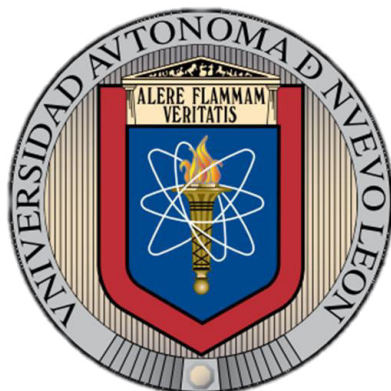


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**



**COMPOSICIÓN NUTRIMENTAL DE CUATRO
ESPECIES FORRAJERAS XERÓFITAS DEL
NORESTE DE NUEVO LEÓN, MÉXICO**

TESIS

**Como requisito parcial para obtener el grado de
DOCTOR EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN
MANEJO DE RECURSOS NATURALES**

Presenta

TILO GUSTAVO DOMÍNGUEZ GÓMEZ

LINARES, NUEVO LEÓN, MÉXICO

FEBRERO DE 2013

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**

COMPOSICIÓN NUTRIMENTAL DE CUATRO ESPECIES
FORRAJERAS XERÓFITAS DEL NORESTE DE NUEVO LEÓN,
MÉXICO

TESIS

Como requisito parcial para obtener el grado de
**DOCTOR EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE
RECURSOS NATURALES**

Presenta

TILO GUSTAVO DOMÍNGUEZ GÓMEZ

Comité de Tesis



Dr. Humberto González

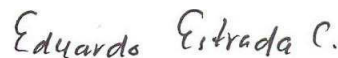
Rodríguez

Director



Dr. Israel Cantú Silva

Asesor



Dr. Andrés Eduardo Estrada

Castillón

Asesor



Dr. César Martín Cantú Ayala

Asesor



Dr. Roque G. Ramírez Lozano

Co-Director

LINARES, NUEVO LEÓN, MÉXICO

FEBRERO DE 2013

Encomienda al SEÑOR tu camino, confía en El, que El actuará; hará resplandecer tu justicia como la luz, y tu derecho como el mediodía. Confía callado en el SEÑOR y espéralo con paciencia; no te irrites a causa del que prospera en su camino, por el hombre que lleva a cabo sus intrigas. Deja la ira y abandona el furor; no te irrites, sólo harías lo malo.

Salmos 37:5-8

Esta tesis debe citarse: Domínguez, Gómez, T.G. 2013. Composición nutrimental de cuatro especies forrajeras xerófitas del noreste de Nuevo León, México. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias con especialidad en Manejo de Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León, México. 142 pp.

DEDICATORIA

A DIOS: Por regalarme la salud, para cumplir esta meta y seguir gozando de este mundo lleno de cosas maravillosas. Muchas gracias.

A MIS PADRES: Sra. Dora Gómez Ramos y Sr. Nelson Domínguez Jiménez por estar en cada momento conmigo, por sus enseñanzas, sus regaños, sus cuidados, comprensión y cariño, por motivarme a salir adelante en los proyectos emprendidos. Gracias.

A MIS HERMANOS: Gabriela Domínguez Gómez (Mo) a Nelson Eduardo Domínguez Gómez (Gordo), por su apoyo, motivación y estar al pendiente en cada momento que lo necesito; por decir si a este meta que hoy culmina. Los quiero mucho.

A MI COMPAÑERA: María del Socorro Alvarado por emprender este sueño juntos y verlo culminado a su lado, por brindarme su apoyo, cariño y amor en esta etapa de mi vida, esta meta es tuya también. Gracias.

A MI FAMILIARES: Por estar siempre al pendiente de mi estancia fuera de la casa y por cada momento agradable durante mis vacaciones.

A todas las personas que de alguna u otra formar me han ayudado en mis logros.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo otorgado para la realización de estos estudios.

A la Universidad Autónoma de Nuevo León y la Facultad de Ciencias Forestales, por abrirme las puertas para poder realizar mis estudios y brindarme todas las facilidades para llevar a cabo esta investigación.

A la Universidad Juárez del Estado de Durango y la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por auspiciarme durante la estancia de investigación.

