

**USO DE *Sphaeralcea angustifolia* (Cav.) D. Don
COMO SUSTITUTO DE ALFALFA PARA CABRAS**

GABRIELA SALAS GUZMÁN

TESIS

**Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Grado de:**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS
EN ZOOTECNIA**



Universidad Autónoma Agraria

Antonio Narro

Subdirección de Postgrado

Programa de Zootecnia

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Septiembre de 2006.**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO

**USO DE *Sphaeralcea angustifolia* (Cav.) D. Don
COMO SUSTITUTO DE ALFALFA PARA CABRAS**

TESIS

GABRIELA SALAS GUZMÁN

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría
y aprobada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRÍA EN CIENCIAS
EN ZOOTECNIA**

COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal

Dr. Miguel Mellado Bosque

Asesor

Dr. Ramiro López Trujillo

Asesor

Dr. Heriberto Díaz Solís

Dr. Jerónimo Landeros Flores
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Septiembre de 2006

DEDICATORIA

A Dios

Por haberme brindado la vida, la fuerza y la sabiduría para seguir adelante.

Con todo mi agradecimiento y amor por ser una parte fundamental en mis logros y por todo el apoyo que siempre me brindaron:

Mis padres

Antonio Salas de la Rosa
Cuqui Guzmán de Salas

Hermanos

Antonio, Diana, Hugo y Verónica y a sus familias

Mis Hijos

Ricardo y Samuel

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por haberme otorgado la beca para la realización de estos estudios.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por haberme otorgado la oportunidad de realizar mis estudios.

A los miembros del Comité de Asesoría: Dr. Miguel Mellado Bosque, Dr. Ramiro López Trujillo, Dr. Heriberto Díaz Solís por darme la oportunidad de realizar este trabajo, por su orientación y asesoría.

Al TLQ Carlos A. Arévalo y LCN Laura Marisela Lara por su paciencia, dedicación y enseñanza en el laboratorio.

Al Dr. Eduardo García Martínez y Dr. Ramón García Castillo por su amistad, apoyo y orientación.

A todas las personas que de una u otra manera contribuyeron a la realización de esta tesis.

COMPENDIO

**USO DE *Sphaeralcea angustifolia* (Cav.) D. Don
COMO SUSTITUTO DE ALFALFA PARA CABRAS**

TESIS

POR:

GABRIELA SALAS GUZMAN

**MAESTRIA EN CIENCIAS
EN ZOOTECNIA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Septiembre 2006**

Dr. Miguel Mellado Bosque

Palabras clave: Digestibilidad, Ganancia de peso, Consumo de alimento, Urea en suero, Eficiencia de alimentación

Sphaeralcea angustifolia es una herbácea abundante en las zonas áridas de México, consumida ávidamente por las cabras en el norte de México. Para determinar su calidad forrajera, se utilizaron cuarenta cabras de 2 meses de edad (8.9 ± 2.2 kg) las cuales fueron asignadas

aleatoriamente a cinco grupos con ocho repeticiones por dieta, para evaluar el efecto de ofrecer cinco niveles de *S. angustifolia* en una dieta completa sobre el crecimiento de las cabras y digestibilidad de la dieta.

La dieta testigo tuvo en porcentaje 0 de *S. angustifolia* (T0) y en cuatro dietas *S. angustifolia* substituyó progresivamente a la alfalfa [25 (T25), 50 (T50), 75 (T75) y 100 (T100)]. Las dietas estaban constituidas por 49.6 por ciento de maíz, 6.7 por ciento de soya, 10 por ciento de melaza, 0.5 por ciento de grasa animal y 3 por ciento de mezcla mineral. El forraje constituyó el 30 por ciento de las dietas. El consumo de la materia seca (rango 3.3 a 4.0 por ciento del peso vivo; $P > 0.05$), promedio de ganancia diaria (rango 88 a 124 g/día $P > 0.05$) y la eficiencia alimenticia (rango 4.0 a 6.2 consumo/ganancia de peso $P > 0.05$) fueron similares entre los tratamientos. Las cabras alimentadas con cualquiera de los niveles de *S. angustifolia* tuvieron una digestión similar de N (rango 67.6 a 69.8 por ciento) que las alimentadas solamente con la alfalfa, pero la retención de N fue mayor en cabras en las dietas T25 y T50, comparadas con las otras dietas. Las digestibilidades de materia seca, fibra detergente neutro y fibra detergente ácida fueron mayores ($P < 0.05$) para T25 y T50 que en las otras dietas. A excepción del fósforo, los metabolitos y los minerales estudiados no fueron afectados por las dietas. Los resultados indican que *S. angustifolia* podría substituir completamente a la alfalfa en dietas de cabras en crecimiento, sin efectos negativos sobre el consumo de alimento, crecimiento, digestibilidad o salud.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Descripción de <i>Sphaeralcea angustifolia</i> (Cav.) D. Don.	
Valor Nutricional de algunas plantas del desierto Chihuahuense	
3. ARTÍCULO.....	20
4. LITERATURA CITADA.....	44

1. INTRODUCCIÓN

Debido a lo errático de las cosechas agrícolas en las zonas áridas y semiáridas de México, esto como resultado de la agricultura de temporal practicada por la mayoría de los campesinos en el norte de México, el campesino tiende a diversificar sus actividades en el medio rural. Una de las actividades más importantes que complementan la actividad agrícola del campesino y que le aseguran alimento de alta calidad, es la explotación de las cabras. Las cabras parecen estar bien adaptadas para alimentarse a base de arbustos y herbáceas, incluyendo las plantas espinosas y con altos niveles de fitotoxinas. Además requieren pocas cantidades de agua para vivir. El costo accesible de estos animales y la adaptabilidad de esta especie a las zonas desérticas de México, ha propiciado la explotación de este ganado en toda la gama de ecosistemas característicos de las zonas áridas del país.

La región sureste de Coahuila está comprendida dentro del desierto Chihuahuense y esta zona a nivel nacional es una de las áreas con la densidad más alta de caprinos.

En este tipo de vegetación en México, la población de caprinos es de aproximadamente 3 millones de animales, los cuales producen aproximadamente 75 millones de leche de cabra anualmente, lo que corresponde al 55 por ciento de la producción total anual de leche de esta especie en el país.

Asimismo, la carne de cabra que deriva del área geográfica comprendida en el desierto Chihuahuense es de aproximadamente 14,000 toneladas anualmente, lo que constituye el 38 por ciento de la producción nacional. A pesar de la importancia que la región sureste de Coahuila representa para la industria caprina, se tiene un desconocimiento total sobre la forma de utilizar racionalmente los recursos forrajeros de los tipos de vegetación comprendidos en esta área.

La sobre utilización de los matorrales con la ganadería ha provocado que grandes extensiones de agostadero se encuentren muy degradadas, mientras que otras áreas, principalmente las poco pobladas, permanecen sin aprovechamiento alguno.

La falta de recursos hace que el hombre que habita las regiones áridas se empeñe más en obtener provecho de la vegetación natural que el que vive en áreas con suficiente agua.

El efecto más notable sobre la vegetación que produce el pastoreo es la substitución paulatina de las plantas apetecibles para el ganado por otras que éste no consume, efecto que se acentúa con el uso intenso e irracional.

Una de las formas de ordenar el uso de los forrajes de los ecosistemas áridos, es caracterizar su calidad nutricional, para que aquellos forrajes de alta calidad nutricional y de alta resistencia a la sequía, sean aprovechados con mayor intensidad por los caprinocultores.

Una de las herbáceas más utilizadas por los caprinos en las zonas áridas es la *Sphaeralcea angustifolia* (Mellado *et al.*, 2004). Sin embargo, las características nutricionales de esta especie se desconocen. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue la evaluación de este forraje, en términos de su calidad nutricional (digestibilidad *in vivo* y características químicas) y su capacidad para el desarrollo de cabritas de genotipo indefinido destetadas tempranamente.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Descripción de *Sphaeralcea angustifolia* (Cav.) D. Don.

