



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

INCLUSIÓN DE TANINOS EN LA DIETA DE OVINOS EN FINALIZACIÓN: RESPUESTA EN CALIDAD DE LA CARNE

MARCO ANTONIO AYALA MONTER

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2013

La presente tesis titulada: "**Inclusión de taninos en la dieta de ovinos en finalización: respuesta en calidad de la carne**", realizada por el alumno: **Marco Antonio Ayala Monter**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA**

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



DR. OMAR HERNÁNDEZ MENDO

ASESOR



DR. DAVID HERNÁNDEZ SÁNCHEZ

ASESORA



DRA. SILVIA LÓPEZ ORTIZ

ASESOR



DR. GILBERTO ARANDA OSORIO

ASESOR



DR. JESÚS ALBERTO RAMOS JUÁREZ

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Mayo de 2013

RESUMEN GENERAL

INCLUSIÓN DE TANINOS EN LA DIETA DE OVINOS EN FINALIZACIÓN: RESPUESTA EN CALIDAD DE LA CARNE

Marco Antonio Ayala Monter, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2013

El objetivo fue evaluar el efecto de incluir follaje de Guácimo (*Guazuma ulmifolia*) como fuente de taninos en la dieta de corderos en la respuesta productiva, y estabilidad del color y características de la carne. El estudio se dividió en dos etapas: la primera consistió en evaluar el comportamiento productivo, y la segunda, en evaluar las características físico-químicas de la carne. Se utilizaron 28 corderos Pelibuey machos, con peso inicial de 23.6 ± 1.0 kg ($n=7$ corderos por tratamiento), asignados al azar a uno de los siguientes tratamientos: 1) Testigo (dieta base), 2) Dieta base con 1.5% taninos (BS), 3) Dieta base con 2.5% taninos (BS), y 4) Dieta base con 1,000 UI de Vit E, y sacrificados a 39 ± 0.5 kg PV promedio. En la primera etapa, se evaluó consumo de materia seca, ganancia diaria de peso, conversión y eficiencia alimenticia, grosor de grasa dorsal, rendimiento en canal caliente y fría, rendimiento biológico en canal caliente y fría, pH al sacrificio y a 24 horas *postmortem*, y digestibilidad *in vitro* de la materia seca de las dietas. En la segunda etapa, se evaluó la composición química de la carne, color, resistencia al corte en carne cruda y cocida, y actividad del agua (A_w). En ambas etapas, se utilizó un diseño completamente al azar, utilizando el PROC GLM de SAS, y la prueba de Tukey para comparación de medias. No hubo diferencias ($P>0.05$) entre tratamientos en ninguna de las variables evaluadas, excepto en color de la carne, que en general, presentó mayores ($P < 0.05$) valores de L (34.88), a (11.49) y b (2.28), para el tratamiento con taninos en la dieta, aunque no varió ($P > 0.05$) a través de los días. Las dietas con follaje de Guácimo tuvieron menor degradabilidad ($P<0.05$). Incluir taninos en la dieta de ovinos, podría ser una opción viable, ya que no afectan el consumo de materia seca, y actúan como gentes antioxidantes naturales, al mantener la estabilidad del color de la carne por mayor tiempo.

Palabras clave: Árboles forrajeros, *Guazuma ulmifolia*, taninos, ovinos, carne.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of including Guácimo fodder (*Guazuma ulmifolia*) as a source of tannins in the diet of lambs, on performance and meat quality. The study was performed in two stages: 1) performance, and 2) meat quality. Twenty-eight male Pelibuey lambs weighting 23.6 ± 1.0 kg were examined. Lambs were, randomly assigned to one of the four treatments (n=7 lambs per treatment): 1) Control (basal diet), 2) basal diet containing 1.5% tannins (BS), 3) basal diet containing 2.5% tannins (BS), and 4) basal diet 1,000 IU of Vitamin E added. The animals were slaughtered at 39 ± 0.5 kg of liveweight. In the first stage, dry matter intake, daily weight gain, feeding and efficiency conversion, backfat thickness, hot and cold carcass yield, biological hot and cold carcass yield, pH at slaughtering and 24 hours postmortem, were evaluated. *In vitro* digestibility of the diets was also assessed. In the second stage, meat chemical composition, meat color, texture of raw and cooked meat, and water activity (*A_w*), were evaluated. In both cases, a completely randomized, design was performed using the PROC GLM, and a mean comparison was done using the Tukey test. No differences ($P > 0.05$) among treatments on animal performance or meat quality variables. Diets containing Guácimo fodder had lower, dry matter degradability ($P < 0.05$). Meat color differed ($P < 0.05$) among treatments, with higher values for L (34.88), *a* (11.49), and *b* (2.28), when tannins were added to the diet, although it did not change throughout the experimental period. Including Guácimo fodder as a source of tannins in the diet of lambs do not affect dry matter intake, but have an effect as natural antioxidants, enhancing meat color stability for longer periods.

Key words: Fodder tree, *Guazuma ulmifolia*, tannins, sheep, meat.

DEDICATORIAS

A DIOS

Por haberme guiado en cada uno de mis pasos y dado fortaleza para lograr sacar adelante otro de mis objetivos en la vida.

A MIS PADRES Lucio Ayala Hernández y Sofía Monter Pérez

Porque gracias a su apoyo, confianza, sacrificio y entusiasmo, he logrado llevar a cabo una de mis metas en la vida: ser una persona exitosa.

A MIS HERMANOS José Alejandro Ayala Monter y José Arturo Ayala Monter

Por el apoyo que me han brindado durante mi formación profesional.

ATENTAMENTE

M. V. Z. Marco Antonio Ayala Monter

“La disciplina es la parte más importante del éxito”

Truman Capote

AGRADECIMIENTOS

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

Al **Colegio de Postgraduados** por haberme dado la oportunidad de realizar mis estudios de Maestría en Ciencias y por el financiamiento otorgado para realizar el proyecto de investigación a través del **Fideicomiso 167304**, y las **Líneas Prioritarias de Investigación (2-Agroecosistemas Sustentables y 7-Inocuidad, Calidad de Alimentos y Bioseguridad)**.

A los miembros del consejo particular, **Dr. Omar Hernández Mendo, Dr. David Hernández Sánchez, Dra. Silvia López Ortiz, Dr. Gilberto Aranda Osorio y Dr. Jesús Alberto Ramos Juárez** por el tiempo empleado, observaciones y comentarios en la redacción de la presente tesis, asimismo, por su amistad y enseñanzas durante mi formación.

A mi gran amiga y compañera **MC. Areli Monsalvo Zamora**, por su cariño, amistad apoyo, consejos y entusiasmo en aquellos momentos difíciles.

Al Dr. **Jesús Jasso Mata** por el entusiasmo que sembró en mí para ingresar al posgrado, sus consejos y amistad durante muchos años.

Al **Dr. Humberto Vaquera Huerta** por su apoyo en los análisis estadísticos de esta investigación y por su amistad incondicional.

Al **Dr. Jaime Gallegos Sánchez** por las facilidades brindadas en las instalaciones del Módulo de Ovinos y Caprinos.

Al **M.V.Z. José Luis Cordero Mora** y miembros de su equipo de trabajo **MC. Rafael Nieto Aquino** y **M.V.Z. Fidel Miguel Torres Lemus**, por el apoyo brindado durante la fase productiva.

A la **Dra. María Magdalena Crosby Galván** por todas las facilidades y apoyo otorgado en el Laboratorio de Nutrición Animal.

A los académicos, personal administrativo y personal técnico del laboratorio de Nutrición Animal, que me apoyaron durante mi estancia en esta institución.

A mis amigos: **MC. Said Cadena Villegas, MC. Gustavo Sosa Pérez, MC. Jerónimo Herrera Pérez, Dr. Nicolás Torres Salado, Dr. Carlos Gilberto Ortega Navarro, MC. Ricardo Martínez Martínez** por su sincera amistad y apoyo durante la investigación.

A mis compañeros que de alguna u otra manera contribuyeron a la realización de esta tesis.

ATENTAMENTE

M. V. Z. Marco Antonio Ayala Monter

“La gratitud no es la única virtud, pero es la madre de todas la demás”

Marcus Tullius Cicero

CONTENIDO

Página

RESUMEN GENERAL	iii
ABSTRACT	iv
DEDICATORIAS	v
AGRADECIMIENTOS	vi
CONTENIDO	viii
LISTA DE CUADROS	x
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
LITERATURA CITADA	2
CAPITULO I. INCLUSIÓN DE TANINOS EN LA DIETA DE CORDEROS PELIBUEY EN FINALIZACIÓN: RESPUESTA EN PRODUCCIÓN	4
RESUMEN	5
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN	7
MATERIALES Y MÉTODOS	8
Localización	8
Animales y alimentación	8
Diseño experimental y tratamientos	8
VARIABLES EVALUADAS	10
Análisis de laboratorio	11
Análisis estadístico	11
RESULTADOS	11
DISCUSIÓN	13
Degradabilidad de las dietas	16
Efecto de la Vitamina E en el comportamiento productivo	16

CONCLUSIONES.....	17
AGRADECIMIENTOS.....	17
CAPITULO II. ESTABILIDAD DEL COLOR Y CARACTERÍSTICAS DE LA CARNE DE CORDEROS PELIBUEY ALIMENTADOS CON TANINOS EN LA DIETA.....	24
RESUMEN.....	25
ABSTRACT.....	26
INTRODUCCIÓN	27
MATERIALES Y MÉTODOS	28
Variables evaluadas.....	29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
Composición química de la carne	30
Características físico-químicas de la carne.....	32
LITERATURA CITADA	39
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES	45

LISTA DE CUADROS

CAPITULO I

Cuadro 1. Ingredientes y composición química de las dietas experimentales.....	9
Cuadro 2. Comportamiento productivo de corderos Pelibuey alimentados con dos niveles de taninos y vitamina E en la dieta.....	12
Cuadro 3. Rendimiento de la canal de corderos Pelibuey alimentados con dos niveles de taninos y vitamina E en la dieta	12
Cuadro 4. Degradabilidad <i>in vitro</i> (%) de las dietas con dos niveles de taninos y vitamina E en la dieta	13

CAPITULO II

Cuadro 1. Ingredientes y composición química de las dietas experimentales.....	29
Cuadro 2. Composición química de la carne (<i>Longissimus dorsi</i>) de corderos Pelibuey alimentados con taninos y vitamina E.....	31
Cuadro 3. Características físico-químicas de la carne de corderos Pelibuey alimentados con taninos y vitamina E	33
Cuadro 4. Evaluación de color de la carne de corderos Pelibuey alimentados con taninos y vitamina E.....	34

INTRODUCCIÓN GENERAL

En México, la ovinocultura ha crecido en los últimos años, el 95% de la producción de carne se destina a la elaboración de barbacoa (Torrescano *et al.*, 2009), y un mínimo se comercializa en cortes especializados. Actualmente, los altos costos de alimentación, hace que los sistemas de producción sean menos rentables, por lo que nuevas alternativas son necesarias. En este sentido, algunas especies arbóreas, como el Ramón (*Brosimum alicastrum*), Cocoíte (*Gliricidia sepium*), Guaje (*Leucaena leucocephala*), y Guácimo (*Guazuma ulmifolia*), entre otras (Jiménez *et al.* 2008), representan una opción viable para la alimentación ovina, cuya característica principal es su alto contenido de proteína, que va de 12 a 30% (Carranza *et al.*, 2003; López *et al.*, 2008; Pinto *et al.*, 2010); además, de la presencia de compuestos secundarios como los taninos (Reed, 2000; Makkar, 2006), que si bien son considerados por algunos autores (Frutos *et al.*, 2004; Foley y Moore, 2005; Vasta y Luciano, 2011), como factores antinutricionales porque causan disminución del consumo, tienen ventajas como antiparasitarios (Hoste *et al.*, 2006), reductores de metano (Gurbuz, 2009), y recientemente como antioxidantes (Larraín *et al.*, 2008). Este último aspecto es importante para la industria cárnica, ya que puede mejorar la vida en anaquel de la carne (Luciano *et al.*, 2009). El color de la carne es de primordial importancia para el consumidor, carnes con rojo brillante o rojo cereza, es indicativo de frescura (Gatellier *et al.*, 2001), mientras que carne en color marrón, a menudo no es deseable (Pérez y Andújar, 2000; Savell *et al.*, 2005). Con base a lo anterior, se han buscado nuevas estrategias para prolongar el tiempo de vida de anaquel de la carne, mediante el uso de antioxidantes como la vitamina E, que se ha usado desde varios años. Recientemente se ha reportado que los taninos condensados funcionan como antioxidantes, alargando la vida de anaquel de la carne (Larraín *et al.*, 2008), además, de mejorar el perfil de ácidos grasos (Priolo *et al.*, 2000; Vasta y Luciano, 2011). Sin embargo, estos estudios son aislados, y en México, no se ha explorado esta alternativa pesar de existir amplia variedad de árboles con potencial forrajero, particularmente en la zona tropical, cuyo contenido de taninos podría traer beneficios en la calidad de la carne.

Por tanto, el objetivo de esta investigación fue, estudiar el efecto de los taninos presentes en el follaje de Guácimo (*Guazuma ulmifolia*) en el comportamiento productivo y características de la calidad y color de carne de corderos Pelibuey.

