



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS TABASCO

POSTGRADO EN PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO

**EFFECTO DE UN ALIMENTO FERMENTADO CON *Canavalia ensiformis* SOBRE EL
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE OVINOS PELIBUEY EN FINALIZACIÓN**

WILBER HERNÁNDEZ MONTIEL

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

H. CÁRDENAS, TABASCO, MÉXICO

2014

La presente **Tesis** titulada: “**Efecto de un alimento fermentado con *Canavalia ensiformis* sobre el comportamiento productivo de ovinos Pelibuey en finalización**”, realizada por la alumno: **Wilber Hernández Montiel**, bajo la dirección del **Consejo Particular** indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

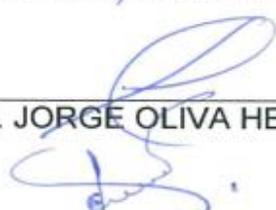
MAESTRO EN CIENCIAS
EN PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TROPICO
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



DR. JESÚS ALBERTO RAMOS JUÁREZ

DIRECTOR DE TESIS:



DR. JORGE OLIVA HERNÁNDEZ

ASESOR:



DR. EMILIO MANUEL ARANDA IBÁÑEZ

ASESOR:



DR. OMAR HERNÁNDEZ MENDO

H. Cárdenas, Tabasco 28 de noviembre de 2014

**EFFECTO DE UN ALIMENTO FERMENTADO CON *Canavalia ensiformis* SOBRE EL
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE OVINOS PELIBUEY EN FINALIZACIÓN**

Wilber Hernández Montiel, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2014

RESUMEN

En la región tropical de México, se ha incrementado el número de fincas ovinas que finalizan sus corderos en corral. En este sistema de producción, la alimentación de los ovinos se realiza con apoyo de ingredientes que aportan almidón y proteína cruda en alta proporción. Por lo que resulta importante evaluar el uso de ingredientes proteínicos con disponibilidad regional y que permitan dar sustentabilidad al sistema de producción. El objetivo de este estudio fue determinar la influencia de un alimento fermentado en estado sólido, elaborado con harina de semillas crudas de *C. ensiformis* como fuente de proteína, sobre el comportamiento productivo y características de la canal de ovinos Pelibuey. Se utilizaron 18 corderos Pelibuey en un diseño de dos factores con medidas repetidas en un factor. Los factores fueron tipo de dieta (canavalia sin fermentar, canavalia fermentada, sin canavalia) y número de periodo de evaluación. Las variables evaluadas fueron: peso vivo (PV), cambio de peso diario (CPD), consumo diario de materia seca (CMS), consumo diario de proteína cruda (CPC), consumo diario de energía metabolizable (CEM), consumo diario de fibra detergente neutra (CFDN), consumo diario de fibra detergente ácido (CFDA), conversión alimenticia (CA), peso de la canal de ovinos (PCO) y rendimiento de la canal de ovinos (RCO), así como de los cortes primarios (cuello, brazo-brazuelo, tórax, abdomen y pierna). Los datos se analizaron con los procedimientos MIXED y GLM de SAS. Tipo de dieta, número de período y la interacción tipo de dieta x número de período afectaron ($P < 0.01$) el consumo de todos los nutrimentos estudiados, así como el PV y CPD. El tipo de dieta afectó ($P < 0.01$) el peso de la canal y de los cortes primarios de la canal. La dieta con canavalia fermentada permitió mayor CPD ($P < 0.01$) y menor CA

($P < 0.05$) con respecto a la dieta con canavalia sin fermentar. Sin embargo, los ovinos alimentados con la dieta sin canavalia son los que mostraron el mayor CPD ($P < 0.05$) con relación a las dietas canavalia sin fermentar y fermentada. La alimentación de ovinos con dietas con harina de semillas de canavalia permitió cambios positivos en el crecimiento, peso y composición de la canal. Sin embargo, estos cambios fueron de menor magnitud con respecto a los obtenidos con una dieta sin canavalia.

PALABRAS CLAVES: cordero de pelo, frijol canavalia, alimento, crecimiento, Pelibuey, trópico húmedo.

EFFECT OF A FOOD FERMENTED WITH *Canavalia ensiformis* ON PRODUCTIVE PERFORMANCE

OF FATTENING PELIBUEY LAMBS

Wilber Hernández Montiel, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2014

ABSTRACT

In the tropical region of Mexico, the number of sheep farms has increased in recent years. On those production system, the main feeding way for sheep is by using ingredients that provide starch and crude protein in a high proportion. Therefore, it is important to evaluate the use of high protein content ingredients growing locally in order to sustainability of the production system. The aim of this study was to determine the influence of a solid state fermented food, made with *C. ensiformis* seeds as a protein source on growth performance and carcass characteristics of Pelibuey lambs. Eighteen Pelibuey lambs were used in a two-factor design with repeated measures on one factor. The factors were type of diet (canavalia unfermented, fermented canavalia without canavalia) and evaluation period. The variables evaluated were: body weight (BW), average daily weight gain (ADWG), daily intake of dry matter (DIDM), daily intake of crude protein (DICP), daily intake of metabolizable energy (DIME), daily intake of neutral detergent fiber (DINDF), daily intake of acid detergent fiber (DIADF), feed conversion (FC), carcass weight (CW) and carcass yield (CY) and main cuts (neck, arm, thorax, abdomen and leg). Data were analyzed using the PROC MIXED and GLM procedures. Type of diet, period number and type of diet x period number interaction affected ($p < 0.01$) intake of all nutrients studied, as well as the BW and ADWG. Type of diet affected ($p < 0.01$) carcass weight and carcass main cuts. Canavalia fermented diet allowed greater ADWG ($p < 0.01$) and lower FC ($p < 0.05$) compared to canavalia unfermented diet. FC was similar ($p > 0.05$) between fermented canavalia and without canavalia treatments. However, without canavalia, lambs had the highest ADWG ($p < 0.05$). Feeding lambs feeding with canavalia seed meal in the diet, allowed positive changes in growth, live-weight

and carcass composition. However, those changes were smaller compared to those obtained with a diet without canavalia.

KEY WORDS: Hair lamb, jack bean, food, growth, Pelibuey, humid tropic.

DEDICATORIAS

Mi tesis está dedicada a mi padre **DIOS** por todas las cosas que me ha dado, por darme fuerza a cada momento y ponerme de pie en los momentos difíciles.

A mis padres, **Carmen Hernández Lara** y **Julia Montiel Góngora** por apoyarme incondicionalmente, por regalarme la vida y guiarme durante el camino para ser un buen hombre.

Con mucho amor a mi esposa **Martha Elena Díaz García** y a mi hijo **Chris Martin Hernández Díaz**, por apoyarme arduamente y estar siempre a mi lado, para que este trabajo se pudiera realizar fue necesario robarles tiempo que les correspondía. Gracias.

Con cariño a mis hermanos **Juan Isidro, Carmen y Esmeralda**, los cuales han compartido bellos momentos conmigo, así como su cariño y amistad.

AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología**, por haberme otorgado la beca dos años y me permitiera obtener mis conocimientos académicos.

Al **Colegio de Posgraduados, Campus Tabasco** por abrirme las puertas de sus instalaciones y permitirme realizar mi investigación.

A la **Línea Prioritaria de Investigación LPI-2 Agroecosistemas sustentables**, por los equipos facilitados para el desarrollo de la presente investigación.

Al **Dr. José Manuel Piña Gutiérrez**, por permitirme trabajar en su finca, hacer uso de los ovinos y otorgar recursos económicos para adquirir materia prima para los alimentos, así como también por el apoyo de seguimiento del trabajo de investigación.

Al **Dr. Jesús Alberto Ramos Juárez**, por brindarme su amistad, sus consejos y estar pendiente en toda mi investigación.

Al **Dr. Jorge Oliva Hernández**, por brindarme su amistad y confiar en mí, brindarme su apoyo y sus consejos así como también ser parte de mi formación académica

Al **Dr. Emilio Manuel Aranda Ibáñez** y al **Dr. Omar Hernández Mendo**, por todo el apoyo brindado durante el tiempo que duró el desarrollo de esta investigación, por su paciencia y su amabilidad hacia mí persona. Muchas Gracias.

Al **Dr. Juan Manuel Zaldívar Cruz**, por haberme permitido conocerlo y brindarme su amistad, confiar en mí, su grata paciencia, estar pendiente y dedicarme tiempo durante el desarrollo de esta investigación. Por todos los momentos que hemos compartido en el Campus y fuera del mismo. Gracias por ser parte de mi formación académica.

Al **M.C. Víctor Manuel Flores Munguía**, por dedicarme minutos valiosos de su tiempo durante el trabajo de investigación así como también por brindarme su amistad y sus sabios consejos.

A la memoria de la **Dr. María Elena Suárez Oporta** por brindarme un espacio en el transcurso de mi formación, por tenerme paciencia, su comprensión, sus consejos y llamadas de atención, pero sobre todo por su cariño y comprensión. Gracias.

A **mis compañeros** del PROPAT generación 2012-2014 por su amistad que siempre me brindaron en especial a mi amigo y compañero Elmer Daniel Carrillo Hernández por brindarme tu amistad y confianza; A mi compañera y amiga Lidia García Ferrer por tu linda amistad y el tiempo que nos compartiste; A Miriam, Baltazar, José María, Sergio Alexander, Carlos, Martha María, Selene, Evelyn, Eglá, Mirna y Felipe. Gracias

A mis familiares y amigos gracias.

ABREVIATURAS USADAS

PV	Peso vivo	FDN	Fibra Detergente Neutro
CPD	Cambio de peso diario	FDA	Fibra Detergente Ácida
MS	Materia seca	CA	Conversión alimenticia
PC	Proteína cruda	FES	Fermentación en Estado Sólido
EM	Energía metabolizable	PCO	Peso de la canal de ovino
FAN	Factores antinutricionales	RCO	Rendimiento de la canal de ovino
GDP	Ganancia diaria de peso	DIMO	Digestibilidad <i>in situ</i> de la materia orgánica
Mcal	Mega calorías	AOAC	Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists.
pH	Potencial hidrógeno	CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
g	gramos	L	Litro
h	Hora	mM	Mili molar
kg	Kilogramos	%	Porcentaje
CMS	Consumo diario de materia seca	d	Día
CPC	Consumo diario de proteína cruda	BH	Base húmeda
CEM	Consumo diario de energía metabolizable	CFDN	Consumo de fibra detergente neutra

CFDA	Consumo de fibra detergente acida	DIMS	Digestibilidad <i>in situ</i> de la materia seca
°C	Grado centígrado	Af	Tipo de clima
EA	Eficiencia alimenticia	mm	Milímetro
TIF	Tipo Inspección Federal	µm	Micra
OT	Óptimo técnico	cm	Centímetro
m²	Metro cuadrado		

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Literatura citada	4
1.3. Objetivos	7
1.3.1. Objetivo general	7
1.3.2. Objetivos específicos	7
1.4. Hipótesis.....	8
CAPITULO I.USO DE HARINA DE SEMILLAS DE <i>Canavalia ensiformis</i> EN LA ALIMENTACIÓN DE OVINOS.....	9
1.1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1.1. Factores antinutricionales en las semillas de canavalia.....	11
1.1.2. Cambios en la población microbiana del rumen.....	12
1.1.3. Degradación ruminal de semillas de canavalia	15
1.1.4. Ganancia diaria de peso y consumo de alimento.....	17
1.1.5. Uso de semillas de canavalia en ovejas reproductoras	19
1.1.6. Procesos aplicados a las semillas de canavalia para reducir su toxicidad	20
1.2. CONCLUSIONES	22
1.3. AGRADECIMIENTOS	22
1.4. LITERATURA CITADA	22
CAPITULO II. EFECTOS DE UN ALIMENTO CON SEMILLAS DE <i>Canavalia ensiformis</i> SOBRE LA EFICIENCIA DE CRECIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL DE CORDEROS PELIBUEY	29
2.1. INTRODUCCIÓN.....	31
2.2. MATERIALES Y MÉTODOS	33
2.2.1. Estudio del crecimiento	33

2.2.2.	Estudio de la canal	39
2.3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
2.3.1	Consumo de alimento y nutrimentos.....	39
2.3.2	Crecimiento	46
2.3.3	Características de la canal.....	54
2.4	CONCLUSIONES	58
2.5.	AGRADECIMIENTOS	58
2.6.	LITERATURA CITADA	59
CAPITULO III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES		65
3.1.	Conclusiones	65
3.2.	Recomendaciones.....	66

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición estimada de los alimentos utilizados en ovinos Pelibuey durante la fase de finalización.....	34
Tabla 2. Composición del Vitafert (base húmeda).....	35
Tabla 3. Composición química determinada de los alimentos utilizados en ovinos Pelibuey durante la fase de finalización.....	38
Tabla 4. Influencia del tipo de dieta con semillas <i>Canavalia ensiformis</i> sobre el consumo de nutrimentos en ovinos Pelibuey en crecimiento.....	41
Tabla 5. Medias de cuadrados mínimos (\pm error estándar) de peso vivo de corderos Pelibuey considerando el número de período y el tipo de dieta.....	48
Tabla 6. Medias de cuadrados mínimos (\pm errores estándar) de pesos vivos inicial y final y cambio diario de peso en ovinos Pelibuey alimentados con dietas integrales elaboradas con base en semillas de <i>canavalia ensiformis</i>	51
Tabla 7. Influencia del tipo de dieta de finalización sobre la composición corporal de ovinos Pelibuey.....	55
Tabla 8. Influencia del tipo de dieta de finalización sobre el rendimiento de diferentes piezas de la canal de ovinos Pelibuey.....	57

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Medias de cuadrados mínimos (\pm error estándar) de consumo de energía metabolizable en corderos Pelibuey considerando el número de período de estudio. a, b, letras diferentes dentro de la línea indican diferencias ($p < 0.05$).....	43
Figura 2. Medias de cuadrados mínimos (\pm error estándar) de consumo de materia seca (kg) en corderos Pelibuey considerando el número de período y el tipo de dieta ($p < 0.01$).....	44
Figura 3. Medias de cuadrados mínimos (\pm error estándar) de consumo de energía metabolizable en corderos Pelibuey considerando el número de período y el tipo de dieta ($p < 0.01$).....	45
Figura 4. Medias de cuadrados mínimos (\pm error estándar) de consumo de proteína cruda en corderos Pelibuey considerando el número de periodo y el tipo de dieta ($p < 0.01$).....	46
Figura 5. Medias de cuadrados mínimos (\pm error estándar) de consumo de fibra detergente neutro en corderos Pelibuey considerando el número de período y el tipo de dieta ($p < 0.01$).....	47
Figura 6. Medias de cuadrados mínimos (\pm error estándar) de consumo de fibra detergente ácido en corderos Pelibuey considerando el número de período y el tipo de dieta ($p < 0.01$).....	50
Figura 7. Medias de cuadrados mínimos (\pm error estándar) de cambio de peso diario en corderos Pelibuey considerando el número de periodo y el tipo de dieta. a, b, c, d, e letras diferentes dentro y entre líneas indican diferencias ($p < 0.05$).....	52

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

En México, la demanda de productos cárnicos de origen ovino no es cubierta con la oferta nacional de ovinos (Arteaga 2010), razón por la cual se ha tenido que recurrir a la importación de carne congelada de forma constante de países como Nueva Zelanda (49 %), Australia (41 %), Estados Unidos (6 %), y Chile (4 %) (Acero 2002; Arteaga 2005). En el 2012, la producción de carne ovina fue de 56 546 t, detectándose un crecimiento de 129 % con respecto a 1990 (SIAP 2012). Lo anterior sugiere que el incremento en la producción se basó en mejoras en la productividad de los sistemas de producción (Espinosa-García *et al.*, 2014). Aunque la producción nacional de ovinos se concentra en los estados del centro del país, México, Hidalgo, Puebla y Tlaxcala, con 43 % de la producción nacional, del año 2000 al 2012, en el estado de Tabasco la producción de carne de ovinos se incrementó cerca del 80 % (SIAP 2012), lo que indica el potencial de producción ovina de esta entidad. Sin embargo, el potencial que representa la producción de ovinos en el trópico mexicano, no se refleja en mayor innovación en los sistemas de producción, ya que la utilización de las praderas no ha sido eficiente y los productores lo tratan de resolver mediante el suministro de complementos alimenticios, lo que causa bajos índices de productividad y rentabilidad (González *et al.*, 2011), y por tanto un incremento de costos de producción (González *et al.*, 2011; Pérez *et al.*, 2011). Por ello se requiere realizar estudios que permitan incorporar ingredientes alimenticios con disponibilidad o factibles de generar en la región tropical, que permitan dar sustentabilidad a los programas de alimentación ovina.

El estudio de los posibles usos de las leguminosas arbustivas como parte de la alimentación de los ovinos, resulta importante debido a que representan una fuente de proteína para el animal, y juegan un papel importante en la conservación de los ecosistemas agrícolas de la región tropical (Cáceres *et al.*, 1995; García y Medina, 2006; Obrador-Olán *et al.*, 2007; Mamani, 2013).

Particularmente, la *Canavalia ensiformis* (L) D.C. es una leguminosa que tiene usos destacados entre ellos: puede formar parte de las dietas suministradas a los ovinos, ser un componente de los programas de recuperación de áreas degradadas, aportar nutrientes al suelo a través de la fijación simbiótica de nitrógeno, emplear los restos de la cosecha como abono verde y participar en sistemas de rotación o de cultivos asociados con cereales (Martín *et al.*, 2006).

La composición química del grano de la canavalia en base seca, es muy atractiva como suplemento energético y proteínico, pues contiene entre 22.8 y 35.3 % de proteína cruda, alrededor de 24% de proteína verdadera, entre 24.7 y 36.9 % de almidón, 7 a 9 % de fibra bruta y un buen balance mineral, se cataloga como un ingrediente con alto contenido en lisina, treonina y arginina, pobre en aminoácidos azufrados y triptófano, así como presentar alta concentración del aminoácido canavanina (2 500 a 5 000 mg 100 g de harina de semillas de canavalia⁻¹) (Udedibie y Carlini 1998; Sridhar y Seena 2006). La canavanina se considera un aminoácido tóxico, debido que funciona como antagonista de la arginina, y se encuentra ampliamente distribuido en semillas de leguminosas, por ejemplo, en semillas de *Dioclea megacarpa* puede estar en concentraciones de 7 a 10 % (Bell, 1976; Valle y Lucas, 2000).

Sin embargo, existen otros factores antinutricionales (FAN) que han sido identificados en los granos de Canavalia, entre los cuales se encuentran la lectina concanavalina A (ConA), la enzima ureasa y la canalina, otro aminoácido no proteínico. El efecto tóxico de la Con A está asociado con la capacidad que tiene esta lectina de combinarse con los residuos glicosídicos de las membranas del tracto digestivo, lo cual provoca atrofia de las vellosidades intestinales y mala absorción de nutrientes por lo cual, la ConA es considerada el principal FAN en los granos de Canavalia. Una menor proporción de los efectos antinutricionales han sido atribuidos a la canavanina (Pizzani *et al.*, 2006; Sridhar y Seena, 2006).

Por otra parte, las posibilidades de incorporación de las semillas crudas de *C. ensiformis* son mayores en rumiantes que en monogástricos debido a que los rumiantes poseen el rumen, compartimiento en el cual se lleva a cabo la fermentación del alimento ingerido por el animal, y con ello se incrementan las

posibilidades de superar los efectos negativos de las sustancias tóxicas presentes en las leguminosas tropicales (Domínguez-Bello, 1996).