Villarreal (1983) describe a la *Sphaeralcea angustifolia* como una herbácea con tallos erectos, fuertes, leñosos en la base, ramificados, de 20 a 190 cm de alto, cubiertos por densa pubescencia gris estrellada. Sus hojas son alternas, pecioladas, de forma lanceolada, de hasta 15 cm de largo y 1 a 3 cm de ancho, con el borde ondulado; flores en pequeños grupos, ubicadas en la región axilar de las ramas terminales. Su cáliz es de 5 a 10 mm de largo con corola de 5 pétalos libres, de color rosa a naranja – salmón y de 1 a 2 cm de largo; estambres numerosos arreglados en una columna central. Su fruto es hemisférico cubierto casi totalmente por el cáliz agrandado, compuesto por 10 a 15 segmentos con 1 a 3 semillas cada uno.

La hierba del negro es una planta perenne de verano, con floración durante los meses de marzo a octubre y reproducción sólo por semilla. Esta planta es nativa de la región norte de México y se distribuye en el sur de Estados Unidos, norte y centro de México; es muy frecuente en matorrales, cultivos abandonados, orilla de carreteras y caminos, así como en áreas perturbadas; crece en todo tipo de suelo.

El follaje de la planta se usa en medicina tradicional, en forma de brebaje para combatir enfermedades del aparato respiratorio.

El nombre de la especie está formado por *Sphaeralcea*, palabra griega cuyos términos expresan frutos globosos o hemisféricos, característicos de esta planta, y *angustifolia* o de hojas angostas o estrechas.

Características distintivas. Hierba con base leñosa y pubescencia estrellada; flores rosas con un grupo de estambres centrales y fruto globoso.

Valor nutricional de algunas plantas del desierto

Chihuahuense

Ramírez *et al.* (2001) encontraron que las cabras en Nuevo León consumieron hojas de *Acacia berlandieri*, *Acacia farnesiana*, *Acacia greggii*, *Acacia rigidula*, *Celtis pallida*, *Cercidium macrum*, *Condalia obovata*, *Cordia boissieri*, *Desmanthus virgatus*, *Leucaena leucocephala*, *Leucophyllum texanum*, *Opuntia lindehimieri*, *Porlieria angustifolia*, *Prosopis glandulosa* y *Ziziphus obtusifolia*, las cuales fueron evaluadas con base en su contenido mineral. Reportan que durante la primavera y el verano las concentraciones de minerales eran más altas.

Estos autores concluyeron que *D. virgathus*, *L. texanum*, *P. glandulosa*, *L. leucocephala* y *C. macrum* se pueden considerar especies forrajeras con altas concentraciones de minerales.

Ramírez *et al.* (2004) mencionan que las cabras mantenidas en agostaderos en el Estado de Nuevo León, consumieron diversos pastos nativos tales como *Aristida spp.*, *Bouteloua gracilis*, *Cenchrus incertus*, *Hilaria berlangeri*, *Panicum hallii*, *Setaria macrostachya*, y *Cenchrus ciliaris*. Estos autores determinaron el nivel de proteína cruda, lignina, contenido de Ca, P, K, Mg, Na, Cu, Fe, Zn, Mn, y la digestión de la materia seca.

El contenido de PC y de lignina en todos los pastos fue marcadamente diferente entre las estaciones del año. *P. hallii* tuvo el contenido más alto de PC 12 por ciento y *Aristida spp.* el más bajo 6 por ciento. El pasto nativo *B. gracilis* 9 por ciento, *S. macrostachya* 10 por ciento y *C. incertus* 8 por ciento, tuvieron valores de PC comparables a los pastos introducidos como *C. ciliaris* 9 por ciento. Sin embargo, *Aristida spp.* tuvo el más alto contenido de lignina 10 por ciento y *H. berlangeri* el más bajo 6 por ciento. A excepción de *H. berlangeri*, todos los pastos presentaron un contenido más alto de lignina que los *C. ciliaris* 6 por ciento.

La digestibilidad/degradabilidad de la materia seca (EDDM) en todos los pastos fue diferente entre estaciones. Se reportó que *C. incertus* presentó un 45 por ciento de EDDM, la cual fue la más alta, mientras que *Aristida spp.* la más baja 26 por ciento. Durante el verano y el otoño la EDDM en todos los pastos fue más alta que en las otras estaciones. *P. hallii*, *H. berlangeri* y *C. incertus* tuvieron valores comparables de EDDM y *C. ciliaris* 40 por ciento en todas las estaciones. El consumo mineral por caprino adulto también fue estimado. Se concluyó que las cabras en agostadero pueden ingerir suficientes cantidades de Ca, Fe, y K (a excepción de K en *Aristida spp.* en invierno y verano), pero Na, Zn y Mn solamente en verano y otoño, y Cu solamente en otoño. El contenido de P y Mg fue deficiente en la mayoría de los pastos en todas las estaciones. Los pastos nativos *P. hallii*, *S. macrostachya*, *B. gracilis* pueden ser considerados los más nutritivos, debido a su contenido relativamente alto de proteína cruda, y *C. incertus*, *P. hallii* y *H. berlangeri* debido a sus valores relativamente altos de EDDM, los cuales son comparables a los de *C. ciliaris*.

Ramírez (1999) estudio la ecología alimenticia de pequeños rumiantes bajo condiciones extensivas en el noreste de México. Las cabras de genotipo indefinido en agostadero seleccionaron mayores cantidades de follaje de arbustos que de pastos a través del año.

Al parecer los altos niveles de *A. rigidula* en la dieta pudieron haber influenciado negativamente el consumo de nutrientes en las cabras. Sin embargo, los niveles de proteína cruda y de minerales en la dieta eran suficientes para satisfacer los requisitos alimenticios de un animal adulto, aunque los altos niveles de arbustos influenciaron negativamente la digestibilidad de su dieta.

Ramírez (1998) realizó una prueba de digestibilidad *in vivo* la cual fue conducida para evaluar la influencia de las hojas de arbustos del noreste de México en la digestión y la retención de N por machos cabríos. Los consumos de materia seca y proteína cruda de los animales fueron similares entre dietas. Sin embargo, la fibra detergente neutro y la fibra detergente ácida fueron más bajas en cabras alimentadas con *Celtis pallida*, *Leucophyllum texanum* o *Porlieria angustifolia* que los animales alimentados con heno de alfalfa.

Las digestibilidades de materia seca y proteína cruda fueron similares entre cabras con los forrajes antes descritos.

Sin embargo, la pared celular y sus fracciones fueron digeridas menos eficientemente cuando los animales fueron alimentados con *C. pallida*, *L. texanum* y *P. angustifolia*, en comparación con los alimentados con heno de alfalfa.

La retención de nitrógeno fue similar entre machos cabríos que recibieron los diferentes forrajes.

Ramírez y Ledezma (1997) evaluaron la influencia de las hojas de arbustos en la digestión y retención de N en caprinos, y la digestión en ovejas en pruebas *in vivo* e *in situ*. El consumo de nutrientes de los animales fue similar entre dietas. La digestibilidad de la materia seca fue similar entre animales; sin embargo, la digestibilidad de la proteína cruda fue más alta en los animales alimentados con heno de alfalfa y huisache, al igual que los alimentados con *Acacia spp.* La pared celular y sus fracciones fueron digeridas más eficientemente por los animales alimentados con heno de alfalfa comparados con los alimentados con huisache y Acacia, pero el contenido celular en el forraje fue digerido en forma similar. Además, las cabras presentaron una retención similar de N al comparar los diferentes forrajes evaluados. Las hojas de los arbustos presentaron una menor digestibilidad en el rumen de las ovejas, comparadas con el heno de alfalfa.

Estos autores indican que los taninos en arbustos pueden tener influencia negativa en la digestibilidad *in situ* de la proteína cruda y de la fibra detergente neutro.

Sin embargo, los arbustos nativos del noreste de México tienen potencial como alimento suplementario para las cabras, porque la utilización de N y los niveles del consumo de materia seca fueron similares para los animales alimentados con el heno de alfalfa y arbustos nativos.