LITERATURA CITADA

- Carranza, M. M. A., Sánchez, V. L. R., Pineda, L. M. R. y Cuevas, G. R. 2003. Calidad y potencial forrajero de especies del bosque tropical caducifolio de la sierra de Manantlán, México. *Agrociencia* 37(2):203-210.
- Frutos, P., Hervás, G., Giráldez, F. J. and A. R. Mantecón. 2004. Review. Tannins and ruminant nutrition. *Span J Agric Res* 2(2):191-202.
- Foley, J. W. and D. B. Moore. 2005. Plant secondary metabolites and vertebrate herbivores – from physiological regulation to ecosystem function. *Science Direct* 8:430-435.
- Gatellier, P., Hamelin, C., Durand, Y. and M. Renner. 2001. Effect of a dietary vitamin E supplementation on colour stability and lipid oxidation of air- and modified atmosphere-packaged beef. *Meat Sci* 59:133–140.
- Gurbuz, Y. 2009. Efectos del contenido de taninos condensados de algunas especies de leguminosas en la emisión de gas metano. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 43: 264 – 272.
- Hoste, H., Jackson, F., Athanasiadou, S., Thamsborg, S. M. and S. O. Hoskin. 2006. The effects of tannin-rich plants on parasitic nematodes in ruminants. *Trends in Parasitol* 22(6):253–261.
- Jiménez, F. G., López, C. M., Nahed, T. J., Ochoa, G. S. and B. Jong. 2008. Árboles y arbustos forrajeros de la región norte-tzotzil de Chiapas, México. *Vet. Méx.* 39(2):199-213.
- Larraín, R. E., Schaefer, D. M., Richards, M.P. and J. D. Reed. 2008. Finishing steers with diets based on corn, high-tannin sorghum or a mix of both: Color and lipid oxidation in beef. *Meat Sci*. 79:656–665.
- López, H. M. A., Rivera, L. J. A., Ortega, R. L., Escobedo, J. G., Magaña, M. M. A., Sanginés, G. J. R. y V. A. C. Sierra. 2008. Contenido nutritivo y factores antinutricionales de plantas nativas forrajeras del norte de Quintana Roo. *Téc. Pecu. Méx*; 46 (2): 205-215.
- Luciano, G., Monahan, F. J., Vasta, V., Pennisi, P., Bella, M. and A. Priolo. 2009. Lipid and colour stability of meat from lambs fed fresh herbage or concentrate. *Meat Sci* 82:193–199.

- Makkar, H. P. S. 2006. Chemical and biological assays for quantification of major plant secondary metabolites. In: *Herbivores: assessment of intake, digestibility and the roles of secondary compounds*. Nottingham University Press. 235-249.
- Mancini, R. A. and M. C. Hunt. 2005. Current research in meat color. *Meat Sci* 71: 100–121.
- Pérez, D. D. y Andújar, R. G. 2000. Cambios de coloración de los productos cárnicos. *Rev Cubana Aliment Nutr* 14(2):114-123.
- Pinto, R. R., Hernández, D., Gómez, H., Cobos, M. A., Quiroga, R. y D. Pezo. 2010. Árboles forrajeros de tres regiones ganaderas de Chiapas, México: usos y características nutricionales. *Universidad y Ciencia* 26(1):19-31.
- Priolo, A., Waghorn, G. C., Lanza, M., Biondi, L. and P. Pennisi. 2000. Polyethylene glycol as a means for reducing the impact of condensed tannins in carob pulp: effects on lamb growth performance and meat quality. *J Anim. Sci.* 78:810-816.
- Reed, J. D., Krueger, C., Rodríguez, G. and J. Hanson. 2000. Secondary plant compounds and forage evaluation. In: *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*. CABI Publishing, Wallingford, Oxford. England. 433-448.
- Savell, J. W., Mueller, S. L. and B. E. Baird. 2005. The chilling of carcasses. *Meat Sci* 70:449-459.
- Torrescano, U. G. R., Sánchez, E. A., Peñúñuri M. F. J., Velázquez, C. J. y S. R. Tineo. 2009. Características de la canal y calidad de la carne de ovinos Pelibuey, engordados en Hermosillo, Sonora. *BIOTecnia* 10: 41–50.
- Vasta, V. and G. Luciano. 2011. The effects of dietary consumption of plants secondary compounds on small ruminants' products quality. *Small Ruminant Res.* 101:150-159.

CAPITULO I

INCLUSIÓN DE TANINOS EN LA DIETA DE CORDEROS PELIBUEY EN FINALIZACIÓN: RESPUESTA EN PRODUCCIÓN

**INCLUDING TANNINS IN FINISHING PELIBUEY LAMBS DIET: ANIMAL
PERFORMANCE RESPONSE.**

CAPITULO I

INCLUSIÓN DE TANINOS EN LA DIETA DE CORDEROS PELIBUEY EN FINALIZACIÓN: RESPUESTA EN PRODUCCIÓN

Marco Antonio Ayala Monter, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2013

RESUMEN

Se evaluó el efecto de incluir follaje de Guácimo (*Guazuma ulmifolia*) como fuente de taninos en la dieta de corderos, en el comportamiento productivo. Se utilizaron 28 corderos machos de raza Pelibuey, con peso inicial promedio de 23.6 ± 1.0 kg, divididos en grupos de siete animales cada uno, asignados al azar a los siguientes tratamientos: 1) Testigo (dieta base), 2) Dieta base con 1.5% taninos (BS), 3) Dieta base con 2.5% taninos (BS), y 4) Dieta base con 1,000 UI de Vitamina E. Los animales fueron sacrificados a 39 ± 0.5 kg PV promedio. Se evaluó consumo de materia seca, ganancia diaria de peso, conversión y eficiencia alimenticia, grosor de grasa dorsal, rendimiento en canal caliente y fría, rendimiento biológico en canal caliente y fría, pH al sacrificio y a las 24 horas *postmortem*. Se utilizó un diseño completamente al azar, utilizando el PROC GLM (SAS, 2002), y la prueba de Tukey para comparación de medias. No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos en ninguna de las variables evaluadas. Las dietas que contenían follaje de Guácimo tuvieron menor degradabilidad ($P < 0.05$). Incluir follaje de Guácimo y vitamina E en la dieta de ovinos en finalización no afectaron los parámetros productivos. El nivel de taninos no afectó el consumo de MS, por lo que el follaje de Guácimo puede considerarse como una alternativa viable en su alimentación.

Palabras clave: Arboles forrajeros, *Guazuma ulmifolia*, taninos, ovinos.

INCLUDING TANNINS IN FINISHING PELIBUEY LAMBS DIET: ANIMAL PERFORMANCE RESPONSE

Marco Antonio Ayala Monter, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2013

ABSTRACT

The effect of including Guácimo foliage (*Guazuma ulmifolia*) as a source of tannins in the lambs diet on animal performance was evaluated. Twenty-eight 28 Pelibuey male lambs, with initial live-weight (LW) of 23.6 ± 1.0 kg, were used. They were divided homogeneously into 4 groups of 7 animals each, randomly assigned to each of the following treatments: 1) Control (basal diet), 2) basal diet with 1.5% tannins (dry basis), 3) basal diet with 2.5% tannins (dry basis), and 4) basal diet with 1,000 IU of Vitamin E. They were slaughtered at 39 ± 0.5 kg (LW). Evaluated dry matter intake, daily gain, feed conversion, feed efficiency and backfat thickness, hot and cold carcass yield, biological hot and cold carcass yield, pH at slaughtering and at 24 hours postmortem, were evaluated. A completely randomized design was used. The data was analyzed with the PROC GLM, and the Tukey test for mean comparison was carried out. No differences ($P > 0.05$) among treatments in any of the measured variables were observed. The degradability of dry matter was lower ($P < 0.05$) for those diets containing fodder Guácimo foliage. Including Guácimo foliage and vitamin E in the diet of finishing lambs did not affect animal performance. The level of tannins did not decreased DMI, which suggests that Guácimo fodder can be considered as an alternative in feeding sheep.

Key words: Fodder tree, *Guazuma ulmifolia*, tannins, sheep.

INTRODUCCIÓN

En México, los sistemas de producción ovina son en su mayoría, en estabulación, donde son engordados con dietas a base de granos (Nuncio *et al.*, 2001), cuyo alto costo, los hace menos rentables, por lo que nuevas alternativas, como el uso de forrajes, entre ellos, árboles forrajeros, se presentan como una opción viable para bajar los costos de alimentación. Desafortunadamente, existe poca información, más allá de aspectos agronómicos de especies como el Ramón (*Brosimum alicastrum*), Cocoíte (*Gliricidia sepium*), Guaje (*Leucaena leucocephala*), y Guácimo (*Guazuma ulmifolia*) (Jímenez *et al.*, 2008), cuya característica principal, además de su alto contenido de proteína (12 a 30%) (López *et al.*, 2008; Pinto *et al.*, 2010), es la presencia de compuestos secundarios como los taninos (Reed *et al.*, 2000). Los cuales son considerados factores antinutricionales por causar disminución del consumo de materia seca, dado su sabor astringente (Frutos *et al.*, 2004a; Vasta y Luciano, 2011), y estar ligados a fibra, que en consecuencia causan disminución de la digestibilidad (Dawson *et al.*, 1999), pero sólo cuando los taninos se incluyen en más del 5% del total de la dieta (Frutos *et al.*, 2004a).

Los taninos, especialmente los condensados, también tienen la capacidad de enlazarse a proteínas, formando proteína de sobrepaso, y como consecuencia, existe mayor disponibilidad de aminoácidos para su absorción en intestino delgado (Min *et al.*, 2003), y en tal caso, el consumo de materia seca mejora (Velázquez *et al.*, 2011), especialmente si la especie forrajera es palatable (García *et al.*, 2008a, García *et al.*, 2008b). Baldizan *et al.* (2006), reportan que los caprinos consumen especies que contienen mayor diversidad de compuestos secundarios en comparación con los bovinos y ovinos, ya que han desarrollado una serie de adaptaciones fisiológicas y anatómicas, que les permiten hacer uso eficiente de este tipo de compuestos (Silanikove, 2000), y en consecuencia no afecta el comportamiento productivo. Al respecto, es importante considerar el factor sanitario, el estrés (Arias *et al.*, 2008), que agregado a una mala nutrición, los efectos negativos en la producción, son mayores, y en tal caso, es necesario el uso de fármacos, que para evitarlos, es importante adicionar Vitamina E en la dieta, por sus efectos positivos en la respuesta inmunológica (Macit *et al.*, 2003), disminuyendo la incidencia de enfermedades, y por ende mejora la respuesta productiva (Atay *et al.*, 2009).

El objetivo del presente estudio fue evaluar la inclusión de vitamina E y follaje de Guácimo (*Guazuma ulmifolia*) como fuente de taninos, en el comportamiento productivo de corderos Pelibuey en finalización

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se realizó de Julio a Septiembre de 2011, en el Módulo de Producción Ovina de la Granja Experimental del Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillo, Estado de México (19° 28' 4.26'' LN, 98° 53' 42.18'' LO, y 2250 msnm). El clima es templado sub-húmedo con lluvias en verano, precipitación y temperatura media anual de 636.5 mm y 15.2°C, respectivamente (García, 2004).

Animales y alimentación

Se utilizaron 28 corderos machos de raza Pelibuey, con peso inicial de 23.6 ± 1 kg, divididos en cuatro grupos, con siete repeticiones cada uno. Los corderos se alojaron en corraletas individuales provistas de sombra, comederos y bebederos. Antes de iniciar la fase experimental, los animales recibieron tratamiento profiláctico que incluyó desparasitante (Closantel, 10 mg kg^{-1} PV vía oral), bacterina (Bobact-8, $2.5 \text{ ml animal}^{-1}$, vía IM), y vitaminas ADE ($1 \text{ ml } 50 \text{ kg}^{-1}$ PV vía IM). El alimento se ofreció dos veces al día (08:00 y 16:00 h, ofreciendo 60 y 40 % de la cantidad total, respectivamente), y el agua *ad libitum*.

Diseño experimental y tratamientos

El experimento se estableció de acuerdo a un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y siete repeticiones por tratamiento, que consistieron en: 1) Testigo (dieta base), 2) Dieta base con 1.5% de taninos (base seca), 3) Dieta base con 2.5% taninos (base seca), y 4) Dieta base con 1,000 UI de Vitamina E (Cuadro 1). Las dietas fueron formuladas en base a los requerimientos nutricionales para ovinos reportadas por el National Research Council (2007).

Se utilizó follaje de Guácimo que se cosechó en las parcelas demostrativas del Campus Veracruz, del Colegio de Postgraduados, secándose al sol en piso de cemento, volteándose varias veces al día para obtener un secado homogéneo y evitar la formación de hongos. Una vez seco, dicho material se molió en un molino de martillos (Azteca, No. 16) con criba de ½” de diámetro, y posteriormente se realizó el análisis químico proximal (MS, 89.5%; PC, 17.2%; cenizas, 10%; EE, 1.4%; FDN, 46.6%; FDA, 26.7%), para formular las dietas experimentales, donde el Guácimo molido se usó como ingrediente integral de las mismas.

Cuadro 1. Ingredientes y composición química de las dietas experimentales

	T r a t a m i e n t o s (BS)			
	Testigo (dieta base)	Dieta con 1.5% taninos	Dieta con 2.5% taninos	Dieta con 1000 UI Vitamina E
<i>Ingredientes (%)</i>				
Maíz	40.17	40.00	40.00	40.17
Pasta de soya	23.23	20.25	18.24	23.23
Rastrojo de maíz	30.00	21.48	15.65	30.00
Melaza	3.00	3.00	3.00	3.00
Aceite de soya	1.00	1.00	1.00	1.00
Minerales*	2.00	2.00	2.00	2.00
Urea	0.60	0.60	0.60	0.60
Guácimo**	0	11.67	19.51	0
<i>Composición química</i>				
Materia seca (%)	85.73	86.45	86.69	85.69
Proteína (%)	20.17	19.95	19.33	20.20
Cenizas (%)	7.50	7.52	7.89	7.73
FDN (%)	18.70	18.42	17.88	19.24
FDA (%)	12.15	14.26	12.69	12.01
EM (Mcal/kg)***	2.87	2.84	2.82	2.87
ENg (Mcal/kg)***	1.06	1.08	1.09	1.06

*Mezcla mineral (*Vitasal Ovino Plus*): 24, 3, 2, 8, 12, 0.50, 0.50, 0.50 % de Ca, P, Mg, Na, Cl, K, S y antioxidante; 5.0, 4000, 2000, 5000, 100, 30 y 60 ppm de Cr, Mn, Fe, Zn, I, Se y Co; 500000, 150000 y 1000 UI de vitaminas A, D y E, respectivamente. BS, base seca; FDN, fibra detergente neutro; FDA, fibra detergente ácido, EM, energía metabolizable, ENg, energía neta de ganancia. **Guácimo = 1 kg MS contiene 150 g taninos = 15.0 %; 0.1333 kg MS = 20 g taninos = 2.0 %; 0.9975 kg MS = 15 g taninos = 1.5 %; 0.1662 kg MS = 25 g taninos = 2.5 % (Considerando 83% MS al momento hacer la dieta).
*** Calculado de tablas.

