



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

RESPUESTA PRODUCTIVA Y CALIDAD DE LA
CARNE DE CORDEROS SUPLEMENTADOS CON
NOPAL FRESCO Y DESHIDRATADO

MARIA ISABEL AGUILAR YAÑEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2010

La presente tesis titulada "Respuesta productiva y calidad de la carne de corderos suplementados con nopal fresco y deshidratado", realizada por la alumna **María Isabel Aguilar Yáñez**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

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

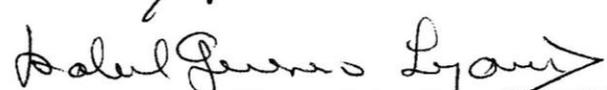
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



Dr. OMAR HERNÁNDEZ MENDO

ASESOR



Dra. MARÍA ISABEL GUERRERO LEGARRETA

ASESOR



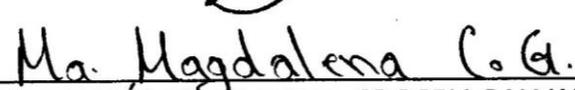
Dr. J. EFREN RAMÍREZ BRIBIESCA

ASESOR



Dr. GILBERTO ARANDA OSORIO

ASESOR



Dra. MARÍA MAGDALENA CROSBY GALVÁN

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Noviembre, 2010

RESUMEN GENERAL

RESPUESTA PRODUCTIVA Y CALIDAD DE LA CARNE DE CORDEROS SUPLEMENTADOS CON NOPAL FRESCO Y DESHIDRATADO

María Isabel Aguilar Yáñez, MC.

Colegio de Postgraduados, 2010

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de suplementar con nopal fresco y deshidratado, en la respuesta productiva y calidad de la carne de corderos. Se dividió en dos etapas. La primera en la evaluación del comportamiento productivo, y la segunda, la evaluación de la calidad de la carne. Se utilizaron 27 corderos machos de cruza comerciales, con peso inicial promedio de 21.4kg, distribuidos homogéneamente en tres grupos de 9 animales, y sacrificados a peso promedio de 37 kg. Los grupos fueron asignados al azar a cada uno de los siguientes tratamientos: (T1) dieta testigo, (T2) dieta con 17 % (base seca) de nopal deshidratado, y (T3) dieta con 17 % (base seca) de nopal fresco. En la primera etapa, se evaluó la digestibilidad *in situ* de la materia seca (MS) de las dietas, consumo diario de alimento (CDA), ganancia diaria de peso (GDP), conversión (CA) y eficiencia alimenticia (EA), grasa dorsal, rendimiento de canal caliente y fría, rendimiento biológico en caliente y fría, y pH de la canal al sacrificio y a las 24 horas *post mortem*. En la segunda etapa, se evaluó color, resistencia al corte en carne cruda y cocida, actividad de agua (Aw), capacidad de retención de agua (CRA) y perfil de ácidos grasos. En ambas etapas, los estudios se realizaron bajo un diseño experimental completamente al azar, utilizando el Proc GLM (SAS 2002) y cuando se observaron diferencias estadísticas, se realizó una comparación de medias utilizando la prueba de Tukey. Hubo diferencias ($P \leq 0.001$) en la digestibilidad de la MS, con mayor valor (42.0 %) en la dieta testigo en las primeras 6 horas de incubación, pero después de 48 horas, la mayor digestibilidad (88.6 %) fue para la dieta con nopal fresco. No hubo diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos en ninguna de las variables de producción evaluadas, excepto grasa dorsal que fue menor ($P < 0.001$) con dietas que incluyeron nopal deshidratado (4.1 mm) y fresco (3.3 mm), comparado con la dieta testigo (7.8 mm). Los promedios para rendimiento de canal caliente y fría, rendimiento biológico de canal caliente y fría, pH al sacrificio y 24 horas *postmortem*, fueron 50.6 %, 47.0 %, 55.4 %, 49.5 %, 6.6 y 5.8, respectivamente. La capacidad de retención de agua hubo diferencias significativas ($P < 0.01$) entre tratamientos.

No hubo diferencias entre tratamientos en el análisis proximal de la carne, tampoco en color ni textura ni en el perfil de ácidos grasos no siendo diferente entre tratamientos; en el porcentaje de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados. Estos resultados indican que incluir nopal fresco o deshidratado en la dieta de corderos, ofrece los mismos beneficios que una dieta convencional en el comportamiento productivo; sin embargo, existe tendencia en mejorar el perfil de ácidos grasos de la carne, haciendo del nopal, una alternativa de alimentación viable en corderos, y desde un punto de vista económico, resultaría atractiva para el productor. Sin embargo, más investigación es necesaria, usando diferentes niveles de nopal y/o raza animal para confirmar los resultados aquí reportados.

Palabras clave: nopal, sustentabilidad, carne, canal, calidad.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of spineless cactus (*Opuntia ficus-indica*) supplementation on lamb animal performance, and meat quality. It was done into two periods, 1) animal performance, and 2) meat quality. Twenty-seven male lambs of commercial cross breeds were used, with initial live weight mean of 21.4 ± 3.8 kg. They were distributed homogeneously into three groups of nine each, and then randomly assigned to each of the following treatments: (T1) control diet, (2) diet with 17 % (dry basis) of dehydrated cactus, and (3) diet with 17 % (dry basis) of fresh cactus. In period 1, digestibility *in situ* of the diet, dry matter intake (DMI), daily gain weight (DGW), feeding conversion (FC) and efficiency (FE), back fat, hot and cold carcass yield, biological hot and cold carcass yield, and carcass pH at slaughtering and 24h *post mortem*, were evaluated. In period 2, color, texture of raw and cooked meat, water activity (Aw), holding water capacity (HWC) y fatty acid profile, were evaluated. In both cases, a completely random design using Proc GLM was used, and when statistical differences were observed, a mean comparison was done using the Tukey test. There were differences ($P \leq 0.001$) on DM digestibility, with higher value (42.0 %) on the control diet during the first 6 hours of incubation, but after 48 hours, the highest digestibility (88.6 %) was on the fresh cactus diet. There were not significant differences ($P > 0.05$) between treatments on animal performance, except on back fat, being higher ($P < 0.001$) on dehydrated (4.1 mm) and fresh (3.3 mm) diets, compared to the control one (7.8 mm). The means for hot and cold carcass yield, biological hot and cold carcass yield, and carcass pH at slaughtering and 24h *post mortem*, were 50.6 %, 47.0 %, 55.4 %, 49.5 %, 6.6 y 5.8 respectively. The water holding capacity was no significant difference ($P < 0.01$) between treatments. Meat chemical analysis, color and texture, were not different between treatments or the fatty acid profile being different between treatments in the percentage of saturated fatty acids, monounsaturated and polyunsaturated. These results suggest that including cactus into the lamb diet, had similar benefits on productive parameters than that of the commercial one; however, there is a trend of improving the fatty acid profile of the meat, which makes cactus a viable feeding strategy, and from the economical point of view, could be attractive to the farmer, since the cactus is a plant that grows over the year. However, there is a need of doing more research to confirm these results, not only on fattening lambs, but on the different animal life stages, considering different levels of cactus, and working on different animal breed and species.

Key words: Cactus, sustainability, meat, carcass, quality.

DEDICATORIA

A mis Padres **Melitón Aguilar Lara y Clara Yáñez Martínez** por todo el amor y cariño que me han brindado, a lo largo de mi vida y que incondicionalmente me han dado todo lo que está a su alcance para que yo pueda lograr todas mis aspiraciones. Los quiero.

A mis Hermanos **Rogelio, Guadalupe y Pascual** por ser mi fuente de inspiración para seguirme superando y por todo el apoyo incondicional que he recibido de ustedes para lograr mis metas, por eso y muchas cosas más, Gracias hermanitos, los quiero.

A mis Hermanas **Lidia y Clarisa**, por toda la ayuda y apoyo que he recibido de ustedes, sobre todo en los momentos más difíciles de mi vida, las quiero hermanitas lindas.

A mis sobrinos y sobrinas **Kaori, Nayeli, Luis, Erika, Yeni, Fernando y Miriam Lili**, por todos los momentos felices que he vivido junto a ustedes, los quiero niños y niñas, son el alma de la familia.

A mis sobrinos, que aun no conozco y no sé cómo se llamaran **Bebita y bebe**, pero ya los quiero.

A **Nicolás Salinas R.** por ser una persona muy especial que apareció en mi vida en el momento menos esperado y por estar conmigo en todos los momentos difíciles y mas importantes de mi vida.

A **Rosy**, por ser esa persona que me da ánimos, para seguir adelante y no perderme en el camino, y por todo el apoyo y amistad incondicional que me has dado, “amiga linda”.

AGRADECIMIENTOS

A dios, por todas las cosas buenas, que me ha dado.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** (CONACyT) por la ayuda económica proporcionada para la realización de mis estudios de Maestría.

A todos los Doctores del programa de Ganadería del **Colegio de Postgraduados** por ser parte de mi formación académica.

Especialmente al Dr. Omar Hernández Mendo, por la paciencia y amistad brindada durante mi estancia en el colegio (Muchas gracias).

A la Dra. Isabel Guerrero Legarreta, por toda la ayuda brindada para la realización de esta tesis.

Al Dr. Efrén Ramírez Bribiesca, por el impulso moral, amistad brindada, y por sus sabios consejos en la fase experimental de esta investigación. .

Al Dr. Gilberto Aranda Osorio, por toda la ayuda brindada para llevar a cabo esta investigación.

A la Dra. Magdalena Crosby Galván, por el apoyo brindado en la fase de laboratorio.

A mis compañeros del colegio, por brindarme su amistad y apoyo incondicional. Yenny, Vite, Ray, y Edson.

A mi muy querida Verónica Resendiz Cruz, por tu amistad, confianza y sobre todo porque las dos compartimos los mismos pesares de la Maestría.

A Mónica, Gilberto, Mauricio y Eva, por brindarme su amistad y por haberme ayudado en el picado del nopal, porque sin su ayuda, no hubiera terminado a tiempo, infinitamente les estaré agradecida.

A todas las personas que de alguna manera contribuyeron a la realización de esta tesis, Don Tacho, Don Remedios y Don Agustín.

A Ciro y Cristina por su dedicación y esmero para que todo saliera bien en esta investigación, aunque con espinadas, pero vamos a cosechar frutos.

Al Ing. Macario y a los trabajadores de la nopalera, por brindarme su amistad y ayuda incondicional.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN GENERAL	ii
ABSTRACT	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
LISTA DE CUADROS	iv
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
BIBLIOGRAFÍA	3
CAPÍTULO I. Respuesta productiva de corderos alimentados con nopal (<i>Opuntia ficus-indica</i>) fresco o deshidratado	5
RESUMEN	6
ABSTRACT	8
INTRODUCCIÓN	10
MATERIALES Y MÉTODOS	11
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
Digestibilidad de las dietas	15
Comportamiento productivo	16
Características de canal	18
Análisis económico	21
CONCLUSIONES	23
AGRADECIMIENTOS	24
LITERATURA CITADA	24

CAPÍTULO II. Calidad de la carne de corderos alimentados con nopal (<i>Opuntia ficus-indica</i>) deshidratado y fresco.....	31
RESUMEN.....	32
ABSTRACT.....	33
INTRODUCCIÓN.....	34
MATERIALES Y MÉTODOS.....	36
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
Análisis químico de la carne.....	40
Análisis físico-químico de la carne.....	41
Perfil de ácidos grasos de la carne.....	45
CONCLUSIONES.....	48
AGRADECIMIENTOS.....	49
LITERATURA CITADA.....	49
CONCLUSIONES GENERALES.....	54

LISTA DE CUADROS

CAPÍTULO I

Página

Cuadro 1	Composición de las dietas experimentales (%) y su análisis proximal.....	12
Cuadro 2	Digestibilidad in situ de la materia seca en rumen de corderos, en dietas con nopal deshidratado o fresco.....	16
Cuadro 3	Comportamiento productivo de corderos alimentados con nopal deshidrato o fresco.....	18
Cuadro 4	Rendimiento de canal en corderos alimentados con nopal deshidratado o fresco.....	20
Cuadro 5	Análisis económico. Valores presentados en dólares estadounidenses.....	22

CAPÍTULO II

Cuadro 1	Composición de las dietas experimentales (%) y su análisis proximal.....	36
Cuadro 2	Análisis químico de la carne (<i>longissimus dorsi</i>) en corderos alimentados con nopal deshidratado o fresco.....	39
Cuadro 3	Características físico-químicas de la carne de corderos alimentados con nopal deshidratado o fresco	42
Cuadro4	Perfil de ácidos grasos de la carne de corderos alimentados con nopal deshidratado o fresco	45

