2002;74; 135-44.
- Bellier R, Gidenne T, Vernay M, Colin M. In vivo study of circadian variations of the caecal fermentation pattern in postweaned and adult rabbits. *J. Anim. Sci.* 1995;73:128-135.
- Bellier R, Gidenne T. Consequences of reduced fibre intake on digestion, rate of passage and caecal microbial activity in the young rabbit. *Br. J. Nutr.* 1996;75:353-363.
- Blas E, Amber K, Pascual JJ, Cervera C. Peso, ingestión y digestibilidad fecal en conejos portadores de canula ileal. *Invest. Agr.: Prod. Sanid. Anim.* 1999;14(1, 2 y 3);95-101
- Blas E, Falcao M, Gidenne T, Scapinello C, Pinheiro V, García AI, Carabaño, R. Interlaboratory study on ileal digestibility in rabbits: The effect of digesta collection time and a simplification of the procedure. *World Rabbit Sci.* 2003;11;101-11
- Box GEP, Cox DR. An analysis of transformations revisited, rebutted. *Journal of the American Statistical Association.* 1982;77;209-210.
- Box GEP, Cox DR. An analysis of transformations. *Journal of the Royal Statistical Society.* 1964;26;211-252.

- Brewer N. Historical special topic overview on rabbit comparative biology. *Biology of the rabbit. Journal of the American Association for Laboratory Animal Science* 2006;45:8-24
- Carabaño RM, Fraga MJ, Santomá G, De Blas JC. Effect of diet on composition of caecal contents and on excretion and composition of soft and hard faeces. *J. Anim. Sci.* 1988;66:901-10.
- Carabaño RM, Fraga MJ, De Blas JC. Effect of protein source in fibrous diets on performance and digestive parameters of fattening rabbits. *J. Appl. Rabbit Res.* 1989;12:201-204.
- Carabaño RM, Motta Ferreira W, de Blas JC, Fraga MJ. Substitution of sugarbeet pulp for alfalfa hay in diet for growing rabbits. *Anim. Feed Sci. Tech.* 1997;65:245-56.
- Carabaño RM, Pinquer J. The digestive System of the rabbit. In: De Blas, C. and Wiseman, J. *The nutrition of the rabbit.* London, UK: Cabi Publishing, 1998.
- Cervantes M, González V, Rodríguez S, González JS, Flores L. Canulación duodenal e ileal para estudios de digestión en cerdos. *Agrociencia.* 2000;34(2);135-39
- Cheeke PR. *Rabbit feeding and nutrition.* UK: Academic Press. UK, 1987.
- Cheeke PR. *Alimentación y nutrición del conejo.* Zaragoza, España: Ed. Acribia, SA, 1995.
- Cheeke PR. Rabbit nutrition and feeding recent advances and future perspectives. *J. Appl. Rabbit Res.* 1982;7:31-37.
- Cheeke, P. *Rabbit production.* 8th. USA: Interstate Publisher, Inc., 1996.

- De Blas JC, García J y Carabaño R. Avances en nutrición de conejos. XXVII Symposium de cunicultura ADESCU; 2003 abril 2-4; Alcañiz España. España: Asociación Española de Cunicultura. 2003
- De Blas JC. The nutrition of the rabbit. 2a edición Madrid, España: CAB INTERNATIONAL-Ediciones Multiprensa, 1998.
- De la Peña CM. Evaluación experimental del funcionamiento intestinal en perros con síndrome de intestino corto mediante pruebas de digestibilidad. (Tesis de Licenciatura). México, DF: Universidad Iberoamericana, 1993.
- Dihigo LE, Savón L y Rodríguez V. Cirugía experimental de animales monogástricos. Retos y perspectivas. IV Encuentro de Nutrición sobre animales monogástricos: 1997 julio 8-21; La Habana, Cuba. Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 1995.
- Fernández C, Cobos A, Fraga MJ. The effect of fat inclusion on diet digestibility in growin rabbits. J. Anim. Sci. 1994;72: 1508-15.
- Fisher AD, Crowe MA, Alonso de la Varga ME, Enrigh WJ. Effect of castration method and the provision of local anesthesia on plasma cortisol, scrotal circumference, growth, and feed intake of bull calves. J. Anim. Sci. 1996; 74:2336-2343.
- Forbes JM. The voluntary food intake of farm animals. London, UK: Butterworths, 1986.
- Fraga MJ, Perez de Ayala P, Carabaño R, De Blas JC. Effect of type of fiber on the rate of passage and on the contribution of soft faeces to nutrient intake of fattening rabbits. J. Anim. Sci. 1991;69:1566-74.