Variables evaluadas

El consumo diario de materia seca (kg) se calculó mediante la diferencia entre el alimento ofrecido y el alimento rechazado. Los animales se pesaron al inicio del experimento y posteriormente cada 15 días (8 h con ayuno previo), y con base a ello, se estimaron las ganancias diarias de peso. La conversión alimenticia, se calculó como la relación entre la cantidad de alimento consumido por día y la ganancia diaria de peso, y la eficiencia alimenticia, dividiendo la ganancia diaria de peso entre el consumo diario de alimento.

La grasa dorsal se midió en cada animal utilizando un ultrasonido Sonovet 600 (Universal Medical System, Inc.), con transductor de 7.5 Mhz, entre la 12^a y 13^a costilla (Delfa *et al.*, 1995), dos días antes del sacrificio.

Los animales se sacrificaron a un peso vivo (PVS) de 39 ± 0.5 kg, después de 24 h de ayuno. Para ello, se insensibilizaron con una pistola de émbolo oculto y se procedió al sacrificio, seccionando las diferentes regiones corporales (cabeza, piel, extremidades distales, sangre, testículos, vísceras rojas y verdes), para obtener el peso de canal caliente (PCC). Posteriormente, se determinó el peso vivo vacío (PVV) por diferencia entre peso corporal vivo y contenido gastrointestinal. El pH y temperatura de las canales, se midieron siguiendo el método propuesto por Guerrero *et al.* (2002), utilizando un potenciómetro portátil (HANNA, mod. HI99163) equipado con un electrodo de penetración, en el músculo *Longissimus dorsi* en el espacio intercostal entre la 12^a y 13^a costilla, directamente en la canal. Posteriormente, las canales se conservaron a 4°C en una cámara frigorífica (TORREY, mod. CFM-A), y transcurridas 24 h, se obtuvo el peso de la canal fría (PCF), tomándose nuevamente las lecturas de pH y temperatura.

Los rendimientos en canal, se estimaron en base a las siguientes formulas: Rendimiento en canal caliente = $(PCC/PVS) \times 100$, Rendimiento en canal fría = $(PCF/PVS) \times 100$, Rendimiento biológico en canal caliente = $(PCC/PVV) \times 100$ y Rendimiento biológico en canal fría = $(PCF/PVV) \times 100$.

Análisis de laboratorio

El análisis químico proximal de las dietas se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal del Postgrado en Ganadería del Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillo, Estado de México. Durante la fase experimental se tomaron muestras de cada una de las dietas experimentales, mezclándose al final para obtener una sola muestra por dieta. Los análisis incluyeron materia seca (MS), proteína cruda, cenizas y extracto etéreo (AOAC, 2005), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) (Van Soest *et al.*, 1991).

La degradabilidad de las dietas se realizó *in vitro* (DIVMS), utilizándose el Incubador Daisy^{II}[®] ANKOM[®] modelo D200 (ANKOM Technologies). Se utilizaron 0.5 g de muestra por dieta experimental, colocadas en bolsas ANKOM[®] F57 de 5 x 4 cm, tamaño de poro de 25 μ m y fabricadas de poliéster/polietileno con filamentos extruidos en una matriz de tres dimensiones (ANKOM Technologies, Macedon, NY, USA). Las horas de incubación fueron 12, 24, 48 y 72 h, utilizándose una mezcla de líquido ruminal de tres ovinos Suffolk (60 kg PV promedio), fistulados ruminalmente.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante el PROC GLM (SAS, 2002), y la prueba de Tukey para la comparación de medias (Steel y Torrie, 1992).

RESULTADOS

Los tratamientos no afectaron ($P > 0.05$) ninguna de las variables evaluadas relacionadas con el comportamiento productivo, con valores promedio para consumo de materia seca (CMS), ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimenticia (CA), eficiencia alimenticia (EA) y grosor grasa dorsal (GGD) de 1.43 kg animal⁻¹ d⁻¹, 0.269 kg animal⁻¹ d⁻¹, 5.42, 0.187, y 3.03 mm, respectivamente (Cuadro 2). Tampoco hubo diferencias entre tratamientos ($P > 0.05$) en ninguna de las variables de las características de la canal (Cuadro 3). Mientras que la degradabilidad *in vitro* de la MS de las dietas varió entre los tratamientos, encontrándose que las dietas que contenían taninos fue menor ($P < 0.05$), que la dieta testigo y la adicionada con vitamina E (Cuadro 4).

Cuadro 2. Comportamiento productivo de corderos Pelibuey alimentados con dos niveles de taninos y vitamina E

Variable	T r a t a m i e n t o s				EEM	P
	Testigo (dieta base)	Dieta con 1.5% taninos	Dieta con 2.5% taninos	Dieta con 1000 UI Vit E		
PI	23.70	24.35	24.01	22.60	1.576	0.872
PF	39.49	39.46	40.72	37.69	1.393	0.542
CMS	1.41	1.48	1.44	1.41	0.060	0.802
GDP	0.271	0.258	0.286	0.262	0.020	0.781
CA	5.32	5.85	5.09	5.45	0.268	0.265
EA	0.192	0.175	0.198	0.185	0.009	0.321
GD	3.00	3.28	2.85	3.00	0.116	0.095

PI, peso inicial (kg); PF, peso final (kg); CMS, consumo de materia seca (kg animal⁻¹ día⁻¹); GDP, ganancia diaria de peso (kg); CA, conversión alimenticia; EA, eficiencia alimenticia; GD, grasa dorsal; EEM, Error estándar de la media; P, Nivel de significancia (P > 0.05).

Cuadro 3. Rendimiento de la canal de corderos Pelibuey alimentados con dos niveles de taninos y vitamina E

Variable	T r a t a m i e n t o s				EEM	P
	Testigo	1.5 % taninos	2.5 % taninos	1000 UI Vit E		
		kg				
PVS	36.12	36.56	37.95	34.68	1.255	0.349
PVV	32.03	32.82	33.83	31.37	1.081	0.428
PCC	18.76	19.03	19.98	18.26	0.774	0.471
PCF	18.32	18.09	19.29	17.39	0.741	0.361
		%				
RCC	51.91	52.00	52.64	52.51	0.622	0.795
RBCC	58.50	57.99	59.08	57.99	0.961	0.830
RCF	50.68	49.46	50.80	50.00	0.615	0.393
RBCF	57.12	55.15	57.02	55.21	0.919	0.266
pH (sacrificio)	6.14	6.15	5.99	5.99	0.089	0.412
pH (24 horas <i>postmortem</i>)	5.68	5.74	5.53	5.55	0.100	0.398

PVS, peso vivo al sacrificio; PVV, peso vivo vacío; PCC, peso de canal caliente; PCF, peso de canal fría; RCC, rendimiento canal caliente; RCF, rendimiento canal fría; RBCC, rendimiento biológico canal caliente; RBCF, rendimiento biológico canal fría; EEM, Error estándar de la media; P, Nivel de significancia (P > 0.05).

Cuadro 4. Degradabilidad *in vitro* (%) de la MS en dietas con dos niveles de taninos y vitamina E

Incubación H	T r a t a m i e n t o s				EEM	P
	Testigo (dieta base)	Dieta con 1.5% taninos	Dieta con 2.5% taninos	Dieta con 1000 UI Vitamina E		
12	33.33 ^a	29.16 ^b	28.83 ^b	33.83 ^a	0.343	0.0001
24	45.66	43.16	42.33	46.16	1.000	0.0896
48	60.83 ^a	55.83 ^b	53.00 ^b	60.83 ^a	0.942	0.0025
72	66.83 ^a	63.33 ^b	61.83 ^b	66.83 ^a	0.618	0.0025

^{a, b} Medias con literales distintas en la misma fila son diferentes ($P < 0.05$); EEM, Error estándar de la media.

DISCUSIÓN

El consumo de materia seca por los animales fue mayor al reportado por Ríos *et al.* (2012) y Hernández (2011), cuando incluyeron desecho de garbanzo y rastrojo de maíz, respectivamente, en dietas para corderos Pelibuey x Katahdin, pero similares a los reportados para corderos Pelibuey puros y cruzados, alimentados con dietas integrales (Partida *et al.*, 2009; Macías *et al.*, 2010). Contrariamente a lo esperado, los taninos, a pesar de ser considerados factores antinutricionales (Vasta y Luciano, 2011), por su sabor astringente (Frutos *et al.*, 2004a), y estar ligados a fibra, y consecuentemente disminuir la digestibilidad (Dawson *et al.*, 1999), no provocaron disminución del CMS. Es posible que ello se deba a palatabilidad del Guácimo (Baumont, 1996), que le confiere mejor sabor a la dieta.

Min *et al.* (2003) y Frutos *et al.* (2004a) señalan que la ingestión de cantidades elevadas de taninos ($>50 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$) en la dieta, reduce la digestibilidad de la fibra y por tanto, el consumo voluntario disminuye; mientras que cantidades moderadas de taninos (10 a $40 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$), mejoran el metabolismo digestivo, debido principalmente, a una reducción de la degradación ruminal de la proteína y, en consecuencia, a una mayor disponibilidad de aminoácidos susceptibles de ser absorbidos en el intestino delgado. Situación que explica el comportamiento en consumo de materia seca encontrado, dado que el porcentaje de taninos en la dieta fue apenas del 2.5% en su nivel máximo ($25 \text{ g kg}^{-1} \text{ alimento MS}$).

Hervás *et al.*, 2003a, por ejemplo, reportaron que al dosificar intrarruminalmente extracto de quebracho como fuente de taninos (0, 0.5, 1.5 y 3.0 g kg⁻¹ PV día⁻¹, equivalente a 0, 28, 83 y 166 g kg⁻¹ MS, respectivamente), en ovejas Merino, éstas disminuyeron su consumo con la dosis más alta; incluso, a partir de los cinco días de ofrecida la dieta, el consumo fue prácticamente nulo. Este comportamiento confirma lo reportado por Frutos *et al.* (2004b), quienes tampoco encontraron reducción del consumo voluntario de alimento en corderos Merino, cuando se les proporcionó harina de soya, cuyo contenido de taninos hidrolizables fue de 20.8 g kg⁻¹ MS. En este estudio, incluir taninos condensados en la dieta de ovinos, no provocó disminución del consumo ni siquiera al inicio del experimento, a pesar que los animales no estaban acostumbrados a ellos (Ipharraguerre y Villalba, 2010; Catanese *et al.*, 2012).

La ganancia diaria de peso de los corderos fue similar a lo reportado por Reséndiz (2011) en animales del mismo genotipo de animales, pero con diferentes proporciones de alfalfa en su dieta. Valores inferiores (0.180 kg animal⁻¹ día⁻¹) han sido reportados para ovinos Pelibuey, cuando se alimentan con dietas integrales (Partida *et al.*, 2009; Macías *et al.*, 2010), y cuando éstos son híbridos, presentan mayor incremento en peso que los puros (Pineda *et al.*, 1998; Bunch *et al.*, 2004), aunque algunos autores no hacen evidente dicho efecto (Canton *et al.*, 2007, 2009). En este experimento, los corderos Pelibuey, a pesar de ser una raza ligera (Bradford, 2002), presentaron una GDP similar (Rios *et al.*, 2012; Hernández, 2011) o mayor (Vázquez *et al.*, 2011) que las razas especializadas para producir carne, y varió a través del tiempo. Ello puede deberse a que los taninos funcionan como protectores de proteína, favoreciendo que ésta fluya directamente a intestino delgado, donde el complejo tanino-proteína se disocia por efecto de pH ácidos del abomaso (3.5) o pH básicos en duodeno (8), y hace que los aminoácidos sean absorbidos a ese nivel (Min *et al.*, 2003). Esto dependerá también del tipo de tanino, su peso molecular, concentración y estructura, así como la cantidad ingerida, y el tipo de animal que la ingiera (Frutos *et al.*, 2004a; Hoste *et al.*, 2006). Existen otros factores específicos inherentes al animal que afectan su respuesta, como la presencia de proteínas salivales (prolina), con capacidad de unirse a los taninos y disminuir su efecto negativo, como sucede en el venado y alces (Robbins *et al.*, 1991), pero no en ovinos ni bovinos, haciendo a estos últimos, más susceptibles al alto contenido de taninos condensados en su dieta.

El alto consumo de materia seca aquí reportado, no fue proporcional a la ganancia diaria de peso, ya que la conversión alimenticia (5.42), y aunque varió a lo largo del periodo experimental, fue mayor al reportado por Reséndiz (2011), pero menor al reportado por Partida *et al.* (2009) y Macías *et al.* (2010), en ovinos Pelibuey, equivalentes al encontrado para razas comerciales (Vázquez *et al.*, 2011).

En el mismo sentido, la eficiencia alimenticia (0.187), sin diferencias estadísticas entre tratamientos, fue menor al reportado por Aguilar *et al.* (2011), pero mayor a aquel por Álvarez *et al.* (2003).