INTRODUCCIÓN GENERAL

En México, la población ovina es de 7,825.000 cabezas (FAO, 2008), con una producción de carne de 51,275 toneladas al año (SAGARPA, 2008), según la producción, que no cubre la demanda nacional por lo que es necesario la importación (SAGARPA, 2005). A esta problemática se le une los altos costos de producción por concepto de alimentación, en sistemas intensivos y la baja eficiencia productiva, en los sistemas extensivos. Estos últimos son más comunes. De ello se desprende la necesidad de encontrar alternativas de manejo en particular énfasis en los sistemas extensivos, donde los forrajes ocupan un papel vital. Sin embargo, en zonas áridas y semiáridas donde el forraje escasea y el nopal surge como una alternativa ya que soporta sequías prolongadas, y crece prácticamente todo el año y por tanto podría ser una opción en estas zonas. Tegegne *et al.* (2007) reportó que alimentar corderos solo con nopal y forrajes fibrosos, las ganancias de peso son apenas de 11 a 28 g/día, evidenciando que el nopal funciona como forraje de sobrevivencia, pero que puede mejorar si se considera un programa de suplementación balanceado (Tien y Beynen, 2005). Atti *et al.* (2006), por ejemplo, reportan ganancias de peso de 71 a 110 g diarios en cabritos alimentados con nopal y suplementados con soya como fuente de proteína. En este mismo contexto, Aranda *et al.* (2008) obtuvieron ganancias de peso de 200 g en corderos alimentados con 15 % de MS de nopal. Por otro lado, la alimentación, además de la especie, raza, sexo, edad, condiciones ambientales y manejo al momento del sacrificio, afectan las cualidades físico-químicas de la carne, aspecto de mucha importancia, ya que de ello depende la decisión de compra por el consumidor, especialmente en lo referente a color, textura, jugosidad y marmoleo (Priolo *et al.* 2002; Vestergaard *et al.* 2000). Con base a esto, se busca obtener productos de calidad, que satisfaga los requerimientos del consumidor (Martínez, 2008). El perfil de ácidos grasos ocupa especial importancia, y se ha reportado que incluir forrajes en la dieta de animales, incrementa la proporción de ácidos grasos insaturados (Teira *et al.* 2006). Por ejemplo, en carne de cabrito, el porcentaje de ácidos grasos insaturados incrementó de 2.74 a 4.54 %, cuando se les incluyó nopal en su dieta, particularmente el ácido linoleico conjugado, que aumentó de 2.34 a 4.03 % comparadas con la dieta testigo. Esto es de gran importancia si tomamos en consideración que el ácido linoleico conjugado se le atribuyen propiedades anti cancerígenas (Lopes *et al.* 2009). Sin embargo, existe poca o nula

información al respecto, especialmente cuando se pretende usar el nopal como parte integral de la dieta de ovinos, situación que adquiere especial importancia cuando se desperdician grandes cantidades de nopal después de las podas, que bien podría ser utilizado como forraje, dentro de un contexto de producción sustentable (Toledo *et al.* 2002). Por tanto el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del nopal en los parámetros de producción y en la calidad de la carne de corderos alimentados con nopal deshidratado y fresco.

BIBLIOGRAFIA

Aranda, O. G., Flores, V. C. A., Cruz, M. F. M. 2008. Inclusion of cactus pear cladodes in diets for finishing lambs in Mexico. Journal of the Professional Association for Cactus Development. 12: 49-55.

Atti, N., M. Mahouachi and H. Rouissi. 2006. The effect of spineless cactus (*Opuntia ficus-indica f. inermis*) supplementation on growth, carcass, meat quality and fatty acid composition of male goat kids. Meat Science 73: 229–235.

FAO, 2008. <http://faostat.fao.org/site/573/DesktopDefault.aspx?PageID=573#ancor>.

Consultado el 20 de Julio de 2010.

Lopes, D. N. P. M., Baldini, F. Y., Lopes, D. N. J. 2009. Contenido de acidos grasos y conjugados del acido linoleico en carne de bovinos. Revista Electronica de Veterinaria. 10(10): 1-85.

Martínez, M. A. L. 2008. Nutrición y calidad de la carne de los rumiantes. Revista Electrónica de Veterinaria. 4 (10): 1-21.

Priolo, A., Micol, D., Agabriel, J., Prache, S., Drassfield, E. 2002. Effect of grass or concentrate feeding systems on lamb carcass and meat quality. Meat Science. 62: 179-185.

Pariza, M. W., Park, Y., Cook, M. E. 2001. The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. Progress in Lipid Research. 40: 283-298.

SAGARPA .2008. <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Estadisticas/Lists/Estadsticas/Attachments/2/Estimación%20del%20Consumo%20Nacional%20Aparente%2019902005%20Carne%20de%20ovino.pdf>. Consultado el 20 de Julio de 2010

SAGARPA .2005. http://www.financierarural.gob.mx/informaciónsectorrural/documents/monografía_ovino.pdf.

Tegegne, F., C. Kijora, K. J. Peters. 2007. Study on the optimal level of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) supplementation to sheep and its contribution as source of water. *Small Ruminant Research*. 72: 157–164.

Teira ,G., Perlo, F., Bonato, P., Tisocco, O. 2006. Calidad de carnes bovinas. Aspectos nutritivos y organolépticos relacionados con sistemas de alimentación y prácticas de elaboración. *Ciencia, Docencia y Tecnología*. 33 (17): 173-193.

Tien, D. V. y Beynen, A. C. 2005. Growth performance of lambs in pharigrang, Vietnam: Effects of a dietary supplement containing prickly-pear cactus. *Tropical Animal Health and Production*. 37: 237-244.

Toledo, V. M. 2002. Agroecología, sustentabilidad y reforma agraria: la superioridad de la pequeña producción familiar. *Agroecología e Desarrollo Rural Sustentable*. 3 (2): 27-36.

Vestergaard, M., Oksbjerg, N., Henckel, P. 2000. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on muscle fiber characteristics and meat color of *semitendinosus*, *longissimus dorsi* and *supraspinatus* muscles of young bulls. *Meat Science*. 54: 177-185.

CAPITULO I

RESPUESTA PRODUCTIVA DE CORDEROS ALIMENTADOS CON NOPAL (*Opuntia ficus-indica*) FRESCO O DESHIDRATADO

PRODUCTIVE RESPONSE OF LAMBS FED WITH FRESH OR DEHYDRATED SPINELESS CACTUS (*Opuntia ficus-indica*)

Artículo con el formato de la Revista Journal of the Professional Association for Cactus
Development

CAPITULO I
RESPUESTA PRODUCTIVA DE CORDEROS ALIMENTADOS CON NOPAL
(*Opuntia ficus-indica*) FRESCO O DESHIDRATADO

María Isabel Aguilar Yáñez, MC.

Colegio de Postgraduados, 2010

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del uso de nopal forrajero (*Opuntia ficus-indica*) en el comportamiento productivo de corderos, durante 11 semanas. Se utilizaron 27 corderos machos de cruza comerciales, con peso inicial promedio de 21.4 ± 3.8 kg, distribuidos homogéneamente en tres grupos de 9 animales. Los grupos fueron asignados al azar a cada uno de los siguientes tratamientos: (T1) dieta testigo, (T2) dieta con 17 % (base seca) de nopal deshidratado, y (T3) dieta con 17 % (base seca) de nopal fresco. Se evaluó la digestibilidad *in situ* de la materia seca (MS) de las dietas, consumo diario de alimento (CDA), ganancia diaria de peso (GDP), conversión (CA) y eficiencia alimenticia (EA), grasa dorsal, rendimiento de canal caliente y fría, rendimiento biológico en caliente y frío, y pH de la canal al sacrificio y a las 24 horas post mortem. Se utilizó un diseño completamente al azar, utilizando el Proc GLM (SAS, 2002) y cuando se observaron diferencias estadísticas, se realizó una comparación de medias utilizando la prueba de Tukey. Hubo diferencias ($P \leq 0.001$) en la digestibilidad de la MS, con mayor valor (42.0 %) en la dieta testigo en las primeras 6 horas de incubación, pero después de 48 horas, la mayor digestibilidad (88.6 %) fue para la dieta con nopal fresco. No hubo diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos en ninguna de las variables de producción evaluadas, excepto grasa dorsal que fue menor ($P < 0.001$) con dietas que incluyeron nopal deshidratado (4.1 mm) y fresco (3.3 mm), comparado con la dieta testigo (7.8 mm). Los promedios para rendimiento de canal caliente y fría, rendimiento biológico de canal caliente y fría, pH al sacrificio y 24 horas postmortem, fueron 50.6 %, 47.0 %, 55.4 %, 49.5 %, 6.6 y 5.8 respectivamente. Incluir nopal fresco o deshidratado en la dieta

de corderos, ofrece los mismos beneficios que una dieta convencional en el comportamiento productivo, haciéndolo una alternativa viable, y desde un punto de vista económico, resultaría atractiva para el productor; sin embargo, más investigación es necesaria, usando diferentes niveles de nopal y/o raza animal para confirmar los resultados aquí reportados.

Palabras clave: Nopal, digestibilidad, producción, calidad, canal.

PRODUCTIVE RESPONSE OF LAMBS FED WITH FRESH OR DEHYDRATED SPINELESS CACTUS (*Opuntia ficus-indica*)

María Isabel Aguilar Yáñez, MC.

Colegio de Postgraduados, 2010

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of cactus (*Opuntia ficus-indica*) supplementation on lamb animal performance, during a 11-week period. For this purpose, 27 male lambs of commercial cross breeds were used, with initial live weight mean of 21.4 ± 3.8 kg. They were distributed homogeneously into three groups of nine each, and then randomly assigned to each of the following treatments: (T1) control diet, (2) diet with 17 % (dry basis) of dehydrated cactus, and (3) diet with 17 % (dry basis) of fresh cactus. Digestibility *in situ* of the diet, dry matter intake (DMI), daily gain weight (DGW), feeding conversion (FC) and efficiency (FE), back fat, hot and cold carcass yield, biological hot and cold carcass yield, and carcass pH at slaughtering and 24 h *post mortem*, were evaluated. A completely random design using Proc GLM was used, and when statistical differences were observed, a mean comparison was done using the Tukey test. There were differences ($P \leq 0.001$) on DM digestibility, with higher value (42.0 %) on the control diet during the first 6 hours of incubation, but after 48 hours, the highest digestibility (88.6 %) was on the fresh cactus diet. There were not significant differences ($P > 0.05$) between treatments on animal performance, except on back fat, being higher ($P < 0.001$) on dehydrated (4.1 mm) and fresh (3.3 mm) diets, compared to the control one (7.8 mm). The means for hot and cold carcass yield, biological hot and cold carcass yield, and carcass pH at slaughtering and 24h *post mortem*, were 50.6 %, 47.0 %, 55.4 %, 49.5 %, 6.6 y 5.8 respectively. Diet including cactus had similar effect on productive parameters than that of the commercial one, which makes it a viable feeding strategy, and from the economical point of view, could be attractive to the farmer, since the cactus is a plant that grows over the year. However, there is a need of doing more research to confirm the results here reported, not only on fattening lambs, but on the different animal life stages, taking into consideration different levels of cactus, and working on different animal breed and species.

Key words: Cactus, digestibility, yield, meat, carcass.

INTRODUCCIÓN

En las zonas áridas y semiáridas de México, las condiciones climáticas limitan el crecimiento vegetal, especialmente de cultivos agrícolas y forrajeros. A pesar de ello, especies como el nopal (*Opuntia spp*), están muy bien adaptados y entre otros usos, juega un papel importante en la alimentación de bovinos, ovinos, caprinos y fauna silvestre (López, 2003), especialmente en época de estiaje, donde el nopal es una excelente fuente de nutrientes y agua (Abidi *et al.* 2009; Germano *et al.* 2009); sin embargo, tiene la desventaja de bajo contenido de proteína, que va de 5 a 10 % (Batista *et al.* 2003), dependiendo de la edad de los cladodios, aunque se puede incrementar con una fertilización adecuada (Guevara *et al.* 2009). Consecuentemente, su efecto en la respuesta animal es poco satisfactorio, con ganancias de peso entre 20 y 60 g/día en corderos alimentados sólo con nopal fresco (Ben Salem *et al.* 2005 y Tegegne *et al.* 2007), y entre 90 y 110 g/día, al ser alimentados con nopal fresco y suplementando con concentrado (Atti *et al.* 2006), respectivamente. Estos resultados son un indicativo que el nopal básicamente se usa como alimento de sobrevivencia. Sin embargo, dada su disponibilidad en condiciones no aptas para la agricultura, es importante buscar alternativas para eficientizar su uso, enmarcándolo en un contexto de una producción animal sustentable. En este sentido, recientes investigaciones han demostrado mejorías en los parámetros productivos, especialmente cuando existe un programa de suplementación (Tien y Beynen, 2005; Atti *et al.* 2006 y Aranda *et al.* 2008), donde no solo se mejora el valor nutritivo, sino también el consumo de materia seca y por lo tanto, la producción animal. Además, también se han reportado rendimientos de canal de 42.5 % (Abidi *et al.* 2009) en corderos, y 48.0 % (Atti *et al.* 2006) en cabritos suplementados con nopal. Estos resultados hacen evidente el potencial que podría tener el incluir nopal en la dieta de corderos, ofreciéndolo en fresco (Ben Salem *et al.* 2005; Tegegne *et al.* 2007) o deshidratado (Gebremariam *et al.* 2006a), complementándolo con diferentes fuentes energéticas y/o proteicas (Degu *et al.* 2009). Esta alternativa representaría una disminución en los costos de producción, aspecto de vital importancia, especialmente si se toma en consideración que los costos por concepto de alimentación son elevados dado el alto uso de los granos, particularmente el maíz, cuyo precio se ha elevado considerablemente en los últimos años. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta productiva de corderos de cruza comerciales alimentados con dietas con nopal fresco o deshidratado.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio tuvo una duración de 11 semanas, realizándose de Julio a Septiembre de 2009, en el Módulo de Producción Ovina de la Granja Experimental del Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo, localizado en el Estado de México, a una altitud de 2240 msnm. El clima corresponde al más seco de los climas templados; la precipitación media anual es de 640 mm, con régimen de lluvias en verano y temperatura media anual de 18 °C (García, 1988).