Ramírez y Lara (1998) evaluaron las hojas de algunos arbustos como Acacia (*A. rigidula*), palo verde (*C. macrum*), y huisache (*A. farnesiana*) como suplementos proteicos en dietas de baja calidad, además de (*C. ciliaris*) y heno de alfalfa en dietas para ovejas, donde se determinó la digestibilidad *in vivo* e *in situ*.

Las ovejas que se alimentaron con Acacia retuvieron menos N que las ovejas alimentadas con las otras dietas. El heno de alfalfa, el palo verde y el huisache tuvieron una digestibilidad rápida de la materia seca y la proteína cruda, comparadas con las Acacias. Los taninos de la Acacia pueden tener efectos negativos sobre el N y la digestibilidad de la fibra y retención de N por las ovejas.

Sin embargo, los arbustos bajos en taninos tales como el palo verde y el huisache tuvieron consumos más bajos.

La familia cosmopolita *Chenopodiaceae* tiene muchos géneros adaptados a las zonas áridas y a las regiones con suelos salinos. Entre éstos con potencial forrajero están los géneros *Salsola*, *Kochia* y *Atriplex*.

Este último género tiene centenares de especies distribuidas a través de las zonas áridas, y muchos de los arbustos se han reconocido por más de un siglo, como plantas con un alto potencial forrajero para todo tipo de ganado.

Se ha reconocido que los arbustos de las zonas áridas acumulan grandes concentraciones de proteína, por lo tanto en invierno pueden sostener a los animales cuando no hay otra fuente de forraje disponible.

Existe información en la cual clasifican a *Atriplex spp.* en un rango de desagradable a altamente palatable. Aunque una planta relativamente no palatable para el ganado productor de carne puede ser palatable para las ovejas y cabras, y viceversa. Puesto que *Atriplex* crece bien en suelos salinos y sódicos, no apropiados generalmente para uso agrícola, existe la posibilidad de un crecimiento cada vez mayor de arbustos en las regiones agrícolas marginales, regiones no adecuadas para la producción agrícola, debido al incremento de suelos salinos.

Dirham y Durhan (1979) reportaron resultados de análisis químicos y el uso de la *Kochia* en la alimentación del ganado. Su investigación puede ser resumida brevemente como sigue:

- 1) Contiene un alto nivel en proteína y baja fibra.
- 2) La digestibilidad de la fracción de la proteína es levemente menor para *Kochia* que para la alfalfa, sin embargo en cuanto a la digestibilidad de la grasa y fibra, se encontró que fue más alta para la *Kochia* en comparación con la alfalfa.
- 3) El heno de *Kochia* es levemente menos palatable que el heno de la alfalfa.

Fowler y Hageman (1979) caracterizaron a las especies *Salsola iberica* y *S. paulsenii* y a los híbridos de estas especies por ser tolerantes a condiciones de aridez, creciendo bien en suelos alcalinos. En un estudio en el cual comparaban los requisitos de agua de ciertas cosechas y malas hierbas, encontraron que el requisito más bajo de agua era para las especie de *Salsola*.

Al realizar análisis químicos de esta planta, encontraron contenidos proteicos entre 17.2 por ciento en plantas jóvenes a 9.8 por ciento en plantas adultas.

La naturaleza espinosa de las plantas es una desventaja para ser usadas como forraje para el ganado, pero las oportunidades para hacer plantas mejoradas en las cuales se reducen las espinas pueden ser alentadoras.

La extensa utilización de *Salsola*, especialmente durante períodos secos, demuestra que es un recurso valioso como forraje, pero aún se deben de realizar estudios de palatabilidad, digestibilidad y presencia de sustancias tóxicas.

Ramírez *et al.* (2000) realizaron un estudio con plantas tales como *C. macrum* la cual tuvo un 63 por ciento de EDCP promedio anual, *L. Leucocephala* 64 por ciento, *D. virgatus* 60 por ciento, *A. greggii* 63 por ciento, y *Z. obtusifolia* 64 por ciento, las cuales tenían valores comparables de EDCP al heno de *M. sativa* 64 por ciento.

Los altos niveles de lignina y de taninos condensados en las hojas afectaron la EDCP en todas las especie de arbustos probadas, con excepción de *A. rigidula* y *A. berlandieri*, las cuales pueden ser consideradas como buenos suplementos de proteína para rumiantes en pastoreo en el noreste de México y sur de Texas.

Ortega-Nieblas *et al.* (2001) investigaron las semillas de cinco especies de cactus columnares del desierto de Sonora, determinando su composición de proteína y aceite.

Las especies estudiadas fueron *Pachycereus pringlei*, *Pachycereus pecten-aboriginum*, *Carnegiea gigantea*, *Stenocereus thurberi* y *Stenocereus gummosus*.

El contenido proteico varió de 20.3 a 22.0 por ciento entre especies. Estas proteínas mostraron un alto contenido de azufre, aunque eran bajas en lisina. La digestibilidad de la proteína de *P. pringlei* fue determinada *in vivo*, obteniéndose una digestibilidad de 91.6 por ciento. La digestibilidad *in vitro* fue de 77 a 86 por ciento entre especies.

El contenido de grasa se extendió a partir del 28.4 a 30.7 por ciento entre especies. La mayoría de los aceites demostraron un alto grado de insaturación. El ácido linoleico y oleico fueron los ácidos grasos más importantes presentes en todos los aceites. Las frutas de cactus columnares son un recurso importante de alimento de las tierras áridas de México.

Foroughbakhch *et al.* (1998) compararon las hojas de diez arbustos nativos del noreste de México entre estaciones, estimando el grado y el índice de pared de celular y la degradación en el rumen. En general, en invierno los parámetros no lineares de la digestión de la PC eran más altos que en las otras estaciones.

La DEPC de *Pithecellobium pallens*, *C. pallida*, *Berberdia myricaefolia*, *Helietta parvifolia*, *Eysenhardtia polystachya*, *Gymnosperma glutinosum*, *Diospyros texana*, *Caesalpinia mexicana*, *Pithecellobium ebano* y *Parkinsonia aculeata* fueron diferentes entre y dentro de estaciones. Los altos niveles de la lignina en *P. ebano* y *P. aculeata* pueden explicar su muy baja DEPC, más baja que la alfalfa, mientras que el resto de los arbustos tenía más alto DEPC que la alfalfa.

La mayoría de los arbustos demostraron los componentes de la PC fácilmente accesibles al ataque y a la degradación microbiana en el rumen de las ovejas. Así, pueden ser consideradas un buen forraje, para rumiantes en pastoreo en el noreste de México.

Mellado *et al.* (2005) investigaron la composición y la preferencia de la dieta en cabras en dos estados fisiológicos: preñez y lactación, utilizando un análisis microhistológico de heces.

En la dieta de cabras no preñadas existió una mayor proporción de arbustos 70.9 por ciento en comparación con las preñadas 43.1 por ciento. Por otra parte, las cabras preñadas utilizaron más herbáceas 48.8 por ciento que las cabras no preñadas 28.4 por ciento. Las hierbas constituyeron el 8 por ciento de la dieta de las cabras preñadas, pero estas fueron evitadas por las no preñadas.

La dieta de las cabras no lactantes fue dominada por los arbustos 71 por ciento de la dieta total y los herbáceas 27 por ciento, mientras que las herbáceas fueron consumidas en mayores cantidades en la dieta de las cabras en lactancia.

Mientras que los requisitos alimenticios aumentaban existió una utilización más alta de herbáceas nativas, lo cual sugiere que bajo una condición de escaso forraje, las cabras ajustan su selección de la dieta según su estado fisiológico. En particular, *S. abutilifolia*, *S. elaeagnifolium* y *S. angustifolia* formaron la mayor parte de la dieta de las cabras preñadas.

En un experimento realizado con pastoreo continuo y rotacional para evaluar el efecto del pastoreo en la composición de la dieta y selección en relación a la cobertura de vegetación, Mellado *et al.* (2004) determinaron la composición de la dieta utilizando un análisis microhistológico en muestras fecales. Encontraron que en el pastoreo continuo hubo una baja proporción de arbustos en la dieta de las cabras (41.8 vs. 65.4 por ciento en promedio a través del año).