García J, Carabaño R, DeBlas C. y García A. Importancia del tipo de fibra: Nuevos conceptos y ejemplos para su aplicación en Cunicultura. XXII Curso de Especialización FEDNA [en línea]. Barcelona, España: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, 2006. [fecha de consulta: Junio 2011]. Disponible en:

http://www1.etsia.upm.es/fedna/capitulos/06CAP_V.pdf

García J, de Blas JC, Carabaño R, García P. Effect of type of lucerne hay on caecal fermentation and nitrogen contribution through caecotrophy in rabbits. Repp. Nutr. Dev. 1995;35:267-75.

García J, Carabaño R, Pérez de Alba L, Blas JC. Effect of fiber source on cecal fermentation and nitrogen recycled through caecotrophy in rabbits. J Anim Sci 2000;78:638-46.

Gecele, P. Fisiología digestiva del conejo adulto. Monografías de Medicina Veterinaria [en línea] 1986 Consultado [fecha de consulta: jun 23 2011]; 8 (2). Disponible en:

<http://www.revistas.uchile.cl/index.php/MMV/article/viewArticle/4876/4762>

Gidenne JN, Le Roux JF. Measurement of the bacterial fibrolytic activity in the caecum and in the soft faeces of the rabbit. 6th. World Rabbit Congress; 1996 julio 9-12; Toulouse, France. Francia, 1996:199-203;

Gidenne T, Bellier R, Bouyssou T. An improved technique for cecal cannulation in the rabbit. Effect of sampling time after feeding on cecal VFA pattern. Ann Zootech. 1993;42:163.

- Gidenne T, Blas E, Carabaño R, Merino JM. Effect of ileal cannulation on rabbit digestion and caecotrophy: An interlaboratory study. *World Rabbit Science* 1994;2(3);102-106.
- Gidenne T, Bouyssou T & Ruckebusch Y. Sampling of digestive contents by ileal cannulation in the rabbit. *Animal Production* 1988;46;147-51.
- Gidenne T, Lapanouse A. Rate of passage in the rabbit digestive tract: Influence of marker dosing time, ileal cannulation y marker type. *World Rabbit Science*. 1997;5(1);27-32.
- Gidenne T, Ruckebusch Y. Flow and passage rate studies at the ileal level in the rabbit. *Reprod. Nutr. Dev.* 1989;29;403-12
- Gidenne T, Lebas F. Estimation quantitative de la caecotrophie chez le lapin en croissance: variations en fonction de l'âge. *Ann. Zootech.* 1987;36(3);225-336.
- Gomes AV, Ferreira WM. Composição química e contribuição nutritiva de cecotrofos de diferentes dietas. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 1999;28(6);1297-1301.
- Gómez-Conde MS, Chamorro S, Menoyo D, García-Rebollar P, Blas C. Effects of source of fibre on fat composition and fat recycling with caecotrophes. *Proceedings 8th World Rabbit Congress; 2004 September 7-10; Puebla Mexico. Mexico, 2004.*
- Griffith M, Davis D. The role of the soft pellets in the production of lactic acid in the rabbit stomach. *J. Nutr.* 1963;80:171-80.

- Gutiérrez I, García J, Carabaño R, Mateos GG y De Blas JC. Effect of exogenous phytase on phosphorus and nitrogen digestibility in growing-finishing rabbits. *World Rabbit Sci.* 2000;8:277-282.
- Halm DR, Frizzell RA. Active K transport across rabbit distal colon: relation to Na absorption and Cl secretion. *Am J Physiol-Cell Physiol.* 1986;251(2);252-67
- Hamanaka Y, Manabe H, Tanaka H, Monden Y, Uozumi T, Matsumoto K. Effects of surgery on plasma levels of cortisol, corticosterone and non-protein-bound-cortisol. *European Journal of Endocrinology.* 1970;64:439-51.
- Hand MS, Thatcher CD, Remillard RL, Roudebush P. *Nutrición clínica en pequeños animales.* 4ta ed. Buenos Aires: Mark Morris Institute, 2000.
- Harcourt-Brown F. *Textbook of Rabbit Medicine.* Oxford, UK: Butterworth Heinemann, 2002
- Harmon DL, Richards CJ. Considerations for gastrointestinal cannulations in ruminants. *J. Anim Sci.* 1997;75;2248-55.
- Henning SJ, Hird FJR. Concentration and metabolism of volatile fatty acids in the fermentative organ of two species of kangaroo and guinea-pig. *Br. J. Nutr.* 1970;24:145-55.
- Hintz HF, Schryver HF, Stevens CE. Digestion and absorption In the hindgut of nonruminant herbivores. *J. Animal Sci.* 1978;46(6);1803-07.
- Hoover WH, Heitmann RM. Effects of dietary fiber levels on weight gain, cecal volume and volatile fatty acid production in rabbits. *J. Nutr.* 1972;102:375-380.

