



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

**INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS**

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

**USO DE LA PASTA DE HIGUERILLA (*Ricinus communis* L.)
EN LA ALIMENTACIÓN DE BORREGOS EN FINALIZACIÓN**

SARAI RICO LÓPEZ

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2017

**CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y
DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION**

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe Sarai Rico López, Alumno de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor Dra. María Magdalena Crosby Galván, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis USO DE LA PASTA DE HIGUERILLA (Ricinus communis L.)

EN LA ALIMENTACIÓN DE BORREGOS EN FINALIZACIÓN

y de los producto de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre el colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 28 de Agosto de 2017



Firma



María Magdalena Crosby Galván

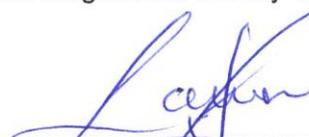
Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada: **Uso de la pasta de higuera (*Ricinus communis* L.) en la alimentación de borregos en finalización** realizada por la alumna: **Sarai Rico López**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO Ma. Magdalena C.G.
Dra. María Magdalena Crosby Galván

ASESOR 
Dr. José Ricardo Bárcena Gama

ASESOR 
Dr. Omar Hernández Mendo

ASESOR 
Dr. Lorenzo Reyna Santamaría

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Septiembre de 2017

USO DE LA PASTA DE HIGUERILLA (*Ricinus communis* L.) EN LA ALIMENTACIÓN DE BORREGOS EN FINALIZACIÓN

Sarai Rico López, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2017

RESUMEN

En México, se ha intensificado la búsqueda de opciones alimenticias para la producción animal, de bajo costo y alto contenido de proteína, considerando que el rubro de alimentación representa de un 60 a 80% del costo de una unidad de producción. La pasta de higuierilla es un ingrediente que se presenta como una opción para ser utilizado en la formulación de raciones, por su bajo costo y contenido de proteína. El objetivo de este estudio fue evaluar la inclusión de diferentes cantidades de pasta de higuierilla detoxificada en el comportamiento productivo y calidad de la carne de borregos en finalización. Se utilizaron 32 ovinos Katahdin de 29.62 kg promedio de peso vivo inicial (PV), alojados en jaulas metabólicas individuales, durante 90 días que duró el experimento. Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y ocho repeticiones. Los tratamientos fueron: T₀= 0 %, T₁₀= 10 %, T₁₅= 15 % y T₂₀= 20 % de inclusión de pasta de higuierilla en las dietas. Se determinó consumo de materia seca (CMS), ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimenticia (CA), digestibilidad aparente de la materia seca (DAMS), digestibilidad aparente de la proteína cruda (DAPC) y digestibilidad aparente de la fibra detergente neutra (DAFDN), así como las características de la canal y calidad de la carne.

El CMS fue mayor en el T₂₀ de pasta de higuera; pero la GDP no fue diferente entre tratamientos (T₀=230, T₁₀=230, T₁₅=240, T₂₀=210 g animal día⁻¹). La CA fue mayor en el T₂₀ (6.91) comparado con los demás tratamientos, no habiendo diferencia entre ellos (T₀=5.53, T₁₀=5.20 y T₁₅=5.45). Las características de la canal y calidad de la carne no fueron afectadas por la inclusión de pasta de higuera (P ≤0.05).

Incluir pasta de higuera hasta en 15 % en dietas para borregos en finalización, no afecta el comportamiento productivo, ni las características de la canal o la calidad de la carne.

Palabras clave: Borregos, GDP, CMS, CA, DAMS, DAPC, DAFDN.

Use of castor bean meal (*Ricinus communis* L.) in diets for fattening lambs

Sarai Rico López, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2017

ABSTRACT

In Mexico, the search for low-cost and high-protein feed options has intensified, considering that the feed accounts for 60 to 80% of the cost of a production unit, the castor bean meal is an ingredient that can be used for the formulation of rations, by its low cost and the protein content that it presents. The objective of this study was to evaluate the inclusion of different concentrations of castor bean detoxified on productive performance of sheep in finalization. Thirty-two Katahdin sheep with an average live weight (LW) of 29.62 kg, distributed in a completely randomized design into four treatments (eight replicates per treatment). The sheep were housed in individual cages and fed with four isoprotein and isoenergetic diets. The inclusion of castor bean meal was: T₀= 0%, T₁₀= 10%, T₁₅= 15% and T₂₀= 20%, during 90 days, with 15 days of adaptation to diets. We estimated the dry matter intake (DMI), Average daily gain (ADG), feed conversion (FC), apparent digestibility dry matter (ADDM), apparent dry matter digestibility (ADMD), apparent digestibility crude protein digestibility (ADCP) and apparent digestibility of neural detergent fiber (ADNDF). In addition, the characteristics of the carcass and meat quality were evaluated. The data were analyzed using the GLM procedure and the means comparison with the Tukey test ($P \leq 0.05$). DMI was higher in treatment with 20% of castor bean meal, however, DWG was not affected by treatments having similar

weight gains (230, 230, 240, 210 g animal day⁻¹). The FC was 5.53, 5.20, 5.45 and 6.91, respectively. The inclusion of castor bean meal in 10 and 15% in the diet does not affect productive performance of sheep in finalization.

Key words: Sheep, ADG, DMI, FC, ADDM, ADCP, ADNDF.

DEDICATORIAS

A mi madre Josefina.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre Reyes.

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

Mis hermanas, Sandra, Areli y Nelly, por estar conmigo y apoyarme siempre, las quiero mucho.

Mis sobrinos, Abel, Rafael, Nicol, Melany, por sus demostraciones de cariño y ver en mi un ejemplo a seguir.

AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por la beca otorgada para la realización de mis estudios de maestría.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), por el financiamiento para la realización de este proyecto de investigación.

A la **Dra. María Magdalena Crosby Galván** por su confianza, asesoría y disponibilidad durante mi formación académica en el Colegio de Postgraduados.

Al **Dr. Germán Buendía Rodríguez** por su apoyo en este proyecto de investigación.

A la **Ing. Elsa Margarita Crosby Galván** por su paciencia, consejos y apoyo en la realización de este proyecto de investigación.

Al **Dr. Lorenzo Reyna Santamaría** por su amistad, consejos y apoyo en la realización de este proyecto.

Al **Dr. José Ricardo Bárcena Gama** por la disposición de formar parte del consejo particular.

Al **Dr. Omar Hernández Mendo** por sus consejos y disponibilidad para la realización de proyecto.

Al personal técnico del laboratorio de Nutrición Animal del Colegio de Postgraduados

A mis compañeros y amigos: Natalif, Nancy, Sandy, Selene, Miguel, Yesenia, Leslie, David y Adrián.

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
III.OBJETIVO GENERAL.....	2
IV. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
V. HIPÓTESIS.....	2
VI. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
6. 1. Características de la planta.....	4
6.2. Usos	5
6.3. Toxicidad	7
6.4. Pasta	8
6.5. Detoxificación.....	9
6.6. Estadísticas	10
VII. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
7.1. Ubicación del experimento.....	15
7.2. Periodo de prueba de comportamiento	15
7.3. Tratamientos y diseño experimental	15
7.3.2. Variables evaluadas	16
7.3.2.1 Prueba de comportamiento	16
7.3.2.2 Digestibilidad total aparente.	17
7.3.2.3 Análisis de laboratorio	18
7.3.2.4 Digestibilidad in vitro	18
7.3.2.5 Digestibilidad total aparente de la MS y FDN	18
7.3. 2. 6 Variables ruminales.....	19
7.3.2.7 Características de la canal	20
7.4.1. Diseño experimental	26
7.4.2 Análisis de datos.....	26
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
Digestibilidad total aparente de la MS, PC y FDN.....	31
Prueba de digestibilidad in vitro	32
X. LITERATURA CITADA.....	44

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Principales países productores de grano de higuera en el mundo	13
Cuadro 2. Composición porcentual de las dietas experimentales utilizadas en la alimentación de borregos en finalización con distintos porcentajes de pasta de higuera.....	18
Cuadro 3. Colección de muestras de duodeno y heces.....	19
Cuadro 4. Análisis bromatológico de las dietas experimentales.	20
Cuadro 5. Análisis bromatológico de la pasta de higuera.....	29
Cuadro 6. Comparación de aminoácidos encontrados en la pasta detoxificada de higuera utilizada en la alimentación de borregos en finalización y los reportados por Jiménez <i>et al.</i> , 2012.....	30
Cuadro 7. Variables productivas de borregos en finalización, alimentados con distintos porcentajes de pasta de higuera.	30
Cuadro 8. Digestibilidad aparente de las dietas experimentales utilizadas en la alimentación de borregos en finalización alimentados con distintos porcentajes de pasta de higuera.	33
Cuadro 9. Variables ruminales de borregos en finalización alimentados con distintos porcentajes de pasta de higuera.	35
Cuadro 10. Concentración de Ácidos Grasos Volátiles (AGV) en líquido ruminal de borregos en finalización alimentados con distintos porcentajes de pasta de higuera.....	38
Cuadro 11. Valores de las características de la carne de borregos en finalización alimentados con distintos porcentajes de higuera.	39
Cuadro 12. Morfología de la canal de borregos en finalización alimentados con distintos porcentajes de pasta de higuera.	40
Cuadro 13. Dimensiones del músculo <i>Logissimus dorsi</i> y espesor de la grasa subcutánea de borregos en finalización alimentados con distintos porcentajes de pasta de higuera.....	41
Cuadro 14. Características de la carne de borregos alimentados con distintos porcentajes de pasta de higuera.....	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Semilla de la planta de higuera.....	17
Figura 2. Principales países importadores grano de higuera en 2012....	23
Figura 3. Gráfica 1 digestibilidad <i>In vitro</i> de la Materia Seca (MS).....	34

I. INTRODUCCIÓN

En México se ha intensificado la búsqueda de opciones alimenticias de bajo costo y alto contenido de proteína para incrementar la productividad de los 8.1 millones de ovinos, considerando que el rubro de alimentación representa de un 60 a 80 % del costo de una unidad de producción animal intensiva (SIAP, 2011). En las regiones semiáridas y áridas de México existe deficiencia de forrajes debido a la lluvia escasa y su mala distribución. En el caso de las regiones tropicales los pastos tienen alta productividad de biomasa, pero bajo contenido de proteína (menor al 12 %). Los patrones de lluvia (temporada de lluvia y sequía), en combinación con los suelos poco profundos provocan baja producción de biomasa en el pastizal. La escasez de forraje y baja disponibilidad de proteína para alimentación animal incrementan considerablemente los costos en la producción pecuaria. La pasta de higuierilla puede utilizarse como fuente alternativa de proteína de bajo costo (\$ 2.80 kg⁻¹) para la alimentación animal. Para su uso, ésta debe ser detoxificada con el fin de eliminar compuestos que afectan severamente la salud del ganado (risina). Se considera que esta especie tiene potencial para su colecta, cultivo, industrialización y uso en la producción agropecuaria (Deus y Tavares, 2011). La utilización de pasta detoxificada de higuierilla puede suplir ingredientes altos en proteína y energía, disminuir los costos y hacer más rentable la obtención de productos de origen pecuario. Además del tratamiento de detoxificación, se podría utilizar algún saborizante para mejorar la palatabilidad de la pasta de higuierilla (Galindo *et al.*, 2013).

En México, de forma general, se carece de recomendaciones para el cultivo y utilización de la pasta de higuierilla como alimento para el ganado. El objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de la pasta de higuierilla en dietas para ovinos en finalización en su comportamiento productivo, características de la canal y calidad de la carne.

III.OBJETIVO GENERAL

- Determinar el comportamiento productivo, características de la canal y calidad de la carne en ovinos en finalización, alimentados con dietas conteniendo pasta de higuierilla.

IV. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el comportamiento productivo de ovinos en finalización
- Determinar la digestibilidad *in situ* e *in vitro* de la MS, PC y FDN de las dietas a base de 0, 10, 15 y 20 % de pasta de higuierilla, así como de la pasta de higuierilla detoxificada sola.
- Determinar las variables ruminales en ovinos en finalización al utilizar dietas a base de 0, 10, 15 y 20 % de pasta de higuierilla.
- Determinar las características de la canal y calidad de la carne de ovinos alimentados con pasta de higuierilla

V. HIPÓTESIS

- **Ho:** La utilización de pasta de higuierilla en la alimentación de ovinos, no afecta la respuesta productiva, características de la canal y calidad de carne.

VI. REVISIÓN DE LITERATURA

El tártago (*Ricinus communis* L.) pertenece a la familia *Euphorbiaceae*. El origen del tártago es incierto. Se cree es procedente del norte de África, específicamente en la antigua Abisinia, actual Etiopía, donde se conoce desde hace más de 6 mil años. Sin embargo, también se señala a Asia como continente de origen. En Egipto, desde tiempos ancestrales se utilizaban la semilla para extraer aceite como combustible para lámparas y con fines medicinales, de allí pasó a ser cultivado a los demás continentes (O'Connell *et al.*, 2006).