A excepción del verano las cabras en pastoreo continuo consumieron más herbáceas que las cabras en el pastoreo rotacional (53.1 vs. 33.0 por ciento en promedio a través del año).

La proporción de herbáceas en la dieta de las cabras no varió entre el pastoreo continuo y rotacional durante la estación seca, pero durante la estación de lluvias las cabras en pastoreo continuo seleccionaron más herbáceas (7.3 vs. 0.7 por ciento en promedio para el verano y el otoño) que cabras en el pastoreo rotacional. En este estudio solamente dos herbáceas *S. elaeagnifolium* y *S. angustifolia* fueron consumidas en forma consistente a través del año.

En otoño, las cabras en ambos tratamientos consumieron altamente *S. angustifolia*, la cual comprendió un tercio de la dieta de las cabras.

En investigaciones anteriores se ha demostrado que, bajo condiciones de pastoreo, las cabras ávidamente consumen y seleccionan *S. elaeagnifolium* y que este componente en la dieta abarca hasta un tercio de la dieta estacional de las cabras (Mellado *et al.*, 2004).

Esta planta espinosa se extiende en zonas áridas del norte de México y del suroeste de Estados Unidos y se considera que ha estado implicada en la reducción de las ganancias de peso, con efectos teratogénicos (Backer *et al.*, 1989; Keeler *et al.*, 1990) y desórdenes neurológicos (Porter *et al.*, 2003). Así, esta planta es considerada nociva para el ganado doméstico debido a sus efectos venenosos.

Las hojas de *S. elaeagnifolium* han sido consideradas como nocivas en praderas y suelos degradados en varios Estados de los Estados Unidos (Boyd, 1984).

Mellado *et al.* (2006) reportan que al sustituir alfalfa por *S. elaeagnifolium* en raciones para cabritos en crecimientos se obtuvieron cambios negativos en el consumo de materia seca, particularmente cuando esta planta se daba en altos niveles, además afectó en el promedio de ganancia diaria de peso, por lo que se veía afectado negativamente el crecimiento de estos animales.

Las inflorescencias de la *Yucca carnerosana* en particular sirven como fuente de forraje para el ganado cuando existe escasa vegetación disponible en el norte de México.

Las inflorescencias de yucas son ávidamente consumidas por los bovinos (Powell y Michael, 1988; Kerley *et al.*, 1993) ciervos del desierto (Kerley *et al.*, 1993, Krausman *et al.*, 1997) y berrendo (Kerley *et al.*, 1993).

Mellado *et al.*, (2006) evaluaron el efecto de reemplazo de la alfalfa utilizando las inflorescencias de la *Y. carnerosana* para la alimentación de cabritos en crecimiento, para determinar si las inflorescencias de la *Y. carnerosana* podría ser una estrategia valiosa para sostener a cabritos ya que en zonas áridas esta planta es abundante

Sin embargo, el reemplazo total de la inflorescencias de *Y. carnerosana* afectó la eficiencia de conversión alimenticia, así como los metabolitos del suero sanguíneo indicativos del estado alimenticio de los cabritos. Lo anterior sugiere que se puede sustituir el heno de alfalfa solamente en un 50 por ciento sin ningún efecto nocivo en el crecimiento y salud de los cabritos.

Por siglos, el *Agave scabra* se ha utilizado para obtener fibras para tejer; para la fabricación de cepillos y otras artes, materiales para construcción, jabón, muebles pequeños, ornamentos, alimento y bebidas, además sus hojas se cortan y se usan para alimentar al ganado en el norte de México. En un estudio realizado por Martínez (1994) observó que los tallos de la flor son comidos por los ciervos y el ganado. Sin embargo, el follaje de esta planta contiene niveles bajos de proteína y un alto contenido de pared celular, lo cual limita su uso como forraje. Por lo tanto, una alternativa para el uso de esta planta para el ganado sería utilizando sus flores.

Mellado *et al.* (2006) indican que la utilización de flores de *A. scabra* son un recurso en la alimentación para cabras, ya que se demostró gran viabilidad en el uso de estas flores en la dieta para caprinos, debido a que al sustituir la alfalfa hasta en un 75 por ciento, no afectó el consumo de materia seca ni el promedio de la ganancia diaria ni las características de fermentación ruminal.

El consumo del alimento no disminuyó con el aumento de la inclusión de las flores del *A. scabra*, sugiriendo que las defensas químicas de este forraje no alteraron la palatabilidad

3. ARTÍCULO

Use of *Sphaeralcea angustifolia* (Cav.) D. Don as a substitute for alfalfa for growing goats

Abstract

Sphaeralcea angustifolia is an abundant forb heavily utilized by goats in northern Mexico. In order to determine the nutritional properties of this roughage, forty 2-month-old mixed-breed goats (8.9 ± 2.2 kg) were equally and randomly allotted to five dietary groups with eight replications per diet to evaluate the effect of feeding different levels of *S. angustifolia* in a complete diet, on growth performance and diet digestibility. The diets were: a whole-mixed control diet containing 0 percent *S. angustifolia* (T0) and four diets in which *S. angustifolia* progressively replaced alfalfa [25 percent (T25), 50 percent (T50), 75 percent (T75) and 100 percent (T100)]. Diets contained 49.6 percent corn grain, 6.7 percent soybean meal, 10 percent cane molasses, 0.5 percent tallow, and 3 percent buffer and mineral mix (DM basis). Forage made up 30 percent of the dietary DM in all diets.

DMI (range 3.3 to 4.0 percent BW), ADG (range 88 to 124 g day⁻¹), and feed efficiency (range 4.0 to 6.2 DMI/ADG) were similar ($P > 0.20$) among dietary treatments. Goats fed diets with any of the *S. angustifolia* levels had similar apparent N digestion (range 67.6 to 69.8 percent) than those fed only alfalfa, but N retention was greater in goats on T25 and T50 diets compared to other diets. The apparent digestibilities of DM, NDF and ADF were greater ($P < 0.05$) for T25 and T50 than other diets.

Except for phosphorus (P), serum metabolites and minerals studied were not affected by diet. Results indicate that *S. angustifolia* could fully replace alfalfa hay in diets of growing goats without negative effects on intake, performance, nutrient digestibility or health.

Key words: Digestibility, Weight gain, Feed intake, Serum urea, Feed efficiency.

1. Introduction

Some range weeds are troublesome to domestic livestock because of their stiff hairs, thorns, or sharply pointed seeds, which may cause mechanical injury to the mouth, eyes and digestive canal. Other weeds of the Chihuahuan desert present high levels of phytotoxins which cause lower animal production or even death. However, not all weeds are "bad," in fact, some of them constitute staple food for livestock and wild herbivores on rangeland.

One of such forages is *Sphaeralcea angustifolia*, a plant that come in great abundance to the moist in the Mohave, Sonoran and Chihuahuan desert. Although *S. angustifolia* is best known as an undesirable weed by farmers and weed specialist, it could be desirable forage for cattle and wildlife herbivores. This plant constitute an important forage for goats (Mellado *et al.*, 2004a), sheep (Mellado *et al.*, 2005a), prairie dogs (Mellado *et al.*, 2005b) and cattle (Mellado *et al.*, 2005b) in the Chihuahuan desert range throughout the year.

Because of the preference of herbivores for this plant it is presumed that this forb does not provoke negative postingestive consequences. It is important to characterize this local forage for their chemical composition, degradability in the digestive tract, the suitable rate of incorporation in the ration of different animals and their effect on intake and on growth rate.

The literature appears devoid of feeding studies with any kind of animals involving *S. angustifolia*. Thus, a trial was designed to evaluate *S. angustifolia* as replacement for alfalfa hay in rations for growing goats.

2. Materials and methods

2.1 Animals and housing

This trial was carried out at the Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro in northeast Mexico (25° 22' N, 101° 00 W) during the fall 2005. Forty non-descript female kids averaging 8.9 (SD 2.2) kg were randomly allotted to five diets with ratios of alfalfa (*Medicago sativa* L.) to *S. angustifolia* (Cav.) D. Don hay of 100:0 (T0), 75:25 (T25), 50:50 (T50), 25:75 (T75), and 0:100 (T100). Eight early weaned kids were used per treatment, with two goats per pen. Prior to weaning, kids were grazed, with their mothers, on a Chihuahuan desert rangeland; thus they were exposed to *S. angustifolia* before the commencement of the confinement trial.