- Hörnigke H, Björnhag G. Coprophagy and related strategies for digesta utilization. En: Ruckebush Y, Thivend P. Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants. Lancaster: MTP Press, 1980 pp. 703-730.
- Hove, E. L., and Herndon, J. F. Vitamin B, deficiency in rabbits. Journal of Nutrition. 1957;61;127-36.
- Irlberk NA. How to feed the rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) gastrointestinal tract. J. Anim. Sci. 2001;79(E. Suppl.);343-346.
- Johnson-Delaney CA. Anatomy and physiology of the rabbit and rodent gastrointestinal system. Proceedings of the Annual Conference of the American Exotic Mammal Veterinarian 2006: 9-17
- Johnson-Delaney CA. Exotic Companion Medicine Handbook for Veterinarians. Lake Worth, FL: Zoological Education Network, 1997.
- Kulwich R, Struglia L, Pearson PB. The effect of coprophagy in the excretion of B vitamins by the rabbit. Journal of Nutrition. 1953;49;639-45.
- Maertens, L. Possibilities to reduce the feed conversion in rabbit production. Giornate di Conigliocultura ASIC; 2009 abril 2-3; Forlì, Italia. Italia: Associazione Scientifica Italiana di Conigliocultura, 2009:1-10.
- Makkar HPS, Singh B, Krishna L. Effect of feeding urea on some hydrolytic and ammonia assimilation enzymes in rabbit caecum. J. Appl. Rabbit Res. 1990;13:35-38.
- Makkar HPS, Singh B. Comparative enzymatic profiles of rabbit caecum and bovine rumen contents. J. Appl. Rabbit. Res. 1987;10:172-174.
- Martínez MA. Cunicultura. México, D.F: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia - UNAM, 1993

- Marty J, Vernay M. Absorption and metabolism of the volatile fatty acids in the hindgut of the rabbit. *Br. J. Nutr.* 1984;51: 265-277.
- McCabe R, Cooke HJ, Sullivan LP. Potassium transport by rabbit descending colon. *Am J Physiol-Cell Physiol.* 1982;242(1);81-86
- McCabe R, Smith PL. Colonic potassium and chloride secretion: role of cAMP and calcium. *Am J Physiol-Cell Physiol.* 1985;248(1);103-109.
- McNitt J, Patton NM, Lukefahr SD, Cheeke PR. *Rabbit Production*. 6th Ed. Illinois, USA: Interstate Publishers, INC. 2000.
- Merino JM. Puesta a punto de una técnica de canulación ileal en el conejo para el estudio del aprovechamiento de los nutrientes de la dieta (Tesis Doctoral). Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid, 1994. 175pp
- Morisse JP, Boilletot E, Maurice R. Alimentation et modification du milieu intestinal chez le lapin. (AGV, NH₃, pH, Flore). *Recl. Med. Vet.* 1985;161: 443-49.
- Motta Ferreira W, Fraga MJ, Carabaño, R. Inclusion of grape pomace, in substitution for Lucerne hay in diets for growing rabbits. *J. Anim Sci.* 1996;63:167-74.
- National Research Council. *Nutrient Requirements of Rabbit*. 2nd ed. US: NRC, 1977
- Nery A. Evaluación del desempeño productivo y propiedades físico químicas en carne de conejo de engorda Nueva Zelanda Blanco, con diferentes niveles de inclusión de Chía (*Salvia hispánica L.*) (Tesis de Maestría). Distrito Federal México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2007.
- Nicodemus N, Mateos J, De Blas JC, Carabaño R y Fraga MJ. Effect of diet on amino acid composition of milk and soft faeces and the contribution of soft

