

Uso potencial y limitantes de la leguminosa *Canavalia ensiformis* en la salud y productividad de los ovinos

Potential use and constraints of the legume *Canavalia ensiformis* for lamb health and productivity

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, Cárdenas, Tabasco, México

²Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Montecillo, Estado de México, México

³Práctica privada, Tabasco, México

⁴Campo Experimental Huimanguillo, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, km 1.0 carretera Huimanguillo-Cárdenas, CP. 86400 Huimanguillo, Tabasco, México.

*Autor de correspondencia: olivajh20@yahoo.com.mx

Artículo de revisión **recibido:** 17 de septiembre de 2014, **aceptado:** 17 de abril de 2016

RESUMEN. El proceso de crecimiento y finalización de corderos machos en estabulación con dietas integrales es una práctica de producción que se usa 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. Por lo que es importante considerar el uso de ingredientes con disponibilidad regional para elaborar alimentos para ovinos. Entre los diversos ingredientes se encuentran las semillas de *Canavalia ensiformis*, cuyo contenido en proteína cruda y energía metabolizable las hace atractiva como ingrediente proteínico; pero este tipo de semillas poseen diversos factores antinutricionales que limitan su incorporación de forma extensiva en los programas de alimentación de ovinos. La presente revisión muestra resultados que se han obtenido en la eficiencia de crecimiento de ovinos alojados en clima cálido húmedo alimentados con dietas que incluyen harina de semillas de canavalia. 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 semilla de canavalia. Adicionalmente, se incluye 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 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 male lambs indoors with complete diets is a production practice that has grown in tropical areas. However, the high cost of the ingredients used to prepare commercial feed limits the profitability of this production system. Therefore, it is important to consider the use of available regional ingredients to produce feed for sheep. Among such various ingredients are the seeds of *Canavalia ensiformis* (jack bean), whose crude protein and metabolizable energy content make them attractive options for use as protein ingredient. However, these seeds have several anti-nutritional factors that limit their widespread incorporation into sheep feeding programs. This review shows the results that have been obtained in growth efficiency of lambs housed in a warm humid environment and fed with diets that include raw jack bean seeds. Changes that occur in the rumen microbial population and degradation of dry matter and crude protein of jack bean seeds are highlighted. Additionally, the need to generate knowledge about the application of physical-chemical and biological processes that allow use of jack bean seeds in sheep feeding in a sustainable manner and without risks to their health is discussed.

Key words: Lamb, jack bean, growth, tropics, daily gain weight

INTRODUCCIÓN

En la región tropical de México con frecuencia la finalización de corderos se efectúa en condiciones de estabulación con dietas integrales que permitan una ganancia diaria de peso (GDP) mayor a 180 g y conversión alimenticia menor a siete (Muñoz-Osorio et al. 2015). En este sistema de producción se evita la exposición de los animales a los efectos negativos de los factores climáticos del sistema bajo pastoreo (Zamora-Zepeda et al. 2015) y se reduce la posibilidad de infestación con nematodos gastrointestinales (González-Garduño et al. 2011, López et al. 2013). Sin embargo, el alto costo económico de las dietas integrales de tipo convencional y el manejo en estabulación pueden disminuir las utilidades del proceso de finalización (González-Garduño et al. 2013). Por lo que es necesario considerar el uso de recursos alimenticios disponibles en el trópico, que puedan integrarse a la dieta o como complemento alimenticio que aporten proteína y almidón, sin elevar el costo de la ración y con resultados similares a las dietas con ingredientes convencionales (Luna-Palomera et al. 2010).

Entre los recursos disponibles se encuentran las semillas o granos de *Canavalia ensiformis*. La harina de sus semillas contiene 3.35 Mcal EM kg⁻¹ de materia seca (MS) (Martín y Palma 1999), entre 18.8 y 29.8 % de proteína cruda (PC) (Ajayi et al. 2010, Doss et al. 2011) y entre 24.7 y 56.7 % de almidón; lo que la hace atractiva desde el punto de vista nutricional (Zamora 2003, Sivoli et al. 2007). Sin embargo, el uso de harina de semillas de canavalia se encuentra limitado por factores antinutricionales (FAN) (Akanji et al. 2015). Además de la baja o nula disponibilidad comercial de semillas (Cáceres et al. 1995) y de las pocas publicaciones que se tienen sobre su empleo en ovinos (Domínguez-Bello y Stewart 1990, Hernández-Montiel et al. 2016). Por lo anterior, el objetivo de la presente revisión es presentar los resultados que se han obtenido en la productividad y estado de salud de los ovinos que consumen *C. ensiformis* como parte de su alimento.

POTENCIAL PRODUCTIVO DE LA CANAVALIA

En México, la leguminosa *C. ensiformis* no se utiliza como ingrediente alternativo en la alimentación de los ovinos a nivel comercial. Además de la poca información sobre la influencia que tiene su consumo en los ovinos (Cáceres et al. 1995, Hernández-Montiel et al. 2016). La semilla de *C. ensiformis* tiene amplias posibilidades de uso en la alimentación de rumiantes debido a que proporciona forraje y semillas (Villanueva-Avalos et al. 2010). Es una planta anual que se desarrolla en la regiones tropicales y subtropicales, debido a que puede crecer en temperaturas de 14 a 27 °C, con precipitación de 711 a 4 191 mm. Se adapta a un amplio rango de condiciones edáficas, prosperando en suelos ácidos con pH de 4.0 a 6.5, aunque su desarrollo es mayor en pH de 6.5 (Sheahan 2012).

Las semillas maduras se cosechan de los 180 a los 300 d, con producción máxima de 4.6 t de semilla ha⁻¹, aunque es más frecuente cosechar 1 t ha⁻¹ (Sheahan 2012). En el estado de Yucatán, México, se reportan rendimientos de entre 1 y 3.8 t de semilla ha⁻¹, pero se requieren realizar estudios de tipo agronómico (Hernández-Montiel et al. 2016, Chel-Guerrero et al. 2016). La importancia de la canavalia como alimento para rumiantes radica en su aporte de proteína cruda, almidón y fibra (Sivoli et al. 2007, Ajayi et al. 2010). De acuerdo con Estupiñán et al. (2007) el forraje de canavalia tiene 52.3 % de fibra detergente neutro (FDN), 37.6 % de fibra detergente ácido (FDA), 56 % de digestibilidad de la FDN y 49.5 % de digestibilidad de la FDA (Tabla 1).