Upon arrival to the pens, kids were ear-tagged and treated against internal parasites (Ivomec; Merck and Company, Rahway, NJ) before the onset of the feeding trial and kept under strict hygiene and uniform management throughout the experiment.

The pens (1.5 x 2 m) were constructed using metal tubes on four sides, with concrete floors without bedding. Goats had access to at least 0.3 m of feed bunk space. Each pen had a water bucket, so water was available at all times.

Goats housed in this facility had direct exposure to the weather. The duration of the feeding trial was 70 days, preceded by a period of 7 days adaptation. Animals were fed individually twice per day, at 09:00 and 16:00 h.

2.2 Feeding trial

Five experimental diets were prepared using the ingredients listed in Table 1. *S. angustifolia* (leaves, stems and flowers) was collected in the range adjacent to the university at 100 percent flower by hand-clipping. This forage was sun-dried to a constant humidity and passed through a forage chopper fitted with a 5 mm screen to reduce the staple length of the forage and minimize the selection by goats of fractions of forage offered. Alfalfa hay was obtained from a commercial source. Diets were formulated to meet the dietary nutrient requirements during the feeding periods (NRC, 1981). All diets were fed as a complete feed with the forage source included.

The distributed and refused quantities of feed were weighed daily. Animals were weighed at the beginning and the end of the trial and every 14 days (prior to the morning meal) throughout the trial. Average daily gain, DMI and feed efficiency (gain/feed) were determined for all goats. Initial and final weights (without withdrawal of feed or water) were determined using the average of weights taken on two consecutive days.

On the final day of the feeding trial, blood was collected from the jugular vein before feeding. The blood sample was allowed to coagulate and, after centrifugation, the serum was decanted and stored at -20°C until analyzed for various blood metabolites and minerals.

2.3 Digestion trial

At the end of the feeding trial, ten goats (two animals per treatment) were randomly allocated to the same dietary treatments described previously in a completely random design. Goats were housed in an open-air building in individual 1.2 x 0.6 m metabolism stalls with steel floors to allow feces collection.

Animals were fed at 08:00 and 14:00 h daily at 10 percent above *ad libitum* intake of the previous day. Goats were allowed *ad libitum* access to feed and fresh water. The trial consisted of 9-d periods, with four days of adaptation. Collection of feces and urine was carried out during five days. Feed and orts were sampled and collected daily.

Total feces were collected and weighed, and a 10 percent aliquot was retained and composite. Feces were stored frozen during the collection period for subsequent analysis.

The ration components were sampled daily and composite samples of rations were frozen at -20°C . For urine collection of does, Foley catheters were permanently placed into the bladder of all animals, and these catheters emptied into containers with sufficient 6 N HCl added to maintain a pH below 3.0.

The measurement of the total volume of urine was done each day, and a 5 percent aliquot of urine was retained daily and composite for each goat during the collection period.

The cumulated sample was cooled with 4 °C and analyzed for nitrogen content using standard macro-Kjeldahl procedures. The fecal and urinary nitrogen content was subtracted from the nitrogen intake to estimate nitrogen balance. Digestibilities were calculated by difference.

2.4 Chemical analyses

Dried samples of feed and feces from the feeding and digestion experiments were ground with a Wiley mill to pass through a 1-mm screen and analyzed for DM (AOAC, 1984), acid-detergent fibre (ADF) and neutral detergent fibre (NDF) according to procedure A of Van Soest *et al.* (1991), and N using the macro-Kjeldahl technique (AOAC, 1984). Ash concentrations of forages were determined after combustion in a preheated muffle furnace at 600° C for two h (AOAC, 1984).

Serum urea nitrogen, glucose, creatinine, cholesterol, albumin and total serum protein were determined using spectrophotometric methods following the procedures outlined by the kit manufacturers. Ca, Mg, Cu, and Zn were determined by atomic absorption spectrophotometric methods. Phosphorus was determined by the method of Fiske and Subbarow (1925).

Blood metabolites were determined by use of a spectrophotometer, following the kits manufacturer indications. Commercial reagents containing coupled enzymatic reaction were used for the assays. All minerals, except P,

were determined by atomic absorption spectrophotometer. Inorganic P was determined by colorimetric analyses (Fiske and Subbarow, 1925).

2.5 Statistical analysis

Statistical analysis was performed using the GLM procedure of SAS (1990) for a complete random design, using the initial body weight as covariate. The model contained the effect of level of *S. angustifolia*. Individual goats served as the experimental unit for the performance data, whereas pen was used as the experimental unit for DMI. If the main effect from treatment was significant ($P < 0.05$), treatment means were compared with the LSD statement of SAS (1990). For the digestion trial measurements were subjected to analysis of variance (SAS, 1990) to statistically compare treatments, with animal as the experimental unit and diet as the only class variable.

3. Results and discussion

3.1 Chemical composition of forages

The chemical composition of *S. angustifolia* and alfalfa hay is shown in Table 2. Crude protein, crude fat and crude fibre content were similar between *S. angustifolia* and alfalfa.

Considering the high CP and low fiber of this forb, as well as the high preference of this forage by grazing goats (Mellado *et al.*, 2004b), it can be typified as high-quality forage at the flowering stage. The CP level of *S. angustifolia* reported in this study is similar to levels that have been reported for various forbs in this type of landscape (Box *et al.*, 1967; Schweitzer *et al.*, 1993).

The high ash content of *S. angustifolia* could be due to the abundance of soluble salts in the arid soils of this region. We are not aware of other published data on the nutrient levels in *S. angustifolia* or how such levels may change with season.

3.2 Feeding trial

Four goats in the trial were removed because one died of pneumonia, and three were killed by wild dogs.

Throughout the trial no adverse health effects in goats were observed due to the consumption of *S. angustifolia*. Goat ADG was not influenced ($P > 0.05$) by levels of *S. angustifolia* (Table 2).

S. angustifolia did not cause significant variation in DMI. Thus, palatability of this forage did not appear to be a limiting factor for ingestion of

this roughage. Lack of *S. angustifolia* effects on DMI is similar to other results observed with fodder tree species.

Norton (1994) observed increased DMI with increasing levels of *Leucaena leucocephala*, *Albizia chinenses* and *Sesbanian sesban* supplementation in goats receiving straw-based diets.

Phiri *et al.* (1992) also found a beneficial effect of supplementing foliage of *L. leucocephala* and *Calliandra calothyrsus* on goat performance fed a diet of maize husks. Other shrubs such as *Atriplex numularia* (Azócar *et al.*, 1996), *L. leucocephala* (Nantoumé *et al.*, 2001) and prickly pear (Azócar *et al.*, 1996; McMillan *et al.*, 2002) also did not decrease DMI when replacing alfalfa in goat diets.

Feed efficiency, measured as ADG/DMI, was not different ($P > 0.05$) among treatments, suggesting no negative impacts on performance due to physical or chemical defenses of this plant. Averaged among treatments, efficiencies were 4.62 g DMI/ADG.

Despite the fact that inclusion of *S. angustifolia* to diets did not significantly modify feed efficiency, the DMI to gain ratio was 37 percent higher in T100 compared to T0, which could lead to practically important differences in feed efficiency with total substitution of alfalfa by *S. angustifolia*.

The lacks of effects of *S. angustifolia* on goats performance suggest that this forage appear to provide nearly the same nutrients than alfalfa, at a comparable maturity stage, in diets for growing goats.

This study is consistent with other studies (Rafique *et al.*, 1988; Arthun *et al.*, 1988; Nunez-Hernandez *et al.*, 1989) in showing that some native plants of the Chihuahuan desert range can be effective forage for livestock.

3.3 Digestion trial and blood metabolites

Apparent digestibilities of DM of diets with various levels of *S. angustifolia* were above 68 percent, with significant treatment effects ($P < 0.05$; Table 4).