- faeces to total amino acid intake through caecotrophy in lactating doe rabbits. *J. Anim. Sci.* 1999;69;167-70.
- Nieves D, Terán O, Vivas M, Arciniegas G, González C, Ly J. Comportamiento productivo de conejos alimentados con dietas basadas en follajes tropicales. *Revista Científica.* 2009;19(2);173-180.
- Olazabal J, San Martín, F. Crecimiento compensatorio. Revisión bibliográfica. Sistema de Revisiones en Investigación Veterinaria de San Marcos. [en línea]2011 [fecha de consulta: Junio 2011] Disponible en: <http://www.unmsm.edu.pe/veterinaria/files/SIRIVS%20JO.pdf>
- O'Malley B. *Clinical Anatomy and Physiology of Exotic Species: Structure and Function of Mammals, Birds, Reptiles, and Amphibians.* London, UK: Elsevier Saunders, 2005.
- Palma OR, Hurtado EA. Comportamiento productivo de conejos durante el período de crecimiento-engorde alimentados con frutos de mango (*Mangifera indica*) en sustitución parcial del alimento balanceado comercial. *Revista UDO Agrícola.* 2009;9(4);968-71.
- Parker DS, Mould AJ. The metabolism of lactic acid in the large intestine of the rabbit. *Proc. Nutr. Soc.* 1976;36:5a
- Parker, DS. The measurement of production rates of volatile fatty acids in the caecun of the conscious rabbit. *Br. J. Nutr.* 1976;36:61-70.
- Parnell, P. Eficiencia de conversión alimenticia. HEREFORD [en línea] 1996 [fecha de consulta]; 57(607): [Páginas 78 a 86] Disponible en: http://www.imperiorural.com.ar/imperio/estructura/miriam%20archivos/Bovinos/eficienciaconversionalimenticia.htm#_ftntxt1

- Parra J, Gómez A. Importancia de la utilización de diferentes técnicas de digestibilidad en la nutrición y formulación porcina. *Revista MVZ Córdoba*. 2009;14(1);1633-41
- Pérez de Ayala PM. Utilización de distintos tipos de fibra por los conejos en cebo (Tesis de Doctorado) Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid, 1989.
- Pérez JF, Amber KH, Blas E, Martín-Orúe SM, Balcells J. Composición de las heces blandas de los conejos. Efecto del tipo y nivel de inclusión de cereal sobre su contenido en N y sobre la relación bases púricas-N. Valencia, España.1997
- Perkin Elmer. Analytical methods for atomic absorption spectrometry. US: Perkin Elmer, 1994.
- Ress Davis, R y Ress Davis, J. Rabbit gastrointestinal physiology. *Vet Clin Exot Anim* 2003;6:139–153
- Rivera, R., Pardo, T., Gutiérrez, C. Producción de heces y cecótrofos en conejos Nueva Zelanda blancos con alimentación restringida y alimentación *Ad libitum*. Memorias del 9º Congreso Nacional de Cunicultura; 2011 sep 5-7. México (DF). México: Asociación Nacional de Cunicultores de México A.C., 2011.
- Rodríguez W. Indicadores productivos como herramienta para medir la eficiencia del pollo de engorde. Memorias Congreso Nacional Asociación de Médicos Veterinarios Especialistas en Avicultura del Ecuador; 2007 marzo 14; Ecuador: Asociación de Médicos Veterinarios Especialistas en Avicultura del Ecuador, 2007.

- Romero, C. La importancia de la cecotrofia en el conejo. *Boletín de Cunicultura* 2008;156;53-56.
- Santoma G. Últimos avances en la alimentación en la alimentación del conejo. *Cunicultura*. 1989;46;1936-43.
- SEGOB. Enciclopedia de los municipios de México [en línea]. México 2011 [fecha de consulta: Junio 2011]. Disponible en: http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_mexico.
- Sharkey MJ. Some aspects of coprophagy in rabbits and guinea-pig fed fresh Lucerne. *Mammalia* 1971;35:162-68.
- Stevens, C. E., Hume, I. D. Contributions of microbes in vertebrate gastrointestinal tract to production and conservation of nutrients. *Physiol Rev.* 1998;78:393-427
- Van Niekerk PJ. Determination of vitamins. In : *HPLC in food analysis*. London: R Macrae, 1988.
- Van Soest JP, Robertson JB, Lewis BA. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 1991;74;3583-97.
- Vernay M, Marty J. Absorption and metabolism of butyric acid in rabbit hindgut. *Comp. Biochem. Physiol* 1984;77a:89-96.
- Vernay M. Effect of caecotrophy on the production, absorption and utilization of organic acid in the rabbit (FR). *Reprod, Nutr. Dev.* 1986;26:5^a
- Vernay, M. Absorption of electrolytes and volatile fatty acids in the hind-gut of the rabbit. Circadian rhythm of hind-gut electrolytes and plasma aldosterone. *Br. J. Nutr.* 1984;52:419-28.