La higuera es una planta oleaginosa típica de regiones semiáridas con alto potencial de adaptación en una amplia diversidad de ambientes. Actualmente es cultivada prácticamente en todas las regiones tropicales y subtropicales del mundo (Rico *et al.*, 2011).

El cultivo de la higuera se ha extendido en el mundo y el aceite que se obtiene de la semilla es el único en la naturaleza que es soluble en alcohol, el más denso y viscoso de todos. Por los múltiples usos en la industria (automotriz, farmacéutica, cosmetológica, química, fertilizantes, pesticidas, aeronáutica, médica y energética) su mercado es muy amplio (Rico *et al.*, 2011; Wan, 2012).

La higuera es una planta que se encuentra distribuida desde el nivel del mar hasta los 3000 msnm., se encuentra en los bordes de los caminos, de las quebradas y de los ríos, solares, huertas y también sembrada en cultivos comerciales con todas las normas técnicas de la agricultura moderna (Meneses, 2011).

6. 1. Características de la planta

La higuera cuenta con un sistema radicular vigoroso, pivotante, alcanzando una profundidad máxima de 3 m; las laterales distribuyen el sistema radicular hasta 1.25 m. Se encuentra sobre estas últimas una fuerte emisión de raicillas, lo que le proporciona a la planta un gran sistema de absorción de agua y nutrientes del suelo (Silva y Martínez, 2005).

El tallo principal es recto seccionado por entrenudos, hueco en su parte interior lo cual facilita la eliminación de la soca. Su color depende de la variedad puede ser verde, rosado o caoba (Samayoa, 2007).

Las hojas son alternas, palmeadas con tres a once lóbulos, glabras; lóbulos lanceolados y de margen aserrado; pecíolos de tamaño variable e insertos en la mitad de la hoja y del mismo color del tallo; glándulas nectaríferas a todo lo largo del pecíolo (Leal y Jiménez, 2009).

Están agrupadas en una panícula terminal de 10 a 40 cm de largo, la cual es monóica (presenta ambos sexos en la misma planta), las flores femeninas están localizadas en la parte superior y las masculinas en la parte inferior de la inflorescencia (Samayoa, 2007).

Es una cápsula globosa con pedicelo elongado con tres lóculos de 1.5 a 2.5 cm de diámetro, generalmente espinoso. Los frutos inmaduros son generalmente verdes y algunas veces rojos, se vuelven cafés en la maduración, los estigmas permanecen en el fruto en forma leñosa. La cápsula puede abrirse y soltar las semillas que son tres, estas pueden ser negras o jaspeadas (Samayoa, 2007).

Son de forma oval aplastada, redondeadas en un extremo y con una excrecencia en el otro llamada curúncula, de superficie brillante y lisa, de color variable que suele ser gris con manchas rojizas y parduzcas de tamaño variable que va de 0.5 a 1.5 cm de largo; la semilla tiene una cubierta dura y quebradiza exterior y otra inferior muy fina de color blanquecino, ambas protegen la semilla, la cual consta de un embrión pequeño con sus dos cotiledones delgados y el albumen que es blando, compacto y aceitoso, el albumen es el que contiene el aceite. La semilla contiene toxinas que son ricina (albúmica) y la ricenina (alcaloide) las cuales quedan en el bagazo o pasta que sobra en la extracción del aceite (Figura 1).



Figura 1. Semilla de una planta de higerilla.

6.2. Usos

Uno de los primeros usos del aceite de higerilla fue como combustible de lámparas y la elaboración de ungüentos. Hacia el Siglo I en Grecia, se describió su uso como un potente purgante. También se han encontrado indicios de su apreciación con fines medicinales en una fase temprana de la Edad Media para posteriormente caer en gran desuso (Dove Biotech, 2012; Sorin *et al.*, 2012).

Actualmente, en México se puede encontrar en algunas farmacias y se usa como laxante y como purgante en la preparación para toma de radiografía abdominal,

además se plantea que se ha encontrado actividad hepatoprotectora en las hojas (Torres *et al.*, 2001).

El aceite de higuierilla o ricino, tiene aplicaciones en la producción de lubricantes y plásticos, y en la industria farmacológica y cosmética; el principal derivado comercializado en el mercado internacional es el aceite hidrogenado (Salimon *et al.*, 2010; Cabral *et al.*, 2013).

A diferencia de otras semillas oleaginosas, los residuos que se obtienen tras extraer el aceite de la semilla, no se puede utilizar como forraje de manera directa, debido a la toxicidad que presentan; sin embargo, dichos residuos son ricos en nitrógeno, fósforo y potasio, haciéndolos muy útiles como fertilizante orgánico (Edison *et al.*, 2012). Durante el 2012, Jiménez *et al.*, (2012), realizaron la detoxificación de pasta de higuierilla mediante la aplicación de vapor de agua durante 20 minutos y de esta forma, pudo ser aprovechable para la alimentación animal.

Otro uso del aceite de ricino, ocurre en la manufactura de jabones y tinturas (Vibrans, 2009), la industria de pinturas y barnices, fabricación de lubricantes y líquidos para frenos (López, 2007).

La higuierilla es también considerada como una fuente sustentable de segunda generación, caracterizada por no ser comestible y por no competir por tierra o por agua utilizada para producir alimento humano (Barajas, 2005; Nurbakhit, 2012; Goswami, 2012). Por otro lado, el aceite de higuierilla, transformado en biodiesel o bioturbosina es un recurso renovable que puede remplazar al combustible tradicional en México (ASA, 2013).

6.3. Toxicidad

La higuera es considerada la planta más tóxica del mundo, debido a la alta cantidad de compuestos químicos que contiene en hojas, tallos, raíces y semillas (Al-Tamimi y Hegazi, 2008). Entre los principales compuestos tóxicos de la higuera se encuentran la ricina y el alérgeno CB-1A (compuesto de proteína no tóxica, térmicamente estable, pero con acción alergénica) (Anandan *et al.*, 2012). Los compuestos químicos presentes en la planta y granos de higuera sirven como protección contra el ataque de insectos y otros organismos consumidores (Nielsen *et al.*, 2011).

La toxicidad de los granos de higuera puede ocasionar la muerte de un humano cuando el consumo alcanza entre dos y tres granos en niños y ocho en el caso de los adultos. Los síntomas inmediatos de la intoxicación con ricina de higuera son dolores abdominales (gastroenteritis), sangrado intestinal, vómito, hemólisis (destrucción de glóbulos rojos en la sangre) e hipoglucemia (reducción de glucosa en la sangre). En algunos días se observa deshidratación severa, con un decremento en la producción de orina y disminución de la presión sanguínea. Cuando las personas sobreviven a la intoxicación por ricina es posible observar recuperación completa, cuando se proporciona el tratamiento adecuado (Vieira *et al.*, 2007).

La ricina es tóxica para todas las especies animales. Aunque existe una amplia variación en la sensibilidad a la toxina, entre y dentro de las especies, las dosis letales son bajas. El caballo es el animal más susceptible y la dosis oral letal de grano de ricino en el caballo varían de 7 a > 300 mg kg⁻¹ de peso corporal. Las dosis

letales aproximadas de las semillas de ricino en vacas, ovejas y cerdos son de 1 a 2 g kg⁻¹ de peso corporal y se han descrito dosis letales de los granos de ricino en cabras y gallinas de 5.5 y 14 g kg⁻¹ de peso corporal, respectivamente. Un ensayo *in vitro* de toxicidad de la ricina inmuno-reactiva en la sangre y la linfa de ratas tratadas mostró que la ricina se absorbe en el intestino delgado en los tejidos y órganos a través de los sistemas circulatorios (linfático y sanguíneo) como ricina activa. La absorción de ricina en el tubo gastrointestinal es mayormente a través de la sangre (en lugar del sistema linfático) (EFSA, 2006).

En corderos se observó que la intoxicación con ricina provocó debilidad, salivación, diarrea, deshidratación, midriasis, rechinado de dientes e hipotermia. La patología reveló gastroenteritis, hemorragia y necrosis de corazón, hígado y riñones (Aslani *et al.*, 2007). El uso alimenticio de la pasta de higuierilla sin tratar, con un nivel de consumo de 3.06 mg kg⁻¹ de peso corporal, no mostró daños evidentes en la salud animal (Diniz *et al.*, 2010).

6.4. Pasta

La pasta queda como resultado del prensado de los granos de higuierilla para la obtención de aceite de ricino, contiene 5.5 % de grasa, 20.4 % de proteína, 24 % de carbohidratos y 10.5 % de minerales. Para su uso como alimento para ganado, debe sufrir un proceso de detoxificación, además puede utilizarse como abono, el cual tiene características nematocidas e insecticidas (Mazzani, 2007).

El alto contenido de proteína también la hace una buena materia prima para la producción de aminoácidos, como: arginina, cistina, fenilalanina, leucina, histidina, isoleucina, lisina, metionina, tirosina, treonina, triptófano y valina. Por otra parte, la

ricina de la planta de higuera es considerada una de las toxinas vegetales más potentes (Mazzani, 2007).

6.5. Detoxificación

Dentro de los métodos reportados para la detoxificación de la pasta de higuera incluyen el tratamiento con amoníaco, sosa cáustica, cal y calor (Gardener, 1960; Weiss, 1971; Kirk-Othmer, 1979; Horton y Williams, 1989). La exposición a vapor, inactiva ricina, pero se debe tener cuidado al suministrarla como alimento para animales, pues existen pocos estudios sobre esto (Woodend, 1993). Si la pasta húmeda se mezcla con sal (harina de granos de *Shorea robusta*), los componentes tóxicos de granos de ricino son neutralizados por los taninos que son las sustancias tóxicas de la harina de semillas sal (Gandhi *et al.*, 1994). Estudios en la alimentación animal han demostrado que el aceite de ricino se puede utilizar como un suplemento de proteínas en rumiantes, conejos, cerdos y pollos. Sin embargo, su utilización en animales no rumiantes, especialmente en aves, ha sido limitada debido al efecto nocivo por la presencia de ricina provocando problemas de raquitismo e incluso la muerte (Oso *et al.*, 2011). Para las dos pastas derivadas (pasta tóxica y pasta detoxificada) de la extracción de aceite, tampoco se tienen datos exactos sobre que sucede con las proteínas al aplicar los métodos físicos o químicos para la detoxificación y no se tienen datos sobre la calidad final de la pasta para aplicación a nivel industrial.

El caso de la higuera está bastante difundido en la producción de aceite para biocombustible. El problema es que la resultante de la extracción es una pasta, que es tóxica y alergénica. Trabajos de detoxificación con resultados satisfactorios

fueron realizados utilizando la combinación de agentes químicos y la extrusión. De esta forma los productos resultantes fueron utilizados, experimentalmente, en cabras lecheras con resultados bastante satisfactorios. Pero actualmente se conoce poco sobre las características físicas y químicas de este producto para su real aprovechamiento por el sector pecuario (Ramírez *et al.*, 2013).

Ascheri *et al.*, (2007) estudiaron preliminarmente una forma de detoxificar la pasta desgrasada de higuierilla utilizando hasta con 3 % de cal y con esta mezcla sometida al proceso de extrusión considerando parámetros de extrusión de alta tasa de cizallamiento. Los resultados mostraron que hubo una notable caída de la toxicidad por ricina, pero no totalmente a lo que se refiere a la alergenicidad. Los trabajos bioquímicos y de bioensayos realizados por Ascheri *et al.*, 2007 mostraron que aún había indicios de la presencia de toxicidad en la pasta lo que implicó en la necesidad de nuevas aplicaciones para su aprovechamiento como complemento en alimentos balanceados. Con base en trabajos anteriores (Ascheri *et al.*, 2007; Santos, 2009), fueron utilizados parámetros de extrusión que permitan un mejor grado de detoxificación de la pasta de higuierilla, visto que los resultados de esa investigación indicaron que la pasta de higuierilla extruida con maíz y cal, puede substituir en 100 % el salvado de soya en la dieta de cabras lecheras sin afectar su producción o composición físico-química de la leche.

6.6. Estadísticas

La higuierilla es una planta oleaginosa que se distribuye en regiones tropicales, subtropicales y también se adapta a regiones templadas. Los principales países productores son India, China y Brasil (Cuadro 1). Los países más importantes como

importadores son EE.UU., Rusia, Unión Europea y Japón, India, China y Brasil aportan aproximadamente el 95 % de la producción mundial (Faostat, 2011).

Cuadro 1. Principales países productores de grano de higuerrilla en el mundo.

País	Producción (MT*)
India	1,350,000
China	180,000
Brasil	95,183
Mozambique	60,000
Paraguay	13,000
Tailandia	12,197
Etiopia	8,400
Vietnam	6,000
Sudáfrica	5,500
Filipinas	4,000

MT*: millones de toneladas

(Faostat, 2011).

En el año 2012 se importaron 3,233 toneladas; los principales importadores para ese año fueron India (2,856 ton) y Brasil (226 ton) como se observa en la Figura 2 (Hernández *et al.*, 2013).