Se utilizaron 27 corderos machos de cruza comerciales con peso inicial promedio de 21.4 ± 3.8 kg, los cuales se distribuyeron homogéneamente (de acuerdo a su peso vivo) en tres grupos de 9 animales cada uno. Cada grupo fue distribuido al azar a cada uno de los siguientes tratamientos evaluados: (T1) dieta testigo, (T2) dieta con 17 % (base seca) de nopal deshidratado y (T3) dieta con 17 % (base seca) de nopal fresco (Cuadro 1). Los animales se alojaron en corrales individuales, y antes de iniciar el experimento, se desparasitaron con ivermectina y clorsulon (Ivomec-F 0.2 ml/kg PV) vía subcutánea, y se les aplicó una bacterina toxoide (Exgon 8, 2.5 ml, dosis única) y vitaminas A, D y E (Vigantol ADE).

Para la elaboración de la dieta con nopal deshidratado, el nopal se picó manualmente en tiras de aproximadamente 1 cm de ancho, secándola al sol inmediatamente después, en una plancha de cemento de 10x10 m, volteándose diariamente para obtener un secado homogéneo. Una vez seco, el nopal se guardó en bolsas de plástico, posteriormente se molió en un molino de martillo, con criba de 25 mm de diámetro, y finalmente se mezcló con el resto de los ingredientes. Para la dieta con nopal fresco, éste se picó diariamente tres veces al día en tiras de 1 cm de ancho aproximadamente y se ofreció media hora antes, separadamente del resto de los ingredientes que conformaron la respectiva dieta, con el objetivo de estimular el consumo del mismo, y al alcanzar aproximadamente 80 % de su consumo, se ofreció el resto de la dieta. La cantidad de alimento total que se ofreció a los corderos, se calculó con base al 3.5 % de su peso vivo, ajustándolo posteriormente de acuerdo al consumo diario, y se ofreció a las 7:00, 13:00 y 19:00 horas, con el objetivo de estimular su consumo

Cuadro 1. Composición de las dietas experimentales (%) y su análisis proximal

Ingredientes % en base seca	Tratamientos		
	Testigo	Nopal deshidratado	Nopal fresco
Nopal	0.00	17.03	17.03
Maíz quebrado	18.04	16.19	16.19
Sorgo molido	26.70	26.79	26.79
Harina de pollo	1.98	2.97	2.97
Pasta de soya	8.90	8.90	8.90
Salvado de trigo	15.44	7.12	7.12
Urea	0.60	0.60	0.60
Rastrojo de maíz	8.20	1.45	1.45
Melaza	5.89	6.00	6.00
Aceite de roscicería	1.80	2.00	2.00
Piedra caliza	1.01	0.00	0.00
Mezcla mineral*	0.20	2.20	2.20
Análisis proximal			
Materia seca %	73.5	71.9	71.0
Proteína cruda %	15.53	15.73	15.84
FDN %	25.71	24.30	25.15
FDA %	9.93	9.58	10.62
Cenizas %	4.26	3.98	4.24
EM (Mcal/kg)**	2.76	2.85	2.85
ENg (Mcal/kg)**	1.15	1.09	1.09

BH= Base húmeda; BS= Base seca, *Mezcla mineral: 24, 3, 2, 8, 12, 0.50, 0.50, 0.50 % Ca, P, Mg, Na, Cl, K, S; 5.00, 4000, 2000, 5000, 100, 30 y 60 ppm de Cr, Mn, Fe, Zn, I, Se y Co; EM (Mcal/kg)= Energía metabolizable en mega calorías por kilogramo; ENg (Mcal/kg)= Energía neta de ganancia en mega calorías por kilogramo; **=Calculado de tablas.

El agua se suministró *ad libitum*, excepto para aquellos animales del tratamiento con nopal fresco a quienes, se les restringió, para no afectar el consumo del nopal.

El consumo de alimento (CDA) se obtuvo por diferencia entre el alimento ofrecido y rechazado diariamente. La ganancia diaria de peso (GDP) se calculó con base al peso ganado durante la fase experimental, dividido entre los días que duró la investigación. La conversión alimenticia (CA) se calculó dividiendo el consumo de materia seca entre la ganancia diaria de

peso, y la eficiencia alimenticia (EA), dividiendo la ganancia diaria de peso entre el consumo diario de materia seca.

Al final del periodo experimental, los animales se sacrificaron al peso vivo un promedio de 37.70 kg. Al momento del sacrificio, se pesó la sangre, piel, patas, cabeza, vísceras rojas (tráquea, pulmón, hígado y corazón) y verdes (intestino delgado y grueso). Para la estimación del peso vivo vacío (PVV), se pesaron las vísceras llenas (con el contenido intestinal y ruminal) y vacías (vacías y lavadas con agua corriente). La grasa dorsal se midió con un vernier haciendo una incisión entre la doceava y treceava costilla. La canal se pesó en caliente (PCC) y fría (24 horas *postmortem*) (PCF) en una cámara frigorífica a 4 °C. Se registró el rendimiento de la canal caliente [(peso de la canal caliente / peso antes del sacrificio) X 100], rendimiento de canal fría [(peso de la canal fría_{24h} / peso vivo antes del sacrificio) X 100] (Osorio *et al.* 1998a), rendimiento biológico de la canal caliente [(peso de la canal caliente / peso vivo vacío) X 100] y fría [(peso de la canal fría_{24h} / peso vivo vacío) X 100] (Hernández *et al.*, 2009).

El pH y temperatura de la canal se midieron entre la doceava y treceava costilla, directamente en la canal al momento del sacrificio y a las 24 h *postmortem*, de acuerdo con el método propuesto por Cañeque y Sañudo (2000). Para ello se utilizó un potenciómetro portátil (HANNA, mod. HI99163) con un electrodo de penetración y lecturas automáticas.

Se tomaron muestras de 100 g del alimento por tratamiento, se homogenizaron y se molieron. El análisis químico proximal del alimento se realizó en el laboratorio de Nutrición Animal del Programa de Ganadería del Colegio de Postgraduados, Estado de México. Para ello se determinó materia seca, proteína y cenizas (AOAC, 2005), FDN y FDA (Van Soest *et al.* 1991). La digestibilidad de la materia seca se determinó *in situ*, registrándose a 0, 6, 12, 24, 48 y 72 horas de incubación, utilizando 3 borregos de 1 año de edad, canulados en rumen, y distribuidos en un Cuadro Latino 3x3. Para ello, se utilizaron bolsas (3x5 cm) de forro japonés con poro de 52 mm ± 10. Las muestras de alimento se molieron previamente en un molino Wiley modelo 4, con malla de 2 mm. Se colocaron 3 g de muestra de cada tratamiento en cada bolsa, con 3 repeticiones por tiempo de incubación, sujetándolas a una cadena de acero inoxidable, y posteriormente se introdujeron al rumen, iniciando con las de 72 horas y terminando con el de 0 horas, con el objetivo de retirarlas todas al mismo tiempo. Una vez

retiradas, las bolsas se lavaron con agua corriente, se secaron en una estufa de aire forzado a 55 °C, y posteriormente se colocaron en un desecador durante 15 minutos y se pesaron inmediatamente después. La digestibilidad se determinó como porcentaje de desaparición del alimento en rumen, colocado inicialmente en cada bolsita (Ørskov y McDonald, 1979).

Los resultados fueron analizados en un diseño Completamente al Azar, utilizando el Proc GLM (SAS, 2002), y cuando se observaron diferencias estadísticas, se realizó una comparación de medias utilizando la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1989).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Digestibilidad de las dietas

Los valores promedio de la digestibilidad de las dietas se muestran en el Cuadro 3. Hubo diferencias ($P < 0.05$) entre tratamientos en todos los tiempos de incubación, excepto ($P > 0.05$) a las 24 horas. Se observó mayor digestibilidad en el tratamiento con nopal fresco seguido de aquel con nopal deshidratado y dieta testigo, cuyos promedios fueron de 6.8 a 90.5, 13.9 a 87.5 y 12.3 a 84.1%, respectivamente, cuando se incrementó de 0 a 72 horas de incubación. Resultados similares encontraron Cüreğ y Özen, (2004), quienes reportaron una digestibilidad de 85.0 % a las 72 horas de incubación de dietas que incluyeron pencas jóvenes de nopal. Es importante resaltar que la digestibilidad encontrada en la presente investigación a las 24 horas en dietas que incluyeron nopal, fue en promedio 64.1 %, inferior al 89.4 y 84.6 % reportados por Medina *et al.* (2006) al incluir 33.3 y 10.0 % de harina de nopal deshidratado en dietas para vacas, respectivamente. Estas diferencias se deben a que estos autores incluyeron enzimas fibrolíticas en la dieta, ocasionado un incremento en la digestibilidad. Esto sugiere que el incluir este tipo de aditivos en dietas con nopal, podría incrementar su digestibilidad, y con ello el consumo de materia seca, y consecuentemente, las ganancias diarias de peso. En nuestro estudio, la mayor digestibilidad de la materia seca se encontró a las 72 horas en dietas con nopal fresco. Esta tendencia pudo deberse a la interacción energía:proteína, donde la energía digestible del nopal, es normalmente mayor (2000 Kcal/kg de MS) (Nefzaoui y Ben Salem, 2003) que otros forrajes, propiciando entonces, un ambiente ruminal adecuado para la acción de los microorganismos, y de esta manera, incrementar el grado de digestibilidad (Church, 2007).

Cuadro 2. Digestibilidad *in situ* de la materia seca en rumen de corderos, en dietas con nopal deshidratado o fresco

Tiempo (Horas)	Tratamientos			DE	Significancia
	Testigo	Nopal deshidratado	Nopal fresco		
0	12.3a	13.9a	6.8b	4.6	0.0001
6	42.0a	29.8b	26.9b	10.9	0.001
12	58.3a	42.8b	36.9b	12.8	0.0001
24	71.9	64.2	64.1	12.7	NS
48	80.7ab	80.5b	86.7a	6.6	0.05
72	84.1c	87.5b	90.5a	3.3	0.0001

NS= No significativo; DE= Desviación estándar; abc= Letras diferentes en una misma línea, representan diferencias estadísticas.

Comportamiento productivo

No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos en el comportamiento productivo, con valores promedio para consumo de materia seca, ganancia diaria de peso, conversión y eficiencia alimenticia, de 1.130 kg/día, 0.248 g/día, 4.66, y 0.221, respectivamente (Cuadro 4). El no haber encontrado diferencias estadísticas en consumo de materia seca entre tratamientos, se debió básicamente a la composición química similar de las dietas, y a pesar de la baja calidad nutrimental del nopal, éste confirió mejor digestibilidad, dada la alta capacidad fermentativa de los carbohidratos que contiene (Misra *et al.* 2006), favoreciendo el consumo de materia seca, incluso, mayor al reportado en otros estudios (Gebremariam *et al.* 2006b y Abidi *et al.* 2009). Al respecto, Nefzaoui y Ben Salem (2003), reportan que el alto contenido de agua que aporta el nopal sirve como vehículo en el transporte de nutrientes, pero al mismo tiempo, dicha agua es eliminada vía orina, causando con esto un rápido vaciado del rumen (McDonald *et al.* 2006), y por tanto, mayor consumo, aunque no necesariamente mayores ganancias de peso. Contrariamente, Aranda *et al.* (2008) reportaron que adicionar nopal a la dieta contribuye a un rápido llenado de rumen, y por tanto, un menor consumo de materia seca, situación que se presenta al agregar un 30 % de materia seca de nopal, pero no cuando la cantidad adicionada es menor. Los mismos autores reportan que el uso del nopal conduce a un menor consumo de agua, aspecto de vital importancia en zonas áridas y semiáridas, donde la escasez de agua es común, especialmente en épocas secas, donde el nopal representa una

excelente fuente del vital líquido (Gebremariam *et al.* 2006b; Tegegne *et al.* 2007; Germano *et al.* 2009).