CONCAVALINA A Y CANAVANINA EN LAS SEMILLAS DE CANAVALIA

Los FAN y sustancias tóxicas presentes en *C. ensiformis* protegen a la planta contra el ataque de bacterias, virus, insectos y herbívoros (Rosenthal 1991); pero, este tipo de sustancias son tóxicas para los animales (Ologhobo et al. 2003). En la Tabla 2 se indican los principales FAN detectados en las

Tabla 1. Composición química de la semilla de *Canavalia ensiformis*.

Componente	Valores	Referencia
Materia seca (%)	69.4 - 91.6	Ajayi et al. (2010), Doss et al. (2011), González et al. (2012)
Proteína cruda (%)	18.8 - 33.4	Ajayi et al. (2010), Doss et al. (2011), Chel-Guerrero et al. (2016)
Extracto etéreo (%)	2.6 - 4.2	Ajayi et al. (2010), Doss et al. (2011), Chel-Guerrero et al. (2016)
Fibra detergente neutro (%)	24.9 - 49.8	Michelangeli et al. (2004), Ajayi et al. (2010), González et al. (2012)
Fibra detergente ácido (%)	10.9 - 22.3	Michelangeli et al. (2004), Ajayi et al. (2010), González et al. (2012)
EM (Mcal kg MS ⁻¹)	2.1 - 3.35	Martin y Palma (1999), Ajayi et al. (2010)
Digestibilidad de la materia orgánica (%)	60.9	Ajayi et al. (2010)
Almidón (%)	24.7 - 56.7	Akpapunam y Sefa-Dedeh (1997), Zamora (2003), Sivoli et al. (2007)

Tabla 2. Principales componentes antinutricionales en la harina de *Canavalia ensiformis*.

Componente	Referencia
Fenoles libres totales (mg 100 g ⁻¹)	3 830 - 4 600 Doss et al. (2011), Vadivel y Biesalski (2012)
Taninos (mg 100 g ⁻¹)	82.5 - 1 600 Doss et al. (2011), Vadivel y Biesalski (2012)
Saponinas (mg 100 g ⁻¹)	571 Sridhar y Seena (2006)
Concanavalina A (mg 100 g ⁻¹)	2 400 - 3 500 Méndez et al. (1998)
Canavanina (mg 100 g ⁻¹)	4 290 - 4 420 Zamora (2003)
L-DOPA (mg 100 g ⁻¹)	1 700 - 2 400 Doss et al. (2011), Vadivel y Biesalski (2012)
Cianuro de hidrógeno (mg 100 g ⁻¹)	5.0 - 11.2 Akpapunam y Sefa-Dedeh (1997), Agbede y Aletor (2005)
Ácido fitico (mg 100 g ⁻¹)	2 200 - 2 780 Akpapunam y Sefa-Dedeh (1997), Vadivel y Biesalski (2012)
Fitina (mg 100 g ⁻¹)	18.5 Agbede y Aletor VA (2005)
Fitina-Fosforo (mg 100 g ⁻¹)	5.22 Agbede y Aletor VA (2005)
Actividad inhibidora de tripsina (U mg ⁻¹)	0.38 - 27.4 Zamora (2003), Doss et al. (2011), Chel-Guerrero et al. (2016)
Actividad inhibidora de quimiotripsina (U mg ⁻¹)	21.1 Zamora (2003)
Actividad inhibidora de alfa-amilasa (U mg ⁻¹)	7.1 Zamora (2003)
Título hemaglutinante (UH mg ⁻¹)	16 Zamora (2003)

semillas de *C. ensiformis*, destacando concanavalina fracción A (Con A) y canavanina debido a que son los principales FAN presentes en *C. ensiformis*, cuya presencia en el organismo animal se asocia con efectos negativos en el consumo de alimento e integridad y funcionalidad del epitelio intestinal (Rueda et al. 2003). En las semillas de *C. ensiformis* se encuentran las proteínas globulares Con A y concanavalina fracción B (Con B). La primera es la más abundante, pudiendo representar el 23 % de la proteína total de la semilla, mientras que Con B representa el 0.9 % de la proteína total (Schlesier et al. 1996). La Con A es considerada una lectina con propiedades importantes debido a su capacidad para propiciar interacciones entre las células, ya que contiene sitios de unión específicos para residuos α -D-glucosilo y α -D-manosilo presentes en la superficie de células animales y microorganismos (Murray et al. 2013).

Con A tiene relevancia desde el punto de vista nutricional, debido a que reduce la eficiencia productiva de los animales, afectando de forma negativa la digestión de los alimentos, al reducir la contribución de los microbios en la digestión y alterar la

integridad del epitelio intestinal (Udedibie y Carlini 1998, Ologhobo et al. 2003). Los daños en la integridad del epitelio intestinal asociados al consumo de Con A afectan de forma indirecta el rendimiento productivo del animal, debido a que inhibe la actividad enzimática, reduce el nivel de consumo de alimento y compromete la salud (Larue-Achagiotis et al. 1992, Méndez et al. 1998). Las lesiones en la mucosa intestinal afectan los mecanismos de defensa natural del animal, lo que reduce su capacidad para contener las bacterias inoñas, que al pasar de la luz intestinal hacia la linfa, sangre e hígado, generan la muerte (Ologhobo et al. 2003). Con A puede unirse a polisacáridos como el almidón y formar precipitados, lo que reduce la disponibilidad de los carbohidratos para su digestión y absorción (Udedibie y Carlini 1998). Resultados de estudios *in vitro* indican que Con A reduce la actividad de la pepsina y amilasa afectando la tasa de digestibilidad de la proteína y del almidón (Thompson y Gabon 1987). La interacción entre Con A con los microbios que habitan el tracto intestinal pueden generar la aglutinación de las bacterias al unirse a Con A con

los carbohidratos de superficie de los microorganismos, lo que reduce la contribución de los microorganismos en la digestión de los alimentos, además de interferir con la capacidad de adhesión de las enterobacterias con la mucosa intestinal (Jaffe 1980). La formación de uniones de Con A con las glucoproteínas y glucolípidos del epitelio intestinal, afectan la integridad y funcionamiento del epitelio al inhibir la actividad enzimática de las microvellosidades de los enterocitos y la eficiencia de absorción de nutrientes (Sridhar y Seena 2006).