La grasa dorsal promedio en los corderos del presente estudio, fue de 3 mm, menor a lo encontrado para razas comerciales (Aguilar *et al.*, 2011), Pelibuey (Macías *et al.*, 2010) y sus cruza (Vázquez *et al.*, 2011). Se reporta que es común encontrar mayor deposición de grasa dorsal cuando la alimentación es a base de concentrados, debido a la alta cantidad de carbohidratos solubles (Daniel *et al.*, 2004), aspecto que confirma lo encontrado en este estudio, si consideramos que las dietas fueron no convencionales, con inclusión de follaje de Guácimo cerca del 20% del total de la dieta, en su nivel más alto. Gutiérrez *et al.* (2005) reportan que corderos Pelibuey, normalmente tienen menos deposición de grasa que razas especializadas para carne, aunque Sañudo *et al.* (1998) contradicen esta afirmación.

El peso y rendimiento de la canal caliente, en promedio fueron 19.01 kg y 52.26 %, respectivamente, similar a lo reportado por Partida *et al.* (2009) y Reséndiz (2011), pero mayor por Jaramillo *et al.* (2008) y Frías *et al.* (2011), y menor a los de Ríos *et al.* (2012). Estas variaciones se deben básicamente, a las diferencias en el peso de sacrificio entre genotipos (Warris, 2003), y a las diferencias en el contenido del tubo digestivo en los animales, mismas que se minimizan cuando del peso vivo se elimina el peso del contenido gastrointestinal (Partida y Martínez, 2010). Comportamiento similar fue reportado por Macías *et al.* (2010), Hernández (2011) y Vázquez *et al.* (2011), donde el peso al sacrificio de los animales se relaciona directamente con los rendimientos de canal. Esto indica que el crecimiento de los animales va acompañado de un incremento en peso, que significa un crecimiento de las distintas partes que conforman el animal, de tal forma que a menor edad, estas partes representan mayor proporción

en relación al cuerpo (McDonald *et al.*, 2006), y consecuentemente, el peso de la canal y el rendimiento, son menores. En el caso de los ovinos Pelibuey, al ser considerados de talla ligera (Bradford, 2002), su estructura anatómica es pequeña, a diferencia de otras razas de talla grande, donde los componentes corporales son de mayor tamaño, por lo que, los rendimientos en canal son menores.

El pH promedio de la canal al sacrificio y 24 horas *postmortem* fue de 6.0 y 5.6, respectivamente, ubicados dentro del rango normal (Torrescano *et al.*, 2008). Jacob *et al.* (2005) señalan que carnes con pH entre 5.4 y 5.6 son las más deseables por sus propiedades organolépticas, dándose un proceso bioquímico de transformación de músculo a carne y que un pH alrededor de 6.8 resulta en serios defectos en color, suavidad y sabor.

Degradabilidad de las dietas

La degradabilidad *in vitro* de la MS fue menor ($P < 0.05$) en las dietas que contenían Guácimo. Es posible que esto se deba a la capacidad de los taninos condensados en el Guácimo, por su potencial de ligarse a fibra (Schofield *et al.*, 2001), afectando negativamente la digestibilidad (McSweeney *et al.*, 2001; Hervás *et al.*, 2003b).

Efecto de la Vitamina E en el comportamiento productivo

La Vitamina E no afectó ($P > 0.05$) el comportamiento productivo de los animales, a pesar que se les proporcionó una dosis mucho mayor ($1000 \text{ UI animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$) a la recomendada ($20 \text{ UI kg}^{-1} \text{ MS}$) (NRC, 2007), resultado que así contradice a lo reportado por Kerry *et al.* (2000) y Wulf *et al.* (1995). La mayoría de los reportes referentes al uso de la vitamina E en producción animal, van encaminados a mejorar el estado de salud del individuo (Daniels *et al.*, 2000; Elam, 2007), especialmente cuando el manejo de los animales no es adecuado, situación que provoca estrés, y afecta negativamente el sistema inmune y con ello diversos agentes causales propician el desarrollo de enfermedades, además de problemas reproductivos (Harrison *et al.*, 1984). Adicionalmente, la vitamina E es considerada como antioxidante, retrasando la oxidación de la mioglobina lo que origina el color marrón (pardo) y con ello estabilizando el color de la carne (Woolf, 2005; Kasapidou *et al.*, 2012).

CONCLUSIONES

La inclusión de follaje de Guácimo como fuente de taninos y la vitamina E en la dieta de corderos no afectaron los parámetros de producción, tampoco las características de la canal; sin embargo, la degradabilidad *in vitro* disminuyó en las dietas que contenían el follaje de Guácimo, sin afectar el consumo de materia seca. Este comportamiento sugiere que la adición de follaje de Guácimo en 1.5 y 2.5% de taninos puede ser una alternativa viable en la engorda de corderos, especialmente si se enmarca en el contexto de sustentabilidad para las regiones tropicales del país. Más investigación es necesaria, tomando en consideración diferentes fuentes, niveles y tiempo de alimentación con taninos en la dieta para corderos.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para estudios de Maestría, así como al Fideicomiso 167304 del Colegio de Postgraduados, LPI-2 (Agroecosistemas Sustentables) y LPI-7 (Inocuidad, Calidad de Alimentos y Bioseguridad), por financiar parcialmente esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Aguilar, Y. M.I., Hernández, M. O, Guerrero, L.I., Ramírez, B. J. E., Aranda, O. G., Crosby, G. M. M. 2011. Productive response of lambs fed with fresh or dehydrated spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* L.). J. PACD 13:23-35.
- Álvarez, M. G., Melgarejo, V. L., Castañeda, N. Y. 2003. Weight gain, feed conversion and efficiency in sheep fed with parota tree (*Enterolobium cyclocarpum*) fruit (seed and pod) and poultry manure. Vet. Méx. 34(1):39-46.
- AOAC. Official Methods of Analysis. 2005. Edition 18. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C. USA.
- Arias, R. A., Mader, T. L., Escobar, P. C. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. Arch Med Vet 40:7-22.
- Atay, O., Gökdal, Ö., Eren, V., Çetiner, Ş., Yikilmaz, H. 2009. Effects of dietary vitamin E supplementation on fattening performance, carcass characteristics and meat quality traits of Karya male lambs. Arch Tierz 52(6):618-626.
- Baldizán, A. C., Domínguez, C. E., García, D. E., Chacón, E., Aguilar, L. 2006. Metabolitos secundarios y patrón de selección de dietas en la vegetación en el Bosque Decídulo Tropical de los Llanos Centrales Venezolanos. Zootecnia Trop. 24 (3):213-232.
- Baumont, R. 1996. Palatability and feeding behaviour in ruminants: a review. Anim Res 45:385-400.
- Bradford, G. E. 2002. Relationship among traits: growth rate, mature size, carcass composition and reproduction. Sheep & Goat Res J 17:38-41.
- Bunch, T. D., Evans, R. C., Wang, S., Brennand, C. P., Whittier, D. R., Taylor, B. J. 2004. Feed efficiency, growth rates, carcass evaluation, cholesterol level and sensory evaluation of lambs of various hair and wool sheep and their crosses. Small Ruminant Res. 52(3):239-245.
- Canton, G. J, Quintal, J. A. 2007. Evaluation of growth and carcass characteristics of pure Pelibuey sheep and their cross with Dorper and Katahdin breeds. J Anim Sci 85 (Suppl. 1):571.

- Canton, G. J., Bores, Q. R., Baeza, R. J., Quintal, F. J., Santos, R. R., Sandoval, C. C. 2009. Growth and efficiency of pure and F1 Pelibuey lambs crossbred with specialized breeds for production of meat. *J Anim Vet Adv* 8:26-32.
- Catanese, F., Distel, R. A., Provenza, F. D., Villalba, J. J. 2012. Early experience to alimentary diversity increases intake of non-familiar flavors and feeds in sheep. *J Anim Sci* 90(8):2763-2773.
- Daniel, Z. C. T. R., Wynn, R. J., Salter, A. M., Buttery, P. J. 2004. Differing effects of forage and concentrate diets on the oleic acid and conjugated linoleic acid content of sheep tissues: The role of stearoyl-CoA desaturase. *J Anim Sci* 82:747-758.
- Daniels, T. K., Bowman, J. G.P., Sowell, B. F., Branine, M. E., Hubbert, M. E. 2000. Effects of metaphylactic antibiotics on behavior of feedlot calves. *Prof. Anim. Sci.* 16:247–253.
- Dawson, J. M., Buttery, P. J., Jenkins, D., Wood, C. D., Gill, M. 1999. Effects of dietary quebracho tannin on nutrient utilisation and tissue metabolism in sheep and rats. *J Sci Food Agric* 79:1423-1430.
- Delfa, R., Teixeira, A., González, C., Blasco, I. 1995. Ultrasonic estimates of fat thickness and *Longissimus dorsi* muscle depth for predicting carcass composition of live Aragon lambs. *Small Ruminant Res.* 16:159-164.
- Elam, N. A. 2007. Impact of Vitamin E Supplementation on Newly Received Calves: A Review and Meta-Analysis. *Prof. Anim. Sci.* 23:455–458.
- Frías, J. C., Aranda, E. M., Ramos, J. A., Vázquez, C., Díaz, P. 2011. Calidad y rendimiento en canal de corderos en pastoreo suplementados con caña de azúcar fermentada. *Avances en Investigación Agropecuaria* 15(3): 33-44.
- Frutos, P., Hervás, G., Giráldez, F. J., Mantecón, A. R. 2004a. Review. Tannins and ruminant nutrition. *Span J Agric Res* 2(2):191-202.
- Frutos, P., Raso, M., Hervás, G., Mantecón, A. R., Pérez, V., Giráldez, F. J. 2004b. Is there any detrimental effect when a chestnut hydrolyzable tannins extract is included in the diet of finishing lambs? *Anim Res* 56:127-136.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía. México. 91 p.

- García, D. E., Medina, G. M., Cova, J. L., Torres, A., Humbría, J., Baldizán, A., Domínguez, C. E., Soca, M., Baldizán, A. 2008a. Preference of cattle for the foliage of twelve species with potential for agrosilvopastoral systems in the Trujillo State, Venezuela. *Pastos y Forrajes* 31(3):255-270.
- García, D. E., Medina, G. M., Clavero, T., Humbría, J., Baldizán, A., Domínguez, C. E. 2008b. Preferencia de árboles forrajeros por cabras en la zona baja de los andes venezolanos. *FCV-LUZ* 18(5):549-555.
- Guerrero, L. I., Ponce, A. E., Pérez, M. L. 2002. Curso práctico de tecnología de carnes y pescado. Universidad Autónoma Metropolitana: Unidad Iztapalapa. D.F., México. 171 p.
- Gutiérrez, M. J., Rubio, L. M. S., Méndez, M. D. 2005. Effects of the crossbreeding Mexican Pelibuey sheep with Rambouillet and Suffolk on carcass traits. *Meat Sci* 70(1):1-5.
- Harrison, J. P., Hancock, D. D., Conrad, H. R. 1984. Vitamin E and selenium for reproduction of the dairy cows. *J. Dairy Sci.* 67:123- 132.
- Hernández, C. L. 2011. Calidad de la canal y carne de corderos complementados con aceites y rastrojo de maíz. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 67 p.
- Hervás, G., Pérez, V., Giráldez, F. J., Mantecón, A. R., Almar, M. M., Frutos, P. 2003a. Intoxication of Sheep with Quebracho Tannin Extract. *J. Comp. Path.* 129(1):44-54.
- Hervás, G., Frutos, P., Giráldez, F. J., Mantecón, A. R., Álvarez del Pino, M. C. 2003b. Effect of different doses of quebracho tannins extract on rumen fermentation in ewes. *Anim. Feed Sci. Technol* 109:65-78.
- Hoste, H., Jackson, F., Athanasiadou, S., Thamsborg, S. M., Hoskin, S. O. 2006. The effects of tannin-rich plants on parasitic nematodes in ruminants. *Trends in Parasitol* 22(6):253-261.
- Ipharraguerre, I. R., Villalba, J. J. 2010. Diet palatability influences the feeding behavior of sheep. *J Anim Sci* 88 (Suppl. 2):790.
- Jacob, R. H., Pethick, D. W., Chapman, H. M. 2005. Muscle glycogen concentrations in commercial consignments of Australian lamb measured on farm and post-slaughter after three different lairage periods. *Aust J Exp Agric* 45:543-552.

- Jaramillo, L. E., Molinar, H. F., Leos, M. J. A., Hinojosa, A. M. C. 2008. Efecto de la dieta en corderos de lana y pelo sobre la ganancia diaria de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y características de la canal. *Ciencia en la Frontera: Revista de Ciencia y Tecnología de la UACJ* 6:131-139.
- Jiménez, F. G., López, C. M., Nahed, T. J., Ochoa, G. S., Jong, B. 2008. Árboles y arbustos forrajeros de la región norte-tzotzil de Chiapas, México. *Vet. Méx.* 39(2):199-213.
- Kasapidou, E., Wood, J. D., Richardson, R. I., Sinclair, L. A., Wilkinson, R. G., Enser, M. 2012. Effect of vitamin E supplementation and diet on fatty acid composition and on meat colour and lipid oxidation of lamb leg steaks displayed in modified atmosphere packs. *Meat Sci* 90:908–916.
- Kerry, J. P., Buckley, J. D., Morrissey, P. A. 2000. Improvement of oxidative stability of beef and lamb with vitamin E. In: *Antioxidants in muscle foods: nutritional strategies to improve quality*. Wiley Interscience, New York. 229-261.
- López, H. M. A., Rivera, L. J. A., Ortega, R. L., Escobedo, J. G., Magaña, M. M. A., Sanginés, G. J. R., Sierra, V. A. C. 2008. Contenido nutritivo y factores antinutricionales de plantas nativas forrajeras del norte de Quintana Roo. *Téc. Pecu. Méx.* 46 (2): 205-215.
- Macías, C. U., Álvarez, V. F. D., Rodríguez, G. J., Correa, C. A., Torrentera, O. N. G., Molina, R. L., Avendaño, R. L. 2010. Crecimiento y características de canal en corderos Pelibuey puros y cruzados F1 con razas Dorper y Katahdin en confinamiento. *Arch Med Vet* 42:147-154.
- Macit, M., Aksakal, V., Emsen, E., Irfan, A. M., Karaoglu, M., Nurinisa, N. 2003. Effects of vitamin E supplementation on performance and meat quality traits of Morkaraman male lambs. *Meat Sci* 63:51-55.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greehalgh, J. F. D., Morgan, C. A. 2006. *Nutrición animal*. 6^a Ed. Acribia, España. 215 p.
- McSweeney, C. S., Palmer, B., McNeill, D. M., Krause, D. O. 2001. Microbial interactions with tannins: nutritional consequences for ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 91:83–93.
- Min, B. R., Barry, T. N., Attwood, G. T., McNabb, W. C. 2003. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages. *Anim. Feed Sci. Technol.* 106:3-19.