Las ganancias diarias de peso encontradas en esta investigación fueron de 260 y 232 g/día en los animales de los tratamientos donde se les suministró nopal deshidratado y fresco, respectivamente, similar ($P>0.05$) a la encontrada en aquéllos con la dieta testigo (248g/día). Este comportamiento adquiere especial importancia si se toma como referencia una ganancia de peso de 257g/día, que reporta el NRC (2007) para borregos de 40 kg, considerándose entonces, que las ganancias de peso encontradas en nuestro experimento, están dentro del rango recomendado, y por tanto, aceptables, a pesar que la genética de los animales es diferente. Similares resultados han sido reportados por Aranda *et al.* (2008), al incluir diferentes niveles de materia seca de nopal en dietas para borregos Corriedale/Criollo. Al no existir diferencias estadísticas en ganancias diarias de peso entre tratamientos en la presente investigación, sugiere que incluir nopal a un nivel de 17 % de MS en la dieta de corderos en finalización, representa beneficios al productor, ya que incluso, se obtienen mayores ganancias de peso a los observados por Ben Salem *et al.* (2004); Tien y Beynen (2005) y Degu *et al.* (2009), quienes reportaron ganancias promedio de 138, 53.7, y 100 g/día, para ovinos de las razas Barbarine, Vietnamese y Tigray Highland, respectivamente, con dietas a base de nopal. Estos resultados cobran particular importancia en el contexto de una producción animal sustentable, que hoy en día es una necesidad, donde el uso eficiente de los recursos locales es prioridad (Toledo, 2002), situación que se busca en este experimento, al ser el nopal un producto que crece en condiciones adversas, con baja precipitación y suelos pobres (Batista *et al.* 2003), donde la mayoría de los cultivos forrajeros no podrían desarrollarse. Esto significa que a pesar que el nopal es un forraje de baja calidad, éste puede ser enriquecido con otras fuentes proteicas o energéticas, principalmente (Tien y Beynen, 2005), que ayudarían a superar las ganancias de peso aquí reportadas. Es pertinente señalar que para que la relación energía:proteína sea adecuada, es necesario adicionar una fuente de proteína extra, que en nuestro caso fue soya y harina de pollo, ingredientes que en cierto grado tienen la desventaja de incrementar los costos de producción. Ello nos lleva a la búsqueda de otras fuentes de proteína más baratas como la urea y excretas de aves (Zapata *et al.* 2004 y Ríos *et al.* 2005), que minimicen dichos costos, y además, mejore la conversión y eficiencia

alimenticia, indicadores de la eficiencia productiva. En nuestro experimento, estos últimos dos parámetros no presentaron diferencias estadísticas ($P>0.05$) entre tratamientos, con promedios de 4.6 y 0.221, respectivamente, valores bajos comparados con los reportados por Álvarez *et al.* (2003), quienes en ovinos Pelibuey suplementados con fruto de parota (*Enterolobium cyclocarpun*) y gallinaza, encontraron valores de conversión y eficiencia alimenticia de 8.60 y 0.137, respectivamente. La importancia de estos resultados radica en el beneficio que representaría para el productor, al utilizar menor cantidad de alimento concentrado para obtener un kg de peso vivo comparado con otros reportes, y en cierto grado, representaría beneficios económicos por concepto de alimentación, situación que se discutirá más adelante.

Cuadro 3. Comportamiento productivo de corderos alimentados con nopal deshidratado o fresco

	Tratamientos			DE	Significancia
	Testigo	Nopal Deshidratado	Nopal Fresco		
Peso inicial (kg)	21.28	21.25	21.82	2.18	NS
Peso final (kg)	37.38	37.26	38.37	5.21	NS
CMS (kg/día)	1.16	1.13	1.09	0.11	NS
GDP (g/día)	253	260	232	0.05	NS
Conversión alimenticia	4.68	4.58	4.74	0.65	NS
Eficiencia alimenticia	0.216	0.230	0.218	0.05	NS

CMS= Consumo de materia seca; GDP= Ganancia diaria de peso; DE= Desviación estándar.

Características de la canal

Las características de la canal no fueron diferentes ($P>0.05$) entre tratamientos (Cuadro 5), excepto en grasa dorsal, la cual fue menor ($P<0.001$) en las canales provenientes de animales alimentados con dietas que incluyeron nopal fresco, (3.3 mm) y/o deshidratado (4.1 mm), comparado con la dieta testigo (7.8 mm). Similar comportamiento reportaron Atti *et al.* (2006), al encontrar reducción en un 13.0 % de la grasa de la canal en cabritos, cuando a éstos se les incluyó nopal en sus dietas. Estas diferencias se le pueden atribuir a las pectinas, gomas y mucílagos, componentes principales del nopal, ya que ha sido reportado que éstos encapsulan las grasas y las arrastran al tracto posterior, eliminándolas de esta manera (Basurto *et al.* 2006). Los mismos autores reportan que en humanos, incluir nopal en su dieta,

contribuye a disminuir el colesterol, triglicéridos y glucosa en la sangre, situación que podría estar sucediendo en los animales. El hecho de haber obtenido canales con menor deposición de grasa cuando se incluye nopal, supone mejor calidad de la carne, y por tanto, beneficios a la salud humana, ya que como consumidor, se estaría ingiriendo un alimento bajo en grasa (Martínez *et al.* 2002), aspecto demandante hoy en día por la población, ya que disminuye la probabilidad de padecer enfermedades cardiovasculares (Lara *et al.* 2004).

No se observaron diferencias ($P>0.05$) entre tratamientos en porcentaje de sangre, patas, piel, cabezas, viseras rojas, viseras verdes llenas y vacías. Datos similares reportaron Manso *et al.* (1998) para cabeza, sangre, patas y piel. Estos autores mencionan que estas partes del cuerpo son de desarrollo temprano, por lo que representan un mayor porcentaje del peso vivo del animal en los primeros días de vida, de manera que conforme incrementa la edad, el porcentaje que ocupan dichas partes, disminuye, en tanto el peso de la canal aumenta, y por tanto, el rendimiento de canal también. Esto podría explicar los valores de rendimiento de canal encontrados en nuestro experimento, aunque tampoco se encontraron diferencias estadísticas ($P>0.05$) entre tratamientos, pero figuran en el rango normal reportado por otros autores (Osorio *et al.* 1998b). Los promedios para rendimiento de canal caliente y fría fueron 50.7 y 47.0 %, respectivamente, independientemente del tipo de dieta. Anteriormente, Fimbres *et al.* (2002) reportaron para corderos Pelibuey, un promedio de rendimiento de canal fría de 52.70 %, al alimentarlos con diferentes niveles de forraje en la dieta. Estas diferencias pueden estar evidenciando la importancia del factor genético, como sugiere Hernández *et al.* (2009), quienes reportaron mayores rendimientos de canal en borregos de pelo comparado con borregos de lana, situación que justifica los rendimientos de canal encontrados en nuestro estudio. Cabrera *et al.* (2007) mencionan además, que el rendimiento de canal está relacionado con la edad del animal, siendo mayor en animales adultos que en jóvenes, ya que los primeros tienen mayor deposición de grasa y crecimiento óseo, ambos incluidos en la canal, por tanto, los valores encontrados en este experimento, son congruentes con los reportados por otros autores (Berriain *et al.* 2000; Hernández *et al.* 2009).

El pH promedio al sacrificio y a las 24 horas *postmortem* obtenido en las canales, fue en promedio 6.4 y 5.8, respectivamente, ubicado dentro del rango normal reportados (Bianchi *et*

al. 2006; Abidi *et al.* 2009; Torrescano *et al.* 2009). Estos resultados sugieren un buen manejo antes y después del sacrificio, donde los animales no sufrieron de estrés, aspecto de vital importancia si consideramos que el pH es un factor determinante en la calidad de la canal y de la carne (Inmonem *et al.* 2000).

Cuadro 4. Rendimiento de canal en corderos alimentados con nopal deshidratado o fresco

	Tratamientos			DE	Sig.
	Testigo	Nopal Deshidratado	Nopal Fresco		
PV (kg)	35.67	35.91	36.89	4.33	NS
Cabeza %	6.43	5.94	6.39	0.82	NS
Patas %	2.60	2.61	2.96	0.51	NS
Sangre %	3.56	4.11	4.0	0.74	NS
Piel %	11.58	11.82	11.60	1.17	NS
Viseras rojas %	4.34	4.60	4.65	0.57	NS
Viseras verdes llenas %	18.41	16.49	17.47	2.24	NS
Viseras verdes vacías %	8.89	8.50	12.46	6.07	NS
Contenido gastrointestinal %	8.75	7.99	8.33	2.04	NS
Peso vivo vacío %	32.26	33.01	33.76	4.33	NS
Peso de canal caliente (kg)	17.98	18.37	18.51	2.24	NS
Peso de canal fría 24h (kg)	16.63	17.20	17.18	2.40	NS
Rendimiento de canal caliente %	50.39	51.13	50.30	1.74	NS
Rendimiento de canal fría %	46.66	47.84	46.50	1.99	NS
Rendimiento biológico de canal caliente %	55.73	55.61	54.92	2.36	NS
Rendimiento biológico de canal fría 24h %	51.52	51.26	50.76	9.23	NS
Grasa dorsal (mm)	7.8 ^a	4.1 ^b	3.3 ^b	0.22	0.001
pH al sacrificio	6.41	6.45	6.57	0.20	NS
pH 24h Postmortem	5.88	5.82	5.78	0.25	NS

NS= No significativo.

Análisis económico

El análisis económico se presenta en el Cuadro 6. La dieta del tratamiento testigo presentó el costo (\$0.30), más alto por kilogramo de alimento seguido de las dietas con nopal deshidratado (\$0.27) y fresco (\$0.26). Estas diferencias se explican porque en la dieta testigo se utilizó el salvado de trigo y rastrojo de maíz en mayor proporción como fuente de fibra, encareciendo el costo por kg de alimento. Es importante señalar que el uso de nopal en la alimentación de ovinos surge por la necesidad de disminuir los costos de alimentación, y sobre todo, hacer un uso eficiente de los recursos locales disponibles, contemplados dentro de las exigencias de una producción sustentable, como mencionado anteriormente.

Ante esta perspectiva, y dado que el nopal es una planta que crece todo el año, y más aún, en condiciones adversas (Batista *et al.* 2003), puede ser utilizado como fuente alimenticia para ovinos, especialmente en épocas secas, particularmente en sistemas de explotación a pequeña escala, ofreciendo beneficios económicos al productor, quienes además de cultivar el nopal para verdura y/o fruta, podrían utilizar el desperdicio después de las podas, para la alimentación animal, y de este modo obtener una fuente extra de ingresos. El análisis económico muestra que alimentar con nopal deshidratado y fresco, los ingresos netos ascienden a \$16.23 y \$17.84 respectivamente, en comparación con el testigo, que fue \$12.98, representando un incremento de 25 y 37 %, respectivamente en dietas con nopal deshidratado y fresco. Estos datos están referidos con base a un animal, durante el periodo que duró la engorda, por lo que los ingresos incrementarían dependiendo del número de animales que se mantengan en un determinado sistema de producción. Adicional a esto, si se usan otras fuentes de proteína más baratas a las usadas en nuestro experimento, podría contribuir a disminuir aún más los costos, reflejando en mayores ingresos. Este escenario sugiere, por tanto, que el nopal es una opción para mejorar la viabilidad económica a pequeña escala, sin descartar los sistemas a mediana y gran escala. Es necesario enfatizar que el análisis económico aquí presentado, está basado exclusivamente por concepto de alimentación y venta de carne en pie, y para obtener un análisis más completo es necesario considerar costos por mano de obra, combustible, animales, maquinaria, instalaciones y transporte (Ramírez *et al.* 2010), pero en todo caso, los resultados aquí reportados, podrían variar.

Cuadro 5. Análisis económico. Valores presentados en dólares estadounidenses.

	Tratamientos		
	Testigo	Nopal deshidratado	Nopal fresco
Costos de alimentación			
Duración del estudio (días)	72	72	72
Costo/dieta (\$/kg)	0.30	0.27	0.26
CMS (kg/día/animal)	1.17	1.13	1.09
kg de CMS/día/animal (\$)	0.35	0.30	0.29
Total (\$)	25.7	22.28	21.13
Retornos			
TPG (kg/animal)	16.1	16.01	16.2
Precio kg en pie (\$)	2.40	2.40	2.40
Ingreso por venta de carne/animal (\$)	38.73	38.51	38.97
Ingreso neto	12.98	16.23	17.84

\$/kg= Costo por kilogramo de alimento; CMS= Consumo de materia seca; TPG= Total de peso ganado; \$= Costo por kg de alimento en dólares;

US\$1= 12.47 pesos mexicanos.

CONCLUSIONES

Incluir nopal en dietas para corderos no afectó los parámetros producción, pero redujo considerablemente la grasa dorsal de la canal. Esto sugiere que el uso de nopal como ingrediente principal de la dieta de ovinos, es factible como estrategia de alimentación, especialmente en el contexto de una producción animal sustentable, cuyo beneficio-costeo podría ser atractivo para el productor, ya que el nopal es una planta que se puede utilizar todo el año como una fuente de forraje, en regiones donde la producción de forraje es limitada. Sin embargo, es necesario realizar más investigación que confirmen los resultados aquí presentados, no sólo en corderos en finalización y de la raza aquí estudiados, pero en todas las etapas productivas, considerando diferentes niveles de nopal, así como otras razas y/o especies.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Gobierno de México, a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo otorgado al primer autor para la realización de esta investigación y obtener el grado de Maestra en Ciencias. También agradecemos al colegio de Postgraduados por el apoyo financiero, a través del fideicomiso No. 167304 y a la Universidad Autónoma Chapingo, por el material vegetal (nopal) aportado para la realización de la presente investigación.