La L-canavanina es un aminoácido no proteínico que se encuentra en las semillas, hojas, tallos y raíces de la *C. ensiformis* y puede representar entre el 4 y 5 % del peso seco de las semillas (Zamora 2003). En la función digestiva de los animales adquiere importancia debido a su analogía estructural con la L-arginina y su capacidad para inhibir el transporte de aminoácidos (Rueda et al. 2003). En diversos estudios efectuados en microbios, insectos y células humanas se ha demostrado que la L-canavanina afecta la formación y función de las proteínas que tienen dentro de su composición L-arginina y que el efecto es más marcado cuando el medio contiene una baja concentración de arginina (Swaffar et al. 1994). En las aves, la L-canavanina inhibe el transporte de L-lisina, L-metionina y L-arginina dependiente del Na⁺ en la membrana apical del enterocito (Rueda et al. 2003). En las dietas balanceadas para animales de granja es frecuente que estas contengan alta concentración de arginina (Udedibie y Carlini 1998).

PROCESAMIENTO DE LAS SEMILLAS DE CANAVALIA PARA REDUCIR SU TOXICIDAD

La eliminación o reducción de los FAN de las semillas de *C. ensiformis* son esenciales para aprovechar el valor nutricional en la alimentación de los animales (Chel-Guerrero et al. 2016, Hernández-Montiel et al. 2016). En términos generales, los efectos negativos de los FAN en las semillas de canavalia pueden ser eliminados, reducidos y/o inhibidos, si las semillas reciben algún tratamiento

físico, químico ó biológico antes de ser consumidas (Elías et al. 2009, Vadivel y Biesalski 2012, Owen et al. 2015). Con frecuencia, la aplicación de sólo un tratamiento a las semillas no logra eliminar los FAN de forma efectiva, por lo que se requiere utilizar dos o más tratamientos antes de su incorporación como parte de los alimentos (Akande y Fabiyi 2010, Doss et al. 2011, Alagbaoso et al. 2016).

Se tiene varios procesos tecnológicos que se pueden aplicar a las semillas de *C. ensiformis* para eliminar, reducir o inactivar los FAN y para alterar la estructura del almidón (Tabla 3), con la finalidad de mejorar el acceso de los gránulos al ataque enzimático y la utilización de los nutrientes (Sivoli et al. 2007, Emenike et al. 2016). En términos generales, los principios utilizados para el procesamiento de las semillas de canavalia son el fraccionamiento de la semilla, temperaturas elevadas con o sin humedad, alta presión, remojo en agua, tratamientos químicos, fermentación y germinación (Akande y Fabiyi 2010). También se ha encontrado que al someter dietas que incluyen harina de canavalia a la fermentación, se reduce la presencia de FAN y se aumenta la calidad nutritiva (Elías et al. 2009).

La mayor parte de los estudios para evaluar la influencia de la incorporación de semillas de canavalia en la dieta, se han realizado con harina de semilla cruda (Dixon et al. 1983, Domínguez-Bello y Stewart 1990). Asumiendo que el rumiante dispone de una población de microbios en el rumen capaz de eliminar las toxinas, así como tolerar o adaptarse a la presencia de los FAN presentes en las semillas de canavalia (Domínguez-Bello 1996). Algunas semillas de leguminosas como *Clitoria ternatea* tienen propiedades defaunantes al reducir la actividad de los protozoarios, lo que puede aumentar el flujo de proteína de origen microbiano al intestino delgado (Ajayi et al. 2010). De ahí la importancia de establecer la capacidad de los ovinos para tolerar diferentes niveles de inclusión de harina de semillas de canavalia, sin que se afecte el rendimiento productivo y la salud (Dixon et al. 1983, Domínguez-Bello y Stewart 1990).

Al incluir harina de semillas de canavalia en

Tabla 3. Influencia de algunos métodos de procesamiento sobre los factores antinutricionales en semillas crudas de *C. ensiformis*.

Método de procesamiento	Cambio logrado	Referencia
Deshidratación más tostado (180 a 200 °C 2 min)	Reducción de la capacidad de la Con A de unirse al epitelio intestinal y del contenido de canavanina entre 21 y 33 %.	Sivoli et al. (2004)
Tostado (180 a 240 °C 1 a 3 min)	Reducción de la capacidad de la Con A de unirse al epitelio intestinal y del contenido de canavanina entre 56 y 95 %.	Pizzani et al. (2006)
Cocción en autoclave (121 °C 1.5 atm)	Eliminación de saponinas, glucosidos cianogenicos, terpenoides, alcaloides y ausencia de lesiones en el epitelio intestinal; reducción de la canavanina en un 24 %.	Ekanayake et al. (2007), Akande y Fabiyi (2010)
Cocción (1 a 3 h)	Eliminación de saponinas, glucosidos cianogenicos, terpenoides, alcaloides, inhibidores de la tripsina, Con A y reducción de la ureasa.	Fagbenro et al. (2007)
Extrusión (155 °C, 20 % humedad, velocidad de tornillo 75 rpm, velocidad de alimentación 205 g min ⁻¹)	Reducción en la actividad de inhibidores de tripsina, quimotripsina y α -amilasa en un 95 %; eliminación de la actividad hemoaglutinante; el contenido de canavanina no se alteró.	Zamora (2003)
Remojo (15 h) y secado (50 °C 3.5 h)	No se alteró la concentración de canavanina	Ekanayake et al. (2007)
Remojo (15 min), cocción (100 °C, 20 min, secado (50 °C 6 h)	Reducción de la canavanina en un 49 %	Ekanayake et al. (2007)
Germinación (25 °C 4 d)	Reducción de la actividad de inhibidores de tripsina, quimotripsina, hemoaglutinante en un 78, 43 y 51 %, respectivamente.	Aguilera et al. (2013)

el alimento para ovinos se debe considerar que el almidón de semillas de leguminosas presenta digestibilidad de entre 7 y 26.1 %, la cual es baja con respecto a la de almidones de cereales y tubérculos (Sivoli et al. 2007). La presencia de diversos FAN (Con A, canavanina y taninos) con efectos negativos, fundamentalmente en los monogástricos, se debe a que generan reducción del consumo de alimento (Ologhobo et al. 2003). Aunque existen diversos procesos para reducir, eliminar y/o inhibir a los FAN de la canavalia (Akande y Fabiyi 2010), no hay estudios en donde se haya evaluado la respuesta productiva de los ovinos alimentados con una dieta en la que se haya aplicado un proceso a las semillas de *C. ensiformis* o al alimento antes de incorporarse a la dieta (Valiño et al. 2015). Como la extrusión para favorecer el uso de semillas de canavalia (Mustafa et al. 2003).