- Nuncio, O. G., Nahed, T. J., Díaz, H. B., Escobedo, A. F., Salvatierra, I. B. 2001. Caracterización de los sistemas de producción ovina en el estado de Tabasco. *Agrociencia* 35(4):469-477.
- NRC (National Research Council). 2007. Nutrient requirements of small ruminants. Sheep, goats, cervids, and new world camelids. The National Academy Press. Washington, D.C. 362 p.
- Partida, P. J. A., Braña, V. D., Martínez, R. L. 2009. Productive performance and carcass characteristics in Pelibuey sheep and crossbreeds (Pelibuey*Suffolk – Dorset). *Téc. Pecu. Méx.* 47(3):313-322.
- Partida, P. J. A., Martínez, R. L. 2010. Composición corporal de corderos Pelibuey en función de la concentración energética de la dieta y del peso al sacrificio. *Vet. Méx.* 41(3):177-190.
- Pineda, J., Palma, J. M., Haenlein, G. F. W., Galina, M. A. 1998. Fattening of Pelibuey hair sheep and crossbreeds (Rambouillet-Dorset X Pelibuey) in the Mexican tropics. *Small Ruminant Res.* 27:263-266.
- Pinto, R. R., Hernández, D., Gómez, H., Cobos, M. A., Quiroga, R., Pezo, D. 2010. Árboles forrajeros de tres regiones ganaderas de Chiapas, México: usos y características nutricionales. *Universidad y Ciencia* 26(1):19-31.
- Reed, J. D., Krueger, C., Rodríguez, G., Hanson, J. 2000. Secondary plant compounds and forage evaluation. In: *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*. CABI Publishing, Wallingford, Oxford. England. 433-448.
- Reséndiz, C. V. 2011. Finalización de borregos Pelibuey utilizando dietas con diferentes niveles de alfalfa: respuesta en producción y calidad de carne. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 67 p.
- Ríos, R. F. G., Barragán, B. H., Cerrillo, S. M. A., Estrada, A. A., Juárez, R. A. S., Obregón, J. F. 2012. Carcass characteristics, primal cut yields and tissue composition of Katahdin x Pelibuey lambs fed cull-chickpeas. *Rev Mex Cienc Pecu* 3(3):357-371.
- Robbins, C. T., Hagerman, A. E., Austin, P. J., McArthur, C., Hanley, T. A. 1991. Variation in mammalian physiological responses to a condensed tannin and its ecological implications. *J Mammal* 72:480-486.

- Sañudo, C., Sánchez, A., Alfonso, M. 1998. Small ruminant production systems and factors affecting lamb meat quality. *Meat Sci* 49(1):29-64.
- SAS (Statistical Analysis System). 2002. SAS Proceeding Guide, Version 9.0 SAS Institute. Cary NC. USA.
- Schofield, P., Mbugua, D. M., Pell, A. N. 2001. Analysis of condensed tannins: a review. *Anim. Feed Sci. Technol* 91(1):21-40.
- Silanikove, N. 2000. The physiological basis of adaptation in goats to harsh environments. *Small Ruminant Res.* 35:181-193.
- Steel, G. D. R y Torrie, H. J. 1992. *Bioestadística: Principios y Procedimientos*, 1ª. Edición en Español. Editorial. McGraw-Hill/Interamericana México, D.F. 622 p.
- Torrescano, U. G. R., Sánchez, E. A., González, M. N. F., Camou, A. J. P. 2008. Tecnología e ingeniería del sacrificio y su repercusión en la calidad de la canal en animales de abasto. *NECAMEH* 2(1):78-94.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., Lewis, B. A. 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.
- Vasta, V., Luciano, G. 2011. The effects of dietary consumption of plants secondary compounds on small ruminants' products quality. *Small Ruminant Res.* 101:150-159.
- Vázquez, S. E. T., Partida de la Peña, J. A., Rubio, L. M. S., Méndez, M. D. 2011. Productive performance and carcass characteristics in lambs from crosses between Katahdin ewes and rams from four specialized meat breeds. *Rev Mex Cienc Pecu* 2(3):247-258.
- Velázquez, A. J., González, M., Perezgrovas, R., Bórquez, J., Domínguez, I. 2011. Production, digestibility and cost/benefit of lamb's diets including *Acacia farnesiana* pods. *Arch. Zootec.* 60(231):479-488.
- Warris, P. D. 2003. *Ciencia de la carne*. Zaragoza, España. Acribia, 302 p.
- Woolf, G. 2005. The Discovery of the Antioxidant Function of Vitamin E: the Contribution of Henry A. Mattill. *J Nutr* 135:363-366.
- Wulf, D. M., Morgan, J. B., Sanders, S. K., Tatum, J. D., Smith, G. C., Williams, S. 1995. Effects of dietary supplementation of vitamin E on storage and caselife properties of lamb retail cuts. *J Anim Sci* 73:399

CAPITULO II

ESTABILIDAD DEL COLOR Y CARACTERÍSTICAS DE LA CARNE DE CORDEROS PELIBUEY ALIMENTADOS CON TANINOS EN LA DIETA

COLOR STABILITY AND MEAT CHARACTERISTICS OF PELIBUEY LAMBS FED WITH TANNINS

CAPITULO II

ESTABILIDAD DEL COLOR Y CARACTERÍSTICAS DE LA CARNE DE CORDEROS PELIBUEY ALIMENTADOS CON TANINOS

Marco Antonio Ayala Monter, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2013

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar las características físico-químicas en la carne de corderos, alimentados con follaje de Guácimo (*Guazuma ulmifolia*) como fuente de taninos. Se utilizaron 28 corderos machos de raza Pelibuey, con peso inicial de 23.6 ± 1.0 kg, divididos en cuatro grupos de siete animales cada uno, y sacrificados con peso promedio final de 39 ± 0.5 kg. Los grupos se asignaron al azar a los siguientes tratamientos: 1) Testigo (dieta base), 2) Dieta base con 1.5% taninos (base seca), 3) Dieta base con 2.5% taninos (base seca), y 4) Dieta base con 1000 UI de Vitamina E. Se evaluó composición química de la carne, color, resistencia al corte en carne cruda y cocida, y actividad del agua (A_w). Se utilizó un diseño completamente al azar, utilizando el PROC GLM del SAS, y la prueba de Tukey para comparación de medias. No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos en humedad, proteína, cenizas, extracto etéreo, resistencia al corte en carne cruda y cocida, ni en actividad del agua (A_w). El color de la carne fue, en general, diferente entre tratamientos, con mayores ($P < 0.05$) valores de L (34.88), a (11.49) y b (2.28), para aquellas muestras con taninos, aunque no varió a través de los días. La inclusión de taninos en la dieta de ovinos, podría ser una opción como antioxidantes naturales, ya que mantienen la estabilidad del color por mayor tiempo.

Palabras clave: Carne, calidad de carne, taninos, corderos.

COLOR STABILITY AND MEAT CHARACTERISTICS OF PELIBUEY LAMBS FED WITH TANNINS

Marco Antonio Ayala Monter, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2013

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the physical and chemical characteristics of lamb meat when feeding Guácimo foliage (*Guazuma ulmifolia*) as a source of tannins. Twenty-eight male Pelibuey lambs, with an initial live-weight of 23.6 ± 1.0 kg were used. They were divided into 4 groups of 7 animals each. The groups were randomly assigned to each of the following four treatments: 1) Control (basal diet), 2) basal diet with 1.5% tannins (dry basis), 3) basal diet with 2.5% tannins (dry basis), and 4) basal diet with 1000 IU of Vitamin E. The animals were slaughtered at final live-weight of 39 ± 0.5 kg. Meat chemical composition, meat color, texture of raw and cooked meat, and water activity (Aw), were evaluated. A completely randomized design using the PROC GLM of SAS, and the Tukey test for comparison of means were used. None of the evaluated variables were different ($P > 0.05$) among treatments, except meat color. The values for L (34.88), a (11.49) and b (2.28), were higher ($P < 0.05$) under those treatments where tannins were added. These results suggest that the inclusion of tannins in the sheep diet could be an option as natural antioxidants, since they improve meat color stability for longer periods.

Key words: Meat, quality of meat, tannins, lambs.

INTRODUCCIÓN

En México, de la producción de carne ovina, se destina hasta un 95% para la elaboración de barbacoa (Torrescano *et al.*, 2009), y un mínimo se comercializa en cortes especializados, condicionados a la compra por parte del consumidor en función del color (Mancini y Hunt, 2005), textura, jugosidad y marmoleo (Priolo *et al.*, 2002, Vestergaard *et al.*, 2000), además del precio. La carne con apariencia en color rojo brillante o rojo cereza es la más deseable, ya que es indicativo de frescura (Gatellier *et al.*, 2001), a diferencia de una carne color marrón o pardo (Renerre, 1990), que a menudo es relacionada con un estado de descomposición. El color marrón de la carne es causado por la oxidación de la mioglobina del músculo (Brooks, 2007), transformándose de oximioglobina a metamioglobina, por la acumulación de lípidos oxidados, radicales libres y otros productos de la oxidación (Wulf *et al.*, 1995), proceso que resulta en un periodo de 48 horas, dependiendo del tipo de carne, y que provoca cambios negativos en color, textura, sabor, olor y afectan la estructura y valor nutricional (Lahucky *et al.*, 2000; 2005).

Ante este escenario, se han buscado estrategias para obtener un producto de calidad, que satisfaga las preferencias del consumidor (Resurrección, 2003; Ramos y Gomide, 2007), y tenga mayor vida en anaquel (Luciano *et al.*, 2009a). Para el caso de la carne ovina, el tiempo de vida en anaquel en refrigeración, no excede los 10 días antes de que empiece el proceso de descomposición (Williams, 1991), siendo éste un problema para su comercialización.

Para retrasar el proceso de oxidación, se ha utilizado la vitamina E como un antioxidante desde tiempo atrás, y estabiliza el color de la carne, además de proteger las membranas celulares del daño por la peroxidación de lípidos (Wulf *et al.*, 1995). Lahucky *et al.* (2005) reportaron que la vitamina E retrasa cambios en color, disminuye la pérdida por goteo y prolonga la vida de anaquel. Sin embargo, dado el alto costo que representa la vitamina E, opciones como los compuestos fenólicos, donde se incluyen los taninos, particularmente los condensados, han sido reportados recientemente como antioxidantes naturales en la carne (Larraín *et al.*, 2008), que además, mejoran el perfil de ácidos grasos (Priolo *et al.*, 2000; Vasta *et al.*, 2009).

Desafortunadamente estos estudios son aislados, y en México, a pesar de existir amplia variedad de árboles forrajeros que contienen estos compuestos, particularmente en la zona tropical, no se ha investigado su potencial como agente antioxidante natural.

Por tanto, el principal objetivo de la presente investigación fue explorar el potencial antioxidante de los taninos presentes en el follaje de Guácimo (*Guazuma ulmifolia*) para estabilizar el color de la carne de corderos Pelibuey, así como su efecto en algunos atributos de calidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los análisis físico-químicos de la carne se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal del Colegio de Postgraduados, *Campus Montecillo*, Estado de México, ubicado 19° 28' 4.26" LN, 98° 53' 42.18" LO, a una altitud de 2250 msnm (García, 2004).

Se utilizaron muestras de músculo *Longissimus dorsi* provenientes de 28 corderos machos Pelibuey, sacrificados con un peso vivo promedio final de 39 ± 0.5 kg, alojados en cuatro grupos, mismos que se distribuyeron aleatoriamente a cada uno de los siguientes tratamientos: Testigo (dieta base), 2) Dieta base con 1.5% de taninos (base seca), 3) Dieta base con 2.5% taninos (base seca), y 4) Dieta base con 1000 UI de Vitamina E (Cuadro 1).

A las 24 horas *postmortem* se colectaron 28 muestras de músculo *Longissimus dorsi*, se midió el pH y temperatura, de acuerdo al método propuesto por Guerrero *et al.* (2002), utilizando un potenciómetro portátil (HANNA, mod. HI99163) equipado con un electrodo de penetración. Posteriormente las muestras se colocaron en bolsas de polietileno con cierre hermético, y se conservaron en una cámara frigorífica (TORREY, mod. CFM-A) a 4° C, para su posterior análisis.