La fermentación en estado sólido (FES) permite variar la composición físico-química de los productos agrícolas, durante los procesos de fermentación de proteína de un alimento y/o ingrediente, los productos de descomposición generados como son péptidos y aminoácidos presentan los precursores para la formación de nuevos aminoácidos los cuales pueden ser utilizados por los microorganismos aumentando la digestibilidad de la fibra y degradar los factores antinutricionales (Ojinnaka *et al.*, 2013).

1.1. Planteamiento del problema

La utilización de semillas crudas de *C. ensiformis* en el alimento para monogástricos muestra serias limitantes, debido a la presencia de factores antinutricionales (FAN) en la planta y en sus semillas. En términos generales, el consumo de semillas crudas de canavalia afecta el estado de salud, reduce el consumo de alimento y la eficiencia alimenticia, requiriéndose aplicar diferentes tratamientos físicos y químicos a las semillas para mitigar los efectos negativos de los FAN.

A diferencia de los monogástricos, los rumiantes disponen del rumen, el cual no solo funciona como una cámara de fermentación, sino que también en él es posible transformar, eliminar o inactivar las sustancias tóxicas presentes en el alimento que el rumiante consume, esta función se realiza con la participación de los diversos microbios que habitan el rumen. Sin embargo, la capacidad del rumen para procesar sustancias tóxicas es limitada y para el caso particular de los FAN presentes en las semillas de canavalia ha sido poco estudiada (Pacheco y Rivera, 1985; Domínguez-Bello y Stewart, 1990; Domínguez-Bello, 1996).

Particularmente, en ovinos existen pocos estudios (Dixon *et al.*, 1983, Mora, 1983; Mamani *et al.*, 2013) que documenten la factibilidad de incorporación de harina de semillas crudas de canavalia en el alimento.

En términos generales, los estudios de Dixon *et al.* (1983) y Mamani *et al.* (2013) sugieren que la incorporación de semillas de canavalia puede estar entre 10 y 30 %, sin que se afecte su estado de salud. Sin embargo, existen inconsistencias en la eficiencia de crecimiento que muestran los ovinos ante niveles crecientes de inclusión de canavalia en la dieta. Dixon *et al.* (1983) sugiere no incluir las semillas de canavalia en un nivel mayor al 22 %. Mientras que Mamani *et al.* (2013) reporta que se puede incluir hasta en un 28 % sin que se afecte el cambio de peso diario (CPD) y la conversión alimenticia (CA). Por otra parte, no existen estudios que hayan evaluado el rendimiento y composición de la canal de ovinos alimentados con dietas que incorporan semillas crudas de canavalia como parte de su composición.

1.2. Literatura citada

Acero CHM (2002) Posicionamiento de la carne ovina en el mercado mundial. In: Memoria II Taller sobre sistemas de producción ovina del noreste y golfo de México. Universidad Autónoma de Tamaulipas. 26 al 29 de noviembre México. Pp. 8-100.

Arteaga CJ (2005) Ovinos y Caprinos, ganadería del futuro. Situación actual de la Ovinocultura en México. Asociación Mexicana de Criadores de Ovinos. www.cnog.com.mx/Juan%20de%20Dios%20Arteaga%20Castelan%20-%20Situacion%20de%20la%20Ovinocultura%20en%20M. revisado el 24 de septiembre 2014.

Arteaga CJ (2010) Recursos y necesidades para la producción de carne de ovinos en México. http://spo.uno.org.mx/wp_content/uploads/2011/07/1_jddac_recursosynecesidadesovinos.pdf consultado 7 de septiembre de 2014.

Bell EA (1976) 'Uncommon' amino acids in plants. FEBS Letters 64: 29-35.

Cáceres O, González E, Delgado R (1995) *Canavalia ensiformis*: Leguminosa forrajera promisorio para la agricultura tropical. Pastos y Forrajes 18: 107-119.

Dominguez-Bello MG, Stewart CS (1990) Effects of feeding *Canavalia ensiformis* on the rumen flora of sheep, and of the toxic amino acid monogástric on rumen bacteria. Systematic and Applied Microbiology 13: 388-393.

Dominguez-Bello MG (1996) Detoxification in the rumen. Annales de Zootechnie 45 Suppl. 323-327.

- Dixon RM, Escobar A, Montilla J, Viera J, Carabano J, Mora M, Risso J, Parra R, Preston TR. 1983. *Canavalia ensiformis*: A legume for the tropics. In Recent Advances in Animal Nutrition Conference Proceeding, Armidal, Australia. Pp. 129-140. http://livestocklibrary.com.au/bitstream/handle/1234/19420/83_129.pdf?sequence=1 consultado el 7 de septiembre de 2014.
- Espinosa-García JA, Quiroz-Valiente J, Moctezuma-López G, Oliva-Hernández J, Granados-Zurita L, Berumen-Alatorre AC (2015) Prospección tecnológica y de política para fortalecer la cadena productiva de ovinos en Tabasco, México. Revista Científica, FCV-LUZ [remitido en julio de 2014].
- García DE, Medina MG (2006) Composición química, metabolitos secundarios, valor nutritivo y aceptibilidad relativa de diez árboles forrajeros. Zootecnia Tropical 24: 233-250.
- González GR, Blardony RK, Ramos JJ, Ramírez HB, Sosa R, Gaona PM (2013) Rentabilidad de la producción de carne de ovinos Katahdin x Pelibuey con tres tipos de alimentación. Avances de Investigación Agropecuaria 17:135-148.
- González SM, Macías CH, Moreno FL, Zepeda GJ, Espinoza MM, Figueroa MR, Ruíz FM (2011) Análisis económico en la producción de ovinos en Nayarit, México. Abanico Veterinario 1:37-43.
- Mamani AV (2013) Comportamiento productivo y económico de corderos en engorda con granos de *Canavalia ensiformis* como harina y Pellet. Tesis Maestro en Ciencias en Producción y Salud Animal. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México. 44 p.
- Martín GM, Soto F, Rivera R, Rentería M (2006) Estimación de la superficie foliar de la *Canavalia ensiformis* a partir de las medidas lineales de sus hojas. Cultivos Tropicales. 27: 77-80.
- Mora, MA (1983) *Canavalia ensiformis*: uso en rumiantes. Trabajo de grado Maestría en Producción Animal. Universidad Central de Venezuela.
- Obrador-Olán PV, Hernández-Sánchez D, Aranda-Ibáñez EM, Gómez-Vázquez A, Camacho-Chiu W, Cobos-Peralta M (2007) Evaluación de los forrajes de morera *Morus alba* y tulipán *Hibiscus rosa-sinensis* a diferentes edades de corte como suplemento para corderos en pastoreo. Universidad y Ciencia. 23:115-125.
- Ojinnaka M.C, Ojmelukwe P.C and Ezeama, C.F. 2013. Changes in enzyme activities during the fermentation of castor oil bean seeds using *B. subtilis* as monoculture starter. African Journal of Food Science and Technology. 4 5: 122-128.

- Pacheco MA, Rivera J (1985) Utilización del grano de *Canavalia ensiformis* en dietas para rumiantes. 1ª Reunión sobre la producción y utilización del grano de *Canavalia ensiformis* en sistemas pecuarios de Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán, Yucatán, México. 10 p.
- Pérez HP, Vilaboa AJ, Chalate MH, Candelaria MB, Díaz RP, López OS (2011) Análisis descriptivo de los sistemas de producción con ovinos en el estado de Veracruz, México Revista Científica FCV-LUZ. 21:327-334.
- Pizzani P, Vargas RE, Pérez S, Méndez A, Coromoto M, Sivoli L (2006) Efectos del tostado sobre el valor de energía metabolizable verdadera y el contenido de factores antinutricionales de harinas de granos. Revista Científica FCV-LUZ. 16: 523-550.
- SIAP, Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera (2012) Cierre de la producción pecuaria por estado. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. En línea: <http://www.siap.gob.mx/ganaderia-produccion-anual>. consultado el 3 de julio de 2014.
- Sridhar KR, Seena S (2006) Nutricional and antinutritional significance of four unconventional legumes of the genus *Canavalia* – A Comparative study. Food Chemistry 99: 267-288.
- Udedibie ABI, Carlini CR (1998) Questions and answers to edibility problem of the *Canavalia ensiformis* seeds – A review. Animal Feed Science and Technology 74: 95-106.
- Valle P, Lucas B (2000) Toxicología de alimentos. Instituto Nacional de Salud Pública. Centro Nacional de Salud Ambiental. México. 267 p.

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo general.

Determinar la influencia de un alimento fermentado en estado sólido, elaborado con semillas de *C. ensiformis* como fuente de proteína, sobre el comportamiento productivo y características de la canal de ovinos Pelibuey.

1.3.2. Objetivos específicos

a) Establecer la influencia del tipo de dieta sobre el cambio de peso diario y eficiencia alimenticia de los ovinos Pelibuey en finalización.

b) Determinar el efecto del tipo de dieta sobre el rendimiento y composición de la canal de ovinos Pelibuey en finalización.

1.4. Hipótesis

El uso de semillas crudas de *C. ensiformis* en una dieta integral que se somete al proceso de fermentación en estado sólido modifica su composición química y valor nutritivo con respecto al de una dieta integral con semillas crudas de *C. ensiformis* cruda sin fermentar en estado sólido.

En ovinos Pelibuey en finalización, el consumo de una dieta integral elaborada con base en el proceso de fermentación en estado sólido, en donde las semillas de *C. ensiformis* representan la fuente de proteína mayoritaria, permite obtener:

- a) Un mayor cambio de peso con respecto al registrado en una dieta integral elaborada con semillas de *C. ensiformis* sin fermentar.
- b) Un cambio de peso diario similar al obtenido con el consumo de dieta integral sin semillas de *C. ensiformis*.
- c) Una mayor eficiencia alimenticia con relación al uso de dietas integrales con semillas de *C. ensiformis* sin fermentar y sin semillas de *C. ensiformis*.

CAPITULO I

USO DE HARINA DE SEMILLAS DE *Canavalia ensiformis* EN LA ALIMENTACIÓN DE OVINOS

Use of *Canavalia ensiformis* seed flour in the feeding of the lambs

Wilber Hernández-Montiel¹, Jesús Alberto Ramos-Juárez¹, Emilio Manuel Aranda-Ibáñez¹, Omar Hernández-Mendo², Víctor Manuel Munguía-Flores³, Jorge Oliva-Hernández^{4*}

¹Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, 86500 Cárdenas, Tabasco, México. ²Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, 56230 Montecillo, Estado de México, México

³Práctica privada, Jalapa, Tabasco, México

⁴Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 86400 Huimanguillo, Tabasco, México. *olivajh20@yahoo.com.mx

Remitido *In*: Ecosistemas y Recursos Agropecuarios (17 de septiembre de 2014)

RESUMEN

El proceso de crecimiento y finalización de corderos machos en estabulación y con dietas integrales es una práctica de producción que se ha incrementado en la región tropical. Sin embargo, el alto costo de los ingredientes utilizados para elaborar alimentos de tipo comercial limita la rentabilidad de este sistema de producción. De ahí que resulta importante considerar el uso de los ingredientes con disponibilidad regional para elaborar alimento para ovinos. Entre los diversos ingredientes se encuentran las semillas de *Canavalia ensiformis*, cuyo contenido en proteína cruda y energía metabolizable las hacen atractivas para ser consideradas como ingrediente proteínico. Sin embargo, este tipo de semillas poseen diversos factores antinutricionales que limitan su incorporación de una manera extensiva en los programas de alimentación para ovinos. La presente revisión muestra los resultados que se han obtenido en la eficiencia de crecimiento de ovinos que han sido alimentados con dietas que incluyen harina de semillas de canavalia cruda. Se destacan los cambios que ocurren en la población de microbios del rumen y en la degradación de la materia seca y proteína cruda de semillas de canavalia. Adicionalmente, se puntualiza sobre la necesidad de generar conocimiento sobre la aplicación de procesos físico-químicos y biológicos que permitan utilizar las semillas de canavalia en la alimentación de los ovinos (en sus diferentes etapas de producción) de manera sustentable y sin riesgos para su salud.

Palabras clave: Cordero, frijol canavalia, crecimiento, trópico, ganancia diaria de peso.

ABSTRACT

The growing and fattening of lambs males in indoors and complete diets is a production practice that has grown in the tropical region. However, the high cost of the ingredients used to prepare commercial foods limited the profitability of this production system. Hence it is important to consider the use of available regional ingredients to produce food for sheep. Among various ingredients are the seeds of *Canavalia ensiformis*, crude protein and metabolizable energy content make them attractive to be considered protein ingredient. However, this kind of seeds have anti-nutritional factors that limit its incorporation in an extensive manner in the sheep feeding programs. This review shows the results that have been obtained in the efficiency of growth of lambs that have been fed with diets that include raw seeds canavalia. Changes in the rumen microbial population and degradation of dry matter and crude protein of jack bean seeds are highlighted. Additionally, it is pointed out about the need for generating knowledge on the application of physical-chemical and biological processes that allow use seeds of *Canavalia* in sheep feeding (at different stages of production) in a sustainable manner and without risk for their health.

Key words: Lamb, canavalia bean, growth, tropic, daily gain weight.

1.1. INTRODUCCIÓN

En la región tropical de México es frecuente que la finalización de corderos se efectuó en condiciones de estabulación con el apoyo de dietas integrales que permitan que estos obtengan una ganancia diaria de peso (GDP) mayor a 180 g y una conversión alimenticia menor a siete (Salinas *et al.*, 2006; Cantón *et al.*, 2009). Bajo este sistema de producción se evita la exposición de los animales a los efectos negativos que ejercen los factores climáticos cuando estos se alimentan con base en el pastoreo (por ejemplo, exposición a alta temperatura ambiente e insolación) (Ross *et al.*, 1985; González-Rodríguez y Oliva-

Hernández, 2012) y se reduce la posibilidad de infestación con nemátodos gastrointestinales (González-Garduño *et al.*, 2009, 2011; López *et al.*, 2013). Sin embargo, el alto costo económico de las dietas integrales de tipo convencional y del manejo en estabulación pudieran disminuir las utilidades del proceso de finalización.

De ahí que resulta importante y necesario considerar el uso de recursos alimenticios disponibles en la región tropical que pudieran integrarse como parte de la dieta integral o de un complemento alimenticio, aportando proteína cruda y almidón, sin que se eleve el costo de la ración u obteniendo resultados similares a los registrados con el uso de dietas que utilizan ingredientes convencionales (Mamani *et al.*, 2013). Entre estos ingredientes se encuentran las semillas o granos de la leguminosa *Canavalia ensiformis*. La harina de este tipo de semillas contiene 3.35 Mcal EM kg materia seca (MS)⁻¹ (Martín y Palma, 1999), entre 22.8 y 35.3 % de proteína cruda (PC) y entre 24.7 y 36.9 % de almidón (Sivoli *et al.*, 2004, 2007; Sridhar y Seena, 2006), características que la hacen atractiva desde el punto de vista nutricional y sugieren la factibilidad de su incorporación en los programas de alimentación de ovinos. Sin embargo, el uso de harina de semillas de canavalia se encuentra limitado fundamentalmente por las siguientes causas: a) posee factores antinutricionales; b) existe baja o nula disponibilidad comercial de las semillas a precios competitivos y c) hay reducida investigación sobre su empleo en ovinos. Con base en el escenario planteado previamente, el objetivo de la presente revisión consiste en mostrar los resultados que se han obtenido en la eficiencia de crecimiento de ovinos que han sido alimentados con dietas que incluyen harina de semillas de canavalia cruda.

1.1.1. Factores antinutricionales en las semillas de canavalia

Los principales factores antinutricionales presentes en las semillas de canavalia son los siguientes: canavalina, lectina concanavalina A y B, canavanina, canalina y taninos (Sridhar y Seena, 2006). En términos generales, los efectos negativos de los factores antinutricionales presentes en las semillas de

canavalia pueden ser eliminados, reducidos y/o inhibidos si las semillas crudas reciben algún tratamiento físico-químico (por ejemplo, tostado de las semillas) antes de ser consumidas por los animales y humanos (Sridhar y Seena, 2006; Vadivel y Biesalski, 2012). También se ha sugerido que al someter un alimento (que incluye harina de semillas de canavalia cruda) a un proceso físico-químico-biológico adicional (por ejemplo, fermentación en estado sólido) se reduce la presencia de factores antinutricionales y se aumenta la calidad nutritiva del alimento (Elías *et al.*, 2009). Adicionalmente, es importante considerar que los microbios que habitan en el rumen-retículo contribuyen a eliminar las toxinas contenidas en las plantas que ingieren los rumiantes (Domínguez-Bello, 1996). De ahí la importancia de establecer la capacidad del ovino para tolerar diferentes niveles de inclusión de harina de semillas de canavalia cruda (Mora, 1983; Domínguez-Bello y Stewart, 1990; Mamani, 2013; Mamani *et al.*, 2013).

Algunos aspectos que se deben considerar al incluir harina de semillas de canavalia cruda en el alimento para ovinos son los siguientes: a) el almidón de semillas de leguminosas crudas presenta una baja digestibilidad (26.1 %) (Sridhar y Seena, 2006), con respecto a los almidones de cereales y tubérculos (Tovar *et al.*, 1992); b) presencia de diversos factores antinutricionales (canavalina, lectina concanavalina A y B, canavanina, canalina y taninos) con efectos negativos (fundamentalmente, en el animal monogástrico) debido a que generan una reducción del consumo de alimento y su utilización por los animales (Ologhobo *et al.*, 2003; Nava *et al.*, 1999).

1.1.2. Cambios en la población microbiana del rumen

En ovinos, se han evaluado los efectos de diferentes niveles de inclusión de harina de semillas de canavalia cruda en la dieta sobre indicadores de fermentación ruminal y cambios en las bacterias del rumen (Mora, 1983; Pacheco y Rivera, 1985; Domínguez-Bello y Stewart, 1990). Al respecto, Domínguez-Bello y Stewart (1990) utilizaron ovinos West African para estudiar el efecto de tres niveles de inclusión de harina de semillas de canavalia cruda en la dieta (0, 20 y 40 %) sobre la concentración de amonio, ácidos

grasos volátiles, pH, degradabilidad de la paja de arroz, bacterias viables totales, bacterias celulolíticas y hongos presentes en el rumen. Los resultados del estudio indican que la inclusión de harina de semillas de canavalia en la dieta, reduce la concentración de amonio y valerato con respecto al tratamiento sin canavalia. La reducción en la concentración de amonio fue acompañada de un incremento en la concentración de aminoácidos y péptidos libres. Los referidos autores proponen que el decremento en la concentración de amonio está relacionado con la inhibición de la hidrolisis de péptidos más que a la desaminación. Por su parte, Mora (1983) reporta que el pH, N-amoniaco, proporciones molares de los ácidos grasos volátiles y la concentración molar de ácidos grasos volátiles no resultaron afectados por la inclusión de semillas de canavalia en el suplemento.

Con relación a las bacterias, Domínguez-Bello y Stewart (1990) no detectaron cambios en el conteo de bacterias viables totales, bacterias celulolíticas y hongos en ovinos alimentados con dietas con diferente nivel de inclusión de semillas de canavalia. Adicionalmente, se evidenció que las bacterias del rumen son capaces de degradar a la canavanina, circunstancia que explica la tolerancia de los rumiantes a semillas de canavalia cruda. Sin embargo, en muestreos de líquido ruminal se detectó un incremento en la población de bacterias Gram negativas conforme se incrementó el nivel de inclusión de canavalia. Este efecto se atribuyó a un compuesto antibacterial presente en las semillas de canavalia que actúa selectivamente sobre bacterias.