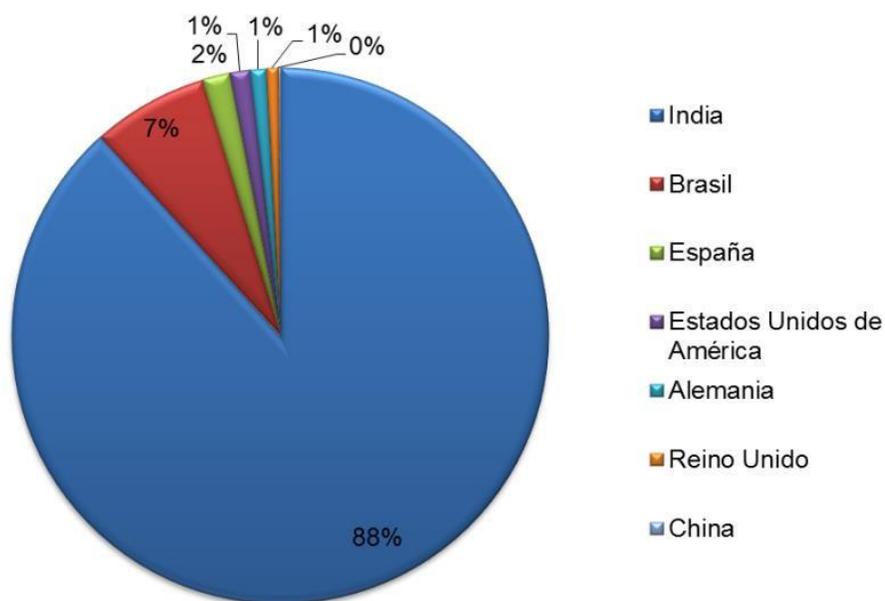


Figura 2. Principales países importadores en 2012.

En 2009 la FAOSTAT reportó para México, una superficie estimada de 500 ha de cultivo de esta oleaginosa, con una producción de 100 ton de grano. Sin embargo, la estadística nacional oficial del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2012) reportó para el año 2011, una superficie sembrada de 5 ha en Michoacán, con una producción de 0.8 ton ha⁻¹ y un precio medio rural de \$2,100.00 por ton de grano. No obstante, para 2012 no se encuentra registrada la superficie sembrada con este cultivo (SIAP, 2012).

Por otra parte, en relación con el comportamiento del mercado nacional, durante el período de 2004 a 2006, México importó 1.1 millones de ton de aceite vegetal. Asimismo, para el ciclo 2012-2013 importó 5.11 millones de ton de grano de especies oleicas (USDA, 2013).

Algunos investigadores han empleado la harina de *Ricinus* en pollos como fuente de proteína y energía, con resultados promisorios en los parámetros productivos. Sin embargo, poca investigación se ha realizado en relación en el empleo de la harina de *Ricinus communis* L. cuando se trata de obtener un producto que aporte nutrimentos al rumiante, sobre todo en la cinética de su uso a nivel ruminal (Ani *et al.*, 2007).

6.7. Ovinocultura en México

Actualmente el principal objetivo de la cría ovina es la producción de carne para consumo humano y su producción, en la mayoría de las regiones del mundo, va en aumento. En cambio, la producción de lana, el otro producto importante, va en decremento a raíz de la sustitución de las fibras naturales por las sintéticas en la industria del vestido. La producción de carne de ovino ha tenido un crecimiento total,

del 2004 al 2013, de 9.63 %, pasando de 7.8 a 8.5 millones de toneladas en el período. En América, México es el tercer productor de carne, luego de Brasil y los Estados Unidos (SAGARPA, 2016).

La producción de ovinos en México se realiza en sistemas de producción muy variados, dependiendo de las condiciones de clima, disponibilidad de recursos y nivel socioeconómico de los productores. Estos sistemas van desde los altamente tecnificados que mantienen a los animales en completa estabulación sobre pisos elevados, hasta los trashumantes y transterminantes que mantienen los animales en condiciones pastoriles extensivas y sin uso de tecnología básica (Partida *et al.*, 2013). La carne de ovino es un producto de calidad y sus productos son demandados por la población urbana, que la consume frecuentemente en barbacoa (plato tradicional de carne de ovino, cocida en su propio jugo o al vapor), principalmente en las grandes ciudades como la Ciudad de México y el área conurbana del Estado de México, Guadalajara y Monterrey (SIAP, 2014).

La carne de ovino está entre las fuentes más ricas de Fe y Zn. Con 100 g aporta al menos un cuarto de los requerimientos de un adulto. El Fe está disponible en la carne principalmente en forma de grupo hemo, el cual es bien absorbido. Además, las proteínas de la carne también mejoran la absorción de Fe. De igual forma, la absorción de zinc en una dieta alta en proteína animal es más alta que la de un alimento de origen vegetal, y los requerimientos de zinc pueden llegar a ser de hasta un 50 % mayores para vegetarianos (NHMRC, 2006).

6.8. Atributos organolépticos de la carne de Ovino

La terneza está determinada por la estructura miofibrilar, el tejido conjuntivo y las interacciones entre ambos. En gran medida, la terneza de la carne, además de factores como el contenido de grasa subcutánea o intramuscular (particularmente en canales con limitada cantidad de grasa subcutánea) también tiene relación directa con la tasa de enfriamiento post – mortem (Bianchi, 2008).

El pH de la carne es una de las principales características que determinan la calidad del producto y está determinado por un sinnúmero de factores que pueden interactuar entre sí, determinando la velocidad de descenso de éste. Este rasgo es el factor principal en determinar las características organolépticas: color, olor y terneza de la carne, además de afectar la capacidad de retención de agua (jugosidad) de la misma (Bianchi, 2008).

Otro atributo es el sabor, que corresponde al conjunto de impresiones olfativas y gustativas que se provocan en el momento del consumo, como consecuencia de la presencia de compuestos volátiles (olor) y solubles (gusto). Es un proceso que se inicia instantes antes de la introducción del bocado en la boca y que persiste durante la masticación y aún luego de la deglución, interactuando con las restantes características organolépticas, en particular la jugosidad y la textura conformando la aceptación sensorial del consumidor (Sañudo, 2008).

La terneza, el sabor y la jugosidad, están fuertemente influenciados por el tiempo y las condiciones de la maduración de las carnes, aspecto que permite, además, homogenizar variables de menor importancia para hacer que los factores arriba mencionados sean del agrado del consumidor.

VII. MATERIALES Y MÉTODOS.

7.1. Ubicación del experimento

El estudio se realizó en las instalaciones del CENID Fisiología y Mejoramiento Animal del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en Ajuchitlán, Querétaro; ubicado en el Km 1, carretera a, Ajuchitlán, Colón., tiene una temperatura media anual de 18°C, máxima de 28°C y mínima de 6°C, a una altitud de 1850 msnm y precipitación anual de 530 mm (INEGI, 2000).

7.2. Periodo de prueba de comportamiento

La prueba de comportamiento se realizó durante 90 días, previo a esta, se adaptaron los borregos a las dietas experimentales durante 15 días.

Se utilizaron 32 borregos Katahdin de 29 kg de PV inicial promedio, los cuales fueron desparasitados al inicio de la prueba con Ivermectina (Ivomec F®) a una dosis de 1 mL 50 kg⁻¹ PV vía subcutánea; se les aplicó vitaminas Vigantol ADE Fuerte® a una dosis de 2 mL animal⁻¹ vía intramuscular. Los animales fueron distribuidos aleatoriamente en jaulas de (120X80 cm) individuales con comedero y bebedero.

7.3. Tratamientos y diseño experimental

Se formularon las dietas experimentales, de acuerdo a los requerimientos nutricionales para ovinos (NRC, 2007). Las dietas experimentales se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Composición de las dietas experimentales.

Ingredientes	\$/Kg	T₀	T₁₀	T₁₅	T₂₀	
Grano de Sorgo	3.28	35.50	30.50	30.10	32.50	
Grano de Maíz	3.77	30.0	30.0	27.0	20.0	
Alfalfa Henificada	2.50	15.0	15.0	15.0	15.0	
Pasta de Higuierilla	2.80	00	10.0	15.0	20.0	
Pasta de Soya	8.42	6.50	1.50	00	00	
Melaza	2.05	6.00	6.00	6.00	6.00	
Rastrojo maíz	1.25	5.00	5.00	5.00	5.00	
Urea	6.18	1.00	1.00	0.90	0.50	
Minerales	10.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Total		100	100	100	100	
Costo por kilogramo		3.57	3.26	3.14	3.07	
	% MS	% PC	% FDN	% FDA	% CENIZAS	% EE
T ₀	85.31	18.98	23.44	8.39	5.97	1.74
T ₁₀	89.68	17.37	24.16	10.22	5.39	3.20
T ₁₅	86.80	18.65	26.78	13.25	5.90	3.41
T ₂₀	89.44	17.80	29.78	14.76	5.93	2.17

T₀= 0% pasta de higuierilla; T₁₀= 10% pasta de higuierilla; T₁₅= 15% pasta de higuierilla; T₂₀= 20% pasta de higuierilla; MS= Materia Seca; PC= Proteína Cruda; FDN=Fibra Detergente Neutro; FDA= Fibra Detergente Ácida; EE= Extracto Etéreo.

7.3.2. Variables evaluadas

7.3.2.1 Prueba de comportamiento

Consumo de materia seca (kg día⁻¹). Se determinó mediante la diferencia entre el alimento ofrecido y el alimento rechazado diariamente durante el periodo experimental.

Ganancia diaria de peso (g día⁻¹). Se pesaron los ovinos al inicio del experimento y posteriormente cada 14 días (previo ayuno). Durante 6 periodos.

Conversión alimenticia cantidad de alimento por unidad de ganancia de peso.

7.3.2.2 Digestibilidad total aparente.

La recolección de heces se hizo mediante la técnica de Stock *et al.* (1987). Para determinar la degradabilidad ruminal, se tomaron muestras de contenido duodenal y heces durante los primeros cuatro días de cada periodo de muestreo (Cuadro 3). Se determinó la digestibilidad aparente de la MS mediante la técnica de Cenizas Insolubles en Ácido (CIA) (Keulen y Young, 1977).

Cuadro 3. Colección de muestras de duodeno y heces.

0:00	X			
2:00		X		
4:00			X	
6:00				X
8:00	X			
10:00		X		
12:00			X	
14:00				X
16:00	X			
18:00		X		
20:00			X	
22:00				X

Stock *et al.* (1987).

7.3.2.3 Análisis de laboratorio

El análisis químico bromatológico de las dietas se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal del Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México.

La toma de muestra de las dietas experimentales se hizo dos días posteriores a la preparación de las mismas y una vez iniciada la fase de finalización de los ovinos. Las muestras se tomaron de tres diferentes alturas de los sacos que contenían las dietas experimentales, para posteriormente mezclarlas y obtener una muestra compuesta de cada dieta experimental. Las muestras de las dietas se molieron en un molino marca Thomas Willey (Model 4, Arthur H. Thomas Company, Philadelphia P.A., U.S.A.), con criba de 1 mm. Se determinó el porcentaje de la materia seca 930.15, cenizas en el alimento 942.05, proteína cruda 954.01 y extracto etéreo 954.02 de acuerdo a la metodología del AOAC (2005), fibra detergente neutro y fibra detergente ácido de acuerdo a la metodología de (Van Soest *et al.*, 1991).

7.3.2.4 Digestibilidad *in vitro*

La digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS), de las dietas se realizó en la incubadora Daisy II® ANKOM® modelo D200. Se pesaron 0.5 g de muestra colocadas en bolsas ANKOM® F57 con un tamaño de poro de 53 μm (ANKOM Technologies, Macedon, NY, USA). Las horas de incubación fueron a 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 20, 24, 48 y 72 h.

7.3.2.5 Digestibilidad total aparente de la MS y FDN

La digestibilidad total aparente de la materia seca, se realizó con la metodología de Cenizas Insolubles en Ácido (CIA) propuesta por (Keulen y Young, 1977).

La fórmula para determinar el porcentaje de Cenizas Insolubles en Ácido se describe a continuación:

$$\% \text{ CIA} = \frac{(\text{peso del crisol} + \text{cenizas}) - \text{peso del crisol}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

Para el cálculo de la digestibilidad total aparente de la materia seca se usó la siguiente fórmula:

$$\% \text{DIAMS} = 100 - \left[\frac{(\% \text{ CIA en alimento})}{(\% \text{ CIA en heces})} \right]$$

Para el cálculo de la digestibilidad total aparente de la FDN y FDA (se usó la siguiente fórmula):

$$\% \text{FDA o FDN} = 100 - \left[\frac{(\% \text{ marcador en el alimento})}{(\% \text{ marcador en heces})} * \frac{(\% \text{ de nutriente en heces})}{(\% \text{ nutrientes en alimento})} * 100 \right]$$

7.3. 2. 6 Variables ruminales

Se colectaron 50 mL de líquido ruminal de cada ovino al momento del sacrificio. Posteriormente el líquido ruminal se acidificó con ácido metafosfórico al 25% en una relación de 1:4 mL de líquido ruminal y se congeló a 4°C, para posteriores análisis.

El nitrógeno amoniacal (N-NH₃) se determinó por la técnica de McCullough (1967), en un espectrofotómetro VARIAN Cary 1E a una longitud de onda de 630 nm.