Al Dr. Humberto González Rodríguez, por aceptarme como su tesista, desde la maestría, por estar al pendiente fuera y dentro de las actividades académicas, porque nunca escatimó esfuerzo, recurso y tiempo para generar, corregir y mejorar este trabajo, por cada una de las pláticas, por los mensajes positivos acerca de la vida, por abrirme las puertas de su casa y poder convivir con su familia. Excelente ser humano.

Al Dr. Roque Gonzalo Ramírez Lozano, por su valiosa asesoría a lo largo de estos tres años, por obsequiarme sus libros que fueron un gran apoyo para entender cada una de las variables de estudio, por el tiempo, comentarios y correcciones de cada uno de los manuscritos emanados de esta investigación.

Al Dr. Israel Cantú Silva por ser parte del comité de tesis, por sus comentarios tan acertados para la culminación de esta investigación. Por su ejemplo al ver la vida con alegría y sentido familiar, por facilitar el laboratorio a su cargo para realizar los análisis de suelos.

Al Dr. Andrés Eduardo Estrada Castellón, por ser parte del comité de tesis, por su asesoría en la identificación de las especies estudiadas en esta investigación, por el tiempo dedicado a la revisión de esta tesis y sobre todo por las observaciones realizadas a los manuscritos, por preguntar siempre sobre desarrollo académico.

Al Dr. Cesar Martín Cantú Ayala por ser parte del comité de tesis, por sus comentarios en cada seminario y revisión de este documento, por su valioso tiempo, consejos y apoyo cuando lo solicité. Particularmente por compartir conversaciones sobre la vida y posturas políticas.

Al Dr. Marco Vinicio Gómez Meza, Profesor investigador de la Facultad de Economía (UANL), por su disponibilidad para apoyarme en los análisis estadísticos de esta investigación. Le agradezco su entera disposición en las atenciones prestadas durante el curso impartido hacia un servidor. Por su ejemplo de humildad a pesar de ser una persona tan destacada en su área de investigación.

A la Dra. María Andrea Cerrillo Soto, Dr. Arturo Saúl Juárez Reyes y Dra. Maribel Guerrero Cervantes, Catedráticos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

de la UJED por su valioso apoyo durante la estancia de investigación y colaboración en todo lo referente a los análisis de laboratorio.

A Dr José Angel Armenta Quintanilla, por sus comentarios acertados en lo referente a los análisis químicos de laboratorio.

Agradezco a la Sra. Elsa Dolores González Serna, por su apoyo y asesoría en los análisis nutrimentales, por estar siempre disponible para resolver dudas de esta investigación, por cada momento compartido en el laboratorio y sobre todo ser mi familia académica.

A don Manuel Hernández Charles, por estar siempre disponible para cada uno de los muestreos de campo, por transmitir los conocimientos acerca de la plantas, por la buenas platicas a los largo de estos años. Por ser mi asesor, mi amigo y sobre todo por ofrecer su ayuda en cada momento en el cual lo requerí.

A María del Socorro Alvarado, por cada uno de los momentos de desvelos compartidos durante esta investigación, su valiosa ayuda en la escritura de los manuscritos, por sus palabras de motivación que me hacen cada dia ver la vida de otro modo.

Al Perla Cecilia Rodríguez Balboa y Christian Eduardo Marroquín Guerra, por su valiosa contribución en los análisis de laboratorio de esta investigación.

A los propietarios de los ranchos “El abuelo” y “Zaragoza” por facilitar, el acceso a las instalaciones, áreas de estudios y al personal que labora en el mismo.

A mi amigo Juan Manuel López Hernández, por su colaboración en los muestreos de campo, por cada una de las veces que nos juntamos a convivir, haciendo placentera mi estancia en Linares.

A mi amigos Juan Manuel Sánchez González y Nelly Sánchez González por cada uno de los favores realizados durante estos años, por abrirme las puertas de su casa, tanto en Monterrey, como en Tabasco.

También agradezco a mis compañeros Bernardo, Jose Isabel, Santiago, Gaby Joselyn, Jonathan, Victor, por cada uno de los momentos compartidos en la Facultad.