LITERATURA CITADA

Abidi, S., Ben Salem, H., Vasta, V., Priolo, A. 2009. Supplementation with barley or spineless cactus (*Opuntia ficus indica f. inermis*) cladodes on digestion, growth and intramuscular fatty acid composition in sheep and receiving oaten hay. *Small Ruminant Research* 87: 9-16.

Álvarez, M. G., Melgarejo, V. L., Castañeda, N. Y. 2003. Ganancia de peso, conversión y eficiencia alimentaria en ovinos alimentados con fruto (semilla con vaina) de parota (*enterolobium cyclocarpun*) y pollinaza. *Veterinaria México*. 34 (1).

AOAC, 2005. *Official Methods of Analysis*. Edition 18. Association of Official Analytical Chemists. Washington, 29 DC, EE.UU.

Aranda, O. G., Flores, V. C. A., Cruz, M. F. M. 2008. Inclusion of cactus pear cladodes in diets for finishing lambs in Mexico. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*. 12: 49-55.

Atti, N., Mahouachi, M. and Rouissi, H. 2006. The effect of spineless cactus (*Opuntia ficus-indica f. inermis*) supplementation on growth, carcass, meat quality and fatty acid composition of male goat kids. *Meat Science* 73: 229–235.

Basurto, S. D., Lorenzana, J. M., Magos, G. G. A. 2006. Utilidad del nopal en el control de la glucosa en la diabetes mellitus tipo 2. Revista de la Facultad de Medicina. UNAM. 49 (4). 157-162.

Batista, A. M. V., Mustafa, A. F., Santos, G. R. A., Carvalha, F. F. R., Dubeux Jr, J. C. B., Lira, M. A y Barbosa, S. B. P. 2003. Chemical composition and ruminal dry matter and crude protein, degradability of spineless cactus. Journal of Agronomy and Crop Science. 189: 123-126.

Ben Salem, H., Nefzaoui, A., Ben Salem, L. 2004. Spineless cactus (*Opuntia ficus indica f. inermis*) and oldman saltbush (*Atriplex nummularia L.*) as alternative supplements for growing Barbarine lambs given straw-based diets. Small Ruminant Research. 51: 65-73.

Ben Salem, H., Abdouli, H., Nefzaoui, A., El-Mastouri, A., Ben Salem, L. 2005. Nutritive value behavior, and growth of Barbarine lambs on oldman saltbush (*Atriplex nummularia L.*) and supplemented or not with barley grains or spineless cactus (*Opuntia ficus-indica f. inermis*) pads. Small Ruminant Research. 59: 229-237.

Beriain, M. J., Horcada, A., Purroy, A., Lizaso, G., Chasco, J and Mendizábal, J. A. 2000. Characteristics of Lacha and Rasa Aragonesa lambs slaughtered at three live weights. Journal Animal Science. 78: 3070-3077.

Bianchi, G., Garibotto, G., Feed, O., Bentancur, O y Franco, J. 2006. Efecto del peso al sacrificio sobre la calidad de la canal y de la carne de corderos Corriedale puros y cruza. Archivos de Medicina Veterinaria. 38 (2): 161-165.

Church, C. D., Pond, K. R y Pond, W. G. 2007. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Editorial Limusa S. A de C.V. México.

Cañeque, V., y C. Sañudo. 2000. Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria Ministerio de Ciencia y Tecnología. Madrid, España. 255 p.

Cürek, M., Özen, N. 2004. Feed value of cactus silage. Turkish Journal of Veterinary and Animal Science. 28: 633-639.

Degu, A., Melaku, S., Berhane, G. 2009. Supplementation of isonitrogenous oil seed cakes in cactus (*Opuntia ficus-indica*)- tef straw (*Eragrostis tef*) based feeding of Tigray Highland sheep. Animal Feed Science and Technology. 148: 214-226.

Fimbres, H. G., Hernandez, V. G., Picon, R. J. F., Kawas, J. R., Lu, C. D. 2002. Productive performance and carcass characteristics of lambs fed finishing ration containing various forage levels. Small Ruminant Research. 43: 283-288.

García, E, L. 1988. Los climas del Valle de México. Serie de sobretiros N°. 6. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

Gebremariam, T., Melaku, S., Yami, A. 2006a. Effect of wilting of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) on feed utilization in sheep. Tropical Science. 46 (1): 37-40.

Gebremariam, T., Melaku, S., Yami, A. 2006b. Effect of different levels of cactus (*Opuntia ficus-indica*) inclusion on feed intake, digestibility and body weight gain in tef (*Eragrostis tef*) straw-based feeding of sheep. Animal Feed Science and Technology. 131: 42-51.

Germano, C. R., Mesquita, B. F. E., Nunes, D. M. A., Naves, G. P. E., Ramos, D.E. Q. R. D. C., Silva, M. A. 2009. Effects of increasing levels of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. Miller) in the diet of dairy goats and its contribution as a source of water. Small Ruminant Research. 82: 62-65.

Guevara, J. C., Svassuna, P y Felker, P. 2009. Opuntia, forage production systems: status and prospects for rangeland application. *Rangeland Ecology Manage.* 62: 428-434.

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. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia.* 61(2): 475-483.

Inmonem, K., Ruusumen, N., Puolanne, E. 2000. Some effects of residual glycogen concentration on the physical and sensory quality of normal pH beef. *Meat Science.* 55: 33-38.

Lara, A., Rosas, M., Pastelin, G., Aguilar, C., Attie, F., Velázquez, M. O. 2004. Hipercolesterolemia e hipertensión arterial en México. Consolidación urbana actual con obesidad, diabetes y tabaquismo. *Archivos de Cardiología de México.* 74: 231-245.

López, G. J. J. 2003. Producción y uso de opuntia como forraje en el centro-norte de México. En: Mondragon, J. C., Pérez G. S. (Eds), *Cactus (Opuntia spp) como forraje*. FAO. Producción y protección vegetal. 169 p.

Manso, A, T., Ruiz, M, A y Castro, M, T.1998. Rendimiento a la canal, quinto cuarto y despiece de corderos de raza churra sometidos a distintas estrategias de alimentación. *Archivos de Zootecnia.* 47: 73-84.

Martínez, J. A, Moreno, M. J., Márquez, L. I., Marti, A. 2002. Causas de la obesidad. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra.* 25(1): 17-27.

McDonald, P., Edwards, R. A., Greehalgh, J. F. D., Morgan, C. A. 2006. *Nutrición Animal*. Sexta edición. Editorial Acribia S.A. España, 215p.

Medina, R. M., Tirado, E. G., Mejía, H. I., Camarillo, S. I y Cruz, V. C. 2006. Digestibilidad *in situ* de dietas con harina de nopal deshidratado conteniendo un preparado de enzimas fibrolíticas exógenas. *Pesquisia Agropecuaria Brasileira.* 41(7): 1173-1177.

Misra, A. K., Mishra, A. S., Tripathi, M. K., Chaturvedi O. H., Vaithyanathan, S., Prasad, R., Jakhmola, R. C. 2006. Intake, digestion and microbial protein synthesis in sheep on hay supplemented with prickly pear cactus [*Opuntia ficus-indica* (L) Mill.] with or without groundnut meal. *Small Ruminant Research*.63: 125-134.

Nefzaoui, A y Ben Salem, H. 2003. *Opuntia* forraje estratégico y herramienta eficiente para combatir la desertificación en la región Wana. En: Mondragon, J. C., Pérez G. S. El nopal (*Opuntia ssp*) como forraje. FAO. Producción y protección vegetal. 180p.

Nacional Research Council (NRC. 2007). Requerimientos nutritivos para ovinos en engorda. 7th Edition National Academies. Washington. D.C. 11-34p.

Ørskov, F. R y McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*. 92: 499-503.

Osório, J. C., Maria, G., Borba, M., Jardim, P y Povey, J. 1998a. Estudio comparativo de tres sistemas de producción de carne en ovinos Polwarth en Brasil. *Producción Ovina y Caprina*. 23: 461-464.

Osório, J. C., Sierra, L., Oliveira, N. Osorio, M. T y Pimente, M. 1998b. Estudio comparativo de tres sistemas de producción de carne en ovinos Corriedale en Brasil. *Producción Ovina y Caprina*. 23: 465-468.

Ramírez, M. M., Hernández, M. O., Amendola, M. R. D., Ramírez, B. J. E., Mendoza, M. G., Burgueño, F. J. A. 2010. Productive response of grazing dairy cows to fresh chopped maize supplementation under a small farming system in Mexican highlands. *Tropical Animal Health and Production*. 42: 1377-1383.

Rios, A. L, Combellas, J y Alvarez, Z. 2005. Uso de excretas de aves en la alimentación de ovinos. *Zootecnia Tropical*. 23 (2): 183-210.

SAS (Statistical Analysis System Institute). 2002. SAS Proceeding Guide, Version 9.0 SAS Institute. Cary, NC. USA.

Steel, G. D. R and Torrie, H. J. 1989. *Bioestadística: Principios y Procedimientos*, primera edición en español. Editorial. McGraw-hill/Interamericana de México, S.A de C. V. 622p.

Tegegne, F., Kijora, C. K., Peters, J. 2007. Study on the optimal level of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) supplementation to sheep and its contribution as source of water. *Small Ruminant Research*. 72: 157–164.

Tien, D. V. y Beynen, A. C. 2005. Growth performance of lambs in pharigrang, Vietnam: Effects of a dietary supplement containing prickly-pear cactus. *Tropical Animal Health and Production*. 37: 237-244.

Toledo, V. M. 2002. Agroecología, sustentabilidad y reforma agraria: la superioridad de la pequeña producción familiar. *Agroecología e Desarrollo Rural Sustentable*. 3 (2): 27-36.

Torrescano, V. G. R., Sánchez, E. A., Peñuñuri M. F. J., Velázquez, C. J., Sierra, R. T. 2009. Características de la canal y calidad de la carne de ovinos Pelibuey engordados en Hermosillo, Sonora. *Biotecnia*. 6 (1): 41-60.

Van Soest, P. J., Robertson, J. B and Lewis B. A. 1991. Methods for dietary fiber neutral detergent fiber and nonstarck polisaccharides in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Science*. 74: 3583-3597.

Zapata, C., Obispo, N. E., Diaz, Y., Palma, J y Gil, J. L. 2004. Efecto de la sustitución parcial de la proteína de la dieta por urea sobre el consumo voluntario de materia seca y respuesta productiva de corderos. *Zootecnia Tropical*. 22(1): 29-48.

CAPITULO II

CALIDAD DE LA CARNE DE CORDEROS ALIMENTADOS CON NOPAL (*Opuntia ficus-indica*) DESHIDRATADO Y FRESCO

MEAT QUALITY OF LAMBS FED WITH FRESH AND DEHYDRATED SPINELESS CACTUS (*Opuntia ficus-indica*)

Artículo con formato de la Revista Journal of the Professional Association for Cactus Development

CAPITULO II

CALIDAD DE LA CARNE DE CORDEROS SUPLEMENTADOS CON NOPAL

(Opuntia ficus-indica) DESHIDRATADO Y FRESCO

María Isabel Aguilar Yáñez, MC.

Colegio de Postgraduados, 2010

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de incluir nopal en la dieta de corderos, en la calidad de la carne y el perfil de ácidos grasos en carne. Se utilizaron 27 corderos machos de razas comerciales, con peso inicial promedio de 21.4 ± 3.8 kg, distribuidos homogéneamente en tres grupos de 9 animales. Los grupos fueron asignados al azar a cada uno de los tratamientos evaluados: (T1) dieta testigo, (T2) dieta con 17 % (base seca) nopal deshidratado y (T3) dieta con 17 % (base seca) de nopal fresco y con un peso promedio al sacrificio de 37 kg. Se evaluó, el color, textura en carne cruda y cocida, actividad de agua (Aw), capacidad de retención de agua (CRA) y perfil de ácidos grasos. Se utilizó un diseño completamente al azar, utilizando el Proc GLM (SAS, 2002) y cuando se observaron diferencias estadísticas, se realizó una comparación de medias utilizando la prueba de Tukey. Hubo diferencias estadísticas en la capacidad retención de agua ($P < 0.001$) y en el ácido graso behénico ($P < 0.005$). No hubo diferencias ($P > 0.05$) en el análisis proximal de la carne, color, ni resistencia al corte en carne cruda y cocida, ni en el porcentaje total de ácidos grasos, saturados, monoinsaturados y poliinsaturados incluir nopal ya sea en fresco o deshidratado en dietas para corderos no afecta la calidad de la carne ni el perfil de ácidos grasos, haciendo del nopal, una alternativa viable en la alimentación de ovinos; sin embargo, más investigación es necesaria, usando diferentes niveles de nopal y/o raza o especie animal para confirmar los resultados aquí reportados.

Palabras clave: Carne, calidad, perfil de ácidos grasos.