Por otra parte, Pacheco y Rivera (1985) realizaron incubaciones *in vitro* de semillas de canavalia en líquido ruminal de ovinos y demostraron que el nitrógeno de las semillas de canavalia es incorporado como proteína microbiana de un modo semejante al de la soya, sin problemas de toxicidad para las bacterias del rumen. Adicionalmente los autores referidos previamente, evaluaron *in vitro* el efecto de tres niveles (bajo, 0.19 g L líquido ruminal⁻¹; intermedio, 0.89 g L líquido ruminal⁻¹; alto 1.60 g L líquido ruminal⁻¹) de canavanina pura (sulfato de canavanina) sobre la producción neta de ácidos grasos volátiles (mM L⁻¹), sus resultados muestran que las proporciones molares (%) se mantuvieron constantes durante todo el período

de incubación (30, 60 y 90 min) siendo de 52 % para el acético, 10 % para butírico y 35 % para el propiónico. Pacheco y Rivera (1985) sugieren que los aminoácidos canavanina y canalina se degradan rápidamente en el rumen en un período relativamente corto (30 min). Por lo cual parecería que el efecto tóxico, de existir, es pasajero.

Con respecto a los protozoarios del rumen, parte de su importancia radica en que estos pueden contribuir con el 60 % de los productos de la fermentación microbiana en el rumen. La mayoría de los protozoarios presentes en el rumen-retículo son ciliados, aunque existen algunas especies flageladas (Yokoyama y Johnson, 1988). No se dispuso de estudios en ovinos, que documenten si la población de protozoarios ruminales es afectada por la harina de semillas de canavalia cruda. No obstante, en bovinos alimentados con heno de pasto Taiwan (*Pennisetum purpureum*) y complementados con harina de semillas de canavalia cruda (27 % de la dieta en base seca) se producen cambios en la población de protozoarios ruminales. En los animales que recibieron el complemento con canavalia se incrementó el número total de protozoarios, destacando la población de protozoarios flagelados. En contraste, los animales que fueron complementados sin canavalia se observó un incremento en los protozoarios holotricos y entodimorfos. Sin embargo, la canavanina no genera cambios significativos en la población de protozoarios, desconociéndose aún el efecto real de estas sustancias *in vivo* (Sandoval-Castro y Herrera, 2001). Por otra parte, Pacheco y Rivera (1985) estudiaron las proporciones molares de los ácidos graso acético, butírico y propiónico que se generan al incubar *in vitro* canavalia y soya en líquido ruminal, sus resultados muestran que las proporciones molares (%) de acético (57), butírico (11) y propiónico (31) se mantuvieron constantes durante todo el tiempo de incubación y sugieren que se generó un balance adecuado entre protozoarios y bacterias, marcando un patrón de fermentación acético.

Los cambios en la población de bacterias (Domínguez-Bello y Stewart, 1990) y protozoarios del rumen (Sandoval-Castro y Herrera 2001) como resultado de ofrecer harina de semillas de canavalia a los rumiantes indican, en términos generales, que los factores antinutricionales presentes en las semillas de

canavalia influyen más en el género de los microbios que en su concentración. Al respecto, Yokoyama y Johnson (1988) indican que los protozoarios compiten eficazmente con las bacterias por los sustratos y pueden influir notablemente sobre las bacterias mediante predación, de modo que, diferencias en el número de protozoarios que aparecen en el rumen deben influir sobre el número de bacterias. No se dispuso de trabajos en ovinos, que hayan evaluado el efecto de la suplementación con harina de semillas de canavalia cruda sobre los cambios en la población de bacterias, protozoarios y hongos de manera simultánea. Este tipo de estudios resulta interesante debido a que parte de la variación observada entre un animal y otro en respuesta a un tratamiento dietético aplicado se deben a una tendencia de animales individuales a presentar distintos cocientes entre bacterias y protozoarios en el rumen (Teather *et al.*, 1984).

1.1.3. Degradación ruminal de semillas de canavalia

Mora (1983) y Pacheco y Rivera (1985) estudiaron la degradación ruminal de la harina de semillas de canavalia cruda en ovinos. Mora (1983), evaluó la tasa de recambio de la fase líquida del rumen en ovinos alimentados con *Pennisetum purpureum* y dos suplementos (harina de grano de maíz-pasta de semillas de algodón vs harina de semillas de canavalia cruda), detectándose que la tasa de recambio en fase líquida es mayor en el suplemento sin canavalia (3.2 d⁻¹) con respecto al suplemento con canavalia (2.7 d⁻¹). Mientras que en el caso del estudio de Pacheco y Rivera (1985) se evaluó la degradación de harina de semillas de canavalia cruda en ovinos Scottish black-face alimentados con una dieta con 14.5 % de proteína cruda y elaborada con base en cebada, soya, heno y melaza, obteniéndose una tasa de degradabilidad de 62.9 y 83.1 para la materia seca y proteína cruda, respectivamente. Los resultados señalados previamente indican que los ingredientes en el suplemento y las semillas de canavalia cruda son de fácil degradación en el rumen.

Por otro lado, González (2004) determinó la degradación ruminal de la materia seca y proteína cruda de la harina de semillas de *C. ensiformis* cruda en vacas Holstein sin lactar y alimentadas con *Cynodon nlemfuensis* ofrecido *ad libitum*, y dos kg de un concentrado comercial, sus resultados indican que tanto la materia seca como la proteína cruda son extensamente degradadas en el rumen, y que la degradación efectiva de la proteína cruda no se afectó a altas tasas de recambio ruminal. A las tres horas, los valores de degradación para la materia seca y proteína cruda fueron 83.6 y 72.4 %, respectivamente. A las 35 horas, la degradación para ambos indicadores fue superior a 98%. A diferencia de lo indicado previamente, Vargas (1989) estudio el porcentaje de degradación de la materia seca y proteína cruda de semillas de *C. ensiformis* cruda y picada en novillos alimentados con *P. purpureum* más *Leucaena leucocephala*, sus resultados muestran dos curvas de degradación de la canavalia, la primera porción de la curva (primeras 24 horas) muestra una tasa de degradación lenta y la segunda (evaluada de 12 a 96 h) muestra un coeficiente exponencial más rápido. La degradabilidad al final de la curva a las 24 h fue de 35.6 y 61.6 % para la materia seca y proteína cruda, respectivamente. En la segunda curva, la degradabilidad a las 60 h fue de 91.0 y 95.6 % para la materia seca y proteína cruda, respectivamente.

Con respecto a la degradación de la proteína cruda, Ekanayake *et al.* (1999) realizaron una revisión sobre composición de aminoácidos no proteínicos en 14 leguminosas, incluyendo a *C. ensiformis*, e indican que los aminoácidos no proteínicos pueden constituir más del 33.4 % del nitrógeno total, circunstancia que resalta la importancia de los microbios ruminales en el proceso de degradación de los compuestos nitrogenados no proteínicos. Por otra parte, Sridhar y Seena (2006) reportan que en semillas de *C. ensiformis* el 50 % de las proteínas son de la fracción globulina, las cuales presentan una alta solubilidad y degradabilidad en el rumen (Wadhwa *et al.*, 1993). Adicionalmente, Vargas (1983) indica que la degradación de la materia seca y proteína cruda de semillas de canavalia cruda ésta regida principalmente por la solubilidad del grano, más que por su tasa de degradación.

1.1.4 Ganancia diaria de peso y consumo de alimento

Se han realizado diversos estudios (Mora, 1983; Domínguez-Bello y Stewart, 1990; Mamani, 2013) en ovinos para establecer el nivel de inclusión de harina de semillas de *C. ensiformis* cruda que permita obtener la mayor GDP y la menor conversión alimenticia, los resultados que se reportan no son consistentes con respecto a la identificación del nivel de inclusión que permite maximizar la GDP y el consumo de alimento.

Mora (1983) evaluó tres niveles de inclusión (0, 22 y 32 %) de harina de semillas de canavalia cruda en la ración de ovinos, sustituyendo progresivamente a una mezcla de harinas de grano de maíz y pasta de soya. Con estos niveles de inclusión evaluados, no se registraron signos de toxicidad sobre tejidos y órganos de los animales durante el periodo de estudio. La GDP no fue afectada por el nivel de inclusión de semillas de canavalia en las hembras. Sin embargo, en los machos las ganancias diarias de peso fueron de 136, 127 y 98 g para los niveles de inclusión de 0, 22 y 32 % respectivamente. El consumo de alimento fue similar en los tres niveles de canavalia. Sin embargo, la conversión alimenticia si fue afectada por el nivel de inclusión de canavalia. La conversión alimenticia fue de similar entre los niveles 0 y 22 % (7.9 y 8.9, respectivamente), pero, diferente entre éstas y el nivel de 32 % (10.8). Los resultados de Mora (1983) indican que el sexo del cordero debe considerarse en el diseño de raciones que incluyan semillas de canavalia cruda. Al parecer, las hembras toleran un mayor nivel de inclusión de canavalia sin que se afecte su ganancia diaria de peso y su consumo de alimento. Mientras que en los machos, la harina de semillas de *C. ensiformis* debe incluirse hasta en un 22 % de la ración con el fin de no afectar la GDP y la conversión alimenticia.

Domínguez-Bello y Stewart (1990) reportan que la inclusión de semillas de canavalia en un 20 y 40 % de la dieta de ovinos West African con un peso vivo (PV) entre 30 y 33 kg, no generó cambios importantes en el consumo de alimento, PV y apariencia física de los ovinos. Mientras que Mamani (2013) estudiaron en

corderos machos de la raza Pelibuey tres niveles de inclusión de harina de semillas de canavalia cruda en dos etapas: crecimiento (15 kg de PV inicial) y finalización (24 kg de PV inicial). En la etapa de crecimiento se compararon los niveles 0, 10 y 19 % (en base húmeda, BH) y en la de finalización 0, 14 y 28 % (BH). En las dos etapas estudiadas no se registraron casos de animales enfermos asociados al nivel de inclusión de harina de semillas de canavalia. Durante la fase de crecimiento la GDP, consumo de alimento y conversión alimenticia de los corderos no resultaron afectados por la inclusión de harina de semillas de canavalia. Las medias en la GDP, consumo de alimento (BH) y conversión alimenticia fueron 260, 190 y 220 g; 860, 780 y 920 g; 3.35, 4.10 y 4.15 para los niveles de inclusión de 0, 10 y 19 %, respectivamente. En la fase de finalización se presentó un comportamiento productivo similar al de la etapa de crecimiento en la GDP y conversión alimenticia, siendo las medias: 130, 120 y 100, y 5.80, 5.05 y 7.16 para los niveles de inclusión de 0, 14 y 28 %, respectivamente. No hubo diferencia significativa en los tres niveles de inclusión de semilla de canavalia evaluados. Sin embargo en el nivel de inclusión del 14 % de harina de semillas de canavalia se detectó un menor consumo diario de alimento (1 040 g) con respecto a los niveles 0 (1 240 g) y 28 % (1 210 g).

Los resultados de Mamani (2013) indican que la harina de semillas de canavalia cruda puede utilizarse en la fase de crecimiento y finalización hasta en 19 y 28 % de inclusión (en BH), respectivamente. Sin que se afecte el estado de salud de los corderos, su GDP y la conversión alimenticia.

En otros estudios (Ríos-de Álvarez *et al.*, 2011; Guerrero, 2013) efectuados en corderos West African en pastoreo, se evaluó la influencia de la complementación con harina de semillas de *C. ensiformis* sobre la GDP y en control de parasitosis del tracto gastrointestinal. En los referidos trabajos, no se reportaron daños aparentes en el estado de salud de los corderos que consumieron harina de semillas de canavalia cruda. En el estudio efectuado por Ríos-de Álvarez *et al.* (2011) se utilizaron corderos machos y fueron complementados con bagazo seco de cervecería (2 % del PV) sin y con harina de semillas de canavalia (2 g kg PV). La complementación con semillas de canavalia permitió que los corderos mostraran una mayor

GDP con respecto al grupo control, 21 y -10 g, respectivamente. La baja GDP se atribuyó a una alta carga de estrongílicos. Mientras que en el estudio de Guerrero (2013) se utilizaron corderas, las cuales recibieron un complemento con base en el 2 % de su PV. La harina de semillas de canavalia cruda se incluyó en el complemento en tres niveles: 0, 12.5 y 25 % (en BH) y no se detectó influencia del nivel de inclusión de semillas de canavalia sobre el PV de las corderas.

La utilización de harina de semillas de canavalia cruda como parte de una dieta integral (Mora 1983; Mamani 2013) o de un complemento (Ríos-de Álvarez *et al.*, 2011; Guerrero, 2013) para corderos en crecimiento y finalización, no ha mostrado un efecto negativo sobre el estado de salud de los animales. Los estudios de Mora (1983) y Guerrero (2013) sugieren que las corderas pueden tolerar un mayor nivel de inclusión de canavalia sin que se afecte su ganancia de peso. No obstante, los resultados de estudios en corderos machos (Mora, 1983; Mamani, 2013) no permiten identificar de manera consistente el nivel de inclusión en donde la GDP, consumo de alimento y conversión alimenticia, resultan afectados negativamente. Al parecer, en corderos machos los niveles de inclusión de harina de semillas de canavalia se encuentran entre 19 y 28 % (BH). Se requieren estudios complementarios que corroboren si niveles de inclusión de harina de semillas de canavalia en un nivel mayor al 30 % en corderos machos en crecimiento afectan la GDP, consumo de alimento y conversión alimenticia, ya que en ovinos con pesos superiores a 30 kg no se reportan casos de animales enfermos (Domínguez-Bello y Stewart (1990). Sin embargo, en ovinos de razas de pelo el uso de animales con más de 30 kg y con una edad igual o mayor a cinco meses no son adecuados para estudiar el proceso de crecimiento y finalización, debido a que el máximo peso *in vivo* en este tipo de animales no implica que se obtenga la máxima ganancia económica (Rebollar-Rebollar *et al.*, 2008).

1.1.5. Uso de semillas de canavalia en ovejas reproductoras

Cáceres *et al.* (1995) y Vargas (1989) realizaron una revisión sobre los efectos del uso de semillas de canavalia en la alimentación de ovejas reproductoras, indicando que en ovejas gestantes, la suplementación de 200 g de semilla d^{-1} animal $^{-1}$ durante 90 días, no afecta la ganancia de peso. Mientras que en la lactancia, los corderos provenientes de ovejas suplementadas con 250 g d^{-1} mostraron un crecimiento similar durante las siete primeras semanas de edad en comparación con los corderos de ovejas suplementadas con soya y maíz, lo que sugiere que el nivel de producción de leche no se afectó. Sin embargo, en ovejas en lactación alimentadas con base en el pastoreo (*Brachiaria mutica*) y un complemento alimenticio, un incremento en el nivel de suplementación (600 g de semillas con vaina d^{-1}) no afectó la producción de leche, pero, si la ganancia de peso, la cual se redujo en un 50 % en comparación con el grupo testigo.

1.1.6. Procesos aplicados a las semillas de canavalia para reducir su toxicidad

El uso de harina de semillas de canavalia cruda como parte del alimento que se suministra a las aves (Ologhobo *et al.*, 2003) y cerdos (Risso y Montilla, 1992) muestra limitantes debido fundamentalmente a la presencia de los factores antinutricionales, los cuales afectan negativamente su estado de salud y reducen su rendimiento productivo (Cáceres *et al.*, 1995; Nava *et al.*, 1999). Por tal motivo, se ha desarrollado investigación orientada a aplicar diversos procesos físicos, químicos y biológicos a las semillas de canavalia que permitan utilizarlas como parte del alimento sin que se afecte su eficiencia de producción (Tepal *et al.*, 1994; Zamora, 2003; Mamani, 2013). Entre los diversos procesos tecnológicos que se pueden aplicar a las semillas de canavalia para eliminar, reducir o inactivar a los factores antinutricionales y para alterar la estructura del almidón (Sivoli *et al.*, 2007), con la finalidad de mejorar el acceso de los gránulos al ataque enzimático y mejorar así la utilización de los nutrientes se encuentran: remojo (Ekanayake *et al.*, 2007), germinación (Aguilera *et al.*, 2013), calentado en autoclave (Risso y Montilla,

1992), tostado (Sivoli *et al.*, 2004; Pizzani *et al.*, 2006; Ekanayake *et al.*, 2007), ensilaje (González *et al.*, 2012), cocción (Bressani y Sosa, 1990), extrusión (Tepal *et al.*, 1994; Zamora, 2003), alimento con harina de semillas de canavalia peletizado (Mamani, 2013) y suplementación con aminoácidos y vitaminas (Bressani y Sosa, 1990; Sridhar y Seená, 2006).

En el caso de ovinos, la mayor parte de los estudios para evaluar la influencia de la incorporación de semillas de canavalia en la dieta, se han realizado utilizando semillas crudas (Mora, 1983; Pacheco y Rivera, 1985; Ríos-de Álvarez *et al.*, 2011; Guerrero, 2013; Mamani 2013) asumiendo que el rumiante dispone de una población de microbios en el rumen capaces de eliminar las toxinas contenidas en las plantas y semillas que ingiere, así como utilizar, tolerar o adaptarse a la presencia de los factores antinutricionales presentes en las semillas de canavalia (Domínguez-Bello, 1996).

En términos generales, la eficiencia productiva que se obtiene en ovinos con diversos niveles de inclusión de semillas de canavalia cruda en el alimento (Mora, 1983; Ríos-de Álvarez *et al.*, 2011; Guerrero, 2013; Mamani, 2013) no es comparable con la obtenida con ingredientes convencionales en sistemas de alimentación intensiva (Salinas *et al.*, 2006; Cantón *et al.*, 2009; Pascual-Córdova *et al.*, 2009; Partida *et al.*, 2009). Por lo que es necesario seguir evaluando si la aplicación de diversos procesos tecnológicos de naturaleza física, química y biológica a la harina de semillas de canavalia cruda y/o al alimento con semillas de canavalia permiten su uso en la alimentación de los ovinos de manera sustentable y sin riesgos para su salud.

De manera adicional, se debe considerar que la aplicación de estos procesos tecnológicos implica un costo extra que repercute en el sistema de producción (Mamani, 2013). Por otra parte, es necesario considerar que los diversos procesos aplicados a las semillas de canavalia no permiten remover todos los factores antinutricionales, además de que subyacen deficiencias en los métodos analíticos para determinar la existencia de varios de ellos (Huisman *et al.*, 1990).

1.2. CONCLUSIONES

La materia seca y proteína cruda de la harina de semillas de *Canavalia ensiformis* muestran una alta degradabilidad ruminal en ovinos, sin que se hayan detectado cambios negativos determinantes en la función ruminal asociados al consumo de este tipo de semillas. La inclusión de harina de semillas de canavalia cruda en dietas integrales se limita hasta en un 22 % sin que se afecte el estado de salud y ganancia diaria de peso de los corderos machos. Sin embargo, en el caso de hembras se puede incluir hasta en un 30 % sin que se influya sobre su eficiencia productiva. Ovinos en crecimiento en pastoreo más un complemento alimenticio, la harina de semillas de canavalia cruda se puede incluir en el complemento hasta en un 25 % sin que su consumo produzca signos de toxicidad.