CAMBIOS EN LA POBLACIÓN MICROBIANA DEL RUMEN

En ovinos West African el consumo de dietas con 0, 20 y 40 % de semilla de canavalia no generó cambios en el número de bacterias viables totales, bacterias celulolíticas y hongos. Al parecer, la población total de bacterias ruminales no se afecta por los FAN de las semillas de canavalia, lo que ex-

plica la tolerancia de los rumiantes. Sin embargo, en muestreos de líquido ruminal se detectó un incremento en la población de bacterias Gram negativas conforme se aumentó el nivel de inclusión de canavalia. Esto se atribuye a un compuesto antibacteriano no identificado que actúa de forma selectiva sobre estas bacterias (Domínguez-Bello y Stewart 1990). Por otra parte, se requieren realizar estudios que demuestren la proporción del nitrógeno de la semilla de canavalia que se incorpora como proteína microbiana, sin que se presenten problemas de toxicidad y viabilidad para las bacterias del rumen (Castillo-González et al. 2014, Calabrò 2015). Se tiene evidencias derivadas de estudios efectuados en bacterias, insectos y células de humanos que indican que la incorporación de L-canavanina en sustitución de L-arginina afecta la formación y función de proteínas vitales para el crecimiento y sobrevivencia de las células (Rosenthal 1991, Swaffar et al. 1994). Una línea de investigación no explorada, se relaciona con la posible capacidad de interacción entre la Con A con los sitios de unión específicos (α -D-glucosilo y α -D-manosilo) presentes en la superficie de las células epiteliales del rumen (Styriak et al. 1994). Este tipo de interacción puede afectar la adhesión de las bacterias a la superficie del epitelio del rumen, membranas de las células vegetales y gránulos de almidón presentes en el rumen y/o favorecer su

aglutinación (Choudhury 2015). No se encontraron estudios que aborden el posible daño que produce la Con A al epitelio del rumen, el cual puede afectar el transporte de nutrimentos.

Los protozoarios del rumen adquieren importancia debido a que pueden contribuir con el 60 % de los productos de la fermentación microbiana en el rumen y con el equilibrio del pH ruminal. La mayoría de los protozoarios presentes en el rumen-retículo son ciliados, aunque existen algunas especies flageladas (Kamra 2005, Choudhury 2015). En bovinos alimentados con heno de pasto Taiwan (*Pennisetum purpureum*) complementado con harina de canavalia, se encontró que los animales que recibieron el complemento con canavalia se incrementó el número total de protozoarios, aumentando la población de protozoarios flagelados y se redujo la concentración de protozoarios holotricos y entodinomorfos. En contraste, los animales con alimento sin complementado de canavalia se incrementaron los protozoarios holotricos y entodinomorfos (Sandoval-Castro y Herrera 2001). En ovinos alimentados con una dieta con 40 % de follaje de *Leucaena leucocephala* y 60 % de *Pennisetum purpureum*, disminuyó la concentración de protozoarios entodinomorfos con respecto al tratamiento 100 % de *P. purpureum*, la reducción en la población de protozoarios se atribuyó a un alto consumo de FAN presentes en la *L. leucocephala* (Barros-Rodríguez et al. 2015). En rumiantes, el consumo de follaje y semillas de las leguminosas tropicales *C. ensiformis*, *Acacia angustissima*, *A. farnesiana*, *Calliandra calothyrsus* *Enterolobium cyclocarpum* and *Lysiloma latisiliquum* se asocia con defaunación (Sandoval-Castro y Herrera 2001, Monforte-Briseño et al. 2005).

Los protozoarios ruminales se encuentran en el material fibroso con lenta tasa de pasaje en el rumen y pueden adherirse a partículas de alimento y al epitelio del retículo. Mientras que las bacterias ruminales pueden adherirse a los protozoarios, es posible que este tipo de unión sea por la interacción lectina-carbohidrato (Choudhury 2015). Para rumiantes alimentados con canavalia, la Con A puede interferir en la capacidad de adhesión de

los protozoarios al epitelio ruminal y al alimento (Murray et al. 2013). La demostración y significancia de la interferencia de la Con A con la capacidad de fijación de los protozoarios y bacterias ruminales es un tema de investigación que se debe abordar en estudios futuros (Choudhury 2015). Los protozoarios tienen la capacidad de engullir y lisar bacterias, de modo que en un escenario en donde las bacterias hayan incorporado la canavanina como parte de sus proteínas, se debe establecer si la síntesis de proteínas de la degradación de proteínas con canavanina ocasionan daños o si los sistemas enzimáticos de los protozoarios permiten la degradación de L-canavanina en canalina (Rosenthal et al. 1989).

Los hongos ruminales representan aproximadamente el 8 % de la biomasa en el ecosistema ruminal, los cuales son de tipo anerobio y se encuentran adheridos al interior de fragmentos vegetales, lo que contribuye en la digestión de la fibra (Castillo-González et al. 2014). Es probable que la integridad y funcionalidad de los hongos ruminales se afectada por los FAN de canavalia, debido a que *C. ensiformis* produce isoformas de ureasa con acción insecticida y fungicida (Becker-Ritt et al. 2007). La ureasa más abundante es JBURE-I, seguida por la canatoxina y JBURE-IIB, la toxicidad de la ureasa de canavalia ocurre en dosis micromolares y varía con el género y especie de hongo, causando inhibición de la proliferación, alteraciones morfológicas en la pared y membrana, cambios en el transporte de H⁺ y en la permeabilidad de la membrana, lo que induce a la muerte celular (Postal et al. 2012).