Cuadro 1. Ingredientes y composición química de las dietas experimentales

	T r a t a m i e n t o s (BS)			
	Testigo (dieta base)	Dieta con 1.5% taninos	Dieta con 2.5% taninos	Dieta con 1000 UI Vitamina E
<i>Ingredientes (%)</i>				
Maíz	40.17	40.00	40.00	40.17
Pasta de soya	23.23	20.25	18.24	23.23
Rastrojo de maíz	30.00	21.48	15.65	30.00
Melaza	3.00	3.00	3.00	3.00
Aceite de soya	1.00	1.00	1.00	1.00
Minerales*	2.00	2.00	2.00	2.00
Urea	0.60	0.60	0.60	0.60
Guácimo**	0	11.67	19.51	0
<i>Composición química</i>				
Materia seca (%)	85.73	86.45	86.69	85.69
Proteína (%)	20.17	19.95	19.33	20.20
Cenizas (%)	7.50	7.52	7.89	7.73
Extracto Etéreo (%)	4.22	3.75	3.94	4.11
FDN (%)	18.70	18.42	17.88	19.24
FDA (%)	12.15	14.26	12.69	12.01
EM (Mcal/kg)***	2.87	2.84	2.82	2.87
ENg (Mcal/kg)***	1.06	1.08	1.09	1.06

*Mezcla mineral (*Vitasal Ovino Plus*): 24, 3, 2, 8, 12, 0.50, 0.50, 0.50 % de Ca, P, Mg, Na, Cl, K, S y antioxidante; 5.0, 4000, 2000, 5000, 100, 30 y 60 ppm de Cr, Mn, Fe, Zn, I, Se y Co; 500000, 150000 y 1000 UI de vitaminas A, D y E, respectivamente. BS, base seca; FDN, fibra detergente neutro; FDA, fibra detergente ácido, EM, energía metabolizable, ENg, energía neta de ganancia. **Gúacimo = 1 kg MS contiene 150 g taninos = 15.0 %; 0.1333 kg MS = 20 g taninos = 2.0 %; 0.9975 kg MS = 15 g taninos = 1.5 %; 0.1662 kg MS = 25 g taninos = 2.5 % (Considerando 83% MS al momento hacer la dieta).

*** Calculado de tablas.

Variables evaluadas

Se determinó el contenido de humedad, proteína cruda, cenizas y extracto etéreo (AOAC, 2005). El color se midió utilizando un colorímetro Minolta (Chroma Meter CR-200, Tokio, Japón), dos días después del sacrificio. Para ello, se utilizaron seis muestras de carne por cada animal, de 1 cm de grosor y 7 cm de diámetro, libres de grasa, burbujas y sangre. Las muestras se colocaron en bolsas de polietileno con cierre hermético, y se conservaron en refrigeración a 4° C. Las lecturas de color se midieron diariamente, cada muestra se evaluó por 3 días, durante un lapso de 18 días, con el objetivo de observar los cambios a través del tiempo. En cada ocasión, se tomaron cuatro lecturas (girándola 90°) de cada muestra, registrando los valores de *L, *a y *b, que representan luminosidad, índice de rojo y amarillo, respectivamente.

La resistencia al corte se realizó en carne cruda y cocida, usando una navaja de Warner-Bratzler en un analizador de textura TA-XT2 (Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY) empleando una velocidad de prueba de 5 mm/s y velocidad de retroceso de 5 mm/s, reportando la fuerza máxima en kg/cm². Las muestras se retiraron del refrigerador y se dejaron a temperatura ambiente. Para la carne cruda, se obtuvo una muestra con un sacabocados en dirección perpendicular a las fibras musculares, posteriormente se cortaron trozos de 1 cm³. Para la carne cocida, se usó una muestra de carne de 20 g, se hirvió en agua destilada por 10 minutos a 70° C, dejándose enfriar hasta temperatura ambiente, y se cortaron trozos de 1 cm³. De esta manera, ambas muestras se colocaron con las fibras del músculo transversalmente al filo de la navaja, reportando la fuerza máxima en gramos aplicada para cortar la muestra (Guerrero *et al.*, 2002).

La actividad de agua (Aw) se realizó mediante la metodología reportada por Guerrero *et al.* (2002), las muestras se retiraron del refrigerador y se dejaron a temperatura ambiente durante 30 minutos, enseguida se colocaron en un porta muestras y se procedió a hacer las lecturas en un Aqualab (Decagon CX-1, Washington, EUA).

Los datos se analizaron con un diseño completamente al azar mediante el procedimiento PROC GLM del SAS (SAS, 2002). Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1992).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición química de la carne

No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos en la composición química de la carne, con valores promedio para humedad, proteína, cenizas y extracto etéreo de 77.0, 21.9, 4.1 y 8.8 %, respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Composición química de la carne (*Longissimus dorsi*) de corderos Pelibuey alimentados con taninos y vitamina E

	T r a t a m i e n t o s				EEM	P
	Testigo (dieta base)	Dieta con 1.5% taninos	Dieta con 2.5% taninos	Dieta con 1000 UI Vitamina E		
Humedad	77.15	77.49	76.88	76.45	0.386	0.301
Proteína	22.02	21.63	22.33	21.65	0.229	0.129
Cenizas	4.15	4.13	3.91	4.14	0.069	0.065
Extracto etéreo	8.96	8.26	9.13	8.96	0.760	0.851

EEM, Error estándar de la media; P, Nivel de significancia ($P > 0.05$).

El porcentaje de humedad promedio de la carne en este estudio es similar al reportado por otros autores (Priolo *et al.*, 1998; Aguilar, 2010; Reséndiz, 2011), para distintas razas de ovinos, con diferente alimentación; y ligeramente mayor a aquéllos para corderos Pelibuey y sus cruzas (73%), alimentados con dietas integrales (López *et al.*, 2000; Hernández *et al.*, 2009; Hernández, 2011). El contenido de proteína cruda promedio (21.9%) de la carne, fue similar al encontrado por Madruga *et al.* (2005, 2008) y Germano *et al.* (2009), en carne de corderos de pelo; pero menor (14.8 a 20.5%) al reportado por otros autores (Priolo *et al.*, 1998, 2005; Peraza *et al.*, 2006) en corderos de diferentes razas.

El contenido de cenizas en la carne, fue similar al encontrado anteriormente para corderos Pelibuey (4.2%), puros y cruza con Katahdin (Hernández, 2011; Reséndiz, 2011), pero superior a otros, que en promedio reportan 1.1 % (López *et al.*, 2000; Peraza *et al.*, 2006; Hernández *et al.*, 2009). El extracto etéreo, cuyo contenido fue de 8.83%, es muy superior al reportado por López *et al.* (2000) y Peraza *et al.* (2006), quienes observaron valores de 4.46 y 3.63 %, respectivamente, utilizando dietas integrales en corderos Pelibuey; en tanto Priolo *et al.* (1998, 2005) encontraron 2.8 y 2.5 %, en carne de corderos Comisana cuando adicionaron 1.24 y 1.78 %, respectivamente, de taninos en la dieta. Es interesante que Reséndiz (2011) reportó 11 % de extracto etéreo para el mismo tipo de animales a los del presente estudio, pero con diferentes niveles de alfalfa en la dieta. Es posible que esta diferencia se deba básicamente al mayor nivel de energía aportado en la dieta, ya que se ha reportado que ello contribuye a una mayor deposición de grasa (Castro *et al.*, 2005).

La respuesta en la composición química de la carne es afectada por diferentes factores, que interactúan entre sí. Por ejemplo, dependiendo de la raza, la respuesta es diferente, incluso, dentro de la misma raza, como reportan López *et al.* (2000), Hernández *et al.* (2007) y Reséndiz (2011), para la raza Pelibuey. Gutiérrez *et al.* (2005), reportaron que las razas de pelo presentan mayor deposición de grasa en comparación con las de lana. El mismo caso para el factor edad y peso al sacrificio (Purchas *et al.*, 2002), donde animales con mayor peso, presentan mayor deposición de grasa, aunque eso también depende de otros factores, como la nutrición. Al respecto, McDonald *et al.* (2006) reporta que animales bien nutridos, y especialmente en estabulación, aun en estado de crecimiento, es posible tengan mayor deposición de grasa, que un adulto mal nutrido.

En el presente estudio, posiblemente la cantidad incluida de taninos y vitamina E en la dieta, y, el tiempo de suplementación (52 días) no fueron suficientes para generar cambios en las características químicas de la carne, ya que según Priolo *et al.* (1998, 2000, 2005), incluir de 1.24 a 2.5% de taninos en la dieta, con días similares de suplementación al presente estudio, no causó diferencias en las características químicas de la carne, como ocurrió en este estudio. Por otro lado, el efecto de la vitamina E, que tampoco fue significativa en ninguna de las variables estudiadas, sugiere que no tiene ninguna relación con los cambios en las características químicas de la carne, más allá de su efecto en los cambios de color, por su actividad antioxidante (Woolf, 2005; Kasapidou *et al.*, 2012).

Características físico-químicas de la carne

Los tratamientos no afectaron ($P > 0.05$) el pH, resistencia al corte en carne cruda o cocida, ni la actividad del agua, pero sí ($P < 0.05$) el color de la carne (Cuadro 3).

El pH promedio de las canales al sacrificio y 24 horas *postmortem* fue 6.0 y 5.6, respectivamente, ubicados dentro del rango normal (Hargreaves *et al.*, 2004; Torrescano *et al.*, 2008), lo cual sugiere que los animales del presente estudio no fueron estresados antes ni durante el sacrificio (Zimmerman *et al.*, 2013). Priolo *et al.* (1998, 2000, 2005) reportan valores similares de pH, en carne de ovinos alimentados con taninos en la dieta.

Cuadro 3. Características físico-químicas de la carne de corderos Pelibuey alimentados con taninos y vitamina E

Variable	T r a t a m i e n t o s				EEM	P
	Testigo (dieta base)	Dieta con 1.5% Taninos	Dieta con 2.5% Taninos	Dieta con 1000 UI Vitamina E		
pH (sacrificio)	6.14	6.15	5.99	5.99	0.089	0.412
pH (24 horas postmortem)	5.68	5.74	5.53	5.55	0.100	0.398
* <i>L</i>	33.51 ^b	34.99 ^a	34.77 ^a	33.88 ^b	0.160	0.0001
Color * <i>a</i>	10.70 ^b	11.51 ^a	11.47 ^a	11.48 ^a	0.150	0.0002
* <i>b</i>	1.84 ^b	1.91 ^b	2.65 ^a	1.89 ^b	0.120	0.0001
Resistencia al corte (kg/cm ²)						
Cruda	3.246	3.245	3.218	3.139	0.067	0.651
Cocida	2.912	2.881	2.820	2.820	0.057	0.595
Aw	0.989	0.989	0.988	0.987	0.0008	0.296

L, Luminosidad; *a*, Índice rojo de la carne; *b*, índice amarillo de la carne; Aw, Actividad del agua, EEM, Error estándar de la media; Medias con literales distintas en cada fila son diferentes ($P < 0.05$).

Es importante señalar que la disminución del pH durante las primeras 24 horas, se explica por la transformación de glucógeno en ácido láctico por glucólisis anaerobia (Carballo *et al.*, 2001), lo cual dependerá directamente de la intensidad de estrés al que el animal esté expuesto antes del sacrificio. Guerrero *et al.* (2002) describen tres intervalos de pH final en carne, normal (<5.8), intermedio (5.8-6.2) y alto (>6.2), de acuerdo a esta clasificación, la carne del presente estudio estuvo dentro del rango normal. Si bien no existe un pH estandarizado en carne ovina, Jacob *et al.* (2005) señalan que carnes con pH entre 5.4 y 5.6 son las más deseables por sus propiedades organolépticas, mientras que un pH final superior a 5.8 (Tejeda *et al.*, 2008) se considera indeseable. Esto evidencia la importancia del estrés que se les provoque a los animales pre-sacrificio (Zimmerman *et al.*, 2013), ya que afecta directamente la disminución del pH, si éste es rápido, se obtienen carnes tipo PSE (pálidas, suaves y exudativas, por sus siglas en Inglés), o DFD (oscuras, duras y secas, por sus siglas en Inglés), si la disminución es lenta (Adzitey y Nurul, 2011). En cualquiera de los casos, ninguna de estas características en tipos de carne, son deseables, y marcan una pauta importante en la comercialización, ya que de ser así, existen cuantiosas pérdidas económicas por ese concepto (Leyva *et al.*, 2012).

De manera general, el color de la carne varió entre tratamientos (Cuadro 3), con mayores ($P < 0.05$) valores de $*L$, $*a$ y $*b$, para los tratamientos con 1.5% y 2.5% de taninos en la dieta, cuyos promedios fueron L (34.88), a (11.49) y b (2.28), respectivamente, estos valores indican coloraciones que tienden a oscuro, rojiza y opacas. Sin embargo, aunque estos valores disminuyeron gradualmente con el paso de los días, cuando se consideraron los diferentes periodos (Cuadro 4), el efecto de tratamiento no fue significativo ($P > 0.05$), contrariamente a lo esperado.