1.3. AGRADECIMIENTOS

Se agradece al CONACYT la beca otorgada al primer autor para realizar sus estudios de Maestría en Ciencias dentro del programa de Producción Agroalimentaria en el Trópico del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco.

1.4. LITERATURA CITADA

Aguilera Y, Díaz MF, Jiménez T, Benítez V, Herrera T, Cuadrado C, Martín-Pedrosa M, Martín-Cabrejas MA (2013) Changes in nonnutritional factors and antioxidant activity during germination of nonconventional legumes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61: 8120-8125.

Bressani R, Sosa JL (1990) Effect of processing on the nutritive value of Canavalia Jackbean (*Canavalia ensiformis* L). *Plant Foods for Human Nutrition* 40: 207-214.

- Cáceres O, González E, Delgado R (1995) *Canavalia ensiformis*: Leguminosa forrajera promisorio para la agricultura tropical. *Pastos y Forrajes* 18: 107-119.
- Cantón GJ, Bores QR, Baeza RJ, Quintal FJ, Santos RR, Sandoval CC (2009) Growth and feed efficiency of pure and F1 Pelibuey lambs crossbred with specialized breeds for production of meat. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 8: 26-32.
- Domínguez-Bello MG, Stewart CS (1990) Effects of feeding *Canavalia ensiformis* on the rumen flora of sheep, and of the toxic amino acid monogástric on rumen bacteria. *Systematic and Applied Microbiology* 13: 388-393.
- Domínguez-Bello MG (1996) Detoxification in the rumen. *Annales de Zootechnie* 45 Suppl. 323-327.
- Ekanayake S, Jansz ER, Baboo M, Nair BM, Abeysekera AM (2000) Literature review of an underutilized legume: *Canavalia gladiata* L. *Plant Foods for Human Nutrition*. 55:305-321.
- Ekanayake S, Skog K, Asp NG (2007) Canavanine content in sword beans (*Canavalia gladiata*): analysis and effect of processing. *Food and Chemical Toxicology* 45: 797-803.
- Elías, A., Aguilera L, Rodríguez Y, Herrera FR (2009) Inclusión de niveles de harina de granos de *Canavalia ensiformis* en la fermentación de la caña de azúcar en estado sólido (Sacchacanavalia). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 43: 51-54.
- González R (2004) Degradación ruminal de harina de granos de dos variedades de canavalia (*Canavalia ensiformis* y *Canavalia gladiata*). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 38: 53-56.
- González-Garduño R, Torres G, Alatorre AC (2009) Experiencia en el uso de pastoreo continuo contra rotacional para el control de nematodos. En: González R, Berumen AC (compiladores) *Avances en el control de la parasitosis gastrointestinal de ovinos en el trópico*. Universidad Autónoma de Chapingo, Tabasco, México. Pp. 1-10.

- González-Garduño R, Torres-Hernández G, Córdova-Pérez C, Mendoza de Gives P, Arece-García J (2011) Prevalencia de parásitos gastrointestinales en ovinos sacrificados en un rastro de Tabasco, México. *Veterinaria México* 42: 125-135.
- González LA, Hoedtke S, Castro S, Zeyner A (2012) Evaluación de la ensilabilidad *in vitro* de granos de canavalia (*Canavalia ensiformis*) y vigna (*Vigna unguiculata*), solos o mezclados con granos de sorgo (*Sorghum bicolor*). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 46: 55-61.
- López OA, González R, Osorio MM, Aranda E, Díaz P (2013). Cargas y especies prevalentes de nematodos gastrointestinales en ovinos de pelo destinados al abasto. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 4: 223-234.
- González-Rodríguez I, Oliva-Hernández J (2012) Constantes fisiológicas de corderas Blackbelly x Pelibuey en estabulación y pastoreo. I Simposium Internacional en producción Agroalimentaria Tropical y XXIV Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria, Tabasco 2012; Cárdenas, México. Pp. 170-180.
- Guerrero L (2013) Efecto de la suplementación con semilla de *Canavalia ensiformis* sobre las cargas parasitarias de ovinos tropicales en crecimiento. Comisiones de Estudio para Graduados Postgrado de Producción Animal. Facultad de Agronomía y Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela. 109 p.
- Huisman J, Van der Poel AFB, Verstegen MWA, Van Weerden EJ (1990) Antinutritional factors (ANF) in pig production. *World Review of Animal Production* 25(2): 77-82.
- Mamani AV (2013) Comportamiento productivo y económico de corderos en engorda con granos de *Canavalia ensiformis* como harina y Pellet. Tesis Maestro en Ciencias en Producción y Salud Animal. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México. 44 p.
- Mamani A, Aguilar J, De la Cruz J, Berumen A, Luna C (2013) Engorda intensiva de corderos con grano de *Canavalia ensiformis*. XL Reunión de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y

- Seguridad Alimentaria, A.C. (AMPA) y IX Seminario Internacional de Ovinos en el Trópico. Villahermosa, Tabasco, México. Pp. 397-400.
- Martin PC, Palma JM (1999) Manual para fincas y ranchos ganaderos. Indicadores útiles para su manejo. Tablas tropicales de composición de alimentos. Agrosystems Editing, Colima, México. 120 p.
- Mora, MA (1983) *Canavalia ensiformis*: uso en rumiantes. Trabajo de grado Maestría en Producción Animal. Universidad Central de Venezuela.
- Mora M, Parra R, Escobar A (1986) *Canavalia ensiformis* su utilización en la alimentación de rumiantes, resultados preliminares. Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 7: 179-192.
- Nava R, Ruíz B, Belmar R (1999) Una reseña corta sobre el valor nutritivo y factores antinutricionales de frijoles de canavalia y terciopelo dados a cerdos. Revista Computarizada de Producción Porcina 6: 5-14. [http://www. Sian.info.ve/porcinos/publicaciones/rccpn/rev63/RCPP63art1.htm](http://www.Sian.info.ve/porcinos/publicaciones/rccpn/rev63/RCPP63art1.htm) Consultado el 11 de marzo de 2014.
- Ologhobo A, Mosenti R, Alaka OO (2003) Histological alterations in the internal organs of growing chicks from feeding raw jackbean or lima bean seeds. Veterinary and Human Toxicology 45: 10-13.
- Pacheco MA (1984) The evaluation of *Canavalia ensiformis* as a protein source for ruminants. Thesis Master Science. Animal Nutrition. Faculty of Agriculture, University of Newcastle, Upon Tyne, Great Britain.
- Pacheco MA, Rivera J (1985) Utilización del grano de *Canavalia ensiformis* en dietas para rumiantes. 1ª Reunión sobre la producción y utilización del grano de *Canavalia ensiformis* en sistemas pecuarios de Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán, Yucatán, México. 10 p.
- Partida JA, Braña D, Martínez L (2009) Desempeño productivo y propiedades de la canal en ovinos Pelibuey y sus cruas con Suffolk o Dorset. Técnica Pecuaria en México. 47: 313-322.

- Pascual-Córdova A, Oliva-Hernández J, Hernández-Sánchez D, Torres-Hernández G, Suárez-Oporta ME, Hinojosa-Cuéllar JA (2009) Crecimiento postdestete y eficiencia reproductiva de corderas Pelibuey con un sistema de alimentación intensiva. Archivos de Medicina Veterinaria. 41: 205-212.
- Pizzani P, Vargas RE, Pérez S, Méndez A, Michelangeli C, Sivoli L (2006) Efectos del tostado sobre el valor de energía metabolizable verdadera y el contenido de factores antinutricionales de harinas de granos de *Canavalia ensiformis* (L.). Revista Científica FCV-LUZ 16(5): 523-530.
- Rebollar-Rebollar S, Hernández-Martínez J, Rojo-Rubio R, González-Razo FJ, Mejía-Hernández P, Cardoso-Jiménez D (2008) Óptimos económicos en corderos Pelibuey engordados en corral. Universidad y Ciencia 24: 67-73.
- Ríos-de Álvarez L, Huntley JF, Jackson F, Cortez F, Grant G, Greer A (2011) Effect of the intake of Jack bean (*Canavalia ensiformis*) on the control of gastrointestinal parasites and the growth of tropical lambs. 23rd International Conference of the World Association for the Advanced of Veterinary Parasitology (WAAVP), Buenos Aires, Argentina. 295 p.
- Risso JF, Montilla JJ (1992) Fluor from seeds of *Canavalia ensiformis* L (DC), raw, stored in an alkaline medium, autoclaved or extracted, in diets for growing pigs. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 42: 268-274.
- Ross, TT, Goode L, Linnerud CA. 1985. Effects of high ambient temperature on respiration rate, rectal temperature, fetal development and thyroid gland activity in tropical and temperate breeds of sheep. Theriogenology 24: 259-269.
- Salinas J, Ranmírez RG, Domínguez MM, Reyes-Bernal N, Trinidad-Lárraga N, Montaña MF (2006) Effect of calcium soaps of tallo on growth performance and carcass characteristics of Pelibuey lambs. Small Ruminant Research 66: 135-139.
- Sandoval-Castro CA, Herrera F (2001) Cambios en la población de protozoarios ruminales por efecto de la inclusión de *Canavalia ensiformis* a la dieta de bovinos. Revista Biomédica 12: 166-171.

- Sivoli L, Michelangeli C, Méndez A (2004) Efecto combinado de la deshidratación en doble tambor y del tostado sobre la energía metabolizable verdadera y factores antinutricionales de harinas de *Canavalia ensiformis*. *Zootecnia Tropical* 22: 241-249.
- Sivoli L, Michelangeli C, Pérez E, Méndez A, Tovar J (2007) Starch digestibility and morphology of physically modified jack bean (*Canavalia ensiformis* L.) seed flours. *Animal Feed Science and Technology* 136: 338-345.
- Sridhar KR, Seena S (2006) Nutricional and antinutricional significance of four unconventional legumes of the genus *Canavalia* – A Comparative study. *Food Chemistry* 99: 267-288.
- Teather RM, Mahadevan S, Erfle J.D. Sauer FD (1984) Negative correlation between protozoal and bacterial levels in rumen samples and its relation to the determination of dietary effects on the rumen microbial population. *Applied and Environmental Microbiology* 47: 566-570.
- Tepal JA, Castellanos R, Larios A, Tejada I (1994) Detoxification of jack beans (*Canavalia ensiformis*): I. Extrusion and monogastric elimination. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 66: 373-379.
- Tovar J, Björck IM, Asp N-G (1992) Incomplete digestion of legume starches in rats: A study of precooked flours containing retrograded and physically inaccessible starch fraction. *The Journal of Nutrition* 122: 1500-1507.
- Vadivel V, Biesalski HK (2012) Effect of certain indigenous processing methods on the bioactive compounds of ten different wild type legume grains. *Journal of Food Science and Technology* 49: 673-684.
- Vargas LM (1989). Estudios sobre la degradación ruminal del grano (*Canavalia ensiformis*) (1989) Tesis de Maestría en Ciencia Animal Tropical. Universidad Autónoma de Yucatán, México. 142 p.
- Wadhwa M, Makkar GS, Ichhponani JS (1993) Disappearance of protein monogastric and then fraction in sacco. *Animal Feed Science and Technology* 40: 285-293.
- Yokoyama, M. T. y K. A. Johnson. 1988. Microbiología del rumen e intestino. En: El rumiante. Fisiología digestiva y nutrición. C. D. Church (Ed.). Editorial Acribia. Pp. 137-157.

Zamora NC (2003) Efecto de la extrusión sobre la actividad de factores antinutricionales y digestibilidad *in vitro* de proteína y almidón en harinas de *Canavalia ensiformis*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 53(3):293-298.

CAPITULO II
EFFECTO DE UN ALIMENTO FERMENTADO CON SEMILLAS DE *Canavalia ensiformis* SOBRE LA EFICIENCIA DE CRECIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL DE CORDEROS PELIBUEY
Effect of food fermented with seeds of *Canavalia ensiformis* on growth performance and carcass characteristics of Pelibuey lambs

Wilber Hernández-Montiel¹, Jesús Alberto Ramos-Juárez¹, Emilio Manuel Aranda-Ibáñez¹, Omar Hernández-Mendo², Víctor Manuel Munguía-Flores³, Jorge Oliva-Hernández^{4*}

¹Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, 86500 Cárdenas, Tabasco, México. ²Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, 56230 Montecillo, Estado de México, México

³Práctica privada, Jalapa, Tabasco, México

⁴Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 86400 Huimanguillo, Tabasco, México. *olivajh20@yahoo.com.mx

En proceso para enviar a: Asian-Australasian Journal of Animal Sciences

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar la influencia de un alimento fermentado en estado sólido, elaborado con semillas de *C. ensiformis* como fuente de proteína, sobre el comportamiento productivo y características de la canal de ovinos Pelibuey. Se utilizaron 18 corderos Pelibuey [(edad promedio cuatro meses y 21 ± 1.0 kg peso vivo (PV)]. Se utilizó un diseño de dos factores con medidas repetidas en un factor. Los factores fueron tipo de dieta (canavalia sin fermentar, canavalia fermentada, sin canavalia) y número de periodo de evaluación (cinco periodos de 14 días o diez periodos de siete días). Las variables evaluadas fueron: PV, cambio de peso diario (CPD), consumo diario de materia seca (CMS), consumo diario de proteína cruda (CPC), consumo diario de energía metabolizable (CEM), consumo de fibra detergente neutra (CFDN), consumo de fibra detergente ácido (CFDA), conversión alimenticia (CV), peso de la canal y rendimiento de la canal, así como de los cortes primarios (cuello, brazo-brazuelo, tórax,

abdomen y pierna). Los datos se analizaron con los procedimientos MIXED y GLM de SAS. Tipo de dieta, número de período y la interacción tipo de dieta x número de período afectaron ($P < 0.01$) el consumo de todos los nutrientes estudiados, así como el PV y CPD. El tipo de dieta afectó ($P < 0.01$) el peso de la canal y de los cortes primarios de la canal. La dieta con canavalia fermentada permitió que mayor CPD ($P < 0.01$) y menor CA ($P < 0.05$) con respecto a la dieta canavalia sin fermentar. La CA fue similar ($P > 0.05$) entre los tratamientos canavalia fermentada y sin canavalia. Sin embargo, los ovinos alimentados con la dieta sin canavalia son los que mostraron el mayor CPD ($P < 0.05$) con relación a las dietas canavalia sin fermentar y fermentada. La alimentación de ovinos con dietas con harina de semillas de canavalia permitió cambios positivos en el crecimiento, peso de la canal y composición de la canal. Sin embargo, estos cambios fueron de menor magnitud con respecto a los obtenidos con una dieta sin canavalia.

Palabras clave: Finalización, ganancia diaria de peso, leguminosa, trópico húmedo.

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the influence of a solid state fermented food, made with *C. ensiformis* seeds as a protein source on growth performance and carcass characteristics of Pelibuey lambs. Eighteen Pelibuey lambs were used (four months old and 21 ± 1.0 kg body weight (BW)). A two-factor design with repeated measures on one factor was used. The factors were the type of diet (canavalia unfermented, fermented canavalia without canavalia) and number of evaluation period (five periods of 14 days or ten periods of seven days). The variables evaluated were: BW, average daily weight gain (ADWG), average daily intake of dry matter (DM), average daily intake of crude protein (CP), average daily intake of metabolizable energy (ME), average daily intake of neutral detergent fiber (NDF), average daily intake of acid detergent fiber (ADF), feed conversion (FC), weight carcass and carcass yield and primal cuts (neck, arm, thorax, abdomen and leg). Data were analyzed using the PROC MIXED and GLM procedures. Type of diet, period number and type of diet x period number interaction affected ($p < 0.01$) intake of all nutrients

studied, as well as the BW and ADWG. Type of diet affected ($p < 0.01$) carcass weight and carcass primal cuts. Diet fermented canavalia allowed greater ADWG ($p < 0.01$) and lower FC ($p < 0.05$) compared to diet canavalia unfermented. FC was similar ($p > 0.05$) between fermented canavalia and without canavalia treatments. However, without canavalia fed lambs had the highest ADWG ($p < 0.05$) relative to canavalia unfermented and fermented canavalia. Lambs feeding diets containing seed meal canavalia allowed positive changes in growth, weight and carcass composition. However, these changes were smaller in magnitude compared to those obtained with a diet without canavalia.

Key words: Fattening, daily weight gain, legume, humid tropic.

2.1. INTRODUCCIÓN

En la elaboración de alimentos para ovinos se emplean diversos ingredientes, destacando aquellos que aportan energía y proteína debido a que este tipo de ingredientes pueden tener un alto valor económico por si mismos o porque estos tienen una importante participación porcentual en la composición de la dieta. Con respecto a los ingredientes proteínicos, estos pueden ser de origen animal (por ejemplo, harina de pescado) o vegetal (por ejemplo, pasta de soya). En el caso específico de los ingredientes proteínicos de origen vegetal, la región tropical de México posee condiciones edáficas y climáticas que permiten el desarrollo de leguminosas tropicales, las cuales producen semillas con un alto potencial para ser incorporadas como parte de la dieta de los ovinos. Sin embargo, este tipo de semillas requieren de investigación complementaria a la ya existente, con el fin de facilitar su incorporación a los diferentes sistemas de alimentación ovina presentes en la región tropical.

Particularmente, la leguminosa tropical canavalia (*Canavalia ensiformis* L.) muestra una capacidad variable de producción de semillas, los rendimientos van desde 348 kg ha⁻¹ (Cáceres *et al.*, 1995) hasta 3800 kg ha⁻¹ (Pound *et al.*, 1972; Kessler, 1990). Por otra parte, el contenido en proteína cruda (PC) y energía

metabolizable (EM) en las semillas de canavalia las hacen atractivas para ser consideradas como ingrediente proteínico. El contenido de EM en las semillas de canavalia corresponde a 3.35 Mcal kg MS⁻¹ (Martín y Palma, 1999), la proteína cruda fluctúa entre 22.8 y 35.3 % y la presencia de almidón entre 24.7 y 36.9 % (Sivoli *et al.*, 2004; Sridhar y Seena, 2006). Sin embargo, el almidón de semillas crudas de leguminosas presenta una baja digestibilidad, con respecto a los almidones de cereales y tubérculos (Tovar *et al.*, 1992). Adicionalmente, las semillas de canavalia poseen diversos factores antinutricionales que limitan su incorporación en las dietas para monogástricos (por ejemplo, aves y cerdos) y posiblemente también en rumiantes (Mora, 1983; Ekanayake *et al.*, 1999; Sridhar y Seena, 2006; Mamani *et al.*, 2013).

Los principales factores antinutricionales detectados en las semillas de canavalia son: canavalina, lectina concanavalina A y B, canavanina, canalina y taninos. De los factores señalados previamente, la concanavalina es considerada el principal factor antinutricional, debido a que provoca atrofia de las vellosidades intestinales y mala absorción de nutrimentos (Pizzani *et al.*, 2006). En términos generales los factores antinutricionales reducen el consumo de alimento y su utilización por los animales (Cáceres *et al.*, 1995).