Yoshida T, Pleasants JR, Reddy BS, Wostmann BS. Efficiency of digestion in germ-free and conventional rabbits. *Br. J. Nutr.* 1968;22:723-77.

Anexo I

MANOVA Producción de Heces

Fuente de variación	F	G. L. Numerador	G. L. Denominador	Prob. > F
Tratamiento	3.2515	3	22	0.0411
Bloques	0.8695	3	22	0.4718
Tiempo	36.5165	3	20	<0.0001
Tiempo X Tratamiento	1.3080*	9	48.825	0.2573
Tiempo X Bloque	1.7541*	9	48.825	0.1020

G. L. = Grados de libertad

* Se utilizó la λ de Wilks

UNIVARIADO Producción de Heces

Fuente de variación	Suma Cuadrados	G. L.	F	Prob. > F
Tiempo	10616.285	3	13.93	<0.0001
Bloque	1236.280	3		
Error	27211.855	109		
Total	39064.420	115		

MANOVA Digestibilidad Aparente de la Materia Seca

Fuente de variación	F	G. L. Numerador	G. L. Denominador	Prob. > F
Tratamiento	1.3206	3	22	0.2930
Bloques	1.1625	3	22	0.3465
Tiempo	10.6035	3	20	0.0002
Tiempo X Tratamiento	1.599*	9	48.825	0.1420
Tiempo X Bloque	1.3711*	9	48.825	0.2271

G. L. = Grados de libertad

* Se utilizó la λ de Wilks

UNIVARIADO Digestibilidad Aparente de la Materia Seca

Fuente de variación	Suma Cuadrados	G. L.	F	Prob. > F
Tiempo	725.12768	3	3.6698	0.0146
Bloque	412.60472	3	2.1464	0.0986
Error	6984.4419	109		
Total	8122.1743	115		

1. MANOVA Producción de Cecótrofos

Fuente de variación	F	G. L. Numerador	G. L. Denominador	Prob. > F
Tratamiento	3.1771	3	22	0.0442
Bloques	0.4186	3	22	0.7415
Tiempo	44.0581	3	20	<0.0001
Tiempo X Tratamiento	5.4507*	9	48.82	<0.0001
Tiempo X Bloque	1.7837*	9	48.825	0.0956

G. L. = Grados de libertad

* Se utilizó la λ de Wilks

UNIVARIADO Producción de cecótrofos SEMANA 0

Fuente de variación	Suma Cuadrados	G. L.	F	Prob. > F
Tratamiento	469.89343	3	5.6020	0.052
Bloques	81.07459	3	0.9666	0.4261
Error	615.1132	22		
Total	1130.0869	28		

UNIVARIADO Producción de cecótrofos SEMANA 1

Fuente de variación	Suma Cuadrados	G. L.	F	Prob. > F
Tratamiento	1485.5900	3	11.9135	<0.0001
Bloques	355.9388	3	2.8544	0.0605
Error	914.4502	22		
Total	2789.9735	28		

UNIVARIADO Producción de cecótrofos SEMANA 2

Fuente de variación	Suma Cuadrados	G. L.	F	Prob. > F
Tratamiento	844.88919	3	6.3306	0.0029
Bloques	172.75717	3	1.2244	0.3012
Error	615.1132	22		
Total	1130.0869	28		

UNIVARIADO Producción de cecótrofos SEMANA 3

Fuente de variación	Suma Cuadrados	G. L.	F	Prob. > F
Tratamiento	39.87443	3	0.1399	0.9350
Bloques	156.26154	3	0.5482	0.6546
Error	2090.3677	22		
Total	2282.8423	28		

Anexo II

ANÁLISIS DE VARIANZA NUTRIENTES

ANOVA Materia Seca

Fuente de variación	Suma Cuadrados	G. L.	F	Prob. > F
Tratamiento	147.73	3	0.8608	0.4761
Bloques	181.68	3	1.586	0.3867
Error	1258.52	22		
Total	1589.92	28		