**MEAT QUALITY OF LAMBS FED WITH FRESH AND DEHYDRATED SPINELESS
CACTUS (*Opuntia ficus-indica*)**

**María Isabel Aguilar Yáñez, MC.
Colegio de Postgraduados, 2010**

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the response on meat quality and fatty acid profile of lambs supplemented with spineless cactus (*Opuntia ficus-indica*). Twenty-seven male lambs of commercial cross breeds were used, with initial live weight mean of 21.4 ± 3.8 kg. They were distributed homogeneously into three groups of nine each, and then randomly assigned to each of the following treatments: (T1) control diet, (2) diet with 17 % (dry basis) of dehydrated cactus, and (3) diet with 17 % (dry basis) of fresh cactus. Color, texture of raw and cooked meat, water activity (A_w), holding water capacity (HWC) y fatty acid profile, were evaluated. A completely random design using Proc GLM was used, and when statistical differences were observed, a mean comparison was done using the Tukey test.

There were statistical differences in water holding capacity ($P < 0.001$) and behenic fatty acid ($P < 0.005$). Meat chemical analysis, color and texture, were not different between treatments or the percentage of total fatty acids, saturated, monounsaturated and polyunsaturated. These results suggest that including cactus into the lamb diet, had similar benefits on meat quality than that of the commercial one; or fatty acid profile, which makes cactus a viable feeding strategy. However, there is a need of doing more research to confirm these results, taking into consideration different levels of cactus, and working with different animal breed and species.

Key words: Meat, quality, fatty acids profile.

INTRODUCCIÓN

En el Valle de México, la carne de ovinos representa una fuente de ingresos para los productores, ya que es altamente demandada por su consumo principalmente en forma de barbacoa, donde la calidad no es un factor de importancia, más allá de asegurar un buen sabor y olor (Almela *et al.* 2009). Sin embargo, cuando se comercializa en cortes, la calidad adquiere especial importancia, por su aporte nutrimental, aunque más de las veces, al momento que la carne es exhibida en anaquel, la decisión de compra es determinada por el color, textura, jugosidad y marmoleo (Priolo *et al.* 2002; Vestergaard *et al.* 2000). Con base a estas exigencias, se han buscado nuevas estrategias para obtener un producto de calidad, que satisfaga los requerimientos del consumidor en cuanto a color y grasa (Martínez, 2008). Existen otros atributos que están considerados dentro de la calidad, como capacidad de retención de agua (CRA), olor, sabor (Calkins and Hodgen, 2007) y perfil de ácidos grasos, los cuales varían dependiendo del sistema de explotación, confinamiento o pastoreo, así como del propio manejo, donde la alimentación juega un papel fundamental (Teira *et al.* 2006). En este sentido, se ha observado que la carne de animales alimentados con alta proporción de forrajes, incrementa la proporción de ácidos grasos insaturados (Yang *et al.* 2002 y Varela *et al.* 2004), como los omega 3 y 6, palmitoleico, linoléico, linolenico, araquidonico y ácido linoleico conjugado (ALC) (Teira *et al.* 2006). Este último tiene propiedades anticancerígenas, según Pariza *et al.* (2001) por ello se ha buscado la forma de incrementarlo en la carne, observando su aumento, en carnes de animales alimentados con forrajes (Realini *et al.* 2004; Varela *et al.* 2004; Martínez, 2007). Entre la gama de especies forrajeras utilizadas, existen las no convencionales, o las llamadas misceláneas, donde el nopal juega un papel importante, especialmente en la zona árida y semi-árida del país, que además de adaptarse a condiciones ambientales extremas, puede ser usado como forraje y contribuir al incremento de ácidos grasos insaturados (Atti *et al.*, 2006). Estos últimos autores reportaron que cabritos alimentados con dietas que incluyeron nopal, los ácidos grasos insaturados de la carne, incrementaron de 2.74 a 4.54 %, y particularmente el ácido linoleico conjugado aumentó de 2.34 a 4.03 % comparadas con la dieta testigo. Desafortunadamente, existe poca o nula investigación al respecto, o al menos no ha sido reportada, a pesar que en México existe alto

potencial para ello. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar la calidad de la carne de corderos de cruza comerciales alimentados con dietas con nopal deshidratado o fresco.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó de Julio a Septiembre de 2009, con una duración de 11 semanas, en el Módulo de Producción Ovina de la Granja Experimental del Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo, localizado en el Estado de México, a una altitud de 2240 msnm. El clima corresponde al más seco de los climas templados; la precipitación media anual es de 640 mm, con régimen de lluvias en verano y temperatura media anual de 18°C (García, 1988).

Se utilizaron 27 corderos machos de cruza comerciales con peso inicial promedio de 21.4 ± 3.8 kg, los cuales se distribuyeron homogéneamente (de acuerdo a su peso vivo) en tres grupos de 9 animales cada uno. Cada grupo fue distribuido al azar a cada uno de los siguientes tratamientos evaluados: (T1) dieta testigo, (T2) dieta con 17 % (base seca) de nopal deshidratado y (T3) dieta con 17 % (base seca) de nopal fresco (Cuadro 1). Los animales se alojaron en corrales individuales, y antes de iniciar el experimento, se desparasitaron con ivermectina y clorsulon (Ivomec-F 0.2 ml/kg PV) vía subcutánea, y se les aplicó una bacterina toxoide (Exgon 8, 2.5 ml, dosis única) y vitaminas A, D y E (Vigantol ADE). Los animales se mantuvieron en un sistema intensivo, con un 17 % de nopal (base seca), ofreciéndoles una dieta con 15 % de proteína y 2.82 Mcal/kg de materia seca. El consumo se calculó con base al 3.5 % del peso vivo del animal, ajustándolo posteriormente, con base al consumo diario.

Cuadro 1. Composición de las dietas experimentales (%) y su análisis proximal

Ingredientes % en base seca	Tratamientos		
	Testigo	Nopal deshidratado	Nopal fresco
Nopal	0.00	17.03	17.03
Maíz quebrado	18.04	16.19	16.19
Sorgo molido	26.70	26.79	26.79
Harina de pollo	1.98	2.97	2.97
Pasta de soya	8.90	8.90	8.90
Salvado de trigo	15.44	7.12	7.12
Urea	0.60	0.60	0.60
Rastrojo de maíz	8.20	1.45	1.45
Melaza	5.89	6.00	6.00
Aceite de rosticería	1.80	2.00	2.00
Piedra caliza	1.01	0.00	0.00
Mezcla mineral*	0.20	2.20	2.20
Análisis proximal			
Materia seca %	73.5	71.9	71.0
Proteína cruda %	15.53	15.73	15.84
FDN %	25.71	24.30	25.15
FDA %	9.93	9.58	10.62
Cenizas %	4.26	3.98	4.24
EM (Mcal/kg)**	2.76	2.85	2.85
ENg (Mcal/kg)**	1.15	1.09	1.09

BH= base húmeda; BS= base seca, *Mezcla mineral: 24, 3, 2, 8, 12, 0.50, 0.50, 0.50 % Ca, P, Mg, Na, Cl, K, S; 5.00, 4000, 2000, 5000, 100, 30 y 60 ppm de Cr, Mn, Fe, Zn, I, Se y Co; EM (Mcal/kg)= Energía metabolizable en mega calorías por kilogramo; ENg (Mcal/kg)= Energía neta de ganancia en mega calorías por kilogramo; **= Calculado de tablas.

Los animales fueron sacrificados a un peso vivo promedio de 37 kg, previo ayudo de 24 horas. Posterior al sacrificio, las canales fueron llevadas a una cámara frigorífica a 4 °C, durante 24 horas, pasado ese tiempo, se tomó aproximadamente 1 kg de muestra del *Longissimus dorsi* para su posterior análisis. El color, dureza, capacidad de retención de agua, y actividad de agua, se llevó a cabo en el laboratorio de Bioquímica de Macromoléculas de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, y el perfil de ácidos grasos, en el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ).

El color se midió con el sistema Hunter Lab de acuerdo con la metodología que reporta Guerrero *et al.* (2002), utilizando un colorímetro Minolta (Chroma Meter CR-200, Tokio, Japón), tres días después del sacrificio. Se realizaron cortes de 1 cm de grosor y 7 cm de diámetro (libres de grasa, burbujas o sangre), se colocaron en el colorímetro realizando cuatro lecturas de cada muestra, girándola cada 45°. Se tomaron los valores de *L, *a y *b, que representan luminosidad, índice de rojo, índice de amarillo, respectivamente. La dureza se realizó 5 días después del sacrificio, con una prueba de resistencia al corte usando una navaja de Warner-Bratzler en un analizador de textura TA-XT2 (Textura Technologies Corp., Scarsdale, NY). La resistencia al corte se midió en carne cruda y cocida, para la carne cocida, por 15 minutos se dejó hervir, un trozo de carne de 20 g en agua destilada, dejándose enfriar hasta temperatura ambiente, y se cortaron cubos de 1 cm². Las muestras se colocaron con las fibras del músculo transversalmente al filo de la navaja, reportando la fuerza máxima para cortar la muestra al aplicarse una fuerza conocida (Guerrero *et al.* 2002). La capacidad de retención de agua (CRA) se realizó utilizando la metodología modificada propuesta por Guerrero *et al.*, (2002). Se usaron 2 g de carne, los cuales se molieron en un mortero, se colocaron en un tubo de centrifuga, añadiéndoles 5 ml de agua destilada y se agitó durante 1 min. Enseguida los tubos se dejaron reposar durante 20 minutos en un refrigerador a 4 °C. Las muestras se centrifugaron durante 15 min a 10,000 rpm en una centrifuga Beckman J- MI (Beckman Inc., Palo Alto, Cal. E.U) Rotor No. 14. El sobrenadante fue decantado y medido en una probeta. El volumen retenido del agua destilada se reporta como la cantidad de agua retenida, calculándose en 100 g de carne. La Actividad de agua (*A_w*), se realizó mediante la metodología reportada por (Guerrero *et al.* 2002), colocando la muestra de carne al porta muestras e introduciéndolas al medidor de muestras. La extracción de la grasa y el perfil de ácidos grasos, se realizó con una modificación a la técnica que reporta el AOAC (2005), utilizando un cromatógrafo de gases, con inyector automático.

El análisis proximal de la carne se determinó en el laboratorio de Nutrición Animal, del programa de Ganadería, del Colegio de Postgraduados, determinando % humedad, % proteína y % cenizas (AOAC, 2005).

Los resultados, fueron analizados bajo un diseño completamente al azar, utilizando el Proc GLM (SAS, 2002), y cuando se observaron diferencias estadísticas, se realizó una comparación de medias, utilizando la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1989).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis químico de la carne

No se observaron diferencias ($P>0.05$) entre tratamientos, en el contenido de humedad, proteína, cenizas y grasa de la carne (Cuadro 2). La humedad en la carne de animales alimentados con la dieta testigo, nopal deshidratado o fresco fue de 76.25 % en promedio, coincidiendo con los encontrados por Madruga *et al.* (2005) quienes reportaron 76.0 % de humedad en corderos Santa Inés, alimentados con 60 % de nopal, encontrándose dentro del rango normal para carne fresca (Lawrie, 1998). Resultados menores (74.72 y 73.87 %) reportaron Peraza *et al.* (2006) en ovinos Pelibuey y cruza de Polipay x Rambouillet, respectivamente. Estas diferencias muestran la importancia de la genética a la que hace referencia Hernández *et al.* (2009), al encontrar mayor porcentaje de humedad en la carne de corderos de lana comparado con razas de pelo.

Hernández *et al.* (2009) señalan que la proteína de la carne se ve afectado por el genotipo, coincidiendo con el 19.4 % de proteína encontrado en este estudio, valor ubicado dentro del rango normal (Lawrie, 1998). Menores valores de proteína fueron reportados por Peraza *et al.* (2006) en ovinos Pelibuey y cruza de Polipay x Rambouillet alimentados con una dieta concentrada en la cual se sustituyó el maíz por sorgo, evidenciando la importancia de la alimentación y el genotipo, ya que existen estudios, en donde mencionan el efecto de los granos y los forrajes en la grasa y sobre todo en el perfil de ácidos grasos (Martínez, 2007; Teira *et al.* 2006), aspecto que se discute más adelante.

La grasa de carne, no fue diferente ($P>0.05$) entre tratamientos, cuyo promedio fue de 5.22 %. Sin embargo, Madruga *et al.* (2005) reportan menor porcentaje de grasa (2.74 %) en borregos de raza Santa Inés alimentados con nopal. Estas diferencias se pueden deber a la pérdida de peso que manifestaron estos corderos, con la adición del 60 % de nopal a su dieta, lo que no sucedió en nuestro estudio, sugiriendo la importancia de conocer el porcentaje adecuado de nopal que brinde resultados satisfactorios. Esto sugiere que la carne, producto de nuestro estudio, presentó mejor marmoleo (Sañudo *et al.*, 2000), aspecto de vital importancia en la decisión de compra o no, especialmente en Estados Unidos, en donde las carnes con mayor marmoleo son de alta calidad, aunque también depende de la cantidad de ácidos grasos insaturados como el ácido linoleico conjugado (ALC), omega 3 ($\omega 3$) y omega 6 ($\omega 6$), los

cuales también influyen en la calidad, ya que hoy en día la población se preocupa más por consumir productos con mayores niveles de estos, debido a que se les atribuyen propiedades anticancerígenas.