Concentración de ácidos grasos volátiles (AGV) se determinó en un cromatógrafo de gases HP 6890 con un detector de ionización de flama y con una columna capilar HP- FFAP 19091F Agilent Technologies, Inc. con dimensiones 30 m x diámetro interno de 0.250 mm x recubrimiento de 0.25 micras (Neir y Bonelli, 1969 y Erwin *et al.*, 1961).

Estándar: FAM6C, 1000 µg/ mL H₂O

Marca: High purity standars

Condiciones del cromatógrafo de gases para analizar ácidos grasos volátiles.

Características del detector:	Características del inyector:
Makeup (ON): 14.0 mL/min	Temperatura: 230°C
Temperatura: 240°C	Presión: 12.0 psi
Inyector: Split	Split: 10.0
Tiempo Total de corrida: 9.94 min	

Rampa de temperatura del horno:

	Velocidad °C/min	Temperatura °C	Tiempo (min)
Rampa 1	65	95	0.15
Rampa 2	15	145	6.0

7.3.2.7 Características de la canal

Grasa dorsal y área del ojo de *Longissimus dorsi*: estas medidas son importantes ya que a través de ellas se puede predecir la conformación de la canal, por otra parte, la cantidad de grasa y distribución de los depósitos de grasa (grasa subcutánea, grasa intermuscular y grasa intramuscular) a través de la canal y de la carne influyen en su valor y calidad comercial (Smith *et al.*, 2008). Se midió en cada ovino utilizando un ultrasonido Sonovet 600 (Universal Medical System, Inc.) con transductor de 7.5 Mhz, entre la 12va y 13va costilla dos días antes del sacrificio (Delfa *et al.*, 1995).

Peso al sacrificio (PS). Los ovinos se pesaron de forma individual después de 12 h de ayuno para ser conducidos a la sala de matanza.

Peso de la canal caliente (PCC) y fría (PCF). Una vez que se obtuvo la canal después del proceso de matanza, se pesó y refrigeró a 4°C, durante 24 h.

El rendimiento de la canal se calculó con las siguientes fórmulas (Hernández *et al.*, 2009):

- Rendimiento de la canal caliente = $PCC/PS \times 100$
- Rendimiento de la canal fría = $PCF/PS \times 100$
- Rendimiento biológico en caliente = $PCC/PVV \times 100$
- Rendimiento biológico en frío = $PCF/PVV \times 100$

pH y temperatura de las canales. El pH es uno de los principales parámetros a considerar para verificar la calidad de la carne, porque afecta varias de sus cualidades (color, capacidad de retención de agua, etc.).

El pH del músculo de animales sanos y vivos es de alrededor de 7.04 (Johnson, 1994). Así mismo, es importante considerar la temperatura de la medición, puesto que a mayor temperatura se incrementan las pérdidas por goteo. Se midió utilizando un potenciómetro portátil (HANNA, Mod. HI99163), con un electrodo de penetración el cual se insertó en el músculo *Longissimus dorsi* en el espacio intercostal entre la 12va y 13va costilla, directamente en la canal.

El análisis fisicoquímico para determinar la calidad de la carne se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México. Se determinó lo siguiente:

Contenido de humedad. Se realizó mediante el método de la AOAC (2005).

El análisis del contenido de humedad o de materia seca, es en el análisis bromatológico probablemente más frecuentemente realizado, debido a que permite conocer el grado de dilución de los nutrimentos o componentes de la muestra (Bradley, 2003). A diferencia de las determinaciones de capacidad de retención de agua y pérdida por goteo, el análisis de humedad permite conocer el contenido total de agua en la muestra. La determinación de la humedad, se basa en la pérdida del agua por efecto del calentamiento en estufa con condiciones de aire forzado.

Proteína cruda en muestras de carne. En un papel encerado, se pesó 0.30 g de muestra por duplicado (muestras resultantes de la determinación de humedad), después se colocó en el tubo de digestión. Se agregó 0.5 g (de la mezcla catalizadora). Posteriormente se agregaron 3 mL de H₂SO₄ concentrado. Para la digestión de las proteínas se colocaron los tubos en una unidad de digestión a una temperatura media de (420°C) dentro de una campana de extracción y se dejaron digerir con la muestra hasta la digestión total de la materia orgánica (color verde-azul translúcido del líquido). Finalizada la digestión, se dejaron enfriar las muestras. Para la destilación se depositaron en un matraz Erlenmeyer 6 mL de solución boratada al 4%, posteriormente se colocaron en el microdestilador marca LABCONCO, se colocó la muestra en el microdestilador, se agregaron 10 mL de hidróxido de sodio al 40% (NaOH) lentamente; cuando se recolectaron 30 mL del destilado en el matraz, se procedió a titular con solución de ácido clorhídrico al 0.088N. (SAGARPA, 2011).

Cálculos para la determinación de proteína

El porcentaje de proteína se calculó de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\% N_{\text{base seca}} = \frac{V_{\text{HCl}} \times C(\text{HCl}) \times 0.014 \times 100}{\text{Peso muestra}}$$

$$\% N_{\text{base húmeda}} = \% N_{\text{base seca}} \times \% \text{MS}/100$$

$$\% \text{Proteína} = \% N_{\text{base húmeda}} \times 6.25$$

Donde:

N: Nitrógeno total.

VHCl: volumen de HCl consumido por la muestra en la valoración, menos el volumen del blanco de reactivos.

C (HCl): concentración de la solución de HCl utilizada en la valoración.

0.014: peso molecular del nitrógeno, dividido por 1000 para llevar el volumen consumido en la valoración (VHCl) de mL a L.

%MS: porcentaje de materia seca (100 - % humedad).

6.25: Factor que se deriva de asumir que las proteínas contienen 16% de nitrógeno.

Cenizas. Para la determinación de la cantidad de cenizas en muestras de carne con alto contenido de grasa es necesario secar y extraer la grasa antes de realizar el análisis de cenizas (Marshall, 2010). Se determinaron mediante la técnica 900.02 del AOAC (2005). Se colocaron los crisoles a una temperatura constante de 100°C durante 24 horas, se retiraron y se dejaron enfriar en un desecador por 30 min, posteriormente se pesaron y se les agregó un gramo de muestra, después se

colocaron los crisoles en la mufla, se incrementó la temperatura lentamente hasta alcanzar los 600°C dejándolos toda la noche, después de este tiempo se bajó la temperatura de la mufla a 100°C para sacar y poner los crisoles en un desecador dejándolos enfriar durante 30 min, se registró el peso en una balanza analítica marca OHAUS.

Lípidos totales. Las muestras de carne fueron deshidratadas y molidas en un molino para café marca Braun, para posteriormente pesar 1 g de muestra. Se colocaron los portadedales que contenían las muestras en el extractor Soxhlet durante ocho horas, utilizando el método reportado por Koniecko (1979).

$$\% \text{ de grasa} = \frac{\text{Peso de la grasa}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

El color

El color de la carne fresca es el principal atributo que influye en la decisión de compra, dado que el consumidor asocia el color con el grado de frescura y calidad (Brewer *et al.*, 2002). En la carne, al igual que otros materiales no metálicos, al incidir un rayo de luz en su superficie se produce una reflexión difusa, esa reflexión es lo que se define como el color. Así, al incidir una luz blanca sobre una substancia, ciertas longitudes de onda que componen esa luz blanca, serán absorbidas por la muestra, el color estará formado por la combinación de aquellas longitudes de onda que no fueron absorbidas por la substancia. El color percibido ha sido definido por CIE (*Comission Internationale de L'Eclairage*) como el atributo visual que se compone de una combinación cualquiera de componentes cromáticos y acromáticos (Alberti *et al.*, 2005).

Se midió utilizando un colorímetro Minolta (Chroma Meter CR-200, Tokio, Japón). Utilizando muestras a 4°C. En cortes de aproximadamente medio centímetro de grosor, se colocaron en el colorímetro, para realizar dos lecturas, girando la muestra 90° entre cada una de ellas. Las mediciones se realizaron en áreas homogéneas, libres de grasa, sangre y burbujas (SAGARPA, 2011).

Capacidad de Retención de agua

La capacidad de retención de agua (CRA) se puede definir como la aptitud de la carne para mantener ligada su propia agua, incluso bajo la influencia de fuerzas externas (presión, calor, etc.), o también como la aptitud para fijar agua añadida (Swatland, 1991).

Muchas de las propiedades sensoriales de la carne como son el color, la textura y la firmeza, están relacionadas con la cantidad de agua que se tiene contenida o retenida en la carne. Nutricionalmente, una baja CRA resulta en pérdidas importantes de agua, que acarrearán, proteínas, minerales y vitaminas hidrosolubles. La CRA es influenciada (hasta cierto punto) por el pH del músculo, mientras más alejado este del pH del punto isoeléctrico de las proteínas del músculo, más agua se retendrá. Por ejemplo, en valores superiores a 5.8 de pH, se favorece la capacidad de las proteínas para ligar las moléculas de agua. Además del pH, otros factores que afectan la CRA, son la especie de que proviene la carne, el tipo de fibra, la estabilidad oxidativa de sus membranas, el proceso de maduración, y de ser el caso, el sistema utilizado para congelar y descongelar las carnes (SAGARPA, 2011).

Se realizó utilizando la siguiente metodología; usando 10 g de carne, se colocaron en tubos de polipropileno de 50 mL, por duplicado, posteriormente se añadió 16 mL

de solución de cloruro de sodio (NaCl) al 0.6 M y se agitaron durante un minuto, se dejaron reposar en refrigeración a 4°C por 30 min. Posteriormente se retiraron del refrigerador y fueron centrifugados a 2, 236xg durante 30 min. Se decantó el sobrenadante y se midió el volumen, el cual se reporta como la cantidad de agua retenida (Guerrero *et al.* 2002). Los resultados se expresan como la cantidad de mililitros de solución de NaCl 0.6 M retenidos por 100 g de carne.

$$\text{mL de NaCl retenidos en 100 g de carne} = \frac{(\mathbf{16 \text{ mL} - \text{mL recuperados}})}{\mathbf{10g}} * \mathbf{100}$$

7.4.1. Diseño experimental

Para la prueba de comportamiento productivo se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con 4 tratamientos y 8 repeticiones por tratamiento.

7.4.2 Análisis de datos

Los datos obtenidos tanto de la prueba de comportamiento como de las características de la canal se analizaron con el programa SAS® versión 9.0 (SAS, 2002), obteniendo ANOVAS y comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey con una $P < 0.05$ (Steel y Torrie, 1992). El modelo estadístico utilizado para las variables evaluadas es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = Variable respuesta en la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento

μ = Media general

τ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

ε_{ij} = Error experimental en la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 5 se muestran los resultados de la composición de la pasta de higuera obtenidos a partir de su análisis bromatológico. Se observa que la pasta de higuera puede ser un ingrediente alternativo para la alimentación animal, principalmente por el alto contenido de proteína, que, comparado con el aporte de proteína de la soya, la cual varía desde un 38% hasta un 90% en el aislado de proteína, se considera que el aporte de proteína proporcionado por la pasta de higuera es importante. La desventaja de la comparada pasta de higuera comparada con la soya es su alto contenido de FDN y FDA debido a la cubierta de la semilla. Por otra parte, el contenido de Ca y P que contiene la pasta de higuera es mayor (0.79 y 0.92 %), respectivamente, al aporte de los mismos minerales proporcionados por la pasta de soya (FEDNA, 2010).

Cuadro 5. Composición química de la pasta de higuera.

% MS	% PC	% FDN	% FDA	% P	% Ca
92.82	27.95	66.48	62.47	0.92	0.79

MS= Materia Seca; PC= Proteína Cruda; FDN= Fibra Detergente Neutro; FDA= Fibra Detergente ácida; P= Fósforo; Ca= Calcio.

En el Cuadro 6 se presenta una comparación del contenido de aminoácidos en la pasta de higuera obtenidos en esta investigación y los resultados reportados por Jiménez *et al.* (2012). Es importante observar que los valores reportados por Jiménez *et al.* (2012), son menores a los encontrados en este estudio para metionina, cistina y leucina, en pasta detoxificada. En el caso de la pasta sin detoxificar reportada por Jiménez *et al.* (2012) presenta un mayor contenido de

arginina, ácido glutámico (4.65 %) y en ambas pastas se encontró ácido aspártico, 1.73-2.55 %, a diferencia de la pasta utilizada en esta investigación que no reporta este aminoácido. La variación del contenido de aminoácidos puede deberse al método utilizado en la detoxificación de la pasta de higuera, debido a que algunos aminoácidos son sensibles al calor. La importancia de estos aminoácidos radica en que la mayoría son precursores para la gluconeogénesis y todos pueden ser convertidos a ácidos grasos, o ser fuente de energía metabólica cuando son oxidados a CO₂ (NRC, 2001).

Cuadro 6. Contenido de aminoácidos en la pasta detoxificada de higuera utilizada en la alimentación de borregos en finalización.