Apparent digestibility of DM for T25 and T50 was higher than T0 and T100. One of the cell wall components (NDF) was highly digestible, as the digestibility of this fraction exceeded 64 percent. Apparent digestibility of NDF was 7 percent units lower ($P < 0.05$) in T100 compared to T0.

Apparent digestibility of ADF for T25, T50 and T75 was greater ($P > 0.05$) than T0 and T100.

The lower digestibility of ADF with the maximum amount of *S. angustifolia* is consistent with that observed with other shrubs of arid zones offered in high quantities (Boutouba *et al.*, 1990).

Apparent digestibility coefficients indicated associative effects between alfalfa hay and low to moderate levels of *S. angustifolia* in the diets for the fiber fraction ADF and DM, for which digestibility coefficients were higher than those predicted by a linear substitutive effect between feedstuffs.

Grigsby *et al.* (1991), Hunt *et al.* (1985) and Ndlovu and Buchanan (1985) have previously documented this positive associative effect of alfalfa on fiber digestion of non-leguminous forages.

The associative effect of the combination of both forages on fiber digestibility in the present trial corroborates results of Haddad (2000) who observed positive associative effects of supplementing barley straw-based diets to lambs with different levels of alfalfa in terms of dry matter (DM), organic matter (OM), neutral detergent fiber (NDF), and crude protein (CP) digestibilities.

Various authors have proposed that animal performance may be improved by a synchronisation of energy and nitrogen supply to the rumen. The importance of this synchrony to the associative effects of mixtures of forages has been proposed.

Glenn (1989) suggested that the mode of action of the associative effects in mixtures of alfalfa (*M. sativa*) and orchardgrass

(*Dactylis glomerata*) was a synergism in rumen fermentation of NDF and N from the two species.

Apparent digestibility of nitrogen (Table 3) did not significantly differ among treatments. Except for serum phosphorus, there were no differences among treatments for certain goat serum metabolites and minerals (Table 4).

Blood serum analyses revealed no toxicosis from any of the treatments (Table 5). All values in Table 5 are within the normal range for goats (Cole, 1986).

Serum P tended ($P = 0.06$) to be less with the greatest proportion of *S. angustifolia* in the diet. Possibly an allelochemical of this plant interferes with P absorption or utilization. Mellado *et al.* (2006) have documented lower blood and fecal P levels in goats ingesting high levels of *Buddleja scordioides*, a shrub intimately associated with *S. angustifolia* in this landscape, which suggests that, similar to *Buddleia cardioids*, *S. angustifolia* apparently is implicated in P metabolism in goats.

Blood urea-N and ruminal ammonia-N concentrations increased with N intake (Davidson *et al.*, 2003; Gabler and Heinrichs, 2003).

Hence, similar serum urea N in goats fed diets with different levels of *S. angustifolia* may have resulted from similar ruminal ammonia-N concentrations. In other studies blood urea nitrogen have been found low in goats offered a lespedeza-based diet compared to an alfalfa-based diet

(Turner *et al.*, 2005), which suggests that *S. angustifolia* in the present study supplied enough protein as to maintain high blood urea levels.

Animals fed diets with 25, 50 and 75 percent *S. angustifolia* had N intake higher than that of animals fed diets containing 0 or 100 percent of this forage (Table 3).

Animals fed T25 and T50 diets had also greater ($P < 0.05$) fecal N than did those fed T0, T75 and T100, although apparent digestibility of N did not differ among diets.

This data disagree with other authors who have found that the association of alfalfa with other low quality forages has showed a generally improvement in digestibility of crude protein (Franci *et al.*, 1997) or N retention (Bowman and Asplund, 1998) in small ruminants.

In the present study goats receiving T25 and T50 diets shows more loss of nitrogen in the urine and less in the feces as a percentage of nitrogen intake compared to other diets, which suggests that low to medium levels of *S. angustifolia* could have affected positively the efficiency of ruminal microbial protein synthesis, because ruminant urinary nitrogen losses relative to fecal nitrogen losses increase when dietary crude protein concentrations exceed 9 percent (OM basis; Van Soest, 1982).

4. Conclusions

Nutrient composition of *S. angustifolia* collected from range at the flowering stage was comparable to commercially available alfalfa. This drought resistant, non-toxic and highly preferred roughage by goats on rangelands had no major impact on nitrogen balance and forage digestion by goats.

Likewise, replacing 100 percent alfalfa with this forage did not affect ADG and DMI, which indicate that *S. angustifolia* could serve as a forage source for growing goats fed in confinement.

Thus, in arid zones would be more ecologically desirable to use this available and non-competitive forage instead of alfalfa crop.

References

- AOAC., 1984. Official Methods of Analysis (14th Ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Arthun, D., Rafique, S., Holechek, J.L., Wallace, J.D, Galyean, M.L., 1988. Effects of forb and shrub diets on ruminant nitrogen balance II. Cattle studies. Proc. West. Sec. Amer. Soc. Anim. Sci. 39, 204-207.
- Azócar, P., Rojo, H., Mira, J., Manterola, H., 1996. Inclusión de nummmularia (*Atriplex nummularia* Lindl.) y cladodios de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en la dieta de cabras criollas en reemplazo de heno de alfalfa. I. Efecto en el consumo, peso vivo y producción de leche. Avanc. Prod. Anim. (Chile) 21, 43-50.

- Bowman, J.G.P., Asplund, J.M., 1998. Evaluation of mixed lucerne and caucasian bluestem hay diets fed to sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.* 20, 19-31.
- Boutouba, A., Holechek, J.L., Galyean, M.L., Nuñez-Hernandez, G., Wallace, J.D., Cardenas, M., 1990. Influence of two native shrubs on goat nitrogen status. *J. Range Manage.* 43, 530- 534.
- Box, T.W., Powell, J., Drawe, D., 1967. Influence of fire on south Texas chaparral communities. *Ecology* 48, 955-961.
- Cole, E.H., 1986. *Veterinary clinical pathology*. Fourth Ed. W.B. Saunders Co., New York.
- Davidson, S., Hopkins, B.A., Diaz, D.E., Bolt, S.M., Browni, C., Fellner, V., Whitlow, L.W., 2003. Effects of amounts and degradability of dietary protein on lactation, nitrogen utilization, and excretion in early lactation Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 86, 1681-1689.
- Fiske, C.H., Subbarow, Y., 1925. The colorimetric determination of phosphorus. *J. Biol. Chem.* 66, 375-400.
- Franci, O., Antongiovanni, M., Acciaioli, A., Bruni, R., Martini, A., 1997. Response surface analyses of the associative effects of lucerne hay, wheat straw and maize gluten feed on growing lambs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 67, 279-290.
- Gabler, M.T., Heinrichs, A.J., 2003. Effects of increasing dietary protein on nutrient utilization in heifers. *J. Dairy Sci.* 86, 2170-2177.
- Glenn, B., 1989. Ruminant fermentation of neutral detergent fiber and nitrogen in legume, grass and mixtures by growing steers. In: *Teaming up for Animal Agriculture*. *J. Anim. Sci. Suppl.* 2. 67, 11.
- Grigsby, K.N., Peters, C.W., Kerley, M.S., Paterson, J.A., 1991. Digestibility of vegetative and mature tall fescue greenchop with or without alfalfa greenchop substitution. *J. Anim. Sci.* 69, 4602-4610.
- Haddad, S.G., 2000. Associative effects of supplementing barley straw diets with alfalfa hay on rumen environment and nutrient intake and digestibility for ewes. *Anim. Feed Sci. Technol.* 87, 163-171.
- Hunt, C.W., Paterson, J.A., Williams, J.E., 1985. Intake and digestibility of alfalfa-tall fescue combination diets fed to lambs. *J. Anim. Sci.* 60, 301-306.