En los diversos estudios (Mora, 1983; Mamani *et al.*, 2013) en donde se ha evaluado diferentes niveles de inclusión de semillas de canavalia cruda en el alimento de ovinos en crecimiento, se indica que puede incorporarse hasta en 28 % sin que se haya detectado un problema de salud en los animales. Sin embargo, la ganancia de peso obtenida con diferentes niveles de inclusión ha sido variable. Mora (1983) indica que la inclusión de canavalia reduce la ganancia diaria de peso de ovinos machos, cuando el alimento contiene 30 % de semillas de canavalia con respecto a 22 % (97 vs 127 g, respectivamente). En contraste, Mamani *et al.* (2013) no detecta diferencias en la ganancia diaria de peso de corderos Pelibuey cuando el alimento contiene 14 y 28 % de canavalia. Adicionalmente, no existen estudios en donde se haya evaluado la influencia del consumo de alimento elaborado con semillas de canavalia cruda sobre el rendimiento de la canal de ovinos.

La utilización de semillas de canavalia en la alimentación de ovinos se ha realizado fundamentalmente con harina de semillas de canavalia crudas. De ahí que resulta necesario evaluar si la aplicación de un proceso tecnológico al alimento con semillas de canavalia permite aumentar la eficiencia de crecimiento de los ovinos. Por ejemplo, cuando se somete un alimento al proceso de fermentación en estado sólido se incrementa su calidad nutritiva y en el caso particular de un alimento con semillas de canavalia cruda es probable que este proceso contribuya a eliminar, reducir o inactivar a los factores antinutricionales presentes en las semillas de canavalia (Elías *et al.*, 2009; Carrillo, 2014). Con base en los antecedentes planteados previamente, el objetivo del estudio consistió en determinar la influencia de un alimento fermentado en estado sólido, elaborado con semillas de *C. ensiformis* como fuente de proteína, sobre el comportamiento productivo y características de la canal de ovinos Pelibuey.

2.2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la finca comercial “El Rodeo”, ubicada en Jalapa, Tabasco, México (17° 38' N, 92° 56' O). El clima de la región es cálido húmedo, con lluvias todo el año (Af), la temperatura ambiente media anual de 25 °C y la precipitación pluvial anual 3 783 mm (Ayuntamiento Constitucional Jalapa 2010).

La duración del estudio fue de 86 días y se dividió en una fase preexperimental de 14 días y dos fases experimentales: finalización (70 días) y evaluación de la canal (dos días).

Estudio del crecimiento

Se utilizaron 18 corderos Pelibuey con una edad promedio de cuatro meses y un peso vivo (PV) de 21±1.0 kg, respectivamente. Los corderos utilizados estuvieron en su etapa predestete y postdestete en estabulación y fueron alimentados con una dieta integral.

Los ovinos se distribuyeron al azar a uno de tres tratamientos (seis ovinos por tratamiento). Se utilizó un diseño completamente al azar con medidas repetidas.

El diseño fue de dos factores con medidas repetidas en un factor (Cody y Smith, 1991). El primer factor fue el tipo de dieta (Canavalia sin fermentar, Canavalia fermentada, sin Canavalia). El segundo factor fue el número de periodo de evaluación (cinco periodos de 14 días o diez de siete días). La unidad experimental fue el ovino. Durante el estudio, un cordero del tratamiento sin canavalia se murió por causas no atribuibles a los tratamientos (neumonía).

Los corderos se alimentaron de manera individual durante todo el estudio. Las dietas experimentales fueron formuladas para que resultaran isoenergéticas e isoproteínicas (Tabla 1).

Tabla 1. Composición estimada de los alimentos utilizados en ovinos Pelibuey durante la fase de finalización

Ingredientes	Tipo de alimento		
	Canavalia sin fermentar	Canavalia fermentada	Sin canavalia
Harina de semillas crudas de <i>C. ensiformis</i>	25.0	25.0	0.0
Pasta de soya	0.0	0.0	20.0
Grano de maíz	32.7	32.7	40.7
Heno de <i>Stylosanthes guianensis</i>	15.0	5.0	15.0
Heno de GM 5 <i>Brachiaria brizantha</i>	7.0	10.0	4.0
Melaza de caña	15.0	10.0	15.0
Aceite vegetal	3.0	3.0	3.0
Vitafer	0.0	12.0	0.0
Sulfato de amonio	0.3	0.3	0.3
Sal mineral	2.0	2.0	2.0
Total	100.0	100.0	100.0
Nutrientes			
Proteína cruda, %	17.10	17.19	17.01
EM, Mcal kg MS ⁻¹ (calculado)	2.94	2.96	2.92

Al inicio del estudio se les proporcionó 500 g cordero⁻¹ d⁻¹ de alimento de acuerdo a los tratamientos.

Posteriormente, la cantidad de alimento se ajustó diariamente, de acuerdo al nivel de consumo

experimentado por cada ovino, procurando mantener, al menos un 10 % de alimento rechazado. El alimento se ofreció de 8:00 a 18:00 h. Los ovinos tuvieron acceso a agua a libertad.

El tratamiento con canavalia fermentada incluyó dentro de su composición harina de semillas de *C. ensiformis* cruda, el producto Vitafert (Tabla 2) y se sometió al proceso fermentación en estado sólido (Elías *et al.*, 2009) por un mínimo de 10 días. El tratamiento canavalia no fermentada incluyó como parte de la composición harina de semillas de *C. ensiformis*, este tipo de dieta solo se utilizó con un máximo de tres días de elaboración. Los ovinos se mantuvieron estabulados en corraletas individuales (1.43 m² animal⁻¹) provistas de piso de concreto.

Tabla 2. Composición del Vitafert (base húmeda)

Ingredientes	%
Pasta de soya	4.0
Pulidura de arroz	4.0
Melaza de caña	15.0
Sal mineral	0.5
Urea	0.4
Sulfato de amonio	0.3
Yogurt natural	5.0
Agua	70.8
Total	100.0

En las dietas experimentales se determinó: MS, PC, materia orgánica (MO) (AOAC, 2001); fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) utilizando la metodología propuesta por Van Soest (1991), degradación *in situ* de la MS (DIMS) (Ørskov *et al.*, 1980) y EM (Mcal kg MS⁻¹) (ARC 1980).

La DIMS de las tres dietas experimentales se determinó en dos bovinos híbridos (*Bos indicus* x *Bos taurus*), castrados y provistos con cánula en el rumen, con un PV promedio de 500 kg, alojados en corrales individuales, con agua y sal mineral a libertad. Los animales se adaptaron durante 21 días a una ración basada en pastoreo en una pradera mixta con los pastos humidícola (*Brachiaria humidicola*) y camalote (*Paspalum fasciculatum*). Se utilizó el método de la bolsa de nailon para estimar la DIMS de acuerdo a la metodología descrita por Ørskov *et al.* (1980). Se utilizó 5 g de muestra de cada alimento seco y molido con criba de 2 mm (molino Thomas-Willey, model 4 LaboratoryMill), en bolsas de poliseda (20 x 10 cm, porosidad 45 µm) por duplicado a las 36 h. Después de ese tiempo, las bolsas se lavaron de forma manual en cubetas de plástico y se agregó agua hasta que el afluyente de la bolsa se tornó claro, posteriormente, se secaron en una estufa de aire forzado a 62 °C. Al remanente de las muestras de cada alimento, utilizado en la degradación *in situ* de la materia seca DIMS se les determinó MO según AOAC (2001). Para estimar la EM de las dietas experimentales se usó la DIMS y se aplicó la ecuación propuesta por el ARC (1980): Para obtener los gramos iniciales de MO, se multiplicó el total de gramos utilizados en la DIMS por el porcentaje de MO inicial (muestra sin incubar) y se dividió entre 100. Para obtener los gramos remanentes de MO se utilizó el peso del remanente de la DIMS y se multiplicó por el porcentaje de MO remanente y se dividió entre 100. Por diferencia de peso se determinó la DIMO, mediante la siguiente fórmula:

$$DIMO(\%) = \left(\frac{MO_{inicial} - MO_{remanente}}{MO_{inicial}} \right) * 100$$

En los ovinos se evaluaron las siguientes variables: PV, cambio de peso diario (CPD), consumo diario de MS (kg ovino^{-1}), consumo diario de PC (g ovino^{-1}), consumo diario de EM (Mcal ovino^{-1}), consumo diario de FDN (g ovino^{-1}), consumo diario de FDA (g ovino^{-1}), conversión alimenticia (CA) y eficiencia alimenticia (EA).

Los ovinos se pesaron tres días consecutivos a intervalos de 14 días durante seis ocasiones. En cada ocasión, el promedio de PV del ovino correspondió al peso promedio de los tres pesajes consecutivos. Para obtener el PV del ovino se utilizó una báscula electrónica (Tru-Test Pro II versión 3.2 ®), con una precisión de 0.100 kg.

El consumo de alimento por ovino se determinó durante tres días consecutivos a intervalos de siete días. El consumo diario de MS, PC, EM, FDN y FDA se determinó en diez semanas, para ello se consideró el consumo de alimento (base húmeda) y los valores promedio de MS, PC, EM, FDN y FDA determinados en diez muestras (por duplicado) de cada una de las dietas experimentales (Tabla 3). La CA se determinó a través de la relación consumo de MS ganancia de peso⁻¹. La EA correspondió a la relación ganancia de peso/ consumo de MS.

Tabla 3. Composición química determinada de los alimentos utilizados en ovinos Pelibuey durante la fase de finalización

Nutrimento	Tipo de alimento		
	Canavalia sin fermentar	Canavalia fermentada	Sin canavalia
MS, %	83.0 ± 1.2 ^a	74.4 ± 0.8 ^b	83.2 ± 1.0 ^a
PC, %	16.2 ± 0.4 ^b	17.1 ± 0.3 ^b	18.8 ± 0.5 ^a
EM, Mcal kg MS ⁻¹ (calculado)	2.8 ± 0.1	2.7 ± 0.1	2.8 ± 0.1
FDN, %	30.6 ± 1.5	27.0 ± 1.0	29.4 ± 1.7
FDA, %	14.5 ± 1.2	12.3 ± 0.5	13.9 ± 0.9
Cenizas, %	7.3 ± 0.4	7.3 ± 0.5	8.0 ± 0.6
Materia orgánica, %	91.6 ± 1.2 ^a	82.4 ± 1.3 ^b	91.7 ± 1.2 ^a
DIMS, % ¹	77.2 ± 1.2	73.7 ± 1.2	78.0 ± 1.5
Número de observaciones	10	10	10

a, b: letras diferentes dentro de la misma fila indican diferencias ($p < 0.05$); MS: materia seca; PC: proteína cruda; EM: energía metabolizable; FDN: fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácido; 1, DIMS: degradación *in situ* de la materia seca determinada con un período de incubación de 36 h.

En las variables PV, CPD y consumo de MS, PC, EM, FDN y FDA se utilizó análisis de varianza con el procedimiento MIXED (Wang y Goonewardene, 2004) con apoyo en el programa computacional SAS versión 8.0 para Windows (SAS Institute, Cary, NC, USA). La comparación de medias se realizó con la prueba de “t” con las medias de mínimos cuadrados usando la opción pdiff de SAS. Los datos de CA y EA se analizaron con el test suma de rangos de Wilcoxon para datos no pareados (SAS, 1999).

1. Estudio de la canal

Al finalizar el estudio de crecimiento se sacrificaron todos los ovinos en un rastro Tipo Inspección Federal (TIF) (No. 51 de Villahermosa, Tabasco, México). Después del eviscerado y desollado de los animales, las canales se pesaron y se introdujeron (durante 24 horas) en una cámara de refrigeración mantenida a una temperatura de 0 a 4 °C. Se calculó el rendimiento comercial en canal caliente y fría (peso de la canal/peso de sacrificio x 100).

En la canal fría se midió la superficie del músculo *Longissimus dorsi*, para ello se efectuó un corte entre la 12ª y 13ª vertebra torácica: utilizando un plumón de punta fina se dibujó el contorno de dicho músculo en papel acetato y posteriormente se midió la superficie muscular con apoyo de un acetato con cuadrículas (1 cm²). Así mismo, se midió la distancia del diámetro mayor en sentido medio lateral (A) y del diámetro menor en sentido dorso-ventral (B) (García *et al.*, 1998; Partida y Braña, 2011). La canal fría se dividió en cinco cortes primarios de acuerdo a la metodología de Martínez *et al.* (1987) con algunas modificaciones: cuello, brazo-brazuelo, tórax, abdomen y pierna.

Las variables evaluadas fueron: peso de la canal (caliente y fría, kg), rendimiento de la canal caliente (%), perímetro torácico (cm), longitud de la canal y de la pierna (cm), área transversal, diámetro mayor y menor del músculo *L. dorsi* (cm²), grasa de cobertera (mm), peso y rendimiento de los cortes primarios: cuello, brazo-brazuelo, tórax, abdomen y pierna.

Se utilizó análisis de varianza con el procedimiento GLM (Cody y Smith 1991) con apoyo en el programa computacional SAS versión 8.0 para Windows (SAS Institute, Cary, NC, USA). La comparación de medias se realizó con la prueba de "t" con las medias de mínimos cuadrados usando la opción pdiff de SAS.

2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 3 se muestran la composición química determinada en las tres dietas experimentales evaluadas. La dieta con canavalia fermentada presentó un menor contenido de MS y MO con respecto a las otras dos dietas experimentales, lo cual puede atribuirse, en parte, al nivel de incorporación de Vitafer en la dieta (12 %) y a que este ingrediente contiene 70.8 % de humedad. El contenido de PC fue mayor en la dieta sin canavalia con relación a las dietas con canavalia (con o sin fermentar). El resto de los componentes determinados, incluyendo la DIMO, resultaron similares entre dietas.

La DIMS en las dos dietas con canavalia fue mayor a la indicada en ovinos por Dixon *et al.* (1983), quienes reportan una tendencia a reducir la DIMS conforme se incrementa el nivel de harina de semillas de canavalia en la dieta (62 % en dietas con 0 % de canavalia; 59 % con 22 % de canavalia y 57 % con 32 % de canavalia). Mientras que Mamani (2013) reporta una mayor DIMS a las 48 h en dietas que incluyen semillas de canavalia (89.8 % en dietas con 10 % de canavalia; 88.7 % con 19 %), estas diferencias probablemente sean atribuidas a los tiempos utilizados para determinar la DIMS. Por otra parte, la DIMS de harina de semillas de canavalia a las 24 horas resulta muy variable, Vargas (1989) indica 35.6 % de degradación, Pacheco y Rivera (1985) señalan 62.9 %, Carillo (2014) muestra 72.4 %, González (2004) detecta 96.2 %. Es probable, que las diferencias en la DIMS entre estudios éste relacionada con el manejo nutricional aplicado a los bovinos en los cuales se ha realizado la determinación de DIMS.

Consumo de alimento y nutrimentos

Tipo de dieta, número de período y la interacción tipo de dieta x número de período afectaron ($p < 0.01$) el consumo de todos los nutrimentos estudiados. No se detectó diferencia en el nivel de consumo de nutrimentos ($p > 0.05$) en los ovinos que consumieron las dietas canavalia sin y con fermentación. El

mayor consumo de nutrimentos ($p < 0.05$) se detectó en los ovinos que consumieron la dieta sin canavalia con relación a las dietas con canavalia (Tabla 4).

Tabla 4. Influencia del tipo de dieta con semillas *Canavalia ensiformis* sobre el consumo de nutrimentos en ovinos Pelibuey en crecimiento

Nutrimento	Tipo de dieta		
	Canavalia sin fermentar	Canavalia fermentada	Sin canavalia
Materia seca, g d ⁻¹ ovino ⁻¹	796 ± 60 ^a	775 ± 60 ^a	1 096 ± 66 ^b
Proteína cruda, g d ⁻¹ ovino ⁻¹	129 ± 11 ^a	132 ± 11 ^a	206 ± 12 ^b
EM, Mcal kg MS ⁻¹	2.2 ± 0.16 ^a	2.1 ± 0.16 ^a	3.1 ± 0.18 ^b
FDN, g d ⁻¹ ovino ⁻¹	243 ± 17.0 ^a	209 ± 17.0 ^a	322 ± 18.6 ^b
FDA, g d ⁻¹ ovino ⁻¹	115 ± 7.9 ^a	95 ± 7.9 ^a	152 ± 8.7 ^b

a, b: letras diferentes dentro de la misma fila indican diferencias ($p < 0.05$); FDN: fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácido.

Los ovinos que consumieron las dietas con canavalia (con o sin fermentar) redujeron el consumo de MS (y por consiguiente el de sus componentes) en al menos un 27 % con relación lo registrado en la dieta sin canavalia, este resultado no concuerda lo reportado por Dixon *et al.* (1983) y Mamani (2013) quienes indican que la inclusión de semillas de canavalia en el alimento para ovinos en niveles de 10 a 32 % no afecta el consumo de alimento. En apoyo a lo anterior, Domínguez-Bello y Stewart (1990) mencionan que la inclusión de semillas de canavalia en un 20 y 40 % de la dieta de ovinos West African con un PV entre 30 y 33 kg, no genera cambios importantes en el consumo de alimento. Sin embargo, en este último estudio no se muestran resultados sobre el nivel de consumo de alimento que alcanzaron los ovinos. Por

otra parte, no se dispuso de estudios en donde se haya evaluado la influencia del nivel de inclusión de harina de semillas de canavalia en el alimento para ovinos sobre su palatabilidad. Adicionalmente, Hughes-Jones *et al.* (1981) indican que la canavalia muestra baja palatabilidad cuando se utiliza como forraje complementario al jugo de caña de azúcar en comparación a otras fuentes de fibra (salvado de trigo, forraje de papas dulces y *Brachiaria decumbens*). Es probable que el menor consumo de MS detectado en las dietas con harina de semillas de canavalia se atribuya a una baja palatabilidad. Adicionalmente, es importante considerar que la inclusión de 32 % de harina de semillas de canavalia cruda en una dieta para ovinos reduce la digestibilidad (en un 19 %) de los componentes de la pared celular con respecto a lo registrado en dietas con 0 y 22 % de canavalia (Dixon *et al.*, 1983).

El consumo de nutrimentos fue influido por el número de período ($p < 0.01$). Particularmente, el consumo de EM se incrementó conforme avanzó el número de período. El primer incremento en el consumo de EM se detectó en el período 3 y se mantuvo similar ($p > 0.05$) hasta el período siete. El máximo consumo de EM se registró en el período ocho y posteriormente se redujo a niveles similares a los encontrados entre los períodos tres y siete (Figura 1).