Jiménez <i>et al.</i> , 2012			
Aminoácidos en pasta de higuera detoxificada (%)	Pasta detoxificada (%)	Pasta sin detoxificar (%)	
Metionina	0.62	0.3	0.45
Cistina	0.91	0.37	0.54
Metionina- Cistina	1.53	---	---
Lisina	1.91	---	---
Treonina	1.23	---	---
Triptófano	0.42	---	---
Arginina	2.56	2.19	3.34
Isoleucina	1.37	---	---
Leucina	2.14	1.8	2.27
Valina	1.73	---	---
Histidina	1.23	---	---
Fenilalanina	1.44	---	---
Ácido Aspártico	---	1.73	2.55
Ácido Glutámico	---	4.6	---

En el Cuadro 7 se presenta la ganancia diaria de peso (GDP), consumo de materia seca (CMS) y conversión alimenticia (CA) de borregos alimentados con pasta de higuierilla.

Cuadro 7. Ganancia diaria de peso, consumo de materia seca y conversión alimenticia de los borregos en finalización alimentados con pasta de higuierilla.

	T ₀	T ₁₀	T ₁₅	T ₂₀	EEM
GDP (g d ⁻¹)	230	230	240	210	0.03
CMS (g d ⁻¹)	1266.8 ^b	1162.5 ^b	1280 ^b	1474.1 ^a	1.75
CA	5.5 ^b	5.2 ^b	5.4 ^b	6.9 ^a	0.18

^{a,b}. Medias con la misma letra en la fila son diferentes (P<0.05); T₀= 0% pasta de higuierilla; T₁₀= 10% pasta de higuierilla; T₁₅= 15% pasta de higuierilla; T₂₀= 20% pasta de higuierilla; GDP= Ganancia diaria de peso; CMS= Consumo de Materia Seca; CA= Conversión Alimenticia; EEM= Error Estándar de la Media.

No hubo diferencias en la GDP (P<0.05) entre tratamientos, debido a que al sustituir la pasta de soya por pasta de higuierilla en la dieta no se afectó la cantidad de consumo de nutrientes, compensándose con el nivel de CMS como sucedió en el T₂₀, donde el CMS fue mayor (P< 0.05) que en los demás tratamientos y por presentar mejor digestibilidad en los tratamientos con pasta de higuierilla (cuadro 8). Consecuentemente, la CA del T₂₀ fue mayor (P< 0.05) que en los demás tratamientos debido principalmente al nivel de CMS. Resultados similares se muestran en el estudio de Domínguez *et al.* (2015), con novillos en pastoreo, suplementados con 1 kg día⁻¹ de pasta de canola, granos secos de destilería (GSD) o pasta de higuierilla, cada tercer día, a los 40 días del periodo experimental, no hubo diferencias en la GDP entre tratamientos.

Jiménez *et al.* (2013) reportaron que bovinos Charolláis en confinamiento alimentados con harinolina y pasta de higuierilla presentaron ganancia de peso diferentes, siendo mejor el tratamiento a base de harinolina, 2.1 kg día⁻¹ en relación con el grupo alimentado con pasta de higuierilla, 1.7 kg día⁻¹, y en toretes Charolláis en pastoreo suplementados con ensilado de maíz o 1 kg día⁻¹ de pasta de higuierilla, cuya ganancia diaria de peso de los animales suplementados con higuierilla fue mayor (P<0.05) a los que no la recibieron (1.5 kg día⁻¹ y 0.9 kg día⁻¹, respectivamente). Estos resultados son diferentes a los obtenidos en la presente investigación, en la cual no se reportan diferencias estadísticas debido al balance de las dietas y a que los animales usados en ésta investigación estuvieron en confinamiento.

En el Cuadro 7 se presentan los resultados del consumo de MS, el cual fue mayor (P>0.05) en el T₂₀ (1474.13 g día⁻¹). Esto se debe probablemente a que en el T₂₀ se sustituyó totalmente la pasta de soya por la pasta de higuierilla, por lo que al presentar la pasta de higuierilla un mayor contenido de fibra los animales necesitaban consumir más dieta para cubrir sus requerimientos. Contrariamente Jiménez *et al.* (2014) reportaron que bovinos Charolláis tuvieron por dietas a base de higuierilla, sin embargo, los mismos autores reportan que al término del estudio, el consumo fue similar con aquellas dietas sin higuierilla. Fue interesante observar que adicionar melaza y sabor artificial de manzana a las dietas con pastas proteicas de higuierilla, la preferencia de dichas dietas incrementa.

Urbano *et al.* (2013), en ovejas y cabras utilizando 0, 33, 66 y 100 % de pasta de higuierilla no encontró diferencias en consumo de MS, teniendo valores promedio de

0.978 kg⁻¹ MS día, menores a los encontrados en este estudio. Es posible que esto se deba a que la adición de pasta de higuera en las dietas en el presente experimento fue menor, lo que sugiere que si se utilizan mayores cantidades de pasta de higuera en las dietas se obtienen menores ganancias de peso.

Para la CA también se encontraron diferencias estadísticas en este estudio debido a que el CMS y la CA son variables relacionadas, por lo que, si se incrementa el consumo, la conversión también incrementa, siendo la mayor para T₂₀. Jiménez *et al.* (2013), reportan CA de 4.5 y 4.8 en bovinos suplementados con raciones alimenticias a base de higuera y harinolina, respectivamente, sin encontrar diferencias estadísticas como lo muestra la presente investigación.

Digestibilidad total aparente de la MS, PC y FDN

En el Cuadro 8 se muestran los resultados obtenidos de digestibilidad total aparente (DTA) de la materia seca (MS), proteína cruda (PC) y la fibra detergente neutro (FDN) en borregos alimentados con pasta de higuera.

Cuadro 8. Digestibilidad total aparente de las dietas experimentales.

	T ₀	T ₁₀	T ₁₅	T ₂₀	EEM
Digestibilidad aparente MS	64.11 ^c	71.02 ^{bc}	84.62 ^a	78.35 ^{ab}	0.51
Digestibilidad aparente PC	66.30 ^b	78.65 ^a	80.86 ^a	87.10 ^a	0.48
Digestibilidad aparente FDN	25.76 ^b	53.17 ^a	50.83 ^a	57.87 ^a	0.75

^{a,b,c} Medias con la misma letra en la fila son significativamente diferentes (P<0.05); T₀= 0% pasta de higuera; T₁₀= 10% pasta de higuera; T₁₅= 15% pasta de higuera; T₂₀= 20% pasta de higuera; EEM= Error Estándar de la Media.

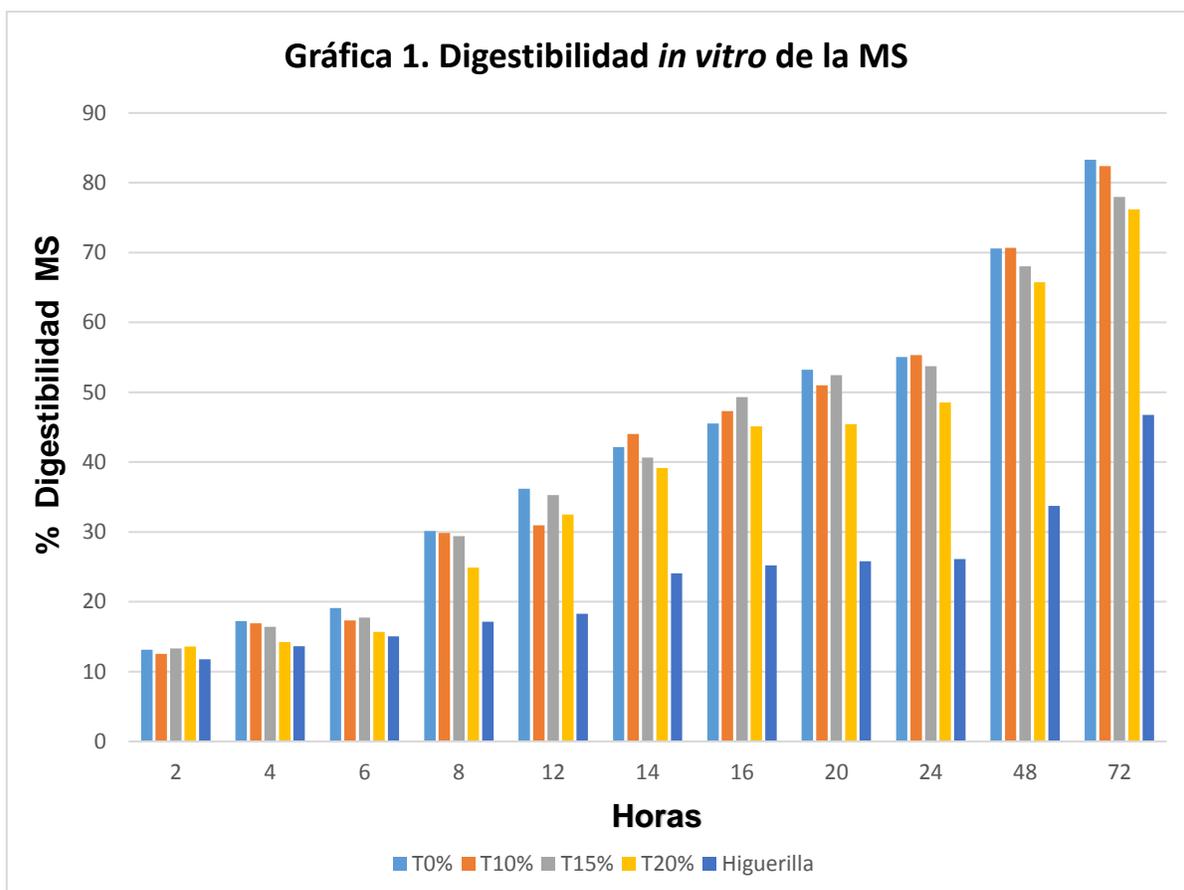
La Digestibilidad Aparente de la MS, fue menor ($P < 0.05$) en la dieta testigo que en T_{15} y T_{20} , pero no diferente con T_{10} , no habiendo diferencias entre las dietas T_{15} y T_{20} , quienes tuvieron las mayores digestibilidades. Esto puede deberse a que cuando se incrementa el porcentaje de pasta de higuera la digestibilidad disminuye debido al residuo de aceite contenido en la pasta que puede ser tóxico para las bacterias, aunque Vallejo *et al.* (2014), quienes determinaron digestibilidad total aparente de la MS en corderos Katahdin- Pelibuey alimentados con diferentes niveles de pasta de cártamo, alta en aceite, no encontraron diferencias estadísticas.

La Digestibilidad Aparente de la FDN fue mayor ($P < 0.05$) en la dieta con 20 % de higuera en comparación al tratamiento testigo, pero no diferente con las dietas con 10 y 15 % de pasta de higuera; La DTAPC. Las diferencias entre el tratamiento testigo y los tratamientos con higuera probablemente, en el caso de la proteína, se deban a la solubilidad de la proteína contenida en la higuera. En el caso de FDN, la mayor digestibilidad registrada en los tratamientos con pasta de higuera indica que la fibra de ésta tiene una alta digestibilidad, relacionada con su menor contenido de lignina.

Prueba de digestibilidad *in vitro*

En la Gráfica 1 se muestran los resultados obtenidos para la digestibilidad *in vitro* de la MS de las dietas experimentales, así como la de pasta de higuera sola. El tratamiento testigo fue el que tuvo, a las 72 h, la mayor digestibilidad, seguido del T_{10} el cual se comportó de manera similar al T_0 . La digestibilidad de la MS del T_{15} y T_{20} tuvieron una digestibilidad muy similar entre ellos. La pasta de higuera sola tuvo menor digestibilidad en comparación con los tratamientos experimentales, la

diferencia en estos resultados se puede atribuir a la mezcla de la pasta de higuierilla, con los demás ingredientes en las dietas balanceadas, que permiten una mejor digestión de nutrientes al promover un ambiente más favorable para las bacterias ruminales, es importante mencionar que sería interesante prolongar el tiempo de incubación para observar si la digestibilidad aumenta y así establecer el tiempo adecuado de incubación de la pasta de higuierilla sola, como sugiere Vázquez *et al.* (2015), Ellos reportaron que la desaparición de la MS, a las 96 horas, de incubación en el rumen, de la harina rostizada de *ricinus*, fue ligeramente mayor (59.24 %) que la de la semilla normal (61.23 %). Estos resultados son superiores a los reportados en este trabajo debido al tiempo de incubación.



Herrera *et al.* (2013) realizaron una prueba de digestibilidad *in vitro* utilizando semilla de girasol incorporándola en 3, 6, 9 y 12 % en la formulación de dietas para bovinos e incubándolas en el rumen por 6, 12, 24, 48 y 72 h. Los resultados obtenidos a las 72 h fueron muy similares en las dietas con 6 y 9 % (77.66 y 76.20 %, respectivamente), resultados que coinciden con los obtenidos en el presente estudio en los T₁₅ y T₂₀ (77.96 y 76.20 %, respectivamente), es posible que este resultado se deba a que la composición química de la semilla de girasol e higuierilla son muy similares. Adicionalmente Molina *et al.* (2003) encontraron que la degradabilidad ruminal es similar entre ovejas y cabras, con valores de 78 y 75 % respectivamente, valores igualmente similares a los obtenidos en esta investigación si se usa semilla de girasol.