A mis vecinos Elisa Gómez, Donaciano Elizondo y Lorena Trejo por hacer agradable mi estancia en Linares.

Y a todas esas personas con las que conviví en la Facultad, que involuntariamente omito.

CONTENIDO

RESUMEN	iv
SUMMARY	vii
ESTRUCTURA DE LA TESIS	ix
1.- INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.1.- Objetivos	2
1.1.1.- Objetivo General.....	2
1.1.2.- Objetivos Específicos	2
1.2.- Hipótesis General.....	2
Artículo 1. Importancia nutrimental en plantas forrajeras del matorral espinoso tamaulipeco	3
Que es el forraje	5
Factores que afectan la calidad del forraje	5
Importancia de árboles y arbustos forrajeros	6
Importancia del ramoneo	7
Utilización de arbustivas en la alimentación animal	9
Contenido de macronutrientes.....	11
Contenido micronutrientes.....	11
Contenido de proteína en plantas nativas	13
Contenido de fibra en las plantas	14
Contenido de taninos en las plantas.....	14
Conclusiones	16
Resumen	16
Abstract.....	16
Bibliografía	16
Artículo 2. Mineral content in four browse species from northeastern Mexico .	21
Abstract.....	22
Introduction	23
Materials and Methods	24
Results and Discussion.....	26
Conclusions.....	35
Acknowledgements.....	35
References	36
Artículo 3. Nutritional profile of four browse species growing in northeast Mexico.....	41
ABSTRACT	42

INTRODUCTION.....	43
MATERIALS AND METHODS	44
RESULTS AND DISCUSSION	46
CONCLUSIONS	53
ACKNOWLEDGEMENTS.....	53
REFERENCES.....	54

Artículo 4. Nutritional profile of four shrub species, northeastern Mexico 59

Abstract.....	60
Introduction	61
Materials and Methods	62
Sites of Study	62
Sampling	63
Chemical Analyses.....	63
Statistical Analyses	64
Results and Discussion.....	64
Organic Matter Content	65
ADF Content	65
N Content.....	67
Digestible Energy Content	67
Insoluble Neutral Detergent Fiber Content.....	69
Conclusions.....	70
Acknowledgements.....	70
References	71

Artículo 5. Diversidad estructural del matorral espinoso tamaulipeco en el estado de Nuevo León, México durante las épocas seca y húmeda 77

RESUMEN	78
ABSTRACT	79
INTRODUCCIÓN	80
MATERIALES Y MÉTODOS	81
Composición y estructura de la vegetación	82
Análisis estadísticos.....	84
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	84
Composición botánica y estructural	84
Diversidad de especies en los sitios de estudio.....	87
Similitud florística en los sitios de estudio	90
Indicadores ecológicos en los sitios de estudio	91
Temporada de sequía (verano)	91
Temporada húmeda (otoño).....	92
CONCLUSIONES	99

AGRADECIMIENTOS	99
LITERATURA CITADA.....	99
Artículo 6 Influencia del polietilén glicol sobre los parámetros de producción de gas <i>in vitro</i> en cuatro forrajeras nativas consumidas por el venado cola blanca.....	105
RESUMEN	106
ABSTRACT	106
INTRODUCCIÓN	107
MATERIALES Y MÉTODOS	107
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	109
CONCLUSIÓN.....	109
AGRADECIMIENTOS	115
LITERATURA CITADA.....	116
3.- CONCLUSIONES GENERALES	118
4.- PULICACIONES PRODUCIDAS Y PARTICIPACIÓN EN CONGRESOS	120
Artículos científicos	120
Participación en congresos	121
APÉNDICE.....	123