- McMillan, Z., Scott, C.B., Taylor Jr., C.A., Huston, J. E., 2002. Nutritional value and intake of prickly pear by goats. *J. Range Manage.* 55, 139-143.
- Mellado, M., Olivares, L., Rodríguez, A, Mellado, J., 2006. Relation among blood profiles and goat diets on rangeland. *J. Appl. Anim. Res.* (in press).
- Mellado, M., Olvera, A., Dueñez, J., Rodríguez, A., 2004a. Effects of continuous or rotational grazing on goat diets in a desert rangeland. *J. Appl. Anim. Res.* 26, 93-100.
- Mellado, M., Olvera, A., Quero, A., Mendoza, G., 2005a. Diets of prairie dogs, goats and sheep on a desert grassland. *Rangeland Ecol. Manage.* 58, 373-379.
- Mellado, M., Olvera, A., Quero, A., Mendoza, G., 2005b. Dietary overlap between prairie dog (*Cynomys mexicanus*) and beef cattle in a desert rangeland of northern Mexico. *J. Arid Env.* 62, 449-458.
- Mellado, M., Rodríguez, A., Villarreal, J.A., Lopez, R., 2004b. Height to withers and abdominal circumference effects on diets of grazing goats. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 88, 263-274.
- Mellado, M., Valdez, R., Lara, L., Lopez, R., 2003. Stocking rate effects on goats: A research observation. *J. Range Manage.* 56, 167-173.
- Nantoumé, H., Forbes, T.D.A., Hensarling, C.M., Sieckenius, S., 2001. Nutritive value and palatability of guajillo (*Acacia berlandieri*) as a component of goat diets. *Small Rumin. Res.* 40, 139-148.
- Ndlovu, L.R., Buchanan-Smith, J.G., 1985. Utilization of poor quality roughages by sheep: effects of alfalfa supplementation on ruminal parameters fibre digestion and rate of passage from the rumen. *Can J. An. Sci.* 65, 693-703.
- Norton, B.W., 1994. The nutritive value of tree legumes. In: Forage tree legumes in tropical agriculture. Gutteridge, R.C., Shelton, H.M. (Ed). CAB International, Wallingford, Oxon. pp. 177-191.
- Nunez-Hernandez, G., Holechek, J.L., Wallace, J.D., Galyean, M.L., Tembo, A., Valdez, R., Cardenas, M., 1989. Influence of native shrubs on nutritional status of goats: nitrogen retention. *J. Range Manage.* 42, 228-232.
- NRC., 1981. Nutrient Requirements of Goats: Angora, Dairy, and Meat Goats in Temperate and Tropical Countries. National Academy Press, Washington, D.C.

- Phiri, D.M., Coulman, B., Steppler, H.A., Kamara, C.S., Kwesiga, F., 1992. The effect of browse supplementation on maize husk utilization by goats. *Agroforestry Sys.* 17, 153-158.
- Rafique, S., Arthun, D., Galyean, M.L., Holechek, J.L., Wallace, J.D., 1988. Effects of forb and shrub diets on ruminant nitrogen balance. I. Sheep Studies. *Proc. West. Sec. Amer. Soc. Anim. Sci.* 39, 200-203.
- SAS., 1990. *SAS User's Guide: Statistics (Version 6.06)*. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Schweitzer, S.H., Bryant, F.C., Wester, D.B., 1993. Potential forage species for deer in the southern mixed prairie. *J. Range Manage.* 46, 70-75.
- Turner, K.E., Wildeus, S., Collins, J.R., 2005. Intake, performance, and blood parameters in young goats offered high forage diets of lespedeza or alfalfa hay. *Small Rumin. Res.* 59, 15-23.
- Van Soest, P.J., 1982. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. O & B Books Inc., Corvallis, Ore.
- Van Soest, P.J., Robinson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74, 3583-3597.

Table 1
Ingredient composition (% MS) of diets containing various levels of
Sphaeralcea angustifolia

Ingredient	T0	T25	T50	T75	T100
Alfalfa hay	30.0	22.5	15.0	7.5	0.0
<i>S. angustifolia</i>	0.0	7.5	15.0	22.5	30.0
Corn grain	49.9	49.7	49.6	49.4	49.2
Soybean meal	6.3	6.5	6.7	6.9	7.1
Animal fat	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Cane molasses	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Bicarbonate	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Mineral mix*	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Common salt	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25

*Macro and micro elements, monensin, and vitamins A, D, E (GANATEC-25; Técnicas Nutricionales S.A. de C.V., San Nicolás de los Garza, México).

Table 2
Chemical composition of *Sphaeralcea angustifolia* and alfalfa hay

Item	<i>S. angustifolia</i>	Alfalfa
Dry matter, g per 100 g fresh matter	95.1	82.10
Ash	13.11	7.95
Crude fat (%)	3.9	3.30
Crude fiber (%)	24.1	23.10
Crude protein (total N x 6.25)	17.0	17.01
Nitrogen free extract (%)	41.9	48.64

Table 3
Performance for growing goats fed diets containing five levels of
Sphaeralcea angustifolia

Item*	T0	T25	T50	T75	T100
Number of goats	7	7	8	7	7
Initial live weight, kg	10.0 ± 2.2	9.3 ± 1.5	9.8 ± 1.8	7.2 ± 0.9	8.9 ± 3.5
Final live weight, kg	17.3 ± 2.5	17.8 ± 2.0	18.5 ± 1.9	14.3 ± 1.8	15.1 ± 5.4
Average daily gain, g	105 ± 22	121 ± 34	124 ± 26	101 ± 20	88 ± 36
Daily DMI, g	450 ± 36	454 ± 45	478 ± 24	430 ± 26	417 ± 66
Daily DMI, % BW**	3.3	3.3	3.4	4.0	3.5
DMI to gain ratio, g/g	4.5 ± 1.0	4.0 ± 0.9	4.0 ± 1.1	4.4 ± 0.8	6.2 ± 2.8

* For all parameters means in the same row are not significantly different ($P > 0.05$).

**Daily DMI ÷ [(initial live weight + final liveweight) ÷ 2].

Table 4
Digestibility coefficients of dry matter (DM), neutral-detergent fibre (NDF) and acid-detergent fibre (ADF) in mixed-breed goats as influenced by the dietary level of *Sphaeralcea angustifolia*

Apparent digest (%)	T0	T25	T50	T75	T100
Dry matter	68.8 ± 0.5 ^{bc}	72.1 ± 1.3 ^a	71.0 ± 0.1 ^{ab}	69.2 ± 1.2 ^{bc}	67.6 ± 0.4 ^c
NDF	71.6 ± 0.6 ^a	70.6 ± 0.9 ^{ab}	68.0 ± 0.1 ^c	69.7 ± 1.1 ^{bc}	63.6 ± 0.7 ^c
ADF	32.2 ± 1.1 ^b	42.2 ± 1.9 ^a	42.6 ± 0.2 ^a	38.9 ± 4.7 ^a	29.2 ± 1.1 ^b

^{a,b} Means with different superscript in a row differ ($P < 0.05$).

Table 5
Nitrogen metabolism in goats fed diets varying in *Sphaeralcea*
***angustifolia* levels**

	T0	T25	T50	T75	T100
N intake, g/d	11.0 ±0.3 ^a	14.9±0.7 ^b	15.7±0.7 ^b	10.1±0.7 ^a	12.1±1.4 ^a
Fecal N, g/d	3.6±0.4 ^a	4.7±0.1 ^b	4.8±0.2 ^b	2.8±0.3 ^c	3.6±0.4 ^a
Ap N digestion (%)	67.6±3.2 ^a	68.6±1.0 ^a	68.1±1.1 ^a	69.3±3.6 ^a	69.8±0.3 ^a
Urinary N, g/d	3.7±0.4 ^a	4.3±0.8 ^a	4.8±0.4 ^a	3.7±0.3 ^a	4.2±0.9 ^a
N retention, g/d	3.7±0.6 ^a	5.9±0.2 ^b	6.1±0.5 ^b	3.6±0.7 ^a	4.2±0.1 ^a
% of N intake	33.9±6.1 ^a	39.9±3.3 ^a	38.6±1.2 ^a	35.6±4.7 ^a	34.9±4.0 ^a
% of N digested	50.0±6.7 ^a	58.2±5.8 ^a	56.9±3.0 ^a	51.3±4.1 ^a	50.1±6.1 ^a

^{a,b}Means with different superscript in a row differ ($P < 0.05$).