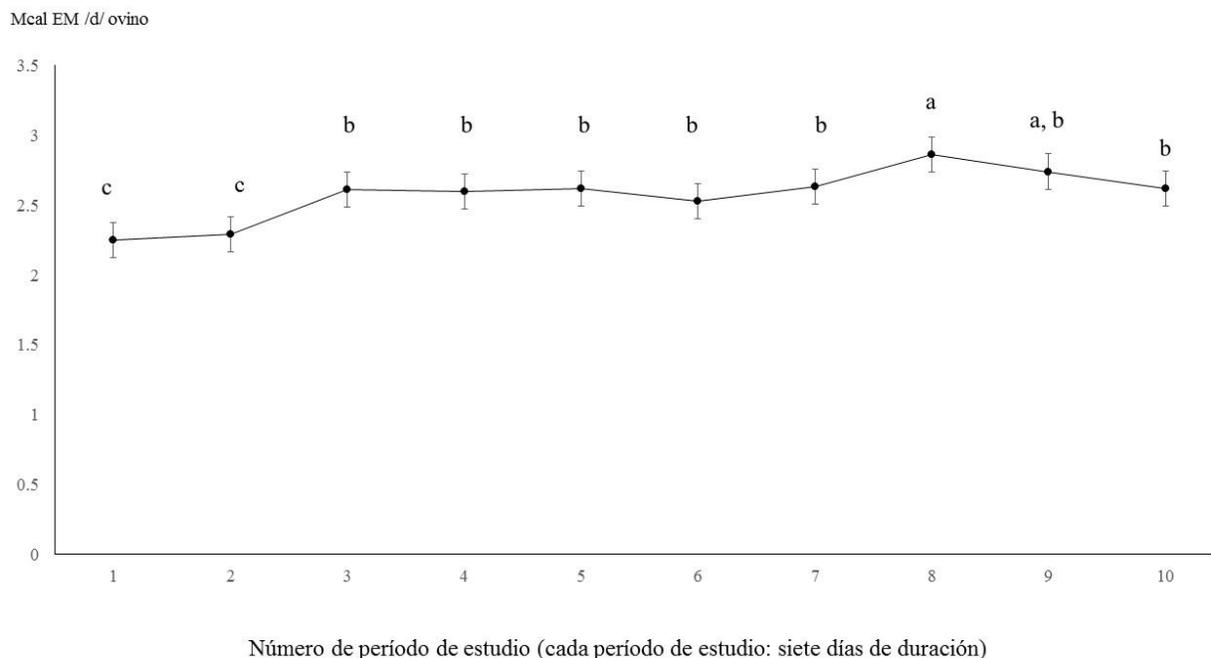


Figura 1. Medias de cuadrados mínimos (\pm error estándar) de consumo de energía metabolizable en corderos Pelibuey considerando el número de período de estudio. a, b, letras diferentes dentro de la línea indican diferencias ($p < 0.05$).

El consumo de MS, PC, FDN y FDA considerando el número de período, mostró un comportamiento similar al registrado en EM. El incremento en el consumo de alimento que mostraron los ovinos conforme avanzó el estudio, se atribuye a que el tipo de dietas utilizadas permitieron obtener un CPD positivo y por consiguiente los animales alcanzaron un mayor PV conforme avanzó el estudio, un aumento en el PV incrementa los requerimientos de MS y EM (Castellanos, 1989).

La interacción tipo de dieta x número de período influyó ($p < 0.01$) sobre el nivel de consumo de todos los nutrientes estudiados. Los ovinos que consumieron la dieta sin canavalia mostraron mayor consumo de MS, EM, PC, FDN y FDA a través de todo el período de estudio con relación a los ovinos que consumieron

las dietas canavalia con o sin fermentar (Figuras 2, 3, 4, 5 y 6). Con excepción del período ocho, el consumo de MS resultó similar en los ovinos alimentados con las dietas canavalia con o sin fermentar (Figura 2). En el período ocho, se registró una reducción en el nivel de consumo de la dieta canavalia fermentada con respecto a canavalia sin fermentar.

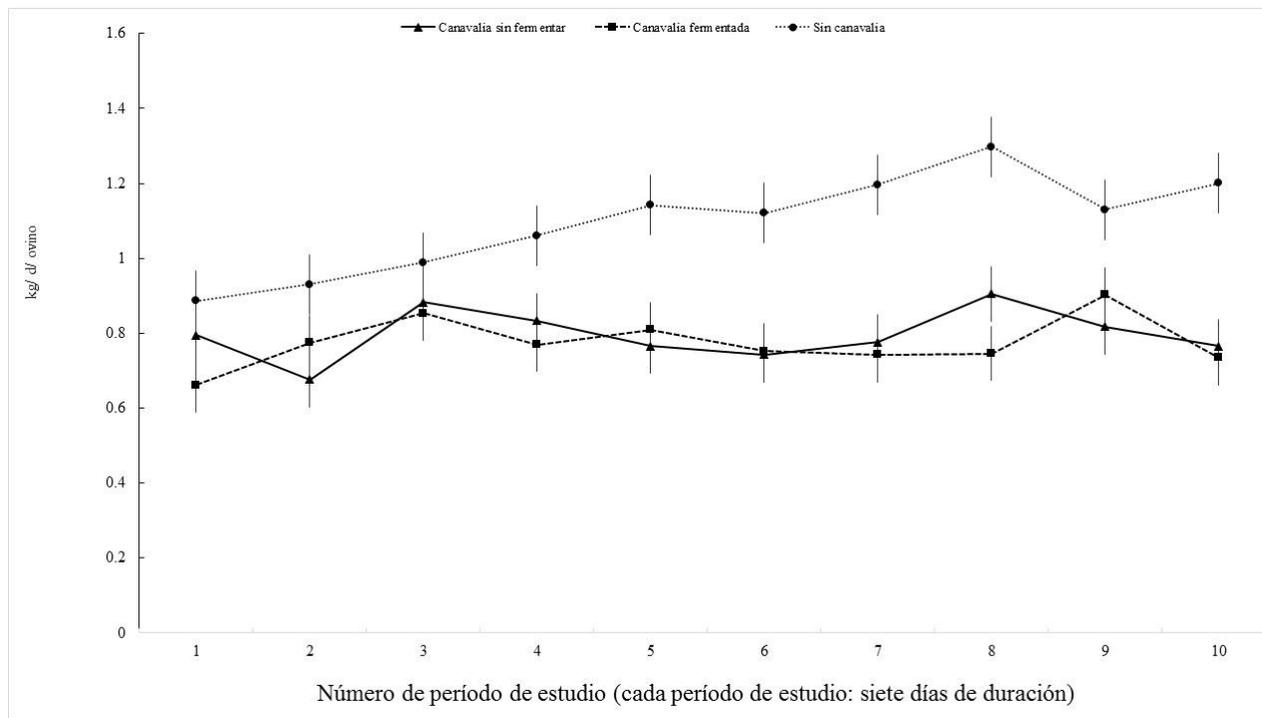


Figura 2. Medias de cuadrados mínimos (\pm error estándar) de consumo de materia seca (kg) en corderos Pelibuey considerando el número de período y el tipo de dieta ($p < 0.01$)

Los ovinos en el tratamiento sin canavalia tuvieron un mayor consumo de EM y PC durante todo el período de estudio con respecto a los tratamientos canavalia con o sin fermentar (Figuras 3 y 4). Sin embargo, en los períodos uno y ocho, los ovinos del tratamiento canavalia sin fermentar mostraron un mayor consumo de EM con relación a los ovinos del tratamiento canavalia fermentada. En el resto de los períodos estudiados el consumo de EM resultó similar entre los dos tratamientos con canavalia. En el caso de la

PC, no se detectó diferencia ($p > 0.05$) en el consumo de PC a través de todo el período de estudio en los tratamientos canavalia con o sin fermentar (Figura 4).

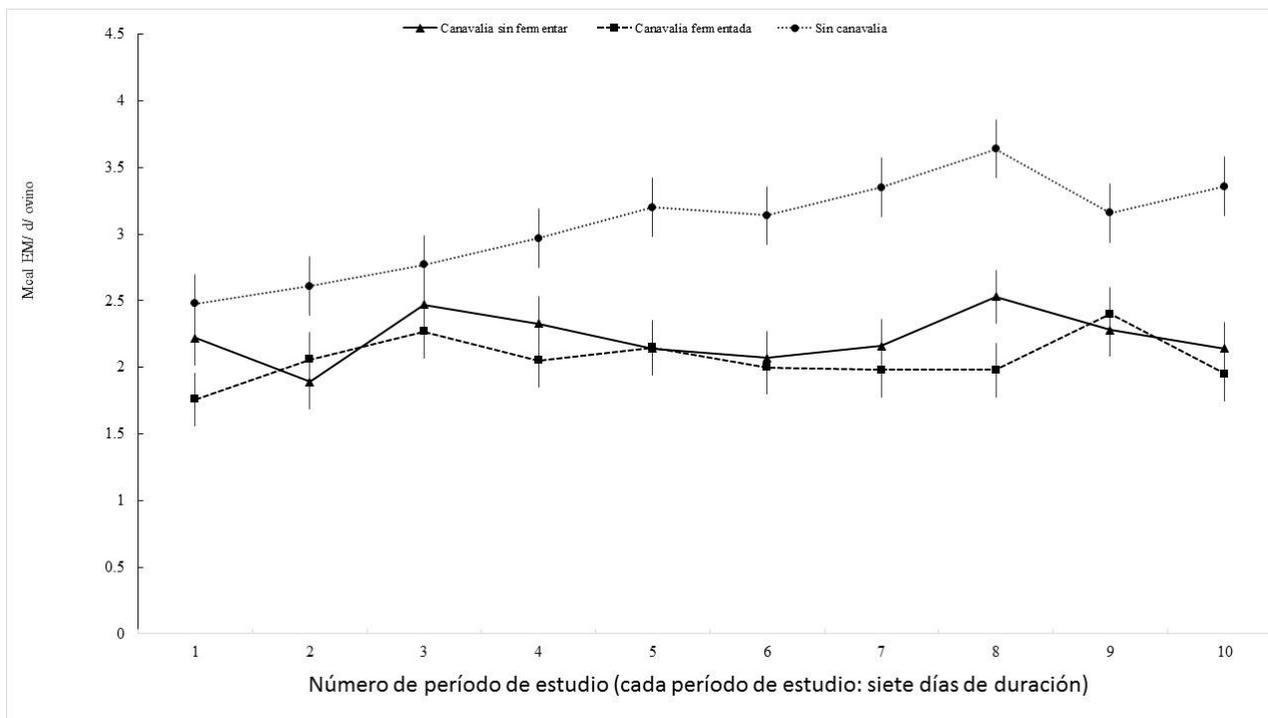


Figura 3. Medias de cuadrados mínimos (\pm error estándar) de consumo de energía metabolizable en corderos Pelibuey considerando el número de período y el tipo de dieta ($p < 0.01$).

Con respecto a la fracción fibrosa, los ovinos con la dieta sin canavalia mostraron mayor ($p < 0.05$) consumo de FDN y FDA con relación a lo detectado en las dietas canavalia con o sin fermentar (Figuras 5 y 6). En los períodos uno, cuatro y ocho los ovinos con la dieta canavalia fermentada mostraron menor ($p < 0.05$) consumo de FDN y FDA con respecto a los ovinos con la dieta canavalia sin fermentar, en el resto de los períodos estudiados el consumo de FDN y FDA resultó similar entre dietas con canavalia (Figuras 5 y 6).

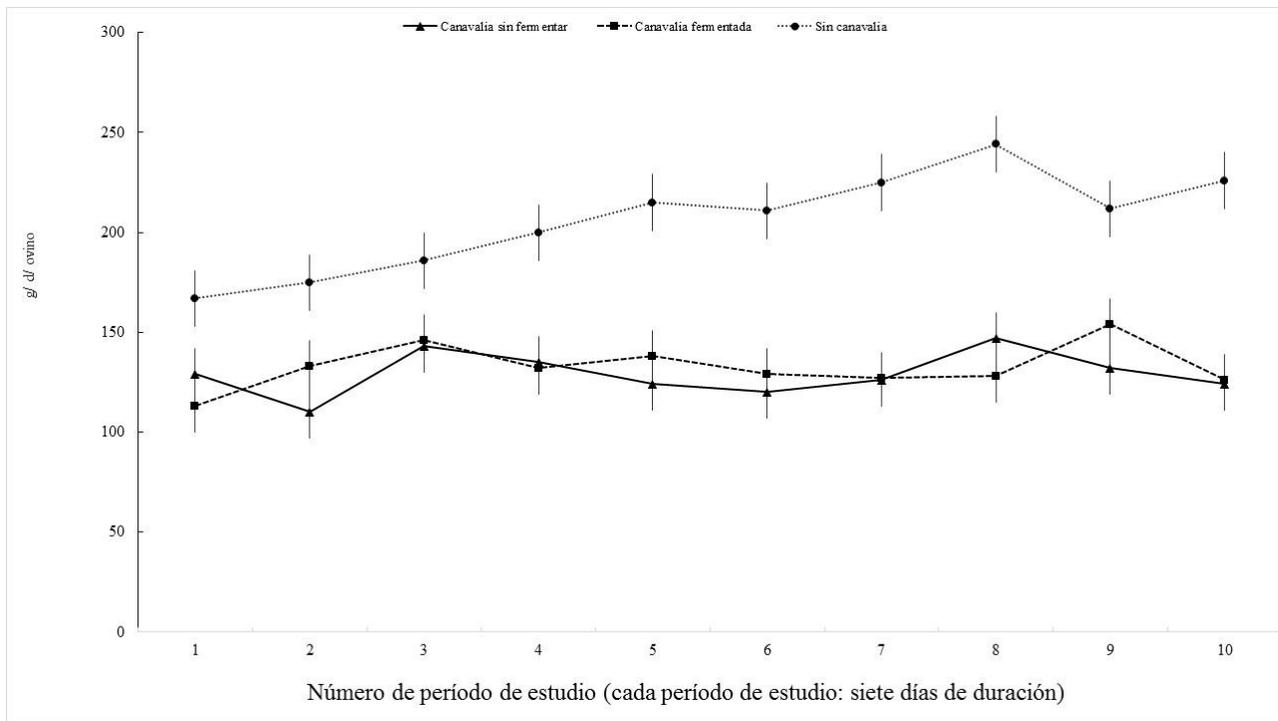


Figura 4. Medias de cuadrados mínimos (\pm error estándar) de consumo de proteína cruda en corderos pelibuey considerando el número de periodo y el tipo de dieta ($p < 0.01$).

En los diversos trabajos que evalúan el consumo de dietas con semillas de canavalia en ovinos (Dixon *et al.*, 1983; Mora 1983; Mamani, 2013) no evalúan los cambios en el consumo de alimento en períodos intermedios del estudio. No obstante, Mamani (2013) dividió su estudio en dos etapas de crecimiento de los ovinos con base a su PV (15 a 24 kg y 24 a 28 kg) sin que detectará influencia del nivel de inclusión de canavalia en el alimento sobre el consumo de alimento, resultado que no concuerda con los hallazgos señalados en el presente estudio, en donde los ovinos del tratamiento sin canavalia muestran diferencias marcadas en el consumo de MS (y los nutrimentos presentes en esta), a partir del cuarto período y hasta concluir el estudio con respecto a lo detectado en las dietas con canavalia (con y sin fermentar).

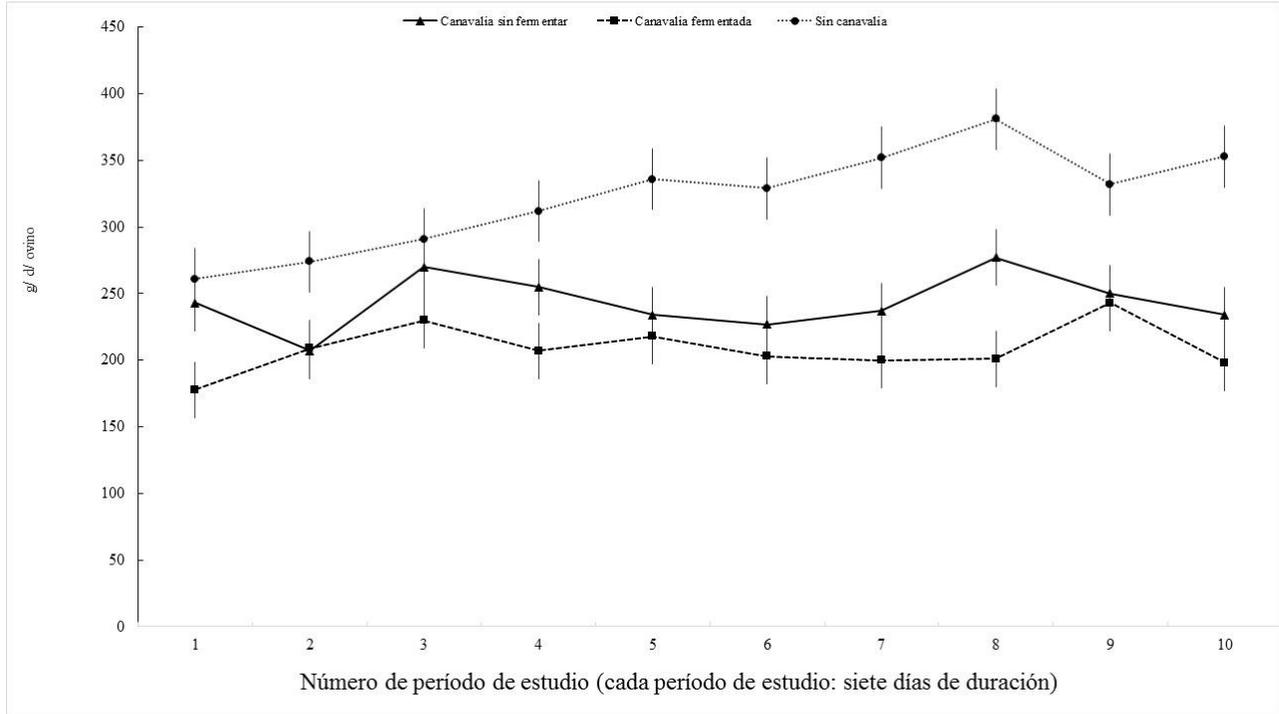


Figura 5. Medias de cuadrados mínimos (\pm error estándar) de consumo de fibra detergente neutro en corderos Pelibuey considerando el número de período y el tipo de dieta ($p < 0.01$)

2. Crecimiento

Tipo de dieta afectó el PV ($p < 0.05$) y CPD ($p < 0.01$) de los ovinos. El consumo de la dieta sin canavalia permitió que los ovinos mostraran un mayor peso y CPD con relación a las dietas canavalia sin fermentar y canavalia fermentada, las medias de cuadrados mínimos (\pm EE) fueron 29.9 ± 1.6^a kg y 195 ± 14.6^a g, 23.0 ± 1.6^b kg y 62 ± 13.4^b g, 24.4 ± 1.4^b kg y 107 ± 13.4^c g, respectivamente (Tabla 5 y 6).

El CPD obtenido con el consumo de las dietas con canavalia fue menor al reportado por Mora (1983) y Mamani (2013). En el estudio de Mamani (2013), las medias en el CPD de los ovinos machos que consumieron alimento con canavalia estuvieron entre 190 y 220 g. Mientras que en el estudio de Mora (1983), se obtuvo un CPD entre 127 y 98 g.

Tabla 5. Medias de cuadrados mínimos (\pm error estándar) de peso vivo de corderos Pelibuey considerando el número de período y el tipo de dieta

Número de pesaje ¹	Tipo de dieta		
	Canavalia sin fermentar	Canavalia fermentada	Sin Canavalia
Uno	20.8 \pm 1.6 ⁱ	20.8 \pm 1.5 ^{hi}	22.2 \pm 1.6 ^{ghi}
Dos	21.2 \pm 1.6 ^{hi}	21.6 \pm 1.5 ^{hi}	25.9 \pm 1.6 ^{de}
Tres	22.3 \pm 1.6 ^{gh}	24.1 \pm 1.5 ^{efg}	29.1 \pm 1.6 ^c
Cuatro	23.7 \pm 1.6 ^f	24.8 \pm 1.5 ^{efg}	31.9 \pm 1.6 ^b
Cinco	25.3 \pm 1.6 ^{de}	27.4 \pm 1.5 ^{cd}	34.6 \pm 1.6 ^a
Seis	24.9 \pm 1.6 ^{def}	28.0 \pm 1.5 ^{cd}	35.4 \pm 1.6 ^a

a, b, c, d, e, f, g, h, i: valores con diferente superíndice dentro de la misma fila y/o columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$). 1, cada pesaje se realizó a un intervalo de 14 días.