RESUMEN

El matorral espinoso tamaulipeco está compuesto por aproximadamente 60 especies leñosas, muchas de ellas importantes en la producción forestal y silvopastoril (madera, postes, leña, forraje, etc.). No obstante de que se han desarrollado diversos estudios biológicos, ecológicos y florísticos en distintos tipos de vegetación en México, existe poca información acerca del contenido nutrimental y composición química de especies nativas. El objetivo de la presente investigación fue conocer durante un año de estudio el contenido foliar de Calcio (Ca), Potasio (K), Magnesio (Mg), Nitrogeno (N), Sodio (Na), Fósforo (P), Cobre (Cu), Fierro (Fe), Manganeso (Mn) y Zinc (Zn), Materia Orgánica (MO), Fibra Detergente Neutro, (FDN), Fibra Detergente Ácida (FDA), Lignina Ácido Detergente (LAD), Hemicelulosa (HC), Celulosa (CEL), Proteína Cruda (PC), Digestibilidad de la Materia Seca (DMS), Energía Metabolizable (EM), Energía Digestible (ED) y la Fibra Detergente Neutro Insoluble (FDNI). Las cuatro especies de plantas arbustivas evaluadas fueron *Acacia amentacea* DC., *Parkinsonia texana* (A. Gray) S. Watson var. *macra* (I.M. Johnst.) Isely, *Forestiera angustifolia* Torr. y *Celtis pallida* Torr. Para ello, se realizaron doce colectas de material vegetal de enero a diciembre de 2009, en tres municipios de Nuevo León, México (China, Linares y Los Ramones). Los contenidos nutrimentales y la composición química fueron analizados estadísticamente utilizando el diseño completamente al azar con arreglo factorial, siendo los sitios (3), muestreos (12 meses) y especies de plantas (4) los factores. El contenido de los nutrimentos y la composición química fueron estadísticamente diferentes ($P < 0.001$) entre sitios, muestreos y especies, al igual que las interacciones dobles y triples. En general, las

plantas del sitio Los Ramones presentan el contenido más alto de macro-nutrientes (Ca, K, Mg, N, Na y P) seguido de China y Linares. La especie con mayor contenido de macro-nutrientes fue *Celtis pallida* para los tres sitios de estudio. Mientras que para el caso de micro-nutrientes (Cu, Fe, Mn, y Zn) el orden de contenido por sitio fue China>Los Ramones>Linares. La especie con mayor contenido de micro-nutrientes fue *Parkinsonia texana* para los sitios Los Ramones y Linares, mientras que *Celtis pallida* para el sitio China. En general, las plantas del sitio Linares presentan los contenidos más altos en lo que se refiere a composición química (FDN, FDA, LAD, HC, CEL, PC, DMS, EM, ED y FDNi) seguido de China y Los Ramones. Las diferencias en el contenido de nutrientes y el contenido químico entre las especies estudiadas pueden estar influenciadas por las demandas o necesidades específicas de cada especie vegetal, tipo de suelo y condiciones climáticas que prevalecen en cada sitio de estudio. Por otro lado, el contenido nutricional y la composición química en el tejido foliar indican de manera general que las arbustivas evaluadas pueden satisfacer las demandas nutricionales de rumiantes en pastoreo, por lo que presentan un potencial forrajero para ser incorporadas en los sistemas extensivos. Además se caracterizó la diversidad estructural de las especies presentes de los sitios de estudio durante dos épocas de año. El número total de individuos en los tres sitios de estudio registrados durante la temporada seca y húmeda fue de un total de 1,251 y 2,457, respectivamente. Las familias florísticamente dominantes fueron Fabaceae y Cactaceae. El índice de diversidad de Shannon-Wiener mostró diferencia significativa para la combinación sitio*temporada de muestreo, mientras que el índice de Jaccard, mostró, la mayor similitud para el sitio Linares y la menor para el sitio China. La cobertura promedio para los tres sitios

de estudio fue de 1,061 m² y 1,847 m² en las temporadas seca y húmeda, respectivamente.