En el Cuadro 9 se muestran los resultados de las variables ruminales obtenidos en borregos en finalización alimentados con distintos porcentajes de higuierilla.

Cuadro 9. Variables de fermentación ruminal

Variable Ruminal	T ₀	T ₁₀	T ₁₅	T ₂₀	EEM
N-NH ₃ (mg dL ⁻¹)	26.23 ^a	21.92 ^{ab}	20.51 ^{ab}	10.72 ^b	2.99
Urea mmol dL ⁻¹	8.11	7.77	6.94	6.45	1.16

^{a,b}. Medias con la misma letra en la fila son significativamente diferentes (P<0.05); T₀= 0% pasta de higuierilla; T₁₀=10% pasta de higuierilla; T₁₅= 15% pasta de higuierilla; T₂₀= 20% pasta de higuierilla, N-NH₃= Nitrógeno Amoniacal.

Lana *et al.* (1998) reportaron que una disminución en el pH ruminal de 6.5 a 5.7, reduce las concentraciones de N-NH₃ cuando el inóculo ruminal fue obtenido de bovinos alimentados con una dieta a base de forraje (100 %), mientras que con inóculo de bovinos alimentados con 90 % de concentrado, la concentración de N-

NH₃ fue menos afectada, a pesar del bajo pH. Estos resultados indican que la degradación de la proteína, es afectada por el pH y el tipo de dieta, los cuales pueden determinar el tipo de población microbiana presente en el rumen, aspecto que se confirma en el presente estudio, en el cual la concentración de N-NH₃ fue mayor ($P < 0.05$) en T₀ (26.23 mg dL⁻¹) que en T₂₀ (10.72 mg dL⁻¹). Las diferencias pueden deberse, en parte, a la diferente degradación de la PC en el rumen, sea esta de la pasta de higuierilla, de los forrajes u otros ingredientes utilizados, además del pH. En este estudio se observó que el tratamiento con 20 % de pasta de higuierilla tuvo un mejor aprovechamiento del nitrógeno por parte de las bacterias del rumen.

Estudio con base al de Silva *et al.* (2010), donde demuestra que la pasta de higuierilla no afecta las características ruminales al sustituir 0, 33, 67 y 100 % de pasta de soya por harina de higuierilla detoxificada en ovejas, ésta última se puede usar para reemplazar harina de soya en dietas para ovinos en finalización.

Adicionalmente, la concentración normal de N-NH₃ en el rumen varía de 5 a 25 mg dL⁻¹ de líquido ruminal (Cheeke, 2004), como lo reportado por Satter y Slyter (1974) donde la eficiencia microbiana máxima ocurre cuando la concentración de N-NH₃ ruminal se encuentra entre 5 y 8 mg dL⁻¹, y el presente experimento reportó niveles que van de 10 a 26 mg dL⁻¹ estando en el rango de concentración antes mencionado.

La relación de la utilización de las proteínas degradables en el rumen y las no degradables o pasantes constituye el origen de la producción de amoníaco que es transformado en urea por el hígado, la cual circula en sangre. El nivel de urea en sangre es considerada una variable para determinar el balance proteico. En el

presente estudio, no hubo diferencias en la concentración de urea entre tratamientos lo que indica, teóricamente, que hubo un balance positivo de nitrógeno en los borregos.

En el Cuadro 10 se muestran las concentraciones de ácidos grasos volátiles en líquido ruminal de borregos en finalización alimentados con distintos porcentajes de pasta de higuera.

Cuadro 10. Concentración de ácidos grasos volátiles

Ácidos grasos volátiles mmol L ⁻¹	T ₀	T ₁₀	T ₁₅	T ₂₀	EEM
Acético	58.84 ^{ab}	52.21 ^b	55.52 ^{ab}	60.76 ^a	0.40
Propiónico	20.25 ^b	34.25 ^a	27.75 ^{ab}	28.63 ^{ab}	0.47
Isobutírico	0.82 ^a	0.52 ^{ab}	0.66 ^{ab}	0.28 ^b	0.10
Butírico	17.46 ^a	10.89 ^b	13.57 ^{ab}	8.62 ^b	0.35
Isovalérico	1.00	0.47	1.00	0.52	0.14
Valérico	1.64	1.66	1.51	1.20	0.13
A:P	3.58 ^a	2.05 ^b	2.63 ^{ab}	2.48 ^{ab}	0.17

^{a,b}. Medias con la misma letra en la fila son significativamente diferentes (P<0.05); T₀= 0% pasta de higuera; T₁₀= 10% pasta de higuera; T₁₅= 15% pasta de higuera; T₂₀= 20% pasta de higuera; EEM= Error Estándar de la Media; A:P= Relación Acético:Propiónico.

El ácido acético tuvo una mayor (P<0.05) concentración en el T₂₀ que en T₁₀, pero similar con los demás tratamientos. Este comportamiento significa que es el producto típico de rumiantes consumiendo forraje, siendo la celulosa y la hemicelulosa los principales carbohidratos de los forrajes y su presencia en el rumen induce al crecimiento de las poblaciones de bacterias celulolíticas, hemicelulolíticas y metanogénicas. La concentración del ácido acético en los diferentes tratamientos

son niveles que permiten que los corderos tengan una aportación importante de energía para obtener las ganancias de peso registradas. La concentración del ácido propiónico, fue mayor ($P < 0.05$) en T_{10} que en T_0 , sin haber diferencias con los otros tratamientos. Esto refleja la digestibilidad de la fibra de las dietas, al incluir en forma creciente la pasta de pasta de higuera. La concentración del ácido butírico fue mayor en T_0 y T_{10} , que en los otros tratamientos, lo que mantiene los patrones de concentración de los principales AGV en el rumen, de acuerdo a la digestibilidad de la fibra de las dietas.

La proporción molar de ácido acético se eleva con el suministro de raciones a base de forraje sin picar o bien picados. La variación del ácido acético dependerá del tipo de forraje o pasto, el estado de madurez del mismo y de la fertilización de la tierra en que creció el forraje (Allen *et al.*, 1964). Sin embargo, en este estudio, la relación acético:propiónico disminuyó aparentemente porque la inclusión de pasta de higuera favoreció la producción de ácido propiónico, proporcionando, en teoría, mayor cantidad de energía metabolizable a los borregos, lo cual se reflejó en las ganancias de peso.

En el Cuadro 11. Se presentan los valores de las características de la canal de borregos en finalización alimentados con distintos porcentajes de higuera.

Cuadro 11. Características de la canal de borregos en finalización alimentados con pasta de higuera.

	T ₀	T ₁₀	T ₁₅	T ₂₀	EEM
Peso al Sacrificio (kg)	50.56	50.34	50.59	49.56	0.28
Peso Canal Caliente (kg)	25.93	26.51	26.19	25.00	0.20
Peso Canal Fría (kg)	24.3	24.94	24.53	20.74	0.34

^{a,b} Medias con la misma letra en la fila son significativamente diferentes ($P < 0.05$); T₀= 0% pasta de higuera; T₁₀= 10% pasta de higuera; T₁₅= 15% pasta de higuera; T₂₀= 20% pasta de higuera; EEM= Error Estándar de la Media.

No hubo diferencias en el peso al sacrificio, peso de la canal caliente o peso de la canal fría, entre tratamientos. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Zea *et al.* (2007), quienes sugieren que uno de los factores que puede afectar las características de la canal es el manejo nutricional, ya que, con dietas altas en concentrado, la ingestión de energía aumenta, la carne y hueso en la canal disminuyen y la grasa tiende a incrementarse, situación que no se presentó en este estudio. Similarmente Vallejo *et al.* (2014) tampoco encontró diferencias significativas en peso al sacrificio (PS), peso de canal fría (PCF) y peso del lomo, en ovinos Katadhin alimentados con 15 y 20 % de pasta de cártamo. En tanto que Curzaynz *et al.* (2013) al utilizar 20 y 40 % de granos secos de destilería, en la dieta de corderos en crecimiento criollos encastados con Rambouillet tampoco encontró diferencias significativas en las características de la canal. Estos resultados indican que aun con ciertas diferencias de ingredientes en dietas para borregos en finalización, es difícil encontrar diferencias en las características de la canal cuando

estas han sido balanceadas para proporcionar cantidades similares de proteína y energía.

En el Cuadro 12 se muestran los resultados de morfología de la canal de borregos en finalización alimentados con distintos porcentajes de pasta de higuierilla.

Cuadro 12. Morfología de la canal de borregos en finalización alimentados con pasta de higuierilla (cm).

	T ₀	T ₁₀	T ₁₅	T ₂₀	EEM
Peso lomo	0.85	1.00	0.87	0.86	0.02
Ancho grupa	22.62	22.76	21.93	20.82	0.37
Ancho menor de tórax	19.46 ^{ab}	20.28 ^a	18.56 ^b	18.20 ^b	0.21
Ancho mayor de tórax	24.06 ^b	26.81 ^a	24.46 ^{ab}	23.63 ^b	0.03
Perímetro en grupa	70.33 ^{ab}	73.15 ^a	70.95 ^{ab}	67.81 ^b	0.53
Perímetro en tórax	83.88 ^{ab}	87.13 ^a	84.01 ^{ab}	80.86 ^b	0.56
Longitud de pierna	45.10 ^{ab}	46.34 ^a	45.24 ^{ab}	43.00 ^b	0.32
Longitud canal	61.05 ^{ab}	62.70 ^a	61.94 ^{ab}	57.85 ^b	0.58
Profundidad interna del tórax	20.42	21.86	20.00	19.85	0.26

^{a,b}. Medias con la misma letra en la fila son significativamente diferentes ($P < 0.05$); T₀= 0% pasta de higuierilla; T₁₀= 10% pasta de higuierilla; T₁₅= 15% pasta de higuierilla; T₂₀= 20% pasta de higuierilla; EEM= Error Estándar de la Media.

La morfología de las canales se comporta de manera similar entre tratamientos aunque aquellos resultados bajo el T₁₀ tiene valores más altos y podría deberse a que la medida de la canal de los corderos generalmente se encuentra asociada al

tipo genético, el sexo, la edad y el peso al sacrificio y el tipo de alimentación (Torrescano *et al.*, 2009).

Los resultados obtenidos en Morfología de la canal en esta investigación son similares a los reportados por Buendía y Partida, (2013) en cruzamientos de diferentes genotipos de ovinos, al igual que los resultados obtenidos por Torrescano *et al.* (2009), al evaluar las características de la canal y de la carne de ovinos Pelibuey, las medidas morfométricas solo le arrojaron diferencias por sexo, destacando las hembras en la longitud de la canal, pero obtuvieron menor medidas en el espesor del pecho y grosor de la pierna, sobresaliendo los machos en estas medidas.

En el Cuadro 13 se presentan las dimensiones del músculo *Logissimus dorsi* y espesor de la grasa subcutánea de borregos en finalización alimentados con distintos porcentajes de pasta de higuera.

Cuadro 13. Dimensiones del músculo *Logissimus dorsi* y espesor de la grasa subcutánea.

	T ₀	T ₁₀	T ₁₅	T ₂₀	EEM
Diámetro menor (cm)	3.86	4.26	3.83	3.95	0.13
Diámetro mayor (cm)	6.92 ^{ab}	7.24 ^a	6.50 ^b	6.60 ^{ab}	0.92
Grasa dorsal (mm)	0.43	0.45	0.35	0.46	0.06

^{a,b}. Medias con la misma letra en la fila son significativamente diferentes (P<0.05); T₀= 0% pasta de higuera; T₁₀= 10% pasta de higuera; T₁₅= 15% pasta de higuera; T₂₀= 20% pasta de higuera; EEM= Error Estándar de la Media.

El diámetro menor del músculo *Logissimus dorsi* no presenta diferencias estadísticas entre tratamientos la grasa dorsal tampoco fue diferente.

La calidad de la canal está definida por el conjunto de características que le confieren una máxima aceptación en el mercado, que se traduce en un mayor precio y mayor demanda en el mercado. En el Cuadro 14 se presentan las características de la carne de corderos alimentados con distintos porcentajes de pasta de higuera.

Cuadro 14. Características de la carne de borregos alimentados con pasta de higuera

	T ₀	T ₁₀	T ₁₅	T ₂₀	EEM
Proteína cruda (%)	17.35	17.40	17.37	17.43	0.40
Cenizas (%)	2.97 ^{ab}	3.66 ^a	2.30 ^b	3.38 ^a	0.10
EE (%)	29.82 ^a	26.21 ^a	15.46 ^b	27.23 ^a	1.03
Color					
L*	36.62 ^{ab}	35.14 ^{bc}	33.52 ^c	37.23 ^a	0.27
a*	16.45	15.54	16.68	17.48	0.39
b*	4.39 ^{ab}	3.54 ^b	4.50 ^b	4.37 ^{ab}	0.12
CRA mL de NaCl 100 g ⁻¹ carne	29.13	31.75	27.75	31.00	0.76

^{a,b}. Medias con la misma letra en la fila son significativamente diferentes (P<0.05); T₀= 0% pasta de higuera; T₁₀= 10% pasta de higuera; T₁₅= 15% pasta de higuera; T₂₀= 20% pasta de higuera; EE= Extracto Etéreo; L*= Luminosidad; a*= Color Rojo; b*= Color Amarillo; CRA= Capacidad de Retención de Agua; EEM= Error Estándar de la Media

En este experimento el contenido de proteína en promedio es del 17 %, siendo un valor menor a lo reportado por Hernández, (2010); Ruiz, (2013); y Eurocarne, (2012), los cuales señalan que en promedio la carne de cordero tiene 21 % de proteína, la variación en el contenido de proteína puede deberse a la raza del animal y a la relación entre el contenido de grasa.