El menor CPD detectado en las dietas con canavalia (con o sin fermentar) puede atribuirse al menor consumo de alimento que mostraron los ovinos con relación a lo registrado en la dieta sin canavalia, el cual significó una reducción en el consumo de EM y PC del orden del 32 y 37 %, respectivamente. Adicionalmente, es importante considerar que un incremento en el nivel de inclusión de harina de semillas de canavalia reduce la digestibilidad de los componentes de la pared celular, 59 % de digestibilidad con 0 % de canavalia, 58 % con 22 % de canavalia y 48 % con 32 % de canavalia (Dixon *et al.*, 1983). En concordancia con lo señalado previamente, Dixon y Mora (1983) indican que ovinos alimentados con *Pennisetum purpureum* y un complemento alimenticio (harina de semillas de algodón o harina de semillas de *C. ensiformis*) la digestibilidad de la MS fibrosa fue 20 % mayor para el tratamiento con semillas de algodón con respecto al tratamiento con canavalia. En el presente estudio las dietas experimentales

tuvieron entre 27.0 y 30.6 % de FDN, y resulta probable que en las dietas con canavalia (con y sin fermentar) la digestibilidad de las paredes celulares haya sido menor con respecto a la dieta sin canavalia, situación que pudiera contribuir a explicar el menor CPD.

El número de período influyó ($p < 0.01$) sobre el PV y CPD de los ovinos. El PV se incrementó entre el período uno y cinco de 21.3 ± 0.9^a a 29.1 ± 0.9^e kg. Sin embargo, no se detectaron diferencias ($p > 0.05$) en los períodos cinco (29.1 ± 0.9^e) y seis (29.4 ± 0.9^e). El mayor CPD se registró entre los períodos dos a tres (164 ± 18^a g) y cuatro a cinco (165 ± 18^a g) y la menor en el último período (cinco a seis; 165 ± 18^c g). Los cambios detectados a través del tiempo en el PV y CPD corresponden a lo indicado por Rebollar-Rebollar *et al.* (2008) determinaron el nivel óptimo técnico (OT) o de máxima producción en ovinos Pelibuey machos, en el referido estudio se indica que la producción en un inicio tendrá un crecimiento rápido a medida que aumenta el suministro del alimento, posteriormente, se llegará a un punto en el que el peso de los ovinos tenderá a decrecer a niveles no satisfactorios. Adicionalmente, cuando los ovinos logran un nivel de consumo de alimento que permita cubrir sus requerimientos de mantenimiento y crecimiento (medido a través de un CPD positivo) la respuesta es un aumento de peso sostenido a través del tiempo (Castellanos, 1989; Oliva y Vidal, 2001; Mora-Morelos *et al.*, 2003). Al respecto, Castellanos (1989) indica que para obtener un CPD de 150 g los ovinos con 20, 25 y 30 kg, deben consumir 2.7, 3.0 y 3.4 Mcal EM d^{-1} , respectivamente. En el presente estudio los ovinos mostraron un menor consumo diario de EM, sin embargo, lograron un CPD superior a 150 g, es probable que esta respuesta sea atribuida a la densidad energética en las dietas utilizadas (Tabla 3), la cual resultó superior a la recomendación de Castellanos (1989).

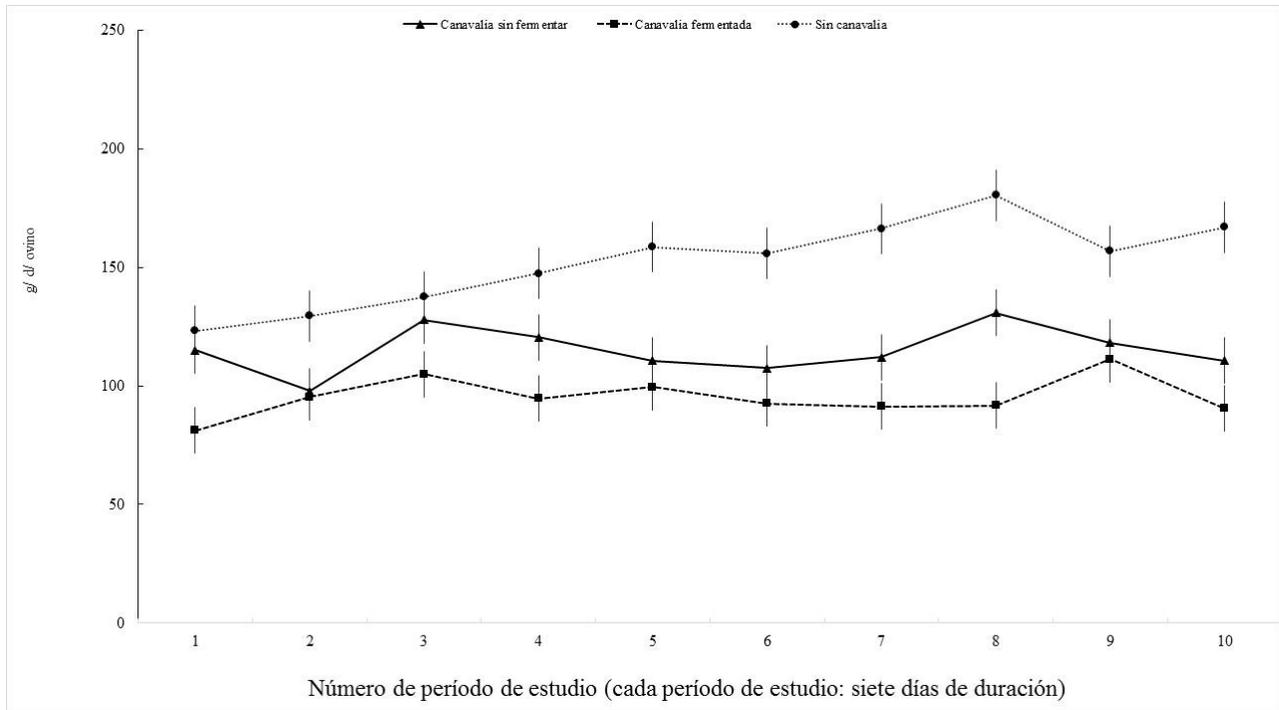


Figura 6. Medias de cuadrados mínimos (\pm error estándar) de consumo de fibra detergente ácido en corderos Pelibuey considerando el número de período y el tipo de dieta ($p < 0.01$)

Tabla 6. Medias de cuadrados mínimos (\pm errores estándar) de pesos vivos inicial y final y, cambio diario de peso en ovinos Pelibuey alimentados con dietas integrales elaboradas con base en semillas de *Canavalia ensiformis*

Variable	Tipo de dieta		
	Con canavalia sin fermentar	Con canavalia fermentada	Sin canavalia
Peso inicial, kg	21.0 \pm 1.1	20.8 \pm 1.1	22.2 \pm 1.2
Peso final, kg	25.2 \pm 1.7 ^a	28.0 \pm 1.7 ^a	35.5 \pm 1.8 ^b
Cambio de peso diario, g	62.0 \pm 13.4 ^a	107.0 \pm 13.4 ^b	195.0 \pm 14.6 ^c
Conversión alimenticia	14.9 \pm 3.16 ^a	7.5 \pm 0.59 ^b	5.9 \pm 0.36 ^b
Eficiencia alimenticia	0.079 \pm 0.012 ^a	0.137 \pm 0.009 ^b	0.173 \pm 0.011 ^b
N	6	6	5

a, b, c: valores con diferente superíndice dentro de la misma fila indican diferencia significativa ($p < 0.05$);

n: número de observaciones por tipo de dieta

La interacción tipo de dieta x número de período afectó ($p < 0.01$) el PV (Tabla 6) y CPD de los ovinos (Figura 7).

Los ovinos con la dieta sin canavalia mostraron un mayor PV a partir del período dos y hasta concluir el estudio con respecto a los ovinos de las dietas canavalia con y sin fermentación. No se detectaron diferencias ($p > 0.05$) en el PV de los ovinos que consumieron las dietas canavalia con y sin fermentación durante los períodos evaluados. Con respecto al CPD, los ovinos alimentados con la dieta sin canavalia solo mostraron un mayor CPD al inicio del estudio (período uno a dos) y en la parte intermedia del estudio (período tres a cuatro) con respecto a lo detectado en las dietas canavalia con y sin fermentación. Los

ovinos que consumieron la dieta canavalia fermentada mostraron un mayor CPD con respecto a la dieta canavalia sin fermentación únicamente en el período dos a tres, en los otros períodos el CPD resultó similar ($p > 0.05$).

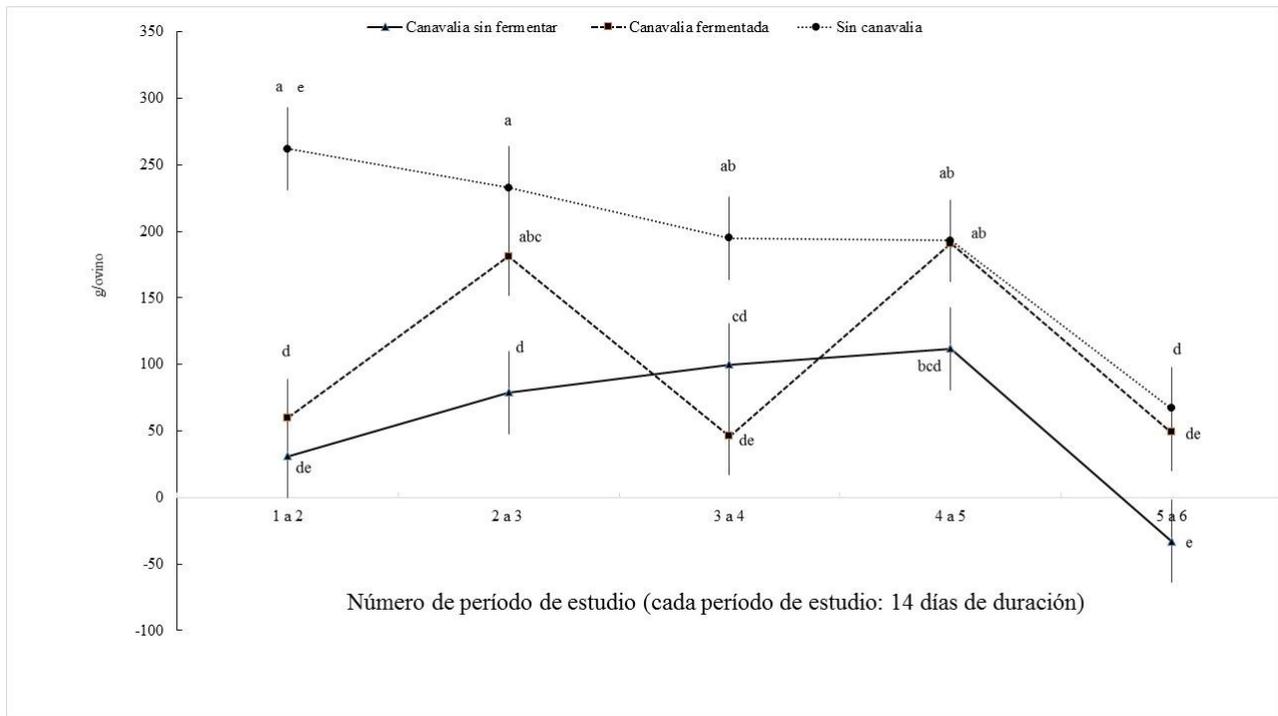


Figura 7. Medias de cuadrados mínimos (\pm error estándar) de cambio de peso diario en corderos Pelibuey considerando el número de periodo y el tipo de dieta a, b, c, d, e letras diferentes dentro y entre líneas indican diferencias ($p < 0.05$)

Con excepción del último periodo en la dieta canavalia sin fermentar, el CPD registrado durante todo el estudio fue positivo, independientemente de la dieta. Sin embargo, en las tres dietas se detectó una tendencia a reducir el CPD conforme avanzó el estudio. Este tipo de comportamiento en el CPD ha sido reportado previamente (Oliva y Vidal 2001) en ovinos Pelibuey en pastoreo que reciben una complementación alimenticia. En el presente estudio, los ovinos continuaron creciendo (incrementos en el

PV y CPD positivo) a través del estudio, independientemente de la dieta utilizada. Sin embargo, el máximo peso del ovino (cuando el peso del animal ésta en función del tiempo) no represento la máxima eficiencia biológica, lo cual concuerda con lo indicado previamente por Rebollar-Rebollar *et al.* (2008).

El CPD registrado en todo el período de estudio, CA y EA resultaron afectados ($p < 0.05$) por el tipo de dieta (Tabla 6). Aunque los ovinos alimentados con la dieta sin canavalia mostraron el mayor CPD con respecto a lo detectado en las dietas canavalia con o sin fermentar, la CA y EA en los tratamientos sin canavalia y canavalia fermentada resultaron similares ($p > 0.05$). Los ovinos con la dieta canavalia sin fermentar mostraron el menor CPD y EA, así como la mayor CA con respecto a las dietas sin canavalia y canavalia fermentada.

La CA obtenida con la dieta sin canavalia resulto similar a la reportada por Mamani (2013) y menor a la indicada por Dixon *et al.* (1983). Sin embargo, la CA en la dieta canavalia sin fermentar fue mayor a la señalada por Dixon *et al.* (1983) quienes muestran una CA de 8.9 y 10.8 para los niveles de inclusión de canavalia de 22 y 32 %, respectivamente. Por su parte, Mamani (2013) reportan una CA de 7.2 cuando la canavalia se incluye en un 28.2 %. Al parecer, el bajo consumo de MS y el reducido CPD detectado en los ovinos con la dieta canavalia sin fermentar explica la alta CA obtenida. En apoyo a lo anterior, existen indicios (Dixon *et al.* 1983) que sugieren que un incremento en el nivel de semillas crudas de canavalia en el alimento de ovinos tiende a incrementar el peso del contenido ruminal y posiblemente a reducir la tasa de cambio del contenido ruminal.

Es probable que la inclusión de semillas de canavalia en el alimento para ovinos, no solo afecte la palatabilidad de la dieta (Hughes-Jones *et al.* 1981) y la digestibilidad de la fracción fibrosa de la MS (Dixon y Mora, 1983), sino que los diversos factores antinutricionales (por ejemplo, Concanavalina A y canavanina) presentes en las semillas de canavalia limiten el consumo voluntario de este tipo de dietas. Aunque se ha sugerido las lectinas (Concanavalina A es una lectina) de *Phaseolus vulgaris* reducen la absorción de nutrientes por unirse a la superficie de las células epiteliales del intestino delgado. No se

dispuso de estudios que aborden el posible daño de Concanavalina A al epitelio del rumen. Mientras que en el caso, de la canavanina, Kihara y Snell (1955) muestran (en estudios *in vitro*) que este aminoácido inhibe el crecimiento de cultivos de la bacteria ácido láctica *Lactobacillus arabinosus* 17-5 (8014), la magnitud del posible daño de la canavanina a bacterias celulolíticas tendrá que ser abordado en estudios futuros.

Los resultados obtenidos en el consumo de PC, EM, FDN y FDA, así como el CPD, CA y EA sugieren que la aplicación del proceso de fermentación en estado sólido a la dieta canavalia fermentada permitió que los ovinos mostraran mayor eficiencia de crecimiento con relación a la dieta canavalia no fermentada. Se sugiere que esta mayor eficiencia pudiera estar relacionada con una reducción o inhibición de los efectos negativos de los factores antinutricionales presentes en las semillas de *C. ensiformis*. Al respecto, Carrillo (2014) muestra que la aplicación del proceso de fermentación en estado sólido a harina de semillas crudas de *C. ensiformis* permite reducir la concentración de canavanina en un 12 % con respecto a lo detectado en semillas de canavalia sin fermentar, 3.7 vs 4.2 g de canavanina 100 g MS⁻¹, respectivamente.

Características de la canal

Con excepción del rendimiento de la canal caliente, perímetro torácico, longitud de la pierna y diámetro menor del músculo *L. dorsi*, el resto de las variables estudiadas para determinar el rendimiento y composición de la canal de los ovinos Pelibuey resultaron afectadas ($p < 0.01$) por el tipo de dieta (Tabla 7).

Tabla 7. Influencia del tipo de dieta de finalización sobre la composición corporal de ovinos Pelibuey

Variable	Tipo de dieta		
	Canavalia sin fermentar	Canavalia fermentada	Sin Canavalia
Peso vivo al sacrificio, kg	25.2 ± 1.7 ^a	28.0 ± 1.7 ^a	35.5 ± 1.8 ^b
Peso canal caliente, kg	11.3 ± 0.8 ^a	12.4 ± 0.8 ^a	16.8 ± 0.9 ^b
Peso canal fría, kg	11.1 ± 0.8 ^a	12.1 ± 0.8 ^a	16.5 ± 0.9 ^b
Rendimiento canal caliente, %	44.7 ± 1.1	44.2 ± 1.1	47.4 ± 1.2
Mediciones en canal fría			
Perímetro torácico, cm	63.2 ± 1.3	63.2 ± 1.3	67.4 ± 1.4
Longitud de la canal, cm	49.6 ± 1.5 ^a	52.7 ± 1.5 ^a	59.2 ± 1.7 ^b
Longitud de la pierna, cm	40.7 ± 0.7	40.5 ± 0.7	41.8 ± 0.8
Área transversal del músculo <i>Longissimus dorsi</i> , cm ²	9.3 ± 0.6 ^a	10.7 ± 0.6 ^b	12.5 ± 0.7 ^b
Diámetro mayor del músculo <i>L. dorsi</i> , cm ²	4.8 ± 0.2 ^a	5.2 ± 0.2 ^b	5.8 ± 0.2 ^b
Diámetro menor del músculo <i>L. dorsi</i> , cm ²	2.2 ± 0.1	2.3 ± 0.1	2.7 ± 0.2
Grasa de cobertera, mm	0.9 ± 0.4 ^a	0.7 ± 0.4 ^a	2.8 ± 0.4 ^b
Cuello, kg	1.1 ± 0.1 ^a	1.0 ± 0.1 ^a	1.6 ± 0.1 ^b
Tórax, kg	3.0 ± 0.3 ^a	3.5 ± 0.3 ^a	4.8 ± 0.3 ^b
Brazo-brazuelo, kg ¹	1.9 ± 0.1 ^a	2.2 ± 0.1 ^a	2.7 ± 0.1 ^b
Abdomen, kg	2.4 ± 0.3 ^a	2.8 ± 0.3 ^a	3.8 ± 0.3 ^b
Pierna, kg ¹	2.6 ± 0.2 ^a	2.6 ± 0.2 ^a	3.5 ± 0.2 ^b
N	6	6	5

Medias de mínimos cuadrados (\pm errores estándar) a, b valores con diferente superíndice dentro de la misma fila indican diferencia significativa ($p < 0.05$); n: número de observaciones por tipo de dieta; 1, se refiere al peso de las dos extremidades.

Los ovinos que recibieron la dieta sin canavalia mostraron mayor grasa de cobertera y peso de la canal, así como mayor peso de los cinco cortes primarios con respecto a lo detectado en las dietas canavalia con

o sin fermentar. Sin embargo, el área transversal y el diámetro mayor del músculo *L. dorsi* resultaron similares en los ovinos que fueron alimentados con las dietas sin canavalia y canavalia fermentada.