SUMMARY

The Tamaulipan thornscrub is composed of almost 60 woody species, many of them are important in the forest and silvopastoral productions (timber, studs, wood and forage). Although several studies of biological, ecological and floristic topics have been developed in Mexico on different vegetation types, there is a little information about the nutritional and chemical content of native species. The objective of this research was to know for a year of study, the foliar content of Calcium (Ca), Potassium (K), Magnesium (Mg), Nitrogen (N), Sodium (Na), Phosphorous (P), Copper (Cu), Iron (Fe), Manganese (Mn), and Zinc (Zn), Organic Matter (OM), Neutral Detergen Fiber (NDF), Acid Detergent Fiber (ADF), Acid Detergent Lignin (ADL), Hemicellulose (HCL), Cellulose (CL), Crude Protein (CP), Dry Matter Digestibility (DMD), Metabolizable Energy (ME), Digestible Energy (ED) and Indigestible Neutral Detergent Fiber (INDF). The four shrub species were: *Acacia amentacea* DC., *Parkinsonia texana* (A. Gray) S. Watson var. *macra* (I.M. Johnst.) Isely, *Forestiera angustifolia* Torr. and *Celtis pallida* Torr. In order to achieve the objectives, twelve samples of leaves were collected from January to December of 2009 in three counties of Nuevo Leon state, Mexico (China, Linares and Los Ramones). The nutrient content and chemical composition were statistically analyzed using a completely randomized design with factorial arrangement where the factors are sites (3), sampling (12 months) and plant species (4). The nutrient content and chemical composition was statistically different ($P < 0.001$) between sites, months of sampling and species as well as double and triple interactions. In general, the species from Los Ramones site presented the highest macro nutrient content (Ca, K, Mg, Na

and P) follows by China and Linares. The specie with highest content of macro nutrients was *C. pallida* to the three study sites while to micro-nutrients (Cu, Fe, Mn, and Zn) the order in content was: China>Los Ramones>Linares. The specie with the highest content of micro-nutrients was *P. texana* to Linares and Los Ramones sites while *C. pallida* to China site. In general the plants of Linares site presented the highest content of Chemical composition (NDF, ADF, ADL, HCL, CL, CP, DMD, ME, DE and INDF) followed by China and Los Ramones. The differences in nutrient content as in chemical content between the studied species could be influenced by the particular needs of each specie, the soil type and climatic conditions in each study site. The nutrient content and the chemical composition in the foliar tissue indicate that generally the studied species meet the nutritional requirements of range ruminants, consequently they present a potential as good forage to be incorporated in the extensive systems. Additionally, the structural diversity of the present vegetal species in the sites of study was characterized during the dry and wet seasons of the one year. The total number of individuals registered in the three study sites during the dry and wet seasons were 1,251 individuals and 2,457 individuals, respectively. Floristically the dominant families were Fabaceae and Cactaceae. The Shannon-Wiener index showed significative difference to the combination site*sampling season, while the Jaccard Index showed the highest similarity in Linares site and the lowest in China site. Average coverage to the three sampling sites was 1,061 m² in the dry season and 1, 847 m² in the wet season.

ESTRUCTURA DE LA TESIS

Los resultados generados en esta investigación son abordados en seis artículos científicos, por lo cual ha sido organizada de la siguiente manera: **Artículo 1:** Revista (Ciencia UANL) en este se hace una reseña de la importancia nutrimental de las especies nativas con potencial forrajero en el Noreste de Nuevo León, México, se concluye que los arbustos nativos pueden ser incorporados a los sistemas extensivos ya que pueden ser una fuente, complementaria de nutrimentos. **Artículo 2:** Revista (Pakistan Journal of Botany) éste versa sobre los contenidos de macro-micro nutrimentos a lo largo de un año, concluyendo que estas especies pueden satisfacer las necesidades metabólicas de pequeños rumiantes excepto el Na, P y Cu. **Artículo 3:** Revista (African Journal of Biotechnology) éste trata sobre el perfil nutricional, así como la DMS y EM, a lo largo de doce meses, en este apartado, se concluye que los arbustos evaluados presentan suficientes niveles de PC y EM, durante todo el año y debido a la baja FDN, ADL y DMD alta, estas pueden considerarse como una fuente de forraje para mejorar las características de rendimiento de los pequeños rumiantes en pastoreo en el noreste de México. **Artículo 4:** Revista (International Journal of Bio-Resource and Stress Management) este manuscrito analiza el contenido químico, a lo largo de un año, concluyendo que *C. pallida* y *P. texana* tienen potencial como forraje para rumiantes, al contrario de *A. amentacea* y *F. angustifolia* que presentan altos contenido de FDA, FDNI y bajo contenido de energía digestible. **Artículo 5:** (Revista Mexicana de Ciencias Forestales INIFAP) aborda la composición estructural y la cobertura de las especies vegetales presente en cada uno de los sitios de estudios durante la época seca y