Los bacteriófagos son los virus de bacterias y se encuentran en el rumen en gran número (Kamra, 2005). Este tipo de microorganismos afectan a las bacterias y pueden ocasionar su lisis, participando de esta forma en el recambio de la masa bacteriana en el rumen (Choudhury 2015). La influencia de los FAN de la canavalia sobre los bacteriófagos no ha sido estudiada. Sin embargo, estudios *in vitro* indican que L-canavanina afecta el proceso de replicación de algunos virus (Robertson et al. 1984). La relación que existe entre los microbios presentes en el ecosistema del rumen es compleja, estable y al

mismo tiempo dinámica (Kamra, 2005, Choudhury 2015). Los protozoarios compiten de forma eficaz con las bacterias por los sustratos y pueden influir sobre las bacterias mediante predación, de modo que diferencias en el número de protozoarios del rumen influye sobre el número de bacterias (Castillo-González *et al.* 2014). Estudios efectuados en rumiantes con harina de canavalia indican que los FAN presentes en la canavalia influyen más en las bacterias Gram positivas que en la concentración total de bacterias (Domínguez-Bello y Stewart 1990) y en el caso de los protozoarios del rumen, la incorporación de canavalia reduce la concentración de protozoarios holotricos y entodinomorfos (Sandoval-Castro y Herrera 2001). No hay estudios en los que se evalué los cambios cuantitativos en la población de bacterias, protozoarios y hongos en rumiantes con dietas de canavalia. Este tipo de estudios es importante, debido a que parte de la variación observada entre un animal y otro en respuesta a un tratamiento dietético se deben a la tendencia individual a tener distintos cocientes entre bacterias y protozoarios en el rumen (Teather *et al.* 1984).

Aunque el rumen es considerado un compartimento con una población de microbios capaces de eliminar, procesar e inhibir toxinas presentes en los alimentos (Domínguez-Bello 1996). No se tienen evidencias que apoyen que los microorganismos del rumen tienen la capacidad de procesar y evitar los efectos negativos de Con A y canavanina, por lo que es conveniente evitar la inclusión de harina de semillas crudas en la dieta de rumiantes, y en especial en los animales lactantes que aún no tienen desarrollado el rumen (Jami *et al.* 2013).

FERMENTACIÓN RUMINAL

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 (Dixon *et al.* 1983). Al respecto, Domínguez-Bello y Stewart (1990) al estudiar el efecto de tres niveles de inclusión de harina de semillas de canavalia en la dieta, encontraron que la inclusión de canavalia, reduce la concen-

tración de N-amoniaco y el valerato con respecto al tratamiento sin canavalia. La reducción en la concentración de N-amoniaco fue acompañada de un incremento en la concentración de aminoácidos y péptidos libres. Por lo que proponen que el decremento en la concentración de N-amoniaco está relacionado con la inhibición de hidrólisis de péptidos. Al respecto Dixon *et al.* (1983) reportan que el pH, N-amoniaco, proporciones y concentración molar de los ácidos grasos volátiles (AGVs) no fue afectada por la inclusión de semillas de canavalia en el suplemento.

Al estudiar la degradación ruminal de la harina de semillas de canavalia en ovinos, se encontró que la tasa de recambio de la fase líquida es mayor en el suplemento sin canavalia con respecto al suplemento con canavalia (Dixon *et al.* 1983). Mientras que González (2004) al determinar la degradación ruminal de la materia seca y proteína cruda de la harina de *C. ensiformis*; encontró que la materia seca y la proteína cruda son degradadas en el rumen, y que la degradación efectiva de la proteína cruda no fue afectada con altas tasas de recambio ruminal. Con respecto a la degradación de la proteína cruda, Ekanayake *et al.* (1999) indican que los aminoácidos no proteínicos pueden constituir más del 33.4 % del nitrógeno total, lo que resalta la importancia de los microbios ruminales en el proceso de degradación de los compuestos nitrogenados no proteínicos. Mientras que Sridhar y Seena (2006) reportan que en semillas de *C. ensiformis* el 50 % de las proteínas pertenecen a la fracción globulina. Las cuales presentan una alta solubilidad y degradabilidad en el rumen (Wadhwa *et al.* 1993). La desaparición de las lectinas del rumen indica su grado de solubilidad, aunque no necesariamente su degradabilidad, existiendo la posibilidad de que una parte de las lectinas salga del rumen conservando su capacidad de unión a residuos de carbohidratos y de esta forma tenga influencia antinutricional en el intestino delgado (Dixon y Hosking 1992).

Tabla 4. influencia de la inclusión de semillas crudas de *Canavalia ensiformis* sobre la productividad y estado de salud de los ovinos.

Tipo de ovino	Nivel de inclusión de semillas de <i>C. ensiformis</i> en la dieta (%)	Resultado	Referencia
Ovinos con 30 a 33 kg de PV	0, 20 y 40 duración del estudio: cinco semanas.	El PV y consumo de alimento no se afectaron. No se reportaron animales enfermos	Domínguez-Bello y Stewart (1990)
Ovinos hembras y machos	0, 22 y 32 duración del estudio: 90 d.	No se reportaron animales enfermos	Dixon et al. (1983)
Ovinos hembra		Ganancia diaria de peso	Dixon et al. (1983)
	0	65	
	22	82	
	32	78	
Ovinos macho		Ganancia diaria de peso	Dixon et al. (1983)
	0	136	
	22	127	
	32	98	
Ovinos macho		Ganancia diaria de peso	Hernández-Montiel et al. (2016)
	0	195	
	25 (alimento sin fermentar)	62	
	25 (alimento fermentado)	107	

CONSUMO DE ALIMENTO Y GANANCIA DIARIA DE PESO

Estudios en ovinos para establecer la influencia del nivel de inclusión de harina de semillas de *C. ensiformis* sobre la GDP y la conversión alimenticia, no han generado resultados consistentes con respecto a la identificación del nivel de inclusión que permite maximizar la GDP y el consumo de alimento (Domínguez-Bello y Stewart 1990, Hernández-Montiel et al. 2016). Al respecto Dixon et al. (1983) al evaluar tres niveles de inclusión de harina de semillas de canavalia en la ración de ovinos, con una mezcla de harinas de grano de maíz y pasta de soya; encontró que el consumo de alimento fue similar en los tres niveles de canavalia evaluados. Sin embargo, la conversión alimenticia fue afectada por el nivel de inclusión de canavalia, resultando similar entre los niveles 0 y 22 % (7.9 y 8.9, respectivamente), pero, diferente entre éstas y el nivel de 32 % (10.8). En contraste se reporta que la inclusión de semillas de canavalia en 0, 20 y 40 % de la dieta de ovinos no generó cambios importantes en el consumo de alimento y en el peso vivo (Domínguez-Bello y Stewart 1990). Sin embargo, Hernández-Montiel et al. (2016) indican que la inclusión de 25 % de harina de semillas de canavalia en un alimento fermentado y sin fermen-

tar afecta el consumo de alimento de los ovinos con respecto a un tratamiento sin canavalia. El menor consumo de alimento en dietas con canavalia se asocia con una menor palatabilidad (Hughes-Jones et al. 1981), digestibilidad de la fracción fibrosa de la materia seca y presencia de FAN en las semillas de canavalia (Chel-Guerrero et al. 2016).