ANOVA Proteína Cruda

Fuente de variación	Suma Cuadrados	G. L.	F	Prob. > F
Tratamiento	93.59	3	7.2635	0.0015
Bloques	16.74	3	1.2998	0.2995
Error	94.49	22		
Total	214.47	28		

ANOVA Extracto Etéreo

Fuente de variación	Suma Cuadrados	G. L.	F	Prob. > F
Tratamiento	2.10	3	1.0031	0.4100
Bloques	13.94	3	6.6591	0.0023
Error	15.3589	22		
Total	31.3816	28		

ANOVA Cenizas

Fuente de variación	Suma Cuadrados	G. L.	F	Prob. > F
Tratamiento	6.0022	3	6.8208	0.0020
Bloques	0.2890	3	0.3286	0.8047
Error	6.4523	22		
Total	12.8538	28		

ANOVA Fibra Detergente Neutra

Fuente de variación	Suma Cuadrados	G. L.	F	Prob. > F
Tratamiento	203.7904	3	2.0849	0.1314
Bloques	58.5574	3	0.5991	0.6224
Error	716.8108	22		
Total	977.6129	28		

ANOVA Fibra Detergente Ácida

Fuente de variación	Suma Cuadrados	G. L.	F	Prob. > F
Tratamiento	191.1182	3	4.6037	0.0120
Bloques	23.9239	3	0.5763	0.6367
Error	304.4357	22		
Total	532.7991	28		

ANÁLISIS DE VARIANZA MINERALES

ANOVA Calcio

Fuente de variación	Suma Cuadrados	G. L.	F	Prob. > F
Tratamiento	3607041.8	3	2.3464	0.0064
Bloques	651262.2	3	0.9653	0.4267
Error	4947542.2	22		
Total	92022193.0	28		

ANOVA Sodio

Fuente de variación	Suma Cuadrados	G. L.	F	Prob. > F
Tratamiento	880794.6	3	0.8201	0.4967
Bloques	9209616.9	3	8.5753	0.0006
Error	7875826	22		
Total	17962850	28		

ANOVA Potasio

Fuente de variación	Suma Cuadrados	G. L.	F	Prob. > F
Tratamiento	8056657.2	3	5.7829	0.0045
Bloques	1715786.4	3	1.2316	0.3220
Error	10216589	22		
Total	1715786.4	28		

ANOVA Magnesio

Fuente de variación	Suma Cuadrados	G. L.	F	Prob. > F
Tratamiento	876625	3	0.2746	0.8430
Bloques	15236259	3	4.7730	0.0104
Error	23409205	22		
Total	39252532	28		

ANOVA Zinc

Fuente de variación	Suma Cuadrados	G. L.	F	Prob. > F
Tratamiento	3448.8014	3	1.1526	0.3501
Bloques	5584.2694	3	1.8663	0.1648
Error	21942.732	22		
Total	31366.097	28		

ANOVA Hierro

Fuente de variación	Suma Cuadrados	G. L.	F	Prob. > F
Tratamiento	6161.479	3	0.2294	0.8749
Bloques	31578.361	3	1.1758	0.3416
Error	196947.06	22		
Total	232853.46	28		

ANOVA Cobre

Fuente de variación	Suma Cuadrados	G. L.	F	Prob. > F
Tratamiento	40.5963	3	0.8295	0.4918
Bloques	25.7389	3	0.5259	0.6690
Error	358.8798	22		
Total	430.8052	28		

ANOVA Manganeso

Fuente de variación	Suma Cuadrados	G. L.	F	Prob. > F
Tratamiento	895.4684	3	1.3262	0.2912
Bloques	672.7464	3	0.9964	0.4130
Error	4951.5078	22		
Total	6557.9887	28		

ANÁLISIS DE VARIANZA VITAMINAS

ANOVA Riboflavina

Fuente de variación	Suma Cuadrados	G. L.	F	Prob. > F
Tratamiento	315320.59	3	1.3237	0.2920
Bloques	848482.79	3	3.5618	0.0307
Error	1746938.0	22		
Total	2953656.2	28		

ANOVA Piridoxina

Fuente de variación	Suma Cuadrados	G. L.	F	Prob. > F
Tratamiento	124.1537	3	0.3611	0.7817
Bloques	821.9317	3	2.3908	0.0961
Error	2521.1601	22		
Total	3508.0006	28		