Cuadro 4. Evaluación de color de la carne de corderos Pelibuey alimentados con taninos y vitamina E

		T r a t a m i e n t o s				EEM	P
		Testigo (dieta base)	Dieta con 1.5% taninos	Dieta con 2.5% Taninos	Dieta base con 1000 Vitamina E		
1	$*L$	34.89	36.10	36.05	35.30	0.688	0.5460
	$*a$	12.58	13.39	12.79	12.60	0.321	0.2798
	$*b$	3.47	3.84	4.13	3.60	0.403	0.6800
2	$*L$	34.07	35.60	35.22	34.64	0.617	0.3467
	$*a$	11.87	12.42	12.15	12.46	0.373	0.6652
	$*b$	2.23	2.59	3.11	2.89	0.382	0.4253
3	$*L$	33.68	35.21	34.76	33.80	0.643	0.2927
	$*a$	10.79	11.57	11.57	11.85	0.383	0.2724
	$*b$	1.67	1.70	2.70	1.82	0.332	0.4253
4	$*L$	33.19	34.67	34.59	33.46	0.649	0.2798
	$*a$	10.16	11.02	11.22	11.25	0.408	0.2341
	$*b$	1.35	1.31	2.32	1.15	0.305	0.0579
5	$*L$	32.78	34.38	34.15	33.16	0.638	0.2620
	$*a$	9.47	10.58	10.53	10.62	0.437	0.2190
	$*b$	1.21	0.96	1.89	0.91	0.295	0.1053
6	$*L$	32.38	33.88	33.80	32.87	0.704	0.3828
	$*a$	8.84	9.71	10.24	9.90	0.573	0.3819
	$*b$	0.89	0.72	1.51	0.55	0.287	0.1344

$*L$, Luminosidad, $*a$, Índice rojo de la carne; $*b$, Índice amarillo de la carne; EEM, Error estándar de la media; P, Nivel de significancia ($P > 0.05$). Periodo 1 = 1-3 días posterior al sacrificio (PS), Periodo 2 = 4-6 días PS, Periodo 3 = 7-9 días PS, Periodo 4 = 10 -12 días PS, Periodo 5 = 13-15 días PS, Periodo 6 = 16-18 días PS.

Al respecto, es pertinente mencionar que a pesar de la no diferencia estadística, el color de la carne se mantuvo más estable a través del tiempo evaluado, en aquellas muestras provenientes de animales con taninos en la dieta, independientemente de la concentración. Este resultado confirma la actividad antioxidante de los taninos, si comparamos con los valores menores en los índices de color reportado por Reséndiz (2011), para carne de corderos Pelibuey, sin la inclusión de ningún antioxidante. Los cambios de color son debido a que comienza el proceso de oxidación de la mioglobina, de ser un color rojo brillante o rojo cereza (oximioglobina) a un color pardo o marrón (metamioglobina) (Perez y Andújar, 2000; Savell *et al.*, 2005). Esta oxidación se da básicamente por la presencia de un grupo prostético hemo (Fe^{+2}), donde el hierro está localizado centralmente y posee seis sitios de coordinación, uno de los cuales está disponible para ligarse con una gran variedad de compuestos, y es donde el oxígeno se sitúa uniéndose con el ion ferroso, formando la oximioglobina; en tanto que cuando el agua se sitúan en el mismo lugar, se forma la metamioglobina (Oyagüe, 2007; Bazan, 2008), proceso avanzado de la oxidación, cuyo color característico es pardo y evidencia de un proceso avanzado de descomposición de la carne. Este proceso es disminuido por la acción de los antioxidantes, como la vitamina E, y en este caso, los taninos, cuya acción principal es atrapar electrones, los cuales ocuparán el sexto sitio en la molécula de mioglobina, retrasando así la formación del color pardo. Paralelamente, al darse el efecto de la oxidación de la mioglobina, ocurre también la oxidación de los ácidos grasos, formándose un serie de compuestos como los aldehídos y cuerpos cetónicos (Sánchez *et al.*, 2008), conocido comúnmente como la rancidez de las grasas, y en conjunto, provocan la descomposición total de la carne.

Los resultados aquí reportados, contradicen a lo encontrado por Luciano *et al.* (2009), en carne de corderas Comisana alimentadas a base de concentrado adicionado con 4.03% de taninos en la dieta, donde los valores de $*L$ y $*b$ aumentaron, y los de $*a$ disminuyeron gradualmente. En tanto Priolo *et al.* (1998, 2000, 2005), al incluir de 1.24 a 2.5 % de taninos en la dieta, encontraron valores mayores en $*L$ (47.4), pero no diferencias en los índices $*a$ y $*b$. El color más claro de la carne, es debido posiblemente a la reducción de la hemoglobina y, probablemente, mioglobina (Priolo *et al.*, 2000), ya que, en animales jóvenes la concentración de mioglobina es baja, y se intensifica con la edad (Germano *et al.*, 2009), y en tal caso, la carne de estos animales jóvenes, presenta un color más claro, como lo encontrado en el presente

estudio, independientemente de la adición de taninos o vitamina E en la dieta. Al respecto, Garg *et al.* (1992) y Bhatta *et al.* (2002) mostraron que algunos taninos tienen la capacidad de reducir la concentración de hemoglobina en sangre, y por tanto, probablemente dificultan la utilización del hierro para la síntesis. Este comportamiento podría explicar el color más oscuro en la carne de los animales del presente estudio, a pesar de aun ser jóvenes (240 días de edad).

El color es uno de los atributos sensoriales más importantes que afecta la decisión de compra en carnes por parte del consumidor (Kerry *et al.*, 2000), ya que, por ejemplo, asocian un color rojo, con frescura (Morrissey *et al.*, 1994). Los cambios en los índices *a* y *b* describen el deterioro en el color de la carne (rojo a marrón), y reflejan la concentración de mioglobina en la carne (Mancini y Hunt, 2005). Por lo tanto, para mantener la estabilidad de color es necesario que la mioglobina permanezca intacta, es decir, evitar la formación de metamioglobina, con lo cual se puede extender la vida útil de la carne fresca. Al respecto, se ha reportado que la adición de vitamina E en la dieta de los animales, puede retardar la formación de metamioglobina y con ello mejorar la estabilidad de color. Wulf *et al.* (1995), suplementando con 500 UI animal⁻¹ día⁻¹ y 1000 UI animal⁻¹ día⁻¹, encontraron que la vitamina E mejora la apariencia de la carne y alarga la vida de anaquel por 4 días más.

Aunque Strohecker *et al.* (1997) no encontraron tal efecto con la suplementación de 2000 UI animal⁻¹ día⁻¹; pero observaron un retraso en la oxidación de lípidos. López-Bote *et al.* (2001), con diferentes niveles de inclusión en la dieta de vitamina E (270, 520, 1020 UI kg⁻¹ MS), reportaron similares resultados a los de Wulf *et al.* (1995), mejorando estabilidad en el color, además, observaron que inclusive con menor nivel de suplementación (270 UI kg⁻¹ MS) se redujo la oxidación de lípidos. Por otra parte, Álvarez *et al.* (2008) y Lauzurica *et al.* (2005), utilizando las mismas cantidades de vitamina E que López-Bote *et al.* (2001), encontraron similares resultados en la estabilidad del color. Wulf *et al.* (1995) y Guidera *et al.* (1997), reportaron que la suplementación de 500 a 1000 UI de vitamina E kg⁻¹ MS, mejoró significativamente la estabilidad del color en la carne de cordero. Por otro lado, López-Bote *et al.* (2001), mencionan que el nivel óptimo de inclusión estaría en el rango de 550 a 625 UI kg⁻¹ MS, en tanto, Lauzurica *et al.* (2005) reportan que con 250 UI kg⁻¹ MS incrementó la estabilidad del color en carne almacenada durante 14 días. Sin embargo, en el presente estudio, utilizando 1000

UI animal⁻¹ día⁻¹, no se mejoró la estabilidad en el color de la carne. Es posible que el tiempo de suplementación (52 días), pudo estar influyendo, no siendo suficiente para generar efecto en el color, a pesar de mayor cantidad adicionada en la dieta. Por otro lado, es importante considerar la forma de inclusión o mezclado en que se llevó a cabo la vitamina E en la dieta, así como la concentración del producto comercial. Se tiene conocimiento que si bien se asegura la cantidad de la vitamina E necesaria, en nuestro caso, fue adicionada por animal⁻¹ día⁻¹; sin embargo, ello no certifica que el animal haya consumido la cantidad.

La resistencia al corte en carne cruda y cocida no difirió ($P > 0.05$) entre tratamientos, con promedios de 3.21 y 2.85 kg cm², respectivamente. En carne cruda, reportaron similares resultados Hernández *et al.* (2009), quienes observaron 3.09 kg cm² en corderos Pelibuey x Katadhin x BlackBelly, pero mayores a aquellos para corderos Pelibuey y sus cruza (2.54, 1.45 y 2.32 kg cm²), alimentados con dietas integrales (Hernández, 2007; Reséndiz, 2011; Hernández, 2011). Priolo *et al.* (1998; 2000) reportaron 4.24 y 2.58 kg cm², en carne de corderos Comisana cuando utilizaron 1.24 % y 2.5 % de taninos en la dieta, éste último similar a la cantidad de taninos utilizada en el presente estudio.

Para el caso de carne cocida, el promedio es mayor, comparado con otras investigaciones (2.85 kg cm² vs 2.41 kg cm²) en corderos de pelo (Hernández, 2007; Hernández *et al.*, 2009; Reséndiz, 2011). Wood *et al.* (2008) reportaron que dietas altas en energía producen carnes más suaves que las dietas bajas en energía, efecto que se da por mayor contenido de grasa de la carne. Estas diferencias en resistencia al corte podrían deberse a factores como la edad y peso al sacrificio (Purchas *et al.*, 2002) donde la resistencia al corte es menor en animales jóvenes, por la menor proporción de tejido conectivo (Lawrie y Ledward, 2006). Zeola *et al.* (2004), reportan que el tipo de tejido muscular tiene influencia directa, ya que aunque son del mismo animal, puede haber variaciones, y con ello afectar la resistencia al corte.

La Aw no difirió entre tratamientos ($P > 0.05$), cuyo promedio, 0.988, se encuentra dentro del rango normal para carne fresca (0.98 a 0.99) (Ranken, 2003). Los resultados observados en el presente estudio, son mayores a lo reportado por Hernández (2007), Hernández *et al.* (2009) y Reséndiz (2011) en corderos de pelo, quienes reportan valores promedio de 0.96.

Una mayor A_w significa mayor cantidad de agua disponible en los tejidos, provocando aumento de la probabilidad de crecimiento bacteriano, y por tanto, en la probabilidad de contaminación de la carne, que repercute negativamente su vida en anaquel. Parece ser, entonces, que el efecto de la vitamina E y los taninos, como agentes antioxidantes, no tienen efecto alguno en la actividad del agua, al menos, no ha sido reportado en la literatura.

CONCLUSIONES

La inclusión de taninos y vitamina E en la dieta de corderos Pelibuey en finalización no afectan la composición química, ni las características físicas de la carne, excepto el color, que es más estable en tratamientos en los que se incluye taninos y vitamina E en la dieta. Este escenario sugiere que incluir follaje de Guácimo en la dieta de corderos, puede ser una alternativa viable en su alimentación, especialmente por su contenido de taninos, cuya función como antioxidantes naturales fue evidente en este estudio. Sin embargo, más investigación es necesaria, tomando en consideración diferentes fuentes, niveles y tiempo de alimentación con taninos en la dieta para corderos, para confirmar los resultados aquí presentados, así como su relación con la oxidación de los ácidos grasos.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)-México, por la beca otorgada para los estudios de Maestría en Ciencias, así como al Fideicomiso 167304 del Colegio de Postgraduados, LPI-2 (Agroecosistemas Sustentables) y LPI-7 (Inocuidad, Calidad de Alimentos y bioseguridad), por financiar parcialmente esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Adzitey, F., Nurul, H. (2011). Pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) meats: causes and measures to reduce these incidences - a mini review. *International Food Research Journal* 18:11-20.
- Aguilar, Y. M. I. (2010). Respuesta productiva y calidad de la carne de corderos suplementados con nopal fresco y deshidratado. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 67 p.
- AOAC (2006). *Official Methods of Analysis*. Edition 18. Association of Official Analytical Chemists. Washington, 29 DC, EE.UU.
- Álvarez, I., De la Fuente, J., Díaz, M. T., Lauzurica, S., Pérez, C., Cañeque, V. 2008. Estimation of a-tocopherol concentration necessary to optimize lamb meat quality stability during storage in high-oxygen modified atmosphere using broken-line regression analysis. *Animal* 2(9):1405-1411.
- Bhatta, R., Shinde, A. K., Vaithyanathan, S., Sankhyan, S. K., Verma, D. L. 2002. Effect of polyethylene glycol-6000 on nutrient intake, digestion and growth of kids browsing *Prosopis cineraria*. *Anim. Feed Sci. Technol* 101:45–54.
- Bazan, L. E. 2008. Nitritos y nitratos: Su uso, control y alternativas en embutidos cárnicos. *NECAMEH* 2(2):160-187.
- Brooks, C. 2007. Beef packaging. Beef facts, product enhancement. (Available at:). <http://www.beefresearch.org/factsheets1.aspx>
- Carballo, B., López, T. G., Madrid, A. *Tecnología de la carne y de los productos carnicos*. Madrid. Ed. Mundi-Prensa, 2001. pp 320.
- Castro, T., Manso, T., Mantecón, A. R., Guirao, J., Jimeno, V. 2005. Fatty acid composition and carcass characteristics of growing lambs fed diets containing palm oil supplements. *Meat Sci* 69:757–764.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía. México, pp. 91.
- Garg, S. K., Makkar, H. P. S., Nagal, K. B., Sharma, S. K., Wadhwa, D. R., Singh, B. 1992. Oak (*Quercus incana*) leaf poisoning in cattle. *Vet. Hum. Toxicol.* 34:161–164.