En las hembras, la GDP no fue afectada por el nivel de inclusión de semillas de canavalia (Dixon et al. 1983). Sin embargo, en los machos la GDP si fue afectada por el nivel de inclusión de canavalia, sin que se detectaran diferencias en la GDP en los tratamientos con 0 y 22 % de canavalia (Tabla 4). En contraste, ovinos machos alimentados con un alimento, sin fermentar o fermentado con canavalia, tuvieron una menor GDP con respecto a un alimento sin canavalia; el menor crecimiento fue por un menor consumo de MS, que redujo el consumo de EM y PC (Hernández-Montiel et al. 2016). Los resultados de Dixon et al. (1983) indican que el sexo del cordero debe considerarse en el diseño de raciones que incluyan semillas de canavalia. Al parecer, las hembras toleran un mayor nivel de inclusión de canavalia sin que se afecte su GDP y su consumo de alimento. Mientras que, en el caso de los corderos, 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.

Es probable que la inclusión de entre 25 y 32 % de canavalia en la dieta, permita que se alcance una concentración de Con A y L-canavania que afecta de manera significativa la funcionalidad y viabilidad de bacterias y protozoarios ruminales, y una fracción de estos FAN logren llegar sin cambios al intestino delgado, produciendo daños al epitelio y reduciendo la eficiencia productiva de los ovinos. En corderos en crecimiento y con pesos superiores a 30 kg, no se ha encontrado que el consumo de dietas integrales con harina de semillas de canavalia tenga un efecto negativo sobre el estado de salud (Domínguez-Bello y Stewart 1990, Hernández-Montiel et al. 2016).

USO POTENCIAL DE LA CANAVALIA EN OVINOS

Por la resistencia que muestran los nematos gastrointestinales (NGI) a los diversos fármacos disponibles para su control (López-Arellano y Mendoza de Gives 2011). Se han realizado propuestas para el control de los NGI que no impliquen la aplicación de fármacos, destacando aquellos que se basan en el empleo de plantas y semillas con actividad antihelmíntica (Galina y Cuéllar 2009). Entre los diversos principios activos que pueden tener las plantas y semillas con actividad antihelmíntica se encuentran los taninos (Hoste et al. 2006), los cuales forman complejos con proteínas y en menor grado con iones metálicos, aminoácidos y polisacáridos (Makkar et al. 2007). Aunque las semillas de *C. ensiformis* contienen taninos (Doss et al. 2011, Vadivel y Biesalski 2012), en los niveles en los que se ha estudiado su consumo no se han reportado animales enfermos (Dixon et al. 1983, Domínguez-Bello y Stewart 1990, Hernández-Montiel et al. 2016). La Con A puede ser otro metabolito de canavalia que afecta la viabilidad de las larvas de los NGI, debido a que Con A tiene la capacidad de unirse con residuos de carbohidratos (Murray et al. 2013); que pueden estar presentes en la superficie de las larvas lo que afecta sus funciones vitales (Githiori et al. 2006).

En términos generales, la eficiencia produc-

tiva que se obtiene en ovinos con diversos niveles de inclusión de semillas de canavalia cruda en el alimento (Dixon et al. 1983) no es mayor a la obtenida con ingredientes convencionales (Partida et al. 2009). Por lo que es necesario evaluar si la aplicación de diversos procesos físicos, químicos y biológicos a la harina de canavalia permiten su uso en la alimentación de ovinos (Valiño et al. 2015). De manera adicional, se debe considerar que la aplicación de estos procesos implica un costo extra que repercute en el sistema de producción (Hernández-Montiel et al. 2016). Por otra parte, es necesario considerar que los procesos aplicados a las semillas de canavalia no remueven todos los FAN, además de deficiencias en los métodos analíticos para determinar la existencia de varios de ellos (Akande y Fabiyi 2010).

CONCLUSIONES

Aunque hay información sobre el manejo agronómico de la *C. ensiformis*, el cultivo comercial de esta leguminosa no se realiza en las regiones tropicales de México. La MS y PC de la harina de semillas de *C. ensiformis* tiene alta degradabilidad ruminal en ovinos, sin que se hayan detectado cambios negativos en la función ruminal asociada al consumo de esta semilla. Los resultados de estudios sobre los microbios ruminales no establecen que estos sean afectados de forma negativa. Los resultados de los estudios en donde se evalúa la influencia de diferentes niveles de inclusión de harina de canavalia en dietas integrales, indican que esta puede incluirse hasta en un 22 % sin que se afecte el estado de salud y ganancia diaria de peso de los corderos.