Anexo III

MANOVA Consumo Voluntario

Fuente de variación	F	G. L. Numerador	G. L. Denominador	Prob. > F
Tratamiento	2.5102	3	22	0.0843
Bloques	0.0624	3	22	0.6203
Tiempo	59.5285	3	20	<0.0001
Tiempo X Tratamiento	3.9632*	9	48.825	0.0008
Tiempo X Bloque	1.3098*	9	48.825	0.2564

G. L. = Grados de libertad

* Se utilizó la λ de Wilks

UNIVARIADO Consumo Voluntario SEMANA 0

Fuente de variación	Suma Cuadrados	G. L.	F	Prob. > F
Tratamiento	139.68308	3	0.2344	0.8714
Bloques	457.56612	3	0.7679	0.5242
Error	4369.7182	22		
Total	4962.8598	28		

UNIVARIADO Consumo Voluntario SEMANA 1

Fuente de variación	Suma Cuadrados	G. L.	F	Prob. > F
Tratamiento	8779.7347	3	5.1987	0.0072
Bloques	1988.3954	3	1.1774	0.3410
Error	12384.676	22		
Total	23083.890	28		

UNIVARIADO Consumo Voluntario SEMANA 2

Fuente de variación	Suma Cuadrados	G. L.	F	Prob. > F
Tratamiento	3097.7034	3	4.5654	0.0124
Bloques	460.5148	3	0.6787	0.5744
Error	4975.8259	22		
Total	8472.3251	28		

UNIVARIADO Consumo Voluntario SEMANA 3

Fuente de variación	Suma Cuadrados	G. L.	F	Prob. > F
Tratamiento	1322.2681	3	1.1160	0.3640
Bloques	590.4947	3	0.4984	0.6872
Error	8689.051	22		
Total	10597.539	28		

MANOVA Ganancia Diaria de Peso

Fuente de variación	F	G. L. Numerador	G. L. Denominador	Prob. > F
Tratamiento	0.2584	3	22	0.8545
Bloques	1.1543	3	22	0.3495
Tiempo	4.3239	3	20	0.0167
Tiempo X Tratamiento	2.1940*	9	48.825	0.0386
Tiempo X Bloque	1.7473*	9	48.825	0.1035

G. L. = Grados de libertad

* Se utilizó la λ de Wilks

UNIVARIADO Ganancia Diaria de Peso SEMANA 0

Fuente de variación	Suma Cuadrados	G. L.	F	Prob. > F
Tratamiento	200.78184	3	1.0057	0.4089
Bloques	121.75318	3	0.6099	0.6157
Error	1464.0018	22		
Total	1780.0460	28		

UNIVARIADO Ganancia Diaria de Peso SEMANA 1

Fuente de variación	Suma Cuadrados	G. L.	F	Prob. > F
Tratamiento	490.4180	3	0.8577	0.4776
Bloques	1361.6235	3	2.3813	0.0970
Error	4193.1852	22		
Total	6015.0643	28		

UNIVARIADO Ganancia Diaria de Peso SEMANA 2

Fuente de variación	Suma Cuadrados	G. L.	F	Prob. > F
Tratamiento	423.89657	3	4.1214	0.0184
Bloques	71.53380	3	0.6955	0.5647
Error	754.2488	22		
Total	1275.9888	28		

UNIVARIADO Ganancia Diaria de Peso SEMANA 3

Fuente de variación	Suma Cuadrados	G. L.	F	Prob. > F
Tratamiento	15.76222	3	0.0739	0.9734
Bloques	212.64128	3	0.9971	0.4127
Error	1563.9140	22		
Total	1803.5738	28		

MANOVA Conversión Alimenticia

Fuente de variación	F	G. L. Numerador	G. L. Denominador	Prob. > F
Tratamiento	0.5472	3	22	0.6552
Bloques	1.4657	3	22	0.2512
Tiempo	41.7214	3	20	<0.0001
Tiempo X Tratamiento	1.9165*	9	48.825	0.0715
Tiempo X Bloque	1.3794*	9	48.825	0.2233

G. L. = Grados de libertad

* Se utilizó la λ de Wilks

UNIVARIADO Conversión alimenticia

Fuente de variación	Suma Cuadrados	G. L.	F	Prob. > F
Tiempo	146.67020	3	5.6976	0.0011
Bloque	30.46659	3	1.1895	0.3172
Error	930.5780	109		
Total	1107.7148	115		