El peso de la canal de los ovinos con la dieta canavalia fermentada y canavalia sin fermentar representó el 73.8 % y 67.3 %, respectivamente, del peso de la canal de los ovinos con la dieta sin canavalia, esta respuesta puede ser explicada, en parte, por el mayor consumo de EM que mostraron los ovinos con la dieta sin canavalia. Al respecto, Partida y Martínez (2010) muestran que un incremento en el nivel de energía en la dieta (de 2.6 a 2.85 Mcal EM kg MS⁻¹) permite obtener una canal más pesada en ovinos Pelibuey. En el presente estudio las dietas contuvieron un similar nivel de EM, sin embargo, los ovinos con la dieta sin canavalia mostraron mayor consumo de EM d⁻¹.

El rendimiento de la canal caliente fue menor al 50 % en los tres tratamientos evaluados, lo que concuerda con el rendimiento en canal reportado en ovinos Blackbelly (Cantón *et al.*, 1992) y Pelibuey (Oliva y Vidal, 2013) alimentados en pastoreo con complementación alimenticia y en Pelibuey en estabulación (Partida y Martínez 2010). Sin embargo, resultó inferior a lo señalado en ovinos Pelibuey intactos (Partida *et al.*, 2009; Macías-Cruz *et al.*, 2010) y castrados (García, 1998) alimentados en estabulación. Al parecer, las diferencias en el rendimiento de la canal entre estudios se pueden atribuir al grupo racial, sistema de alimentación, densidad energética en la dieta y peso al sacrificio.

La longitud de la canal y peso de los cortes primarios fue mayor en los ovinos con la dieta sin canavalia con relación a las otras dietas, este tipo de respuesta se atribuye al mayor consumo de nutrimentos en la dieta sin canavalia, condición que favorece una mayor síntesis de tejido muscular. En apoyo a lo señalada previamente, Partida y Martínez (2010) indican que la densidad energética en la dieta afecta la composición tisular de la canal de ovinos Pelibuey, en donde, una mayor densidad energética promueve un incremento constante de tejido muscular hasta los 44 kg de peso, después de lo cual disminuye. En el presente estudio los ovinos con la dieta sin canavalia mostraron un consumo superior y constante de

nutrimentos con respecto a los ovinos con las dietas con canavalia, lo que explica el mayor peso de sus cortes primarios.

El área y diámetro mayor del músculo *L. dorsi* resultaron similares en los ovinos con las dietas sin canavalia y canavalia fermentada, probablemente debido a la eficiencia alimenticia similar que se detectó entre dietas. Mientras que los ovinos con la dieta con canavalia sin fermentar presentaron los valores más reducidos en el área y diámetro mayor del músculo *L. dorsi*, así como una menor eficiencia alimenticia, esta última es indicador de la capacidad del animal para obtener ganancia de peso en función del alimento consumido.

Tabla 8. Influencia del tipo de dieta de finalización sobre el rendimiento de diferentes piezas de la canal de ovinos Pelibuey

Variable	Tipo de dieta		
	Canavalia sin fermentar	Canavalia fermentada	Sin Canavalia
Peso canal fría, kg	11.1 ± 0.8 ^a	12.2 ± 0.8 ^a	16.6 ± 0.9 ^b
Cuello, %	10.1 ± 0.7	8.5 ± 0.7	9.8 ± 0.8
Tórax, %	27.3 ± 1.1	28.4 ± 1.1	28.9 ± 1.2
Brazo-brazuelo, %	17.3 ± 0.3 ^a	18.2 ± 0.3 ^a	16.6 ± 0.4 ^b
Abdomen, %	21.5 ± 0.8	23.0 ± 0.8	22.8 ± 0.9
Pierna, %	23.4 ± 0.6 ^a	21.5 ± 0.6 ^b	21.4 ± 0.6 ^b
Número de observaciones	6	6	5

Medias de mínimos cuadrados (± errores estándar) a, b: valores con diferente superíndice dentro de la misma fila indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

Con excepción del rendimiento brazo-brazuelo y la pierna, el resto de los cortes (cuello, tórax y abdomen) resultó similar ($p > 0.05$) entre dietas (Tabla 8). Al respecto, Partida y Martínez (2010) reportan que ni el peso al sacrificio ni la densidad energética en la dieta tuvieron afectaron la proporción de piezas en la canal, lo cual concuerda, parcialmente, con los resultados obtenidos en este estudio.

2.4 CONCLUSIONES

El proceso de fermentación en estado sólido no modificó la composición química de la dieta canavalia fermentada con respecto a canavalia sin fermentar. No obstante, los ovinos que consumieron la dieta con canavalia fermentada obtuvieron mayor eficiencia alimenticia y cambio de peso diario con respecto a los que consumieron la dieta canavalia sin fermentar, lo que indica que la aplicación de este proceso a un alimento con harina de semillas de canavalia cruda permite incrementar la eficiencia de producción de los ovinos en finalización con respecto a una dieta con canavalia sin fermentar. Los ovinos alimentados con la dieta sin canavalia, mostraron mayor consumo de nutrimentos con relación a los alimentados con las dietas canavalia con y sin fermentar, esta circunstancia favoreció que estos ovinos mostraran mayor eficiencia de crecimiento, así como mayor peso de la canal con referencia a los ovinos que recibieron las dietas con canavalia. La incorporación de harina de semillas de canavalia en la dieta de ovinos en finalización permitió cambios positivos en el crecimiento, peso y composición de la canal. Sin embargo, estos cambios fueron de menor magnitud con respecto a los obtenidos en ovinos alimentados con una dieta sin semillas de canavalia.

2.5 AGRADECIMIENTOS

Se agradece al CONACYT la beca otorgada al primer autor para realizar sus estudios de Maestría en Ciencias dentro del programa de Producción Agroalimentaria en el Trópico del Colegio de Postgraduados

Campus Tabasco y al Dr. José Manuel Piña Gutiérrez, propietario de la finca El Rodeo por las facilidades otorgadas y el financiamiento parcial de la presente investigación.

2.6. LITERATURA CITADA

AOAC (1995) Association of Official Analytical Chemist. Official Methods of Analysis. AOAC International. 16th Edition. Washington D.C. U.S.A.

ARC (1980). Agricultural Research Council The nutrient requirements of ruminant livestock, Farnham Royal, Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough, England.

Ayuntamiento Constitucional Jalapa (2010) Plan de contingencia municipal. Sistema estatal de protección civil. H. Ayuntamiento Constitucional Jalapa, Tabasco, México. 54 p. <http://www.transparenciajalapa.gob.mx/pdfs/PLAN%20MUNICIPAL%20DE%20CONTINGENCIAS%20PROTECCION%20CIVIL.pdf> consultado el 20 de octubre del 2014.

Cáceres O, González E, Delgado R (1995). *Canavalia ensiformis*: leguminosa forrajera promisoría para la agricultura tropical. Pastos y Forrajes 18: 107-119.

Cantón JG, Velázquez A, Castellanos A (1992) Body composition of pure and crossbred Blackbelly sheep. Small Ruminant Research. 7: 61-66.

Castellanos AF (1989) Requerimientos alimenticios del borrego Pelibuey. Castellanos AF, Arellano C (eds) In: Tecnologías para la producción de ovejas tropicales. Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales y Agropecuarias. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Mérida, Yucatán, México y Santiago, República de Chile. pp. 78-90.

Carrillo ED (2014) Efecto de la extrusión y fermentación sólida en la concentración de canavanina de semillas de canavalia (*Canavalia ensiformis* L.). Tesis Maestría en Ciencias Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Tabasco, México. 92 p.

- Cody RP, Smith JK (1991) Repeated measures designs. Chapter 8. In Applied Statistics and the SAS programming language. 3^{ra} ed. North-Holland, Elsevier Science Publishing Co. Inc., USA, pp 163-171.
- Dixon RM, Escobar A, Montilla J, Viera J, Carabano J, Mora M, Risso J, Parra R, Preston TR (1983). *Canavalia ensiformis*: A legume for the tropics. In Recent Advances in Animal Nutrition Conference Proceeding, Armidal, Australia. Pp. 129-140. http://livestocklibrary.com.au/bitstream/handle/1234/19420/83_129.pdf?sequence=1 consultado el 7 de septiembre de 2014.
- Dixon RM, Mora M (1983) Particulate matter breakdown and removal from the rumen in sheep given Elephant grass forage and concentrates. Tropical Animal Production 8: 254-260.
- Domínguez-Bello MG, Stewart CS (1990) Effects of feeding *Canavalia ensiformis* on the rumen flora of sheep, and of the toxic amino acid canavanine on rumen bacteria. Systematic and Applied Microbiology 13: 388-393.
- Domínguez-Bello MG (1996) Detoxification in the rumen. Annales de Zootechnie 45 Suppl. 323-327.
- Ekanayake S, Jansz ER, Baboo M, Nair BM, Abeysekera AM (1999) A review on an underutilization legume *Canavalia gladiata*. Vidyodaya Journal of Science 8: 1-25.
- Elías A, Lezcano O, Lezcano P, Cordero J, Quintana L (1990) Reseña descriptiva sobre el desarrollo de una tecnología de enriquecimiento proteico de la caña de azúcar mediante fermentación en estado sólido (Saccharina). Revista Cubana Ciencia Agrícola. 24:1.
- Elías A, Aguilera L, Rodríguez Y, Herrera FR (2009) Inclusión de niveles de harina de granos de *Canavalia ensiformis* en la fermentación de la caña de azúcar en estado sólido (Sacchacanavalia). Revista Cubana de Ciencia Agrícola 43: 51-54.
- García JA, Núñez-González FA, Rodríguez-Almeida FA, Prieto C, Molina-Domínguez NI (1998) Calidad de la canal y de la carne de borregos Pelibuey castrados. Técnica Pecuaria en México 36: 225-232.

- González LA, Hoedtke S, Castro S, Zeyner A (2012) Evaluación de la ensilabilidad *in vitro* de granos de canavalia (*Canavalia ensiformis*) y vigna (*Vigna unguiculata*), solos o mezclados con granos de sorgo (*Sorghum bicolor*). Revista Cubana de Ciencia Agrícola 46: 55-61.
- Hughes-Jones M, Encarnación C, Preston T R (1981) Some dietary interactions of sugar cane juice and high protein supplements. Tropical Animal Production 6: 271-278.
- Kessler CDJ (1990) An agronomic evaluation of Jackbean (*Canavalia ensiformis*) in Yucatán, Mexico. I. Plant Density. Experimental Agriculture 26: 11-22.
- Kihara H, Snell EE (1955) Ethionine, and canavanine inhibitions by thienylalanine, growth: VII. Relation to peptides and bacterial. The Journal of Biological Chemistry. 212:83-94.
- Macías-Cruz U, Álvarez-Valenzuela FD, Rodríguez-García J, Correa-Calderón A, Torrentera-Olivera NG, Molina-Ramírez L, Avendaño-Reyes L (2010) Crecimiento y características de canal en corderos Pelibuey puros y cruzados F1 con razas Dorper y Katahdin en confinamiento. Archivos de Medicina Veterinaria. 42: 147-154.
- Mamani AV (2013) Comportamiento productivo y económico de corderos en engorda con grano de *Canavalia ensiformes* como harina y pellet. Tesis de Maestro en Ciencias en Producción y Salud Animal. División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. 44 p.
- Mamani A, Aguilar J, De la Cruz J, Berumen A, Luna C (2013) Engorda intensiva de corderos con grano de *Canavalia ensiformis*. XL Reunión de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria, A.C. y IX Seminario Internacional de Ovinos en el Trópico. Villahermosa, Tabasco, México. Pp. 397-400.
- Martínez AMM, Bores RF, Castellanos AF (1987) Zoometría y predicción de la composición corporal de la borrega Pelibuey. Técnica Pecuaria en México. 25: 72-84.

- Martin PC, Palma JM (1999) Manual para fincas y ranchos ganaderos. Indicadores útiles para su manejo. Tablas tropicales de composición de alimentos. Agrosystems Editing, Colima, México. 120 p.
- Mora MA (1983) *Canavalia ensiformis*: uso en rumiantes. Trabajo de grado Maestría en Producción Animal. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. <http://www.postgrado.ucv.ve/biblioteca/tesis.asp?id=TA332&fecha=3>>, consultado el 2 de febrero de 2014.
- Mora M, Parra R, Escobar A (1986) *Canavalia ensiformis* su utilización en la alimentación de rumiantes, resultados preliminares. Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 7: 179-192.
- Mora-Morelos H, Hinojosa-Cuéllar JA, Oliva-Hernández J (2003) Características de crecimiento postdestete de borregos Pelibuey en pastoreo con suplemento alimenticio. Universidad y Ciencia. 19:105-111.
- Nava R, Ruíz B, Belmar R (1999) Una reseña corta sobre el valor nutritivo y factores antinutricionales de frijoles de canavalia y terciopelo dados a cerdos. Revista Computarizada de Producción Porcina 6: 5-14. <http://www.Sian.info.ve/porcinos/publicaciones/rccpn/rev63/RCP63art1.htm>
- Ørskov ER, Hovell DeB FD, Mould F (1980) The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. Tropical Animal Production. 5: 195-213.
- Oliva J, Vidal A (2001) Utilización del zeranol en borregos Pelibuey en pastoreo y con concentrado energético. Universidad y Ciencia. 17: 57-64.
- Oliva J, Vidal A (2013) Descripción de la composición corporal en ovinos Pelibuey en pastoreo con complementación alimenticia e implantados con zeranol. Investigación y Posgrado. 3: 9-12.
- Pacheco MA, Rivera J (1985) Utilización del grano de *Canavalia ensiformis* en dietas para rumiantes. 1a Reunión sobre la producción y utilización del grano de *Canavalia ensiformis* en sistemas pecuarios de Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán, Yucatán, México. 10 p.

- Parra A, Combellas J, Dixon R (1984) Rumen degradability of some tropical stuffs. *Tropical Animal Production*. 9: 196-199.
- Partida JA, Braña D, Martínez L (2009) Desempeño productivo y propiedades de la canal de ovinos Pelibuey y sus cruzas con Suffolk o Dorset. *Técnica Pecuaria en México*. 47: 313-322.
- Partida JA, Martínez L (2010) Composición corporal de corderos Pelibuey en función de la concentración energética de la dieta y del peso al sacrificio. *Veterinaria México* 41: 177-190.
- Partida JA, Braña D (2011) Metodología para la evaluación de la canal ovina. Folleto Técnico No. 9. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología Animal. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México. 58 p.
- Pound B, Doné F, Peralta G (1972) Effect of cutting frequency on seed and forage yield of *Canavalia ensiformis* (L) DC (Jack Bean). *Tropical Animal Production* 7:262-266.
- Pizzani P, Vargas RE, Pérez S, Méndez A, Coromoto M, Sivoli L (2006) Efectos del tostado sobre el valor de energía metabolizable verdadera y el contenido de factores antinutricionales de harinas de granos. *Revista Científica FCV-LUZ*. 16: 523-550.
- Rebollar-Rebollar S, Hernández-Martínez J, Rojo-Rubio R, González-Razo FJ, Mejía-Hernández P, Cardoso-Jiménez D (2008) Óptimos económicos en corderos Pelibuey engordados en corral. *Universidad y Ciencia* 24: 67-73.
- SAS (1999) Statistical Analysis System, User's. SAS Institute, Cary, N.C. USA.
- Sivoli L, Michelangeli C, Méndez A (2004) Efecto combinado de la deshidratación en doble tambor y del tostado sobre la energía metabolizable verdadera y factores antinutricionales de harinas de *Canavalia ensiformis*. *Zootecnia Tropical* 22: 241-249.
- Socorro M, Levy-Benshimol A, Tovar J (1989) *In vitro* digestibility of cereal and legume (*Phaseolus vulgaris*) starches by porcine, bovine and human pancreatic α -amylases. *Starch Staerke* 41: 69-71.

- Sridhar KR, Seena S (2006) Nutricional and antinutricional significance of four unconventional legumes of the genus *Canavalia* – A Comparative study. *Food Chemistry* 99: 267-288.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3583–3597.
- Vargas LM (1989). Estudios sobre la degradación ruminal del grano (*Canavalia ensiformis*) Tesis de a Maestría en Ciencia Animal Tropical. Universidad Autónoma de Yucatán, México. 142 p.
- Wang Z, Goonewardene LA (2004) The use of MIXED models in the analysis of animal experiments with repeated measures data. *Canadian Journal of Animal Science*. 84: 1-11.
- Würsch P, Del Vedovo S, Koellreutter B (1986) Cell structure and starch nature as key determinants of the digestion rate of starch in legume. *The American Journal of Clinical Nutrition* 43: 25-29.

CAPITULO III

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

3. Conclusiones

El proceso de fermentación en estado sólido no modificó la composición química de la dieta canavalia fermentada con respecto a canavalia sin fermentar.

La inclusión de harina de semillas de canavalia en un alimento fermentado o sin fermentar reduce el consumo de materia seca y nutrimentos en los ovinos con respecto a lo detectado en un alimento sin canavalia.

Los ovinos que consumieron la dieta con canavalia fermentada obtuvieron mayor eficiencia alimenticia y cambio de peso diario con respecto a los que consumieron la dieta con canavalia sin fermentar, lo que indica que la aplicación de este proceso a un alimento con harina de semillas de canavalia cruda permite incrementar la eficiencia de producción de los ovinos en finalización con respecto a una dieta con canavalia sin fermentar.

Los ovinos alimentados con la dieta sin canavalia, mostraron mayor consumo de nutrimentos con relación a los alimentados con las dietas canavalia con y sin fermentar, esta circunstancia favoreció que estos ovinos mostraran mayor eficiencia de crecimiento, así como mayor peso de la canal con referencia a los ovinos que recibieron las dietas con canavalia.

La incorporación de harina de semillas de canavalia en la dieta de ovinos en finalización permitió cambios positivos en el crecimiento, peso y composición de la canal. Sin embargo, estos cambios fueron de menor magnitud con respecto a los obtenidos en ovinos alimentados con una dieta sin semillas de canavalia.

Recomendaciones

Con base en los resultados se evidencia que existen inconsistencias en los efectos que tiene la incorporación de semillas crudas de canavalia en el alimento sobre la eficiencia productiva de los ovinos, por lo que no se recomienda incorporarla en niveles superiores al 25 %.

Se sugiere realizar estudios complementarios que permitan: a) determinar la influencia del nivel de incorporación de harina de semillas de canavalia en el alimento sobre la palatabilidad de dietas para ovinos; b) establecer estudios que evalúen niveles de inclusión de semillas de canavalia inferiores a 25 % sobre el comportamiento productivo de los ovinos.

La incorporación de harina de semillas crudas de canavalia en el alimento no permitió optimizar el potencial de crecimiento de los ovinos Pelibuey con respecto a un alimento control, por lo que se sugiere utilizarlas en el nivel evaluado siempre y cuando el alimento sea sometido al proceso de fermentación en estado sólido y el valor económico de la harina de semillas sea inferior al de la pasta de soya, con el fin de compensar la mayor conversión alimenticia que se obtiene con este tipo de dietas.

Evaluar alternativas en el manejo de la harina de semillas crudas de canavalia que permitan incrementar el consumo voluntario de dietas con canavalia en ovinos. Por ejemplo, el tostado y molido de las semillas seguido del proceso de fermentación en estado sólido.