AGRADECIMIENTOS

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

LITERATURA CITADA

- Agbede JO, Aletor VA (2005) Studies of the chemical composition and protein quality evaluation of differently processed *Canavalia ensiformis* and *Mucuna pruriens* seed flours. *Journal of Food Composition and Analysis* 18: 89-103.
- 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.
- Ajayi FT, Akande SR, Odejide JO, Idowu B (2010) Nutritive evaluation of some tropical under-utilized grain legume seeds for ruminant's nutrition. *Journal of American Science* 6: 1-7.
- Akande KE, Fabiyi EF (2010) Effect of processing methods on some antinutritional factors in legume seeds for poultry feeding. *International Journal of Poultry Science* 9: 996-1001.
- Akanji AM, Ogungbesan AM, Emiola IA (2015) Toxicological effects of raw jack beans, bambara groundnuts and benne seeds on semen and sperm quality of cockerels. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences* 4: 204-211.
- Akpapunam MA, Sefa-Dedeh S (1997) Some physicochemical properties and anti-nutritional factors of raw, cooked and germinated Jack bean (*Canavalia ensiformis*). *Food Chemistry* 59: 121-125.
- Alagbaoso SO, Nwosu JN, Agunwa IM, Njoku NE, Akajiaku LO, Eluchie ChN (2016) Effect of some thermal processing techniques on the anti-nutritional factors of *Canavalia plagioperma* piper seeds. *American Journal of Food Science and Technology* 4: 7-13.
- Barros-Rodríguez MA, Solorio-Sánchez FJ, Sandoval-Castro CA, Klieve A, Rojas-Herrera RA, Briceño-Poot EG, Ku-Vera JA (2015) Rumen function in vivo and *in vitro* in sheep fed *Leucaena leucocephala*. *Tropical Animal Health and Production* 47: 757-764.
- Becker-Ritt AB, Martinelli AH, Mitidieri S, Feder V, Wassermann GE, Santi L, Vainstein MH, Oliveira JT, Fiuza LM, Pasquali G, Carlini CR (2007) Antifungal activity of plant and bacterial ureases. *Toxicon* 50: 971-83.
- Cáceres O, González E, Delgado R (1995) *Canavalia ensiformis*: Leguminosa forrajera promisorio para la agricultura tropical. *Pastos y Forrajes* 18: 107-119.
- Calabro S (2015) Plant secondary metabolites. In: Puniya AK, Singh R, Kamra DN (ed) *Rumen Microbiology: From evolution to revolution*. Springer, India. pp: 153-159.
- Castillo-González AR, Burrola-Barraza ME, Domínguez-Viveros J, Chávez-Martínez A (2014) Rumen microorganisms and fermentation. *Archivos de Medicina Veterinaria* 46: 349-361.
- Chel-Guerrero LA, Delgado-Herrera A, Betancur-Ancona DA, Pérez-Aviña P, Castellanos-Ruelas AF (2016) Protein and energy evaluation of detoxified *Canavalia seeds* as a feedstuff for poultry in the tropics. *Nova Scientia* 8: 219-232.
- Choudhury PK, Salem AZM, Jena R, Kumar S, Singh R, Puniya AK (2015) Rumen microbiology: An overview. In: Puniya AK, Singh R, Kamra DN (ed) *Rumen Microbiology: From evolution to revolution*. Springer, India. pp: 3-16.
- 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: Farrell DJ, Vbhra P (ed) *Recent Advances in Animal Nutrition*. Armidal, Australia. pp: 129-140.

- Dixon RM, Hosking BJ (1992) Nutritional value of grain legumes for ruminants. *Nutrition Research Reviews* 5: 19-43.
- 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.
- Doss A, Pugalenthi M, Vadivel VG, Subhashini G, Anitha R (2011) Effects of processing technique on the nutritional composition and antinutrients content of under-utilized food legume *Canavalia ensiformis* L. DC. *International Food Research Journal* 18: 965-970.
- 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.
- 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 (Sacchacavalía). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 43: 51-54.
- Emenike HI, Udedibie ABI, Emenalom OO (2016) Effects of differently processed jackbean (*Canavalia ensiformis*) meals on the performance of grower pigs. *British Journal of Applied Science and Technology* 13: 1-8.
- Estupiñán K, Vasco D, Duchi N (2007) Digestibilidad de los componentes de la pared celular del forraje de *Canavalia ensiformis* (L) DC. en diferentes edades de corte. *Revista Tecnológica ESPOL* 20: 223-228.
- Fagbenro OA, Adeparusi EO, Jimoh WA (2007) Nutrient quality of detoxified jackbean (*Canavalia ensiformis* L. DC) seeds cooked in distilled water or trona solution and evaluation of the meal as a substitute for soybean meal in practical diets for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fingerlings. *Journal of Applied Aquaculture* 19: 83-100.
- Galina MA, Cuéllar A (2009) Alternativas de control de nematodos gastrointestinales en ovinos. En: González R, Berumen AC (comp). *Avances en el control de la parasitosis gastrointestinal de ovinos en el trópico*. Universidad Autónoma de Chapingo, Tabasco, México. pp: 21-34.
- Githiori JB, Athanasiadou S, Thamsborg SM (2006) Use of plants in novel approaches for control of gastrointestinal helminthes in livestock with emphasis on small ruminants. *Veterinary Parasitology* 139: 308-320.
- 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.
- Gonzales-Garduño R, Torres-Hernández G, Córdova-Pérez C, Mendoza de GP, Arece-García J (2011) Prevalencia de parásitos gastrointestinales en ovinos sacrificados en un rastro de Tabasco, México. *Veterinaria México* 42: 125-135.
- González-Garduño R, Blardony-Ricardez K, Ramos-Juárez JA, Ramírez-Hernández B, Sosa R, Gaona-Ponce M (2013) Rentabilidad de la producción de carne de ovinos Katahdin x Pelibuey con tres tipos de alimentación. *Avances en Investigación Agropecuaria* 17: 135-148.

- 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.
- Hernández-Montiel W, Ramos-Juárez J, Aranda-Ibáñez EM, Hernández-Mendo O, Munguía-Flores VM, Oliva-Hernández J (2016) Alimento fermentado elaborado con semillas de *Canavalia ensiformis* sobre el crecimiento y la canal de corderos Pelibuey. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 7: 213-232.
- Hoste H, Jackson F, Athanasiadou S, Thamsborg SM y Hoskin SO (2006) The effects of tannin-rich plants on parasitic nematodes in ruminants. Trends in Parasitology 22: 253-261.
- Hughes-Jones M, Encarnación C, Preston TR (1981) Some dietary interactions of sugar cane juice and high protein supplements. Tropical Animal Production 6: 271-278.
- Jaffe WG (1980) Hemagglutinins (lectins). In: Liener IE (ed) Toxic constituents of plant food stuffs. Academic Press. NY, USA. pp: 525-552.
- Jami E, Israel A, Kotser A, Mizrahi I (2013) Exploring the bovine rumen bacterial community from birth to adulthood. The ISME Journal 7: 1069-1079.
- Kamra DN (2005) Rumen microbial ecosystem. Current Science 89: 124-135.
- Larue-Achagiotis C, Picard M, Louis-Sylvestre J (1992) Feeding behaviour in rats on a complete diet containing Concanavalin A. Reproduction Nutrition Development 32: 343-350.
- López-Arellano ME, Mendoza de Gives P (2011) Importancia de las parasitosis internas en rumiantes domésticos y resistencia a los antihelmínticos. En: González R, Berúmen AA, Montes de Oca R (comp.). Tópicos selectos en producción ovina. Universidad Autónoma Chapingo. Tabasco, México. pp: 79-94.
- 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.
- Luna-Palomera C, Santamaría-Mayo E, Berúmen-Alatorre AC, Gómez-Vázquez A, Maldonado-García NM (2010) Suplementación energética y proteica en el control de nematodos gastrointestinales en corderas de pelo. Revista Electrónica de Veterinaria 11: 7. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n070710.html>. Fecha de consulta 14 de diciembre de 2015.
- Makkar HPS, Francis G, Becker K (2007) Bioactivity of phytochemicals in some lesser-known plants and their effects and potential applications in livestock and aquaculture production systems. Animal 1: 1371-1391.
- 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. 120p.
- Méndez A, Vargas RE, Michelangeli C (1998) Effects of concanavalin A, fed as a constituent of Jack Bean (*Canavalia ensiformis* L.) seeds, on the humoral immune response and performance of broiler chickens. Poultry Science 77: 282-289.
- Michelangeli C, Pérez G, Méndez A, Sivoli L (2004) Efecto del tostado del grano de *Canavalia ensiformis* sobre el comportamiento productivo de cerdos en crecimiento. Zootecnia Tropical 22: 87-100.
- Monforte-Briceño GE, Sandoval-Castro CA, Ramírez-Avilés L, Capetillo-Leal CM (2005) Defaunating capacity of tropical fodder trees: Effects of polyethylene glycol and its relationship to *in vitro* gas production. Animal Feed Science and Technology 123: 313-327.