El contenido de cenizas en la carne de animales alimentados con nopal, ya sea en deshidrato o fresco, fue de 3.75 % en promedio, siendo superior a lo reportado por Madruga *et al.* (2005) en corderos Santa Ines, quienes observaron 1.11 % de cenizas. Estas diferencias pudieron ser causa de la pérdida de peso que manifestaron los corderos cuando se alimentaron con un 60 % de nopal. Por lo que, el uso del 17 % de MS de nopal usado en nuestro estudio mejoró el contenido de cenizas en la carne, comparada con otros estudios (Madruga *et al.* 2008; Yakan y Ünal, 2010).

Cuadro 2. Análisis químico de la carne (*Longissimus dorsi*) en corderos alimentados con nopal deshidratado y fresco

%	Tratamientos			DE	Significancia
	Testigo	Nopal deshidratado	Nopal fresco		
Humedad	76.27	75.93	76.58	1.73	NS
Proteína (MS)	19.38	20.01	18.76	1.59	NS
Cenizas	3.71	3.72	3.84	0.36	NS
Grasa total (MH)	5.19	5.15	5.34	0.99	NS

MS= Materia seca; MH= Materia húmeda; DE= Desviación estándar.

Características físico-químicas de la carne

No se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre tratamientos en cuanto a color, dureza de la carne en cruda y cocida ni en la actividad de agua. Sin embargo, si se encontró diferencias ($P \leq 0.001$) en capacidad de retención de agua (CRA).

Los promedios para el color de la carne, encontrados en este estudio fueron de 25.1, 9.6 y 7.3 para luminosidad (L^*), Intensidad del rojo (a^*) y intensidad del amarillo (b^*), respectivamente, en carne de corderos alimentados con nopal. Algunos autores han reportado valores superiores a 30 para la luminosidad (French *et al.* 2000; Priolo *et al.* 2002 y Santos-Silva *et al.* 2002), siendo, los promedios encontrados en este estudio inferiores a los

mencionados por estos autores, por ello, se deduce que el color de la carne en este estudio, es poco brillante, más roja y opaca, según lo menciona (Madruga *et al.* 2005). Por otro lado, Germano *et al.* (2009) suministraron 41.7 % y 33.6 % de FDN en dietas para corderos Morada Nova, Santa Inés raza autóctona y Dorpper × Santa Inés corderos mestizos (1/2D 1/2SI), quienes obtuvieron datos similares a los encontrados en nuestro estudio a los 45 minutos *postmortem*, pero inferiores a las 24 horas. Madruga *et al.* (2005) reportaron valores para L* de 40.18, siendo superiores a los encontrados en este estudio cuando se usó el 60 % de nopal. Esto sugiere que las dietas de nuestro estudio, influyeron en la (L*), la cual facilitó este comportamiento en la carne obteniéndose valores de L* bajos, por ello, habrá que tener cuidado al momento de balancear una ración y en el manejo *ante y postmortem* de los animales, debido a que el pH es uno de parámetros que influyen en el color de la carne, ya que, si los músculos presentan un pH alto durante su conversión a carne, presentaran colores más oscuros y con una superficie seca, esto se debe a la poca luz reflejada en la superficie de la carne (Lawrie, 1998), por lo que, esto puede explicar los resultados obtenidos en nuestra investigación para la luminosidad.

Los índices a * y b * corresponden a las intensidades del rojo y amarillo, respectivamente, por lo que entre mayores sean estos valores, el color será más vivo, siendo este de mayor agrado para el consumidor (Martínez, 2008). En nuestro estudio el color rojo (a *) fue de 9.59 en promedio de los tres tratamientos, indicando un color rojo ligero, siendo similar a los encontrados por Martínez-Cerezo *et al.* (2005) en corderos de la raza Aragonesa de entre 10 y 15 kg de peso de la canal. El índice a* encontrado en nuestro estudio, es inferior a los reportados por Madruga *et al.* (2008) con diferentes niveles de forraje (0, 16.7, 33.3 y 50 %) en las dietas de corderos Santa Inés, obteniendo valores para a* en promedio de 13.7 indicando, la influencia de la alimentación en este parámetro, la intensidad del amarillo (b *) fue similar entre tratamientos. Estos datos muestran, que alimentar a corderos con nopal fresco o deshidratado no afecta el color en la carne comparándolo con la dieta testigo, indicando colores rojos poco brillantes.

La resistencia al corte en carne cruda de nuestro estudio fue de 1.634, 1.347, 1.447 kg, respectivamente. Aunque la dieta testigo presentó mayor resistencia al corte comparada con las dietas con nopal, nuestros datos, indican que las carnes son tiernas y blandas, ya sea en

fresca o cocida. Sin embargo, nuestros datos son inferiores a los reportados por Cano *et al.* (2003) en el músculo *longissimus dorsi* de corderos ligeros machos de la raza Segureña, reportando una dureza de 4.12 kg/cm². Bianchi *et al.* (2006) reportan texturas de 4.80 a 2.84 kg/cm² de 1 a 16 días de maduración en corderos de 126 días de edad, observando que conforme va aumentando los días de maduración, la resistencia al corte será menor. Con estos antecedentes podemos decir que nuestras carnes son más suaves que las que estuvieron 16 días en maduración, lo que indica el beneficio del uso de nopal en la suavidad de la carne de corderos, aunque también pudo deberse a la cantidad de grasa infiltrada en la carne (5.22 %) ya que a mayor cantidad de grasa, menor será la resistencia al corte, coincidiendo con lo reportado por Sañudo *et al.* (2000) al obtener un 10.98 % de grasa intramuscular y una resistencia al corte de 1.81 kg/cm² en promedio, corroborando los resultados encontrados en nuestro estudio.

En nuestro estudio se observa que la carne cocida obtuvo valores para la resistencia al corte de 1.460, 1.010, 1.130 kg/cm² para la dieta testigo, nopal deshidratado y fresco, respectivamente, nuestros valores concuerdan con lo reportado por Hernández *et al.* (2009) quienes mencionan que la carne de corderos de lana es más suave que las de pelo al momento del cocinado, coincidiendo con nuestros resultados, estas similitudes se pueden deber a la solubilidad del colágeno, según lo mencionan Morón *et al.* (2004) que la cantidad y solubilidad, dependen de la edad del animal y del tipo de músculo, ya que a mayor edad la solubilidad del colágeno será menor y por tanto la carne será más dura. Al respecto, Palka y Daun (1999) aplicaron tratamiento térmico a carne de bovino, y observaron endurecimiento de la carne debido al inicio de la desnaturalización de las proteínas miofibrilares a temperatura entre 40 y 50 °C, a la contracción del colágeno intramuscular a temperatura entre 60 y 70 °C, y a la contracción y deshidratación de la actomiosina a temperatura entre 70 y 90 °C. Esto evidencia el efecto del calor en la textura de la carne, haciéndola menos resistente al corte. Con seguridad, este fenómeno ocurrió en las carnes de nuestro estudio, ya que la cocción de la carne fue a más de 70 °C.

En los tratamientos testigo, nopal deshidratado y fresco, la capacidad de retención de agua fue de 25.58, 30.50, 32.13 ml, respectivamente, observando una diferencia significativa de (P<

0.001), el cual indica que las carnes provenientes de animales alimentados con nopal retuvieron más agua en su interior y por lo tanto serán más jugosas al momento del cocinado (Felix *et al.*, 2001). Estando la capacidad de retención de agua, estrechamente relaciona con el pH y el color de la carne, por lo que, entre más se aproxime el pH al punto isoeléctrico de las proteínas la capacidad de retención de agua será menor (Torrescano *et al.*, 2008).

La Aw observada, en nuestra investigación es de 0.965 en promedio para carnes frescas, para los tres tratamientos, encontrándose dentro del rango normal para carne fresca (Lawrie, 1998), aunque es ligeramente bajo comparada con lo reportado por Madruga *et al.* (2008) en corderos Santa Inés alimentados con diferentes niveles de forraje de (*Calotropis procera* Sw), sin embargo, la carne fresca es susceptible a la proliferación de microorganismos debido a la disponibilidad del agua presente en los tejidos de la carne. De ahí la importancia que toma la disminución de la (Aw) con el fin de inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos que puedan limitar la vida de anaquel, ya que al disminuir la Aw, la duración de la carne en buen estado, se puede alargar (Areling, 2001).

Cuadro 3. Características físico-químicas de la carne de corderos alimentados con nopal

	Tratamientos			DE	Sig	
	Testigo	Nopal deshidratado	Nopal fresco			
pH	5.9	5.8	5.8	0.25	NS	
Color						
	*L	25.33	24.85	24.97	4.03	NS
	*a	9.32	9.45	10.01	1.16	NS
	*b	7.27	7.08	7.52	1.07	NS
Resistencia al corte						
	Cruda	1.629	1.343	1.318	423.2	NS
	Cocida	1.456	1.006	1.012	461.3	NS
Aw		0.966	0.970	0.961	0.007	NS
CRA		25.58b	30.50a	32.13a	3.81	0.001

*L= Luminosidad; *a= Intensidad del rojo; *b= Intensidad del amarillo; Aw= Actividad de agua; CRA= Capacidad de retención de agua (ml/100g de carne); DE= Desviación estándar; NS= No significativo.

Perfil de ácidos grasos

La composición de los ácidos grasos de la carne se presenta en la Cuadro 4. En el cual se puede observar que no hubo diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos en el porcentaje total de ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) y poliinsaturados (AGPI). Sin embargo, dentro de los saturados (AGS), el ácido behénico presentó el valor más bajo (0.03 mg/100 g de carne) con el tratamiento a base de nopal fresco y los más altos en la dieta testigo y nopal deshidratado (0.07 y 0.19 mg/100 g de carne, respectivamente). Esto indica que el uso de nopal fresco contribuyó a disminuir la concentración de este ácido y pudiera deberse a su solubilidad al mezclarse con las fibras del nopal, tales como las gomas, mucilagos y pectinas. En humanos se ha observado que el nopal, ayuda a disminuir el nivel de triglicéridos (Basurto *et al.* 2006) y es posible que este mismo proceso pudo suceder en los corderos para que manifestaran la reducción de este ácido graso. Por otro lado, de los ácidos grasos monoinsaturados, el oleico (C18:1) fue el que más predominó en la carne de los animales de nuestro estudio, seguida del ácido palmitoleico (C16:1). Esto se debe a la mayor actividad de la enzima delta-9-desaturasa sobre el ácido esteárico, observándose hasta un 40 % en la grasa subcutánea y muscular (Martínez *et al.* 2010), situación que justifica el 44 % que representa el ácido oleico del total de ácidos grasos en la carne de los animales de nuestro estudio. Es importante resaltar que el contenido total de ácidos grasos monoinsaturados fue un 4 % mayor a los reportados por Madruga *et al.* (2005) en carne de corderos Santa Inés, con una alimentación a base de nopal, estas diferencias pudieron deberse a las pérdidas de peso que manifestaron los corderos. Situación que no sucedió en nuestro estudio.

El porcentaje promedio de los ácidos grasos poliinsaturados totales de la carne de corderos alimentados con nopal y con la dieta testigo es de 9.4 %, ubicados en el rango mencionado por Banskalieva *et al.* (2000). En nuestro estudio se observó una mayor concentración de AGPI, comparada con el 3.85 % que reportaron Atti, *et al.* (2006) en carne de cabritos alimentados con nopal, comparado con la dieta testigo. Además, este mismo autor encontró un incremento de 2.34 a 4.03 % de ALC. Sin embargo, Abidi *et al.* (2009) no encontró diferencias en el contenido de dicho ácido graso en carne de corderos que fueron alimentados con nopal. Esta situación que justifica los resultados obtenidos en este experimento al no encontrarse diferencias entre tratamientos. A pesar de ello, en nuestro estudio se encontraron dos isómeros de ALC (ALC C9, T11 y T9, ALC T10, C12) producto de la biohidrogenación

del ácido linoleico (Pariza *et al.* 2001), los cuales se les atribuye que propiedades anticancerígenas, además de mejorar la respuesta inmune y la reducción de aterosclerosis (Pariza *et al.* 2001). Esto sugiere que el consumo de carne de animales alimentados con nopal son benéficas para la salud humana. Se ha observado que la carne proveniente de animales alimentados a base de forrajes aumenta la concentración de AGP y el ALC (Madruga *et al.* 2008). Por otro lado, Banskalieva *et al.* (2000) reportaron un rango de 64 a 72 % de ácidos grasos deseables en carne de cordero, encontrándose dentro del rango el 70.25 % obtenido en este estudio, similares a los encontrados por Madruga *et al.* (2005) en carne de corderos y en la de cabritos (Atti *et al.*, 2006), donde los animales se alimentaron con nopal.