- Gatellier, P., Hamelin, C., Durand, Y., Renerre, M. 2001. Effect of a dietary vitamin E supplementation on colour stability and lipid oxidation of air- and modified atmosphere-packaged beef. *Meat Sci* 59:133–140.
- Germano, C. R., Malveira, B. A. S., Madruga, M. S., Gonzaga N. S., Ramos, E. Q. R. C. Araújo, F. J. T., Selaive, V. A. 2009. Physical and chemical characterization of lamb meat from different genotypes submitted to diet with different fibre contents. *Small Ruminant Res* 81:29–34.
- Guerrero, L. I., Ponce A. E, y M. L. Pérez. 2002. Curso práctico de tecnología de carnes y pescado. Universidad Metropolitana Unidad Iztapalapa. D.F., México. 171 p.
- Guidera, J., Kerry, J. P., Buckley, D. J., Lynch, P. N., Morrissey, P. A. 1997. The effect of dietary vitamin E supplementation on the quality of fresh and frozen lamb meat. *Meat Sci* 45(1):33-43.
- Gutiérrez, M. J., Rubio, L. M. S., Méndez, M. D. 2005. Effects of the crossbreeding Mexican Pelibuey sheep with Rambouillet and Suffolk on carcass traits. *Meat Sci* 70(1):1-5.
- Hargreaves, A., Barrales, L., Peña, I., Larraín, R., Zamorano, L. 2004. Factores que influyen en el pH último e incidencia de corte oscuro en canales de bovinos. *Cien. Inv. Agr.* 31(3):155-166.
- Hernández, C. L. M. 2007. Estudio de la fisiología digestiva, características de la canal y de la carne en corderos en crecimiento-finalización con y sin suplemento de selenio y magnesio. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma Metropolitana. México, D. F. 148 p.
- Hernández, C. L., Ramírez, B. J. E., Guerrero, L. M. I., Hernández, M. O., Crosby, G. M. M., Hernández, C. L. M. 2009. Effects of crossbreeding on carcass and meat quality of Mexican lambs. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 61(2):475-483.
- Hernández, C. L. 2011. Calidad de la canal y carne de corderos complementados con aceites y rastrojo de maíz. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 67 p.
- Jacob, R. H., Pethick, D. W., Chapman, H. M. 2005. Muscle glycogen concentrations in commercial consignments of Australian lamb measured on farm and post-slaughter after three different lairage periods. *Aust J. Exp. Agric.* 45:543-552.

- Kasapidou, E., Wood, J. D., Richardson, R. I., Sinclair, L. A., Wilkinson R. G., Enser, M. 2012. Effect of vitamin E supplementation and diet on fatty acid composition and on meat colour and lipid oxidation of lamb leg steaks displayed in modified atmosphere packs. *Meat Sci* 90:908–916.
- Kerry, J. P., O'Sullivan, M. G., Buckley, D. J., Lynch, P. B., Morrissey, P. A. 2000. The effects of dietary α -tocopheryl acetate supplementation and modified atmosphere packaging (MAP) on the quality of lamb patties. *Meat Sci* 56:61-66.
- Lahucky, R., Krska, P., Kuchenmeister, U., Nurnberg, K., Liptaj, T., Nurnberg, G., Bahelka, I., Demo, P., Kuhn, G., Ender, K. 2000. Effect of vitamin E on changes in phosphorus compounds assessed by ^{31}P NMR spectroscopy and ATPase from *postmortem* muscle samples and meat quality of pigs. *Arch Tierz* 43:487-97.
- Lahucky, R., Kuchenmeister, U., Bahelka, I., Novotna, K., Vasickova, K. Ender, K. 2005. Effects of vitamin E by dietary supplementation and of calcium ascorbate by post mortem injection muscle on the antioxidative status and on meat quality of pigs. *Arch Tierz* 48:592-600.
- Larraín, R. E., Schaefer, D. M., Richards, M.P., Reed, J.D. 2008. Finishing steers with diets based on corn, high-tannin sorghum or a mix of both: Color and lipid oxidation in beef. *Meat Sci* 79:656–665.
- Lauzurica, S., De la Fuente, J., Díaz, M. T., Álvarez, I., Pérez, C., Cañeque, V. 2005. Effect of dietary supplementation of vitamin E on characteristics of lamb meat packed under modified atmosphere. *Meat Sci* 70:639-646.
- Lawrie R. A., y Ledward, D. A. 2006. *Lawrie's meat science*. Woodhead Publishing. Seventh English Edition. Cambridge, England.
- Leyva, G. I. A., Figueroa, S. F., Sánchez, L. E., Pérez, L. C., Barreras, S. A. (2012). Economic impact of DFD beef in a Federal Inspection Type (TIF) slaughterhouse. *Arch Med Vet* 44:39-42.
- López-Bote, C. J., Daza, A., Soares, M., Berges, E. (2001). Dose-response effect of dietary vitamin E concentration on meat quality characteristics in light –weight lambs. *Anim Sci* 73:451-457.

- López, P. M. G., Rubio, L. M. S., Valdés, M. S. E. (2000). Efecto del cruzamiento, sexo y dieta en la composición química de la carne de ovinos Pelibuey, Rambouillet y Suffolk. *Vet. Méx.* 31(1):11-19.
- Luciano, G., Monahan, F. J., Vasta, V., Pennisi, P., Bella, M., Priolo, A. 2009a. Lipid and colour stability of meat from lambs fed fresh herbage or concentrate. *Meat Sci* 82:193–199.
- Luciano, G., Monahan, F. J., Vasta, V., Biondi, L., Lanza, M., Priolo, A. 2009b. Dietary tannins improve lamb meat colour stability. *Meat Sci* 81:120–125.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greehalgh, J. F. D., Morgan, C. A. 2006. *Nutrición animal*. 6^a Ed. Acribia, España. 215 p.
- Madrugá, M. S., Hauss, S. W., Rosales, M. D., Glória, C. M. G., Farias, R. J. L. 2005. Qualidade da Carne de Cordeiros Santa Inês Terminados com Diferentes Dietas. *R. Bras. Zootec.* 34(1):309-315.
- Madrugá, M. S., Costa, R. G., Silva, A. M., Marques, A.V.M.S., Cavalcanti, R. N., Narain, N., Albuquerque, C. L. C., Lira F. G. E. 2008. Effect of silk flower hay (*Calotropis procera Sw*) feeding on the physical and chemical quality of *Longissimus dorsi* muscle of Santa Inez lambs. *Meat Sci* 78:469–474.
- Mancini, R. A., Hunt, M. C. (2005). Current research in meat color. *Meat Sci* 71: 100–121.
- Morrissey, P. A., Buckley, D. J., Sheehy, P. J. A., Monahan, F. J. 1994. Vitamin E and meat quality. *Proceedings of the Nutrition Society* 53:289-295.
- Oyagüe, J. M. 2007. Estabilidad del color de la carne fresca. *NECAMEH* 1(1):67:74.
- Peraza, M. G., Jaramillo, L. E., Chávez, H. S., Alarcón, R. A. D. 2006. Diet Effect upon Chemical Composition of Pelibuey and Polipay x Rambouillet Meat. *Am-Euras. J. Sci. Res.* 1(1): 08-11.
- Priolo, A., Lanza, M., Biondi, L., Pappalardob, P., Young, O. A. 1998. Effect of Partially Replacing Dietary Barley with 20% Carob Pulp on Post-weaning Growth, and Carcass and Meat Characteristics of Comisana Lambs. *Meat Sci* 50(3):355-363.
- Priolo, A., Waghorn, G. C., Lanza, M., Biondi, L., Pennisi, P. (2000). Polyethylene glycol as a means for reducing the impact of condensed tannins in carob pulp: effects on lamb growth performance and meat quality. *J Anim. Sci.* 78:810-816.
- Priolo, A., Micol, D., J. Agabriel, J., Prache, S., Dransfield, E. 2002. Effect of grass or concentrate feeding systems on lamb carcass and meat quality. *Meat Sci* 62:179–185.

- Priolo, A., Bella, M., Lanza, M., Galofaro, V., Biondi, L., Barbagallo, D., Ben Salem, H., Pennisi, P. 2005. Carcass and meat quality of lambs fed fresh sulla (*Hedysarum coronarium* L.) with or without polyethylene glycol or concentrate. *Small Ruminant Res* 59:281-288.
- Purchas, R. W., Sobrinho, A. G. S., Garrick, D. J., Lowe, K. I. 2002. Effects of age at slaughter and sire genotype on fatness, muscularity, and the quality of meat from ram lambs born to Romney ewes. *NZ J. Agric. Res.* 45:77–86.
- Ramos, E. M, Gomide, L. A. M. 2007. Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias. 5. ed. Viçosa: UFV: 599.
- Ranken, M. D. 2003. Manual de la industria de la carne. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. 16 – 54 p.
- Renner, M. 1990. Review: factors involved in the discoloration of beef meat. *International Journal of Food Science and Technology* 25:613–630.
- Reséndiz, C. V. 2011. Finalización de borregos Pelibuey utilizando dietas con diferentes niveles de alfalfa: respuesta en producción y calidad de carne. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 67 p.
- Resurreccion, A. V. A. 2003. Sensory aspects of consumer choices for meat and meat products. *Meat Sci* 66: 11-20.
- Sánchez, E. A., Torrescano, U. G. R., Camou, A. J. P., González, M. N. F., Hernández, W. G. 2008. Sistemas combinados de conservación para prolongar la vida útil de la carne y los productos cárnicos. *NECAMEH* 2(2):124-159.
- SAS (Statistical Analysis System). 2002. SAS Proceeding Guide, Version 9.0 SAS Institute. Cary NC. USA.
- Savell, J. W., Mueller, S. L., Baird, B. E. 2005. The chilling of carcasses. *Meat Sci* 70:449-459.
- Steel, G. D. R y Torrie, H. J. 1992. Bioestadística: Principios y Procedimientos, 1ª. Edición en Español. Editorial. McGraw-Hill/Interamericana. México, D.F. 622 p.
- Strohecker, M. G., Faustman, C., Furr, H., Hoagland, T. A., Williams, S. N. 1997. Vitamin E supplementation. Effects on lipid and colour stability of whole and ground lamb. *Journal of Muscle Foods* 8: 413-426.
- Tejeda, J. F., Peña, R. E., Andrés, A. I. 2008. Effect of live weight and sex on physico-chemical and sensorial characteristics of Merino lamb meat. *Meat Sci* 80:1061–1067.

- Torrescano, U. G. R., Sánchez, E. A., González, M. N. F., Camou, A. J. P. 2008. Tecnología e ingeniería del sacrificio y su repercusión en la calidad de la canal en animales de abasto. *NECAMEH* 2(1):78:94.
- Torrescano, U. G. R., Sánchez E. Armida, Peñúñuri M. Francisco Javier, Velázquez C. Juvenal, Tineo S. Ramiro. (2009). Características de la canal y calidad de la carne de ovinos Pelibuey, engordados en Hermosillo, Sonora. *BIOtecnia* 10: 41–50.
- Vasta, V., Mele, M., Serra, A., Scerra, M., Luciano, G., Lanza, M. & Priolo, A. 2009. Metabolic fate of fatty acids involved in ruminal biohydrogenation in sheep fed concentrate or herbage with or without tannins. *J Anim. Sci.* 87:2674–2684.
- Vestergaard, M., Oksbjerg N., Henckel P. 2000. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat colour of *semitendinosus*, *longissimus dorsi* and *supraspinatus* muscles in young bulls. *Meat Sci* 54:177–185.
- Williams, G. W. 1991. Assessment of marketing strategies to enhance returns to lamb producers. Texas Agricultural Market Research Center Commodity Market Research Report No. CM-1-91. Texas A&M University, College Station.
- Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Sheard, P. R., Richardson, R.I., Hughes, S. I., Whittington, F.M. 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review. *Meat Sci* 78:343-358.
- Woolf, G. 2005. The Discovery of the Antioxidant Function of Vitamin E: the Contribution of Henry A. Mattill. *J Nutr* 135:363-366.
- Wulf, D. M., Morgan, J. B. Sanders, S. K. Tatum, J. D., Smith, G. C., Williams, S. 1995. Effects of dietary supplementation of vitamin E on storage and caselife properties of lamb retail cuts. *J Anim. Sci.* 73:399-40.
- Zeola, N. M.B. L., Silva-Sobrinho, A.G. da, Gonzaga, N. S., Marques, C. A. T. M. 2004. Composição centesimal da carne de cordeiros submetidos a dietas com diferentes teores de concentrado. *Rural Sci. (Ciência Rural)* 34:253–257.
- Zimerman, M., Domingo, E., Grigioni, G., Taddeo, H., Willems, P. 2013. The effect of pre-slaughter stressors on physiological indicators and meat quality traits on Merino lambs. *Small Ruminant Res.*

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

La inclusión de taninos y vitamina E en la dieta de corderos en finalización no afectó los parámetros productivos, ni las características físico-químicas de la carne; sin embargo, el color fue más estable en la carne de los animales que recibieron taninos en la dieta, seguido de aquellos que recibieron vitamina E en la dieta. Este resultado es un indicativo que los taninos tienden a mejorar la estabilidad del color de la carne, favoreciendo que prevalezca un color rojo brillante, por más tiempo, atributo que el consumidor considera en la toma de decisión al momento de adquirir dicho producto, ya que lo relación directamente con frescura de la carne.

Este escenario, nos lleva a tomar en consideración, el uso de follaje de árboles forrajeros, como el Guácimo (*Guazuma ulmifolia*), que además de servir como fuente de alimento, la presencia de compuestos secundarios como los taninos, actúan como agentes antioxidantes naturales. Esto es de especial importancia por los altos costos de producción que representan los sistemas pecuarios, por concepto de alimentación. Por tanto, esta alternativa podría ser viable. Sin embargo, su uso está limitado principalmente a regiones tropicales del país, que es donde prevalece la producción y propagación de árboles forrajeros, y es ahí donde debe buscarse su explotación con este objetivo, particularmente porque alargar la vida en anaquel de la carne, puede ser, en definitiva, un aspecto atractivo desde el punto de vista económico para el productor, dado que el follaje está disponible para los animales y la inversión que hará será menor a comparación con la alimentación a base de alimento comercial concentrado.

Más investigación es necesaria, tomando en consideración diferentes fuentes, niveles y tiempo de alimentación con taninos en la dieta para confirmar los resultados aquí presentados. Es objetivo de nuestro grupo de investigación, seguir trabajando en ello, especialmente en aquellos aspectos relacionados con la estabilidad oxidativa de los ácidos grasos.