Table 6
Mean \pm SD serum metabolites and minerals for mixed-breed kids fed
different levels of *Sphaeralcea angustifolia*

Parameters	T0	T25	T50	T75	T100
Glucose (mg/dl)	74.0 \pm 11.7 ^a	77.8 \pm 11.7 ^a	82.7 \pm 15.4 ^a	72.8 \pm 8.9 ^a	73.5 \pm 13.4 ^a
Urea N (mg/dl)	21.1 \pm 4.7 ^a	23.3 \pm 2.6 ^a	22.9 \pm 4.1 ^a	24.8 \pm 2.2 ^a	24.8 \pm 2.5 ^a
Creatinine (mg/dl)	1.9 \pm 0.4 ^a	2.1 \pm 0.4 ^a	1.9 \pm 0.2 ^a	2.4 \pm 0.2 ^a	2.0 \pm 0.5 ^a
Total prot, (mg/dl)	6.7 \pm 0.6 ^a	6.6 \pm 1.9 ^a	5.7 \pm 1.0 ^a	6.2 \pm 1.0 ^a	7.4 \pm 2.1 ^a
Cholesterol (mg/dl)	94 \pm 25 ^b	82 \pm 25 ^a	83 \pm 30 ^b	84 \pm 27 ^b	78 \pm 10 ^{ab}
Ca (mg/dl)	11.0 \pm 0.4 ^a	10.8 \pm 0.6 ^a	11.0 \pm 0.7 ^a	10.5 \pm 1.3 ^a	11.6 \pm 2.5 ^a
P (mg/dl)	9.0 \pm 0.8 ^a	8.4 \pm 0.6 ^{ab}	8.3 \pm 0.9 ^{ab}	8.9 \pm 1.0 ^a	7.6 \pm 1.0 ^b
Mg (mg/dl)	3.2 \pm 0.3 ^a	3.3 \pm 0.5 ^a	3.6 \pm 0.5 ^a	3.0 \pm 0.7 ^a	3.4 \pm 0.5 ^a
Cu (ppm)	1.7 \pm 1.0 ^a	2.1 \pm 1.1 ^a	3.0 \pm 0.4 ^a	2.5 \pm 0.4 ^a	3.0 \pm 2.0 ^a
Zn (ppm)	1.3 \pm 0.6 ^a	1.2 \pm 0.4 ^a	0.8 \pm 0.5 ^a	1.4 \pm 0.5 ^a	1.5 \pm 0.6 ^a

^{a,b}Means with different superscript in a row differ ($P < 0.05$).

4. LITERATURA CITADA

- Baker, D. C., Keeler, R. F y Gaffield, W. 1989. Pathology in hamsters administered *Solanum* plant species that contain steroidal alkaloids. *Toxicon* 27: 1331-1337.
- Boyd, J. W., Murray, D. S y Tyrl, R. J. 1984. Silverleaf nightshade, *Solanum elaeagnifolium*, origin, distribution, and relation to man. *Econ. Botany* 38: 210-216.
- Durham, R. M y Durham, J. W. 1979. Kochia: Its potential for forage production. *Arid Land Plant Resources* pp. 123-126.
- Foroughbachkch, R., Ramírez, R. G., Hauad, L. A y Moya-Rodríguez, J. G. 1998. Seasonal variation in ruminant digestibility of nutrients from 10 shrubs indigenous to northeastern Mexico. *J. Exp. Botany* 63: 179-186.
- Fowler, J. L y Hageman, J. H. 1979. Russian-Thistle, A potential forage for arid lands. *Arid Land Plant Resources* pp. 430-443.
- Keeler, R. F., Baker, D. C y Gaffield, W. 1990. Spirosolanine-containing *Solanum* species and inducitor of congenital craniofacial malformations. *Toxicon* 28: 873-884.
- Kerley, G. I. H., Tiver, F y Whitford, W. G. 1993. Herbivory of clonal populations: cattle browsing affects reproduction and population structure of *Yucca elata*. *Oecologia* 93: 12-17.
- Krausman, P. R., Kuenzi, A. J., Etchberger, R. C. Rautenstrauch, K. R., Ordway, L. L y Herver, J. J. 1997. Diets of mule deer. *J. Range Manage.* 50: 513-522.
- Martinez, C. J. 1994. Valor nutricional de dos especies de maguey (*Agave atrovirens* Karw) y (*Agave salmiana*) en el sur del estado de Coahuila. Tesis Profesional. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- Mellado, M., García, J. E y López, R. 2007. Effects of substituting alfalfa with forage of *Solanum elaeagnifolium* in rations for growing kids. *Animal Feed Sci. Technol.* En prensa.

- Mellado, M., García, J. E y Rodríguez, A. 2007. *Agave scabra* flowers as a feed resource for goats. Anim. Feed Sci. Technol. En prensa.
- Mellado, M., García, J. E., Villarreal, J. A y Díaz, H. 2007. Effects of replacement of alfalfa by inflorescences of *Yucca carnerosana* in the diet on performance of growing kids. Anim. Feed Sci. Technol. En prensa.
- Mellado, M., Olvera, A., Dueñez, J y Rodríguez, A. 2004. Effects of continuous or rotational grazing on goat diets in a desert rangeland. J. Appl. Anim. Res. 26: 93-100.
- Mellado, M., Rodríguez, A., Villarreal, J. A y Olvera, A. 2005. The effect of pregnancy and lactation on diet composition and dietary preference of goats in a desert rangeland. Small Rumin. Res. 58: 79-85.
- Ortega-Nieblas, M., Molina-Freaner, F., Robles-Burgueno, M. D y Vazquez-Moreno, L. 2001. Proximate composition, protein quality and oil composition in seeds of columnar cacto from the Sonoran desert. J. Food Comp. Analysis 14: 575-584.
- Porter, M. B., MacKay, R. J., Uhl, E., Platt, S. R y DeLahunta, A. 2003. Neurologic disease putatively associated with ingestion of *Solanum viarum* in goats. J. Am. Vet. Med. Assoc. 223: 501-504.
- Powell, A. M. 1988. Trees and shrubs of Trans-Pecos Texas including Big Bend and Guadalupe Mountains National Parks. Big Bend National Park, TX: Big Bend Natural History Association. 536 p.
- Ramírez, R. G. 1998. Nutrient digestion and nitrogen utilization by goats fed native shrubs *Celtis pallida*, *Leucophullum texanum* and *Porlieria angustifolia*. Small Rumin. Res. 28: 47-51.
- Ramírez, R. G. 1999. Feeding with the resources and the techniques of feeding of small ruminantes under extensive conditions of handling. Small Rumin. Res. 34: 215-230.
- Ramírez, R. G., Haenlein, G. F. W., y Nuñez, M. A. 2001. Seasonal variation of macro and trace mineral contents in 14 browse species that grow in northeastern México. Small Rumin. Res. 39: 153-159.
- Ramírez, R. G., Haenlein, G. F. W., García, C. G y Nuñez, M. A. 2004. Protein, lignin and mineral contents and *in situ* dry matter digestibility of native Mexican grasses consumed by range goats. Small Rumin. Res. 52: 261-269.

- Ramírez, R. G y Lara, L. A. 1998. Influence of native shrubs *Acacia rigidula*, *Cercidium macrum* and *Acacia farnesiana* on digestibility and nitrogen utilization by sheep. *Small Rumin. Res.* 28: 39-45.
- Ramírez, R. G y Ledezma, R. A. 1997. Forage utilization from native shrubs *Acacia rigidula* and *Acacia farnesiana* by goats and sheep. *Small Rumin. Res.* 25: 43-50.
- Ramírez, R. G., Neira-Morales, R. R., Torres-Noriega, J. A y Mercado-Santos, A. C. 2000. Seasonal variation of chemical composition and crude protein digestibility in seven shrubs of NE Mexico. *J. Exp. Botany* 68: 77-82.
- Villarreal, J. A. 1983. Malezas de Buenavista Coahuila. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. pp. 136.