El contenido de cenizas de la carne en este estudio, es similar a lo reportado por Curzaynz *et al.* (2013) en ovinos alimentados con granos secos de destilería (DDGS), además de coincidir con lo reportado por Ayala (2013) y Hernández (2011) en ovinos de pelo.

Para el color, los valores de L* presentan valores similares entre tratamientos lo cual indica que la carne tiene similar luminosidad. En cuanto al color rojo (a*) no se encontraron diferencias estadísticas, pero el amarillo (b*) presenta diferencias entre tratamientos obteniendo resultados similares a los reportados por Torrescano *et al.* (2009), en ovinos de la raza Pelibuey al evaluar el efecto del sexo, sobre la composición de la canal y la calidad de la carne.

Para el extracto etéreo la carne bajo el tratamiento con 15 % de pasta de higuierilla fue el que presento los valores más bajos lo que nos indica que esta carne tiene un menor contenido de grasa (15.46 %), aunque es superior al reportado por Cano *et al.* (2003) en carne de corderos alimentados a base de concentrados que es de 11.3 %. probablemente los valores obtenidos estén influenciados por el contenido de grasa excedente en la pasta de higuierilla después de la extracción de aceite de ricino.

En cuanto a la capacidad de retención de agua no se encontraron diferencias estadísticas lo que nos indica que la carne tiene la misma jugosidad. En un experimento realizado por Ramírez *et al.* (2007) en ovinos de pelo y lana se obtuvieron diferencias con valores más altos en la carne de los corderos de pelo, lo que indica una mayor capacidad de la carne para retener líquido en su interior, lo cual indica una mayor jugosidad al cocinar la carne.

IX. CONCLUSIÓN

Incluir pasta de higuera en la dieta de borregos en finalización, no afecta el comportamiento productivo y características de la canal o la calidad de la carne, la cual, por ser un deshecho de la industria aceitera la hace una materia prima recomendable para la elaboración de dietas utilizadas en la alimentación de ovinos obteniendo beneficios similares a los que aporta la pasta de soya, obteniendo además un menor costo en la ración.

X. LITERATURA CITADA

- Alberti P, Panea B, Ripoll G, Sañudo C, Olleta JL, Negueruela I, Medición del color. En: Cañeque V, Sañudo C editores. 2005. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Madrid, España: MICYT-INIA: Ganadera; (3)216-225.
- Allen, S. H. G., R. W. Kellermeyer, R. L. Sto Jemholm and F. G. Wood. 1964. Purification and properties of enzymes involved in the propionic acid fermentation J. Bact. 87:171-178.
- Al-Tamimi, F. A. and. Hegazi A. E. M. 2008. A case of castor bean poisoning. Sultan Qaboos Univ. Med J. 8:83-87.
- Anandan, S. N., Gowda, K. T. and Sampath D. 2012. Status of biofuels in India and scope of utilizing castor (*Ricinus communis* G) cake-a biofuel co-product-as livestock feed. In: H. P. S. Makkar (ed.). Biofuel co-products as livestock feed-opportunities and challenges. FAO. Rome. pp. 339- 349.
- Ani, A. O. 2007. Nutritive value of dehulled and cooked castor oil vean meal to broiler finishers. J. Agric., Food, Environ. Ext. 6:89-97.
- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. Edition 18. Association of Official Analytical Chemists. Washington, 29 DC, EE.UU. 1928 p.
- Armstrong, D. G. 1960. Colorimetric determination of the net energy value of dried S-23 ryegrass at four st ages of growth. Proc 8th Intl. Grassland Congr. p. 485.

- ASA (Aeropuertos y Servicios Auxiliares). 2013. Bioturbosina. 10p.
- Ascheri, J. L. R., Maciel, F. M. y Machado O. L. T. 2007. Destoxificação de torta de mamona por extrusão termoplástica: Estudo Preliminar. In: II Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, Brasília. II Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel. 35p.
- Aslani, M. R., Maleki, M., Mohri, M., Sharifi, K., Najjar-Nezhad, V., and Afshari E. 2007. Castor bean (*Ricinus communis*) toxicosis in a sheep flock. *Toxicon* 49:400-406.
- Ayala M. M. A. 2013. Inclusión de taninos en la dieta de ovinos en finalización: respuesta en calidad de la carne. Tesis de Maestría. Postgrado en Ganadería. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de Méx. 55 p.
- Barajas, F. C. L. 2005. Biodiesel from castor oil: a promising fuel for cold weather. Universidad de Francisco de Paula Santander. Departamento de hidráulica, fluidos y ciencias térmicas. Cucuta, Colombia. 14 p.
- Bianchi, G.; Garibotto, G.; Franco, J; Ballesteros, F.; Bentancur, O.; Feed, O. 2008. Calidad de carne ovina: impacto de decisiones tomadas a lo largo de la cadena. Seminario Técnico Internacional: "Enfoques sobre la calidad de carne y grasa en rumiantes: el consumidor como prioridad", Montevideo. 24p.
- Buendía R.G. y Partida de la P.J.A. 2013. Calidad de las carnes en cruzamientos de diferentes genotipos de ovinos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícola y Pecuarias. CENID-Fisiología y Mejoramiento Animal. Querétaro, Qro. Folleto técnico No. 25. 65p.

- Bradley R. 2003. Moisture and total solids analysis. En: Nielsen S editor. Food analysis. 3a ed. New York, USA: Kluwer Academic; 171p.
- Brewer SJ, Wilson JE, McKeith F. 2002 The effect of pig genetics and palatability, colorant physical characteristics of fresh loin chops. Meat Sci; 61: 249-256.
- Cabral de, F. P., Ribeiro F. O. R., Cardoso A. F., Ferreira J. J. y Cárdenas O. N. 2013. Desarrollo y evaluación de un prototipo descascarador de frutos de *Ricinus communis* L. Agrocienca. Universidad Federal de Paraíba, Centro de Ciencias Agrarias. Areia, Paraíba, Brasil. 47: 361-371.
- Cano E. T., F. Peña B., I. Martos P., V. Domenech G., M. J. Alcalde A., A. García M., M. Herrera G., E. Rodero S., y R. Acero C. 2003. Calidad de la canal y de la carne en corderos ligeros de raza Segureña. Arch. Zootec. 52:315-326.
- Curzaynz, L. K. 2013. Calidad de la carne y comportamiento productivo de corderos alimentados con granos secos de destilería en la dieta. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados. Texcoco Edo. De México. 53p.
- Cheeke, P. R. 2004. Applied Animal Nutrition, Feeds and Feeding. 3rd edition. New Jersey, Prentice Hall. 70p.
- Delfa, R. A., Texeira, C., González, C. and Blasco I. 1995. Ultrasonic estimates fat thickness and Longissimus dorsi muscle depth for predicting carcass composition of live Aragon lambs. Small Ruminant Res. 16:159-164.
- Deus de, O. N. and Tavares M. 2011. Allergens and toxins from oleaginous plants: Problems and solutions, environmental impact of biofuels. In: M. A. dos S. B. (Ed.) 13p.

- Diniz, L. L., Valadares F.J. M., Campos, R. F. D., Valadares L. D., da Silva J. P., Monnerat; P., Benedeti A. S., de Oliveira D. S. and Pina D. 2010. Effects of castor meal on growth performance and carcass characteristics of beef cattle. Asian-Aust. J. Ani. Sci. 23: 1308-1318.
- Domínguez M.P.A, Jiménez O. R., Galindo V.C.F y Rosales S.R. 2015. Pasta de higuera como suplemento de bajo costo para novillos en condiciones de pastoreo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícola y Pecuarias – Campo Experimental “Valle del Guadiana”, Durango, Dgo. Reunión Nacional de Investigación Pecuaria Memoria. Año 1. Núm.1. Vol. 1. Nov. 2015. 29p.
- Dove Biotech. 2012. Castor bean (*Ricinus communis*) an international botanical answer to biodiesel production & renewable energy. Tailandia. Dove Biotech. pdf 8p.
- Edison, M., Kabuba, J., Philiswa, M. and Belaid M. 2012. Optimization of Process Parameters for Castor Oil Production. Proceedings of the World Congress on Engineering 2012 Vol. III. London, United Kingdom. 2012: 1-4.
- Eurocarne. 2012. El vacuno de lidia como productor de carne de calidad. Marza, 204, 112.
- European Food Safety Authority (EFSA). 2006. Opinión del Panel de Contaminantes de la Cadena Alimentaria de la EFSA en relación con la Ricina (*Ricinus communis*) como sustancia indeseable en la alimentación animal. EFSA

- journal (2006) 402:1-49(Request N° EFSA-Q-2005-185). Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Databases.
- Erwin E. S., J. Marco G., and E. Emery. 1961. Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. *J. Dairy Sci.* 44: 1768-1771.
- FAOSTAT. 2011. Producción de aceite de higuera. 23p.
- Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA). 2010. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos (3ª edición). C. de Blas, G.G. Mateos y P. García-Rebollar. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid. 502 pp.
- Galindo, V. C. F., Jiménez O., Rubio V., Rosales S, I., Limones B., y Sánchez T. 2013. Avances de investigación: Efecto de la alimentación de ganado bovino con pasta de higuera en Durango, México. En prensa. 29p.
- Gardener, H. K. 1960. Detoxification and deallergenisation of castor beans. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 37, 142–148.
- Gandhi, V.M, Cherian, K.M. and Mulky M.J., 1994. Detoxification of castor seed meal by interaction with sal seed meal. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 71, 827– 831.
- González G. E., Martínez de la R.H., Orozco E.A., Perea N.H., López M.B., Holguín L.C., Hernández C.H.E. H. 2010. Efecto del tipo de dieta y del grupo racial sobre el comportamiento digestivo en borregos: efecto del nivel de consumo y de la relación forraje, concentrado sobre el comportamiento digestivo en borregos. Ciudad Juárez, Chih.: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez,

Colección Reportes Técnicos de Investigación ISBN: 978-607-7953-80-7
Serie ICB, Vol. 2, ISBN: 978-607-7953-97-5. 40 p.; 30 cm.

Goswami, A. 2012. An Alternative Eco-Friendly Avenue for Castor Oil Biodiesel: Use of Solid Supported Acidic Salt Catalyst. CSIR- North-East Institute of Science & Technology. Assam, India. 18:1-19.

Guerrero, L., Ponce A., y Pérez M. 2002. Curso práctico de tecnología de carnes y pescado. Universidad Metropolitana, Unidad Iztapalapa. Distrito Federal, México. 171 p.

Hernández, C., L., J. E. Ramírez B., M. I. Guerrero L., O. Hernández M., M. M. Crosby G., and L. M. Hernández C. 2009. Effects of crossbreeding on carcass and meat quality of Mexican lambs. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*. 61 (2):475-483.

Hernández C. L. 2011. Calidad de la canal y carne de corderos complementados con aceites y rastrojo de maíz. Tesis Maestría. Postgrado en Ganadería. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de Méx. 67 p.

Hernández, G. A. 2010. Tratado de nutrición: composición y calidad nutritiva de los alimentos, tomo II, pg 113, Panamericana, Madrid, España.

Hernández, M. M. 2013. Variedad de higuera: Guanajuat-Oil para temporal de Guanajuato. Publicación especial No. 11. Reporte Anual 2012. Ciencia y tecnología para la seguridad alimentaria y la prosperidad del campo mexicano. INIFAP. México, D.F. 2:115-116.

Herrera P.J., Ramírez B. J. E., Sosa M. E., Crosby G. M.M., Cruz M. R. G., del Razo R. O.E. 2013. Digestibilidad *in vitro* de dietas energéticas para ovinos con inclusión de semilla de girasol. Colegio de Postgraduados campus montecillo, Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería. Tesis de Maestría. 57p.

Horton, J. and Williams M. A. 1989. A cooker–extruder for deallergenation of castor bean meal. J. Am. Oil Chem. Soc. 66, 227–231.

Instituto nacional de estadística y geografía (INEGI). 2000. XII Censo General de Población y Vivienda 2000. http://buscador.inegi.org.mx/search?tx=colon%2C+queretaro&q=colon%2C+queretaro&site=sitioINEGI_collection&client=INEGI_Default&proxystylesheet=INEGI_Default&getfields=*&entsp=a_inegi_politica&lr=lang_es%257Clang_en&filter=1.