- Muñoz-Osorio GA, Aguilar-Caballero AJ, Sarmiento-Franco LA, Wurzinger M, Cámara-Sarmiento R (2015) Descripción de los sistemas intensivos de engorda de corderos en Yucatán, México. *NovaScientia* 7: 207-226.
- Murray RK, Bender DA, Botham KM, Kennely PJ, Rodwell UW, Weil PA (2013) *Harper Bioquímica Ilustrada*. 29ª Edición. McGraw-Hill Interamericana Editores. México, DF. 717p.
- Mustafa AF, C Gonthier C, Ouellet DR (2003) Effects of extrusion of flaxseed on ruminal and postruminal nutrient digestibilities. *Archiv fur Tierernahrung* 57: 455-463.
- Ologhobo A, Mosenti R, Alaka OO (2003) Histological alterations in the internal organs of growing chicks from feeding raw jackbean or limabean seeds. *Veterinary and Human Toxicology* 45: 10-13.
- Owen JD, Astuti M, Kuswanto KR (2015) Tempe and related products. In: Owens JD (ed) *Indigenous fermented foods of southeast Asia*. CRC Press Taylor and Francis Group, FL, USA. pp: 1-108.
- Partida JA, Braña D, Martínez L (2009) Desempeño productivo y propiedades de la canal en ovinos Pelibuey y sus cruza con Suffolk o Dorset. *Técnica Pecuaria en México* 47: 313-322.
- 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 XVI*: 523-530.
- Postal M, Martinelli AHS, Becker-Ritt ABB, Ligabue-Braun R, Demartini DR, Ribeiro SFF, et al. (2012) Antifungal properties of *Canavalia ensiformis* urease and derived peptides. *Peptides* 38: 22-32.
- Robertson AT, Bates RC, Stout ER (1984) Reversible Inhibition of Bovine Parvovirus DNA Replication by Aphidicolin and L-Canavanine. *Journal of General Virology* 65: 1497-1505.
- Rosenthal GA, Berge MA, Bleiler JA (1989) Novel mechanism for detoxification of L-canaline. *Biochemical Systematics and Ecology* 17: 203-206.
- Rosenthal GA (1991) The biochemical basis for the deleterious effects of L-canavanine. *Phytochemistry* 30: 1055-1058.
- Rueda E, Michelangeli C, Gonzalez-Mujica F (2003) L-Canavanine inhibits L-arginine uptake by broiler chicken intestinal brush border membrane vesicles. *British Poultry Science* 44: 620-625.
- 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.
- Schlesier B, Nong VH, Horstmann C, Henning M (1996) Sequence analysis of concanavalin B from *Canavalia ensiformis* reveals homology to chitinases. *Journal of Plant Physiology* 147: 665-674.
- Sheahan CM (2012) *Plant guide for jack bean (Canavalia ensiformis)*. United States Department of Agriculture-Natural Resources Conservation Service. New Jersey, USA. 4p.
- 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.

- Styriak I, Galfi P, Kmet V (1994) The adherence of three *Streptococcus bovis* strains to cells of rumen epithelium primoculture under various conditions. *Archiv fur Tierernahrung* 46: 357-65.
- Swaffar DS, Ang CY, Desai PB, Rosenthal GA (1994) Inhibition of the growth of human pancreatic cancer cells by the arginine antimetabolite L-canavanine. *Cancer Research* 54: 6045-6048.
- Teather RM, Mahadevan S, Erfle JD, 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.
- Thompson L, Gabon J (1987) Effect of lectins on salivary and pancreatic amylase activities and the rate of starch digestion. *Journal of Food Science* 52: 1050-1053.
- Udedibie ABI, Carlini CR (1998) Question and answer to edibility problem of the *Canavalia ensiformis* seeds - A review. *Animal Feed Science and Technology* 74: 95-106.
- 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.
- Valiño E, Savón L, Elías A, Rodríguez M, Albelo N (2015) Nutritive value improvement of seasonal legumes *Vigna unguiculata*, *Canavalia ensiformis*, *Stizolobium niveum*, *Lablab purpureus*, through processing their grains with *Trichoderma viride* M5-2. *Cuban Journal of Agricultural Science* 49: 81-88.
- Villanueva-Avalos JF, Herrera-Cedano F, Plascencia-Jiménez R (2010) Leguminosas forrajeras: Un recurso sustentable para el trópico mexicano. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México 56p.
- Wadhwa M, Makkar GS, Ichhophonani JS (1993) Disappearance of protein supplements and then fraction in sacco. *Animal Feed Science and Technology* 40: 285-293.
- 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: 293-298.
- Zamora-Zepeda R, Oliva-Hernández J, Hinojosa-Cuéllar JA (2015) Complementación energética y proteínica en corderas Blackbelly x Pelibuey en pastoreo. *NovaScientia* 7: 245-264.