Cuadro 4. Perfil de ácidos grasos de la carne de corderos alimentados con nopal deshidratado y fresco

	Tratamientos			DE	Sig	
	Testigo	Nopal deshidratado	Nopal fresco			
Perfil de ácidos grasos (mg/100g de carne)						
Total		2878.3	2752.1	2925.9	836.85	NS
Saturados (%)		42.18	44.66	41.183	3.82	NS
Caprico	C10:0	1.38	1.56	0.92	0.76	NS
Undecanoico	C11:0	0.17	0.03	0.04	0.14	NS
Laurico	C12:0	1.55	1.56	1.55	0.89	NS
Tridecanoico	C13:0	0.35	0.35	0.24	0.14	NS
Mirístico	C14:0	53.96	53.66	48.21	17.75	NS
Palmitico	C16:0	684.2	684.2	671.8	210.30	NS
Hectadecanoico	C17:0	37.43	39.10	34.66	10.53	NS
Esteárico	C18:0	440.52	430.40	442.07	130.88	NS
Araquídico	C20:0	3.68	3.67	4.08	1.22	NS
Heneicosanoico	C21:0	0.19	0.23	0.26	0.17	NS
Behénico	C22:0	0.07ab	0.19a	0.03b	0.13	0.05
Lignocérico	C24:0	0.40	0.42	0.47	0.20	NS
Tricosanoico	C23:0	1.05	0.71	1.29	2.81	NS
Monoinsaturados (%)		47.8	46.22	50.24	4.25	NS
Pentadecanoico	C15:1	8.96	9.03	8.01	2.63	NS
Cis 10 pentadecanoico	C15:1	28.96	27.58	30.29	5.66	NS
Palmitoleico	C16:1	57.85	53.32	54.99	16.72	NS
Cis 10 heptadecanoico	C17:1	21.73	28.55	20.93	5.01	NS
Oleico	C18:1	1260.5	1175.5	1359.0	434.82	NS
Eicosenoico	C18:1	4.77	4.17	4.40	1.43	NS
Erucico	C22:1	0.90	1.05	1.18	0.41	NS
Polinsaturados (%)		7.71	6.9	6.22	1.62	NS
Linoleádico	C18:2 T	5.312	6.39	6.06	2.92	NS
Gama-linolenico	C18:3	1.75	1.50	1.53	0.40	NS
Alfa-linolenico	C18:3W3	6.37	5.69	4.96	2.04	NS
Cis, 11, 14 eicosadienoico	C20:2	10.36	9.22	10.76	1.69	NS
Cis, 11, 14, 17 eicosatrienoico	C20:3	2.56	2.39	2.32	0.67	NS
Cis 8, 11, 14 eicatrienoico	C20:3	6.87	6.13	5.53	1.35	NS
Araquidónico	C20:4	60.36	58.01	65.00	12.83	NS
Eicosapentanoico EPA	C20:5W3	4.25	4.06	4.50	1.18	NS
Cis-13, 16 docosadienoico	C22:2	0.19	0.23	0.26	0.64	NS
Docohexanoico ADH	C22:6W3	12.29	12.35	12.26	39.95	NS
Linoleico	C18:2	150.62	126.53	116.00	5.44	NS
ALC C9, T11, y T9	C18:2	6.51	8.77	9.72	0.46	NS
ALC T10, C12	C18:2	1.03	1.20	0.83	0.85	NS
ALC otros	C18:2	1.53	1.72	1.63	0.85	NS
AGD		70.80	68.38	71.57		

ALC= Acido linoleico conjugado; AGD= Ácidos grasos deseables; DE= Desviación estándar; Sig= Significancia

CONCLUSIONES

Incluir nopal en dietas para corderos no afectó la calidad nutritiva de la carne, pero si se encontró un aumento en la capacidad de retención de agua y una baja resistencia al corte, confiriendo suavidad a la carne factor importante a considerar en la preferencia de los consumidores. El perfil de ácidos grasos tampoco se vio afectado, por el uso de nopal en las dietas para corderos. Excepto en el contenido del ácido behénico. Sin embargo, es necesario realizar más investigación que confirmen los resultados aquí presentados, no sólo en corderos en finalización y de la raza aquí estudiados, pero en todas las etapas productivas, considerando diferentes niveles de nopal, así como otras razas y/o especies.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Gobierno de México, a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo otorgado al primer autor para la realización de esta investigación y obtener el grado de Maestra en Ciencias. También agradecemos al colegio de Postgraduados por el apoyo financiero, a través del Fideicomiso No. 167304 y a la Universidad Autónoma Chapingo, por el material vegetal (nopal) aportado para la realización de la presente investigación.

LITERATURA CITADA

Abidi, S., Ben Salem, H., Vasta, V., Priolo, A. 2009. Supplementation with barley or spineless cactus (*Opuntia ficus indica* f. *inermis*) cladodes on digestion, growth and intramuscular fatty acid composition in sheep and goats receiving oaten hay. *Small Ruminat Research*. 87: 9-16.

Almela, E., Jordán M. J., Martínez, C., Sotomayor, J. A., Mario, M y Bañón, S. 2009. El flavor de la carne cocinada de cordero. *Eurocarne*. 178: 1-12.

AOAC, 2005. *Official Methods of Analysis*. Edition 18. Association of Official Analytical Chemists. Washington, 29 DC, EE.UU.

Areling, C. 2001. *Antología, Tecnología de la carne*. Editorial Universidad Estatal de Educación a Distancia. 178p.

Atti, N., M. Mahouachi and H. Rouissi. 2006. The effect of spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis*) supplementation on growth, carcass, meat quality and fatty acid composition of male goat kids. *Meat Science*. 73: 229–235.

Baskalieva, V., Sahlu, T., Goestch, A. L. 2000. Fatty acid composition of goat muscles and fat depots: a review. *Small Ruminat Research*. 37: 255-268.

Basurto, S. D., Lorenzana, J. M., Magos, G. G. A. 2006. Utilidad del nopal en el control de la glucosa en la diabetes mellitus tipo 2. *Revista de la Facultad de Medicina. UNAM.* 49 (4). 157-162.

Bianchi, G., Betancur, O y Sañudo, C. 2006. La maduración de la carne de cordero como una herramienta para mejorar su terneza y calidad sensorial. *Revista Argentina de Producción Animal.* 26: 39-35.

Calkins, C. R., Hodgen, J. M. 2007. A fresh look at meat flavor. *Meat Science.* 77: 63-80.

Cano, E., Peña, B. T. F., Martos P. J., Domenech G. V., Alcalde, A. M. J., García M. A., Herrera, G. M., Rodero, S. E y Acero, C. R. 2003. Calidad de la canal y de la carne en corderos ligeros de raza segureña. *Archivos de Zootecnia.* 52: 315-326.

Calkins, C. R., Hodgen, J. M. 2007. A fresh look at meat flavor. *Meat Science.* 77: 63-80.

Felix, U. L, U.D. Felix, M. S. Rubio, R. D. Méndez, A. M. Trujillo. 2001. Análisis comparativo de la carne y productos cárnicos de cabrito Alpino Francés y Alpino Francés (3/4) con Boer (1/4). *Técnica Pecuaria.* 39 (3): 237-244.

French. P., O'Riordan, E. G., Monahan, F. J., Caffrey, P. J., Vidal, M., Mooney, M. T., Troy, D. J., Moloney, A. P. 2000. Meat quality of steers finished on autumn grass, grass silage or concentrate-based diets. *Meat Science* 56: 173-180.

García, E, L. 1988. Los climas del Valle de México. Serie de sobretiros N°. 6. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

Germano, C. R., Malveira, B. A. S., Suely, M. M., Gonzaga, N, S, Ramos, E. Q. 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 Research.* 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. 171p.

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. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*. 61(2): 475-483.

Lawrie, R. A. 1998. Constitución química y bioquímica del musculo En: *Ciencia de la carne*. Zaragoza, España. Editorial Acribia. Tercera Edición. 426p.

Madruga, M. S., Costa, R. G., Silva, A. M., Marques, A. V. M. S., Cavalcanti, R. N., Narain, N., Albuquerque, C. L. C., Lira Filho, 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 Science*. 78: 469-474.

Madruga, S. M., Hauss, S. W., Rosales, M. D, Gloria, C. M. D, Farias, R. J. L. 2005. Qualidade da carne de cordeiros Santa Inês terminados com diferentes dietas. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 34 (1): 309-315.

Martínez-Cerezo, S., Sañudo, C., Panea, B., Medel, I., Delfa, R., Sierra, I., Beltrán, J. A., Cepeda, R., Olleta, J. L. 2005. Breed, slaughter weight and ageing time effects on physico-chemical characteristics of lamb meat. *Meat Science*. 69: 325-333.

Martínez, M. A. L. 2007. Influencia de la nutrición sobre el contenido y tipo de ácidos grasos en la carne de los rumiantes. *Archivos de Zootecnia*. 56: 45-66.

Martínez, M. A. L. 2008. Nutrición y calidad de la carne de los rumiantes. *Revista electrónica de Veterinaria*. 4 (10): 1-21.

Martínez, M. A. L., Pérez, H. M., Pérez, A. L., Gómez, C. G., Carrión, P. D. 2010. Metabolismo de los lípidos en los rumiantes. *Revista electrónica de Veterinaria*. 11 (8): 1-21.

Morón, F. O. E., González, M. N. F y Vázquez, O. F. A. 2004. Contenido de colágeno y sus fracciones en tres músculos de toretes comerciales. *Revista Científica*. 14 (3): 1-9.

Palka, K y Daun, H. 1999. Changes in texture, cooking losses, and myofibrillar structure of bovine M. *Semitendinosus* during heating. *Meat Science*. 51: 237-243.

Pariza, M. W., Park, Y., Cook, M. E. 2001. The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. *Progress in Lipid Research*. 40: 283-298.

Peraza, M. G., Jaramillo, L. E., Chavez, H. S y Alarcon, R. A. D. 2006. Diet effect upon chemical composition of Pelibuey and Polipay x Rambouillet meat. *American-Eurasian Journal of Scientific Research*. 1 (1): 8-11.

Priolo, A., Micol, D., Agabriel, J., Prache, S., Drassfield, E. 2002. Effect of grass or concentrate feeding systems on lamb carcass and meat quality. *Meat Science*. 62: 179-185.

Realini, C. E., Duckett, S. K., Brito, G. W, Dalla, R. M., De Mattos, D. 2004. Effect of pasture vs concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Science*. 66: 567-577.

SAS (Statistical Analysis System Institute). 2002. SAS Proceeding Guide, Version 9.0 SAS Institute. Cary, NC. USA.

Santos-Silva, J., Mendes, L. A., Bessa, R. J. B. 2002. The effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality lambs 1. Growth, carcass composition and meat quality. *Livestock Production Science*. 76: 17-25.

Sañudo, C., Alfonso, M., Sanchez, A., Delfa, R., Teixeira, A. 2000. Carcass and meat quality in light lambs from different fat classes in the E.U carcass classification system. *Meat Science*. 56: 89-94.

Steel, G. D. R and Torrie, H. J. 1989. *Bioestadística: principios y procedimientos*, primera edición en español. Editorial. McGraw-hill/Interamericana de México, S.A de C. V. 622p.

Teira, G., Perlo, F., Bonato, P., Tisocco, O. 2006. Calidad de carnes bovinas. Aspectos nutritivos y organolépticos relacionados con sistemas de alimentación y prácticas de elaboración. *Ciencia, Docencia y Tecnología*. 33 (17): 173-193.

Torrescano, V. G. R., Sánchez, E. A., González, M. N. F y Camou, A. J. P. 2008. Tecnología e ingeniería del sacrificio y su repercusión en la calidad de la canal de animales de abasto. *Nacameh*. 2 (1): 78-94.

Varela, A., Oliete, B., Moreno, T., Portela, C., Moncerrat, L., Carballo, J. A., Sanchez, L. 2004. Effect of pasture finishing on the meat characteristics and intramuscular fatty acid profile of steers of the Rubia Gallega breed. *Meat Science*. 67: 515-522.

Yang, A., Lanari, M. C., Brewster, M., Tume, R. K. 2002. Lipid stability and meat colour of beef from pasture- and grain-fed cattle with or without vitamin E supplement. *Meat Science*. 60: 41-50.

Yakan, A y Ünal, N. 2010. Meat production traits of a new sheep breed called Bafra in Turkey 2. Meat quality characteristics of lambs. *Tropical Animal Health and Production*. 42: 743-750.

CONCLUSIONES GENERALES

Incluir nopal en dietas para corderos no afectó los parámetros de producción, ni las cualidades físico-químicas de la carne, pero redujo considerablemente la grasa dorsal. Tampoco se encontraron diferencias en el perfil de ácidos grasos excepto en el ácido graso Behénico, aunque la proporción de los ácidos grasos monoinsaturados tendió a ser mayor cuando se incluyó nopal fresco. Esto sugiere que el uso de nopal como ingrediente principal de la dieta de ovinos, es factible como estrategia de alimentación, especialmente en el contexto de una producción animal sustentable, cuyo beneficio-costeo podría ser atractivo para el productor, ya que el nopal es una planta que se puede utilizar todo el año como una fuente de forraje, en regiones donde la producción de forraje es limitada. Sin embargo, es necesario realizar más investigación que confirmen los resultados aquí presentados, no sólo en corderos en finalización y de la raza aquí estudiados, sino en todas las etapas productivas, considerando diferentes niveles de nopal, así como otras razas y/o especies.