Jiménez, O. R. R., Cervantes M. J. A., Vallejo V. R., Rosales S. y Ruíz S. 2012. Perfil de aminoácidos de pastas residuales de piñón tropical (*Jatropha curcas*) e higuierilla (*Ricinus communis* L). Educación y Asistencia Técnica - Agrofaz 12(1): 173-176.

Jiménez O., R.; R. Rosales S.; J. A. Rodríguez G. 2013. Pasta proteica detoxificada de higuierilla en la alimentación animal. Folleto Técnico Núm. 64. INIFAP-CIRNOC- Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, Méx. 20 p.

Jiménez O.R., Hernández B.E., Rosales S.R. 2014. Preferencia de pastas proteicas de higuierilla con diferentes aditivos para alimentación de bovinos de engorda

en Durango. INIFAP-Durango. km 4.5 Carr. Durango-El Mezquital. Durango, Dgo., México. C. P. 34170. Tel. 618-8260426. Congreso Mundial de Ganadería Tropical. 200-204pp.

Johnson JL. 1994. Pathogen microorganisms and microbial toxins associated with muscle foods. En: Kinsman DM, Kotula AW, Breidestein BC. Muscle foods meat, poultry and seafood technology. USA: Chapman and Hall. 248-287pp.

Keulen, J., V. and B. Young A. 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural maker in ruminant digestibility studies. J. Anim. Sci. 44:282-287.

Kirk-Othmer. 1979. Encyclopedia of Chemical Technology, vol. 5. John Wiley & Sons, New York. 50p.

Koniecko, E. K. 1979. In Handbook for meat chemists. Wayne, New Jersey, USA: Avery Publishing group Inc. (pp. 68–69, chap. 6).

Leal, D. E. y Jiménez A. L. 2009. Caracterización morfométrica de cinco ecotipos de higuierilla (*Ricinus communis*) en la ESPOL “Campus Gustavo Galindo”. 20p.

Lana, R. P., J. B. Russell, and M. E. Van Amburgh. 1998. “The role of pH in regulating ruminal methane and ammonia Production”. J. Anim. Sci., No. 76. pp. 2190-2196.

López, G. A. 2007. Guía de los árboles y arbustos de la Península Ibérica y Baleares: (especies silvestres y las cultivadas más comunes). España. Editorial Paraninfo. 3ra edición. Pp. 300-301.

- Marshall MR. Ash analysis. En Nielsen S.2010. Food analysis laboratory manual. 4a ed. New York, USA: Springer; 21p.
- Mazzani, E. 2007. El Tártago: La planta, su importancia y usos. Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Maracay, Venezuela. 15p.
- Meneses, C. D. 2011. Caracterización y selección de microorganismos asociados a residuos lignocelulósicos (fruto y torta) de la higuera (*Ricinus communis*). Universidad católica de Manizales centro de investigación, proyección y desarrollo instituto de investigación en microbiología y biotecnología agroindustrial especialización en microbiología industrial. Manizales 59p.
- Molina, Alcaide, E., Yáñez Ruiz, D.R., Moumen, A., Martín Garcia, A.I., 2003. Ruminant degradability and *in vitro* intestinal digestibility of sunflower meal and *in vitro* digestibility of olive byproducts supplemented with urea or sunflower meal Comparison between goats and sheep, Anim. Feed Sci. Technol. 110 3–15.
- McCullough, H. 1967. The determination of ammonia in whole blood by a direct colorimetric method. Clin.Chem. 17: 297-304.
- Neir, H. M. Mc. and Bonelli, E. J. 1969. Basic gas chromatography. 2nd. Varian Instruments Division Offices.171p.
- National Health and Medical Research Council (NHMRC). 2006. Annual Report 2006–2007, Attorney-General's Department, Robert Garran Offices, National

Circuit, Canberra, ACT, 2600 or posted at: <http://www.ag.gov.au/cca> ISBN

Print: 1864963964 © Australian Government 2007. 290p.

Nielsen, F. B. and Hill J. 2011. Castor (*Ricinus communis*) potential of castor for bio-fuel production. Fact Foundation. Wageningen University. 15p.

Nurbakhit, I. 2012. Preparation and research on properties of castor oil as a diesel fuel additive. Applied Technologies & Innovations. United States of América 6: 30-37.

NRC. National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Small Ruminants. The National Academies Press. Washington, DC. 800p.

NRC. National Research Council. 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants. The National Academies Press. Washington, DC. 800p.

O'Connell, K. P., Leshin, J. A., Weeks, A. and Skowronski E. W. 2006. Discovery and characterization of novel signatures from the *Ricinus communis* (castor bean) genome. Proceedings of the 25th Army Science Conference, Orlando, L. 30p.

Oso, A. O., Olayemi, W. A., Bamgbose, A. M. and Fowoyo O. F. 2011. Utilization of fermented castor oil seed (*Ricinus communis* L.) meal in diets for cockerel chicks. Arch. Zootec. 60 (229): 75-82.

Partida de la P., J.A.; Braña V., D.; Jiménez S., H.; Ríos R., F.G. y Buendía R., G. 2013. Producción de carne ovina. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP. Ajuchitlán. Querétaro. Libro técnico 5. 37p.

- Ramírez-Bribiesca E., Hernández-Cruz L, Guerrero-Legarreta I. y Hernández-Calva L. M. 2007. Calidad de la carne y análisis sensorial en ovinos de pelo y lana provenientes de engorda intensiva en México.3p.
- Ramírez, J. L., Wanderlei P. C., Meléndez A. C. Lima T. M.O. y Penteado S. 2013. Caracterización físico-química de pellets extruídos de torta de higuierilla (*Ricinus comunis* L) visando su uso en alimentos balanceados. Guaratiba, Rio de Janeiro RJ, CEP 23020-470 – Brasil 6p.
- Rico, P. H. R., Tapia V., L. M., Teniente, O. A., González A. A., Hernández, M. M., Solís, B. J. L. y Zamarripa C. A. 2011. Guía para cultivar higuierilla (*Ricinus communis* L.). Folleto técnico Núm. 1. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro. Campo Experimental Valle de Apatzingán. Apatzingán, Michoacán. 43 p.
- Ruiz, M. 2013. Caracterización de la carne de potro de raza Burguete. Efecto de la maduración. 353p.
- Sañudo, C. 2008. Calidad de la canal y de la carne ovina y caprina y los gustos de los consumidores. R. Bras. Zootec. Vol.37.18p.
- Samayoa, M. 2007. Manual Técnico del Higuierillo. Ministerio de agricultura y ganadería El Salvador C.A. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, CENTA. Programa Agroindustrial. 37p.

- Salimon, J., Azleema D. M. N. and Nazriza W. 2010. Fatty Acid Composition and Physicochemical Properties of Malaysian Castor Bean *Ricinus communis* L. Seed Oil. *mSains Malaysiana* 39(5) (2010): 761–764.
- Santos, S. F, Bomfim M. A., Cândido M. J. D., Ascheri J. L. R., Oliveira L. S., Ferandes M. F., Fonteles N. L., Mapurunga P. A. y Gonçalves J. L. 2009. Efeito da torta de mamona extrusada na dieta de cabras leiteiras sobre a produção e a composição físico-química do leite. In: Anais do 4° Simpósio Internacional Sobre Caprinos e Ovinos de Corte. João Pessoa, Brasil. 32p.
- SAS (Statistical Analysis System). 2002. SAS Proceeding Guide, Versión 9.0 SAS Institute. Cary NC. USA.
- Satter, L. D. and L. L. Slyter. 1974. Effect of Ammonia Concentration on Rumen Microbial Protein Production *In Vitro*. *British Journal Nutrition*, No. 32. 199-208pp.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2011. Manual de Análisis de Calidad en Muestras de Carne. México, D.F. 91p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2015. Situación actual de la Higuierilla en México. México, D.F. 5p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería desarrollo Rural, Pesca y Alimentación SAGARPA. 2016. Plan rector sistema producto ovinos (2015-2024).47p

- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2012. Producción nacional de Higuierilla. 27p.
- Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP). 2011. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Sagarpa.217p.
- Sistema de información agropecuaria y pesquera (SIAP). 2014. Cierre de la producción pecuaria por Estado 2012. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 14p.
- Silva, D.C., Azevêdo A.A, Rodrigues V.V, Santos T.S., Arcanjo M F y de Oliveira, M.E. 2010. Metabolismo dos compostos nitrogenados em ovinos alimentados com dietas contendo farelo de mamona destoxificado. Maringá, v. 32, n. 2, p. 219-224, 2010.
- Silva, L. O. A. y Martínez J. P. 2005. La reacción en cadena de la polimerasa como herramienta de diagnóstico en virología vegetal. Fitopatología. Vol. 34, Nº 1, pp 13-21.
- Sorin, T., Till F. A. and Rolf M. N. 2012. Castor oil: Action mechanism of one of the oldest drugs known to man elucidated. 13p.
- Smith, G.C.; J.D. Tatum; and K.E. Belk. 2008. International perspective: characterization of United States Department of Agriculture and Meat Standards Australia systems will be assessing beef quality. Australian Journal of Experimental Agriculture, 48, 1465-1480.

- Steel, G. D. R., and J. Torrie H. 1992. Bioestadística: Principios y Procedimientos. Primera edición en español. Editorial Mc Graw-Hill/Interamericana de México, S.A. de C.V. 622p.
- Stock, R. A., Brink D. R., Britton R. A., Goedeken M. H., Sindt, K. K., Kreinkemeier M. L., Bauer and K. K. Smith. 1987. Feeding combinations of high moisture corn and dry-rolled grain sorghum to finishing steers. J. Anim. Sci. 65:209-302.
- Swatland HJ. 1991. Estructura y desarrollo de los animales de abasto. Zaragoza, España:Editorial Acribia, S.A; 373.
- Torres, I., Del Valle L. O., y Marsan. 2001. Efecto de la fracción frc2a de las hojas de *Ricinus communis* L. sobre la viabilidad de neutrófilos humanos. V. Rev. Cubana Hematol Inmunol. 80p.
- Torrescano, U. G., Sánchez, E. A., Peñuri, M. F., Velázquez, C. J. y Sierra, R. T. 2009. Característica de la canal y calidad de la carne de ovinos Pelibuey, engorados en Hermosillo, Sonora. BIOtecnica. 11 (1):41-50.
- Urbano, S.A., Ferreira, M.A., Dutra Junior W.M., de Andrade R.P., de Siqueira M.C., Rodríguez S.C. 2013. Características de carcaça de ovinos alimentados com casca de mamona em substituição ao feno de capim Tifton 85. 1Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE – Departamento de Zootecnia. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 36, n. 1, p. 85-93, jan./fev.10p.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2013. Exportaciones de aceite de higuierilla. 9p.

- Vallejo H. L. H., Buendía R. G., Martínez C. F.E., y Peñuelas R. C. G. 2014. Comportamiento productivo de borregos en finalización alimentados con pasta de cártamo. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UAEM. Toluca, Edo. de México. 2 Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. INIFAP. Querétaro. 3 Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales. UAEM. Toluca, Edo. de México. XLI Reunión de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria A.C. (AMPA) y VII Reunión Nacional de Sistemas Agro y Silvopastoriles. Mérida, Yucatán, México del 2al 4 de Julio de 2014.
- Van Soest, J. P., Robertson J., and Lewis B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.
- Vázquez V. F., Orozco H.R., Ruiz G.I., Fuentes H.V. 2015. Evaluación de la desaparición in rumen de dos harinas de semilla de *Ricinus communis* L. como ingrediente alternativo para ruminates. *Revista Iberoamericana de Ciencias* ISSN 2334-250. Departamento de Ciencias Biológicas Universidad de Guadalajara, Tapatitlán de Morelos, Jal.; México.8p.
- Verma, S. K., Yousuf S. K., Singh Gbks P., and Dua K. 2011. Antimicrobial potential of roots of *Ricinus communis* against pathogenic microorganisms. *International Journal of Pharma and BioSciences* 2:545-548.
- Vibrans, H. 2009. Malezas de México Euphorbiaceae: *Ricinus communis* L. Higuierilla. Conabio. 22p.

- Vieira, H. L., Assis D., de Medeiros A. C. and Soares L. S. 2007. Ricina: um Impasse para Utilização da torta de mamona e suas aplicações. EMBRAPA Algodão. Campina Grande, PB. Brasil. 25 p.
- Wan, A. B. W. 2012. Characterization and modification of castor oil extracted from the Newly Malaysian produced castor beans. Thesis of Engineering. University Malaysia Pahang. Faculty of Chemical Engineering and Natural Resources. 26 p.
- Weiss, E. 1971. Castor, Sesame and Safflower. Leonard Hill, London, Chapter 11. 110p.
- Woodend, J. J. 1993. Genetic improvement and commercialization of the African Perennial castor (*Ricinus communis* L.) plant. Zimbabwe Sci. News 27, 42–45.
- Zea J., M. D. Díaz, y J. A. Carballo. 2007. Efecto de la raza, sexo y alimentación en la calidad de la canal de vacuno. Arch. Zootec. 56 (sup. 1): 745-751.