concluyendo que los sitios de estudios presentan alta semejanza durante las dos épocas de muestreo debido que comparte varias especies entre sí. **Artículo 6:** (Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente) éste aborda la influencia del polietilén glicol sobre los parámetros de producción de gas en vitro, concluyendo que los elevados valores de PC, EM y los parámetros de producción *in vitro*, aunados a los bajos contenidos de fibra en *C. pallida* y *P. texana* podrían indicar que estas especies representan un importante potencial alimenticio para rumiantes domésticos. Adicionalmente se realizaron análisis físico químicos de suelo en forma estacional, a dos profundidades los cuales se anexan en el apéndice de esta tesis, de igual forma se colocaron sensores remotos de la familia HOBO, para conocer el comportamiento de la variables climáticas (precipitación, humedad relativa y temperatura) con la finalidad de poder darle respuesta a cada una de la variables de estudio, sin embargo es necesario seguir realizando investigaciones en la zona de estudio, pero sobre todo evaluar cada una de la variables que tan generosamente nos ofrecen los ecosistemas.

1.- INTRODUCCIÓN GENERAL

En el estado de Nuevo León, la distribución del clima y suelo no son uniformes; la precipitación y temperatura tiene una distribución irregular, por lo que se pueden identificar regiones áridas y semiáridas en las cuales predomina una baja producción de forraje, llevando al interés de la utilización del follaje de árboles y arbustos nativos como fuentes potencial y sustentable de alimento para rumiantes en pastoreo. Dentro de estas zonas se extiende la vegetación comúnmente conocida como Matorral Espinoso Tamaulipeco, el cual se compone de arbustos y de árboles diversos, densos y espinosos, por lo cual el estado de Nuevo León presenta una oportunidad de estudiar las plantas nativas con un potencial forrajero, muchos árboles y arbustos de especies leguminosas son utilizadas como alimento para el ganado, diversos autores mencionan que unos de los problemas que limita la producción animal es el bajo contenido proteico de las plantas, el bajo consumo de energía, debido al alto contenido de la pared celular en los forrajes y la deficiencia de minerales. Por lo que esta región brinda una oportunidad para investigar el valor nutritivo de especies vegetales, mediante la composición química nutrimental ya que es una herramienta útil para la evaluación y conservación de los recursos naturales.

1.1.- Objetivos

1.1.1.- Objetivo General

Determinar y comparar durante un año de estudio la composición química de cuatro especies vegetales, *Acacia amentacea* DC., *Parkinsonia texana* var. *macra*, *Forestiera angustifolia* Torr., *Celtis pallida* Torr. en tres sitios del noreste de Nuevo León, México.

1.1.2.- Objetivos Específicos

- a) Determinar la concentración de macro- (Ca, P, N, Na, Mg y K) y micro-nutrientes (Cu, Fe, Mn y Zn) en el tejido foliar de cuatro especies del noreste Nuevo León, México.

- a) Determinar el contenido Fibra Detergente Neutro, (FDN), Fibra Detergente Ácida (FDA) Lignina Ácido Detergente (LAD), Hemicelulosa (HC), Celulosa (CEL), Proteína Cruda (PC), Digestibilidad de la materia seca (DMS), Energía metabolizable (EM), Energía Digestible (ED) y Fibra Detergente Neutro Insoluble (FNDI) en el tejido foliar de cuatro especies del noreste Nuevo León, México.

- b) Determinar la diversidad estructural vegetal presentes en los tres sitios de estudios utilizando diferentes parámetros ecológicos como abundancia, dominancia, frecuencia y valor de importancia para cada especie.

1.2.- Hipótesis General

- a) Existe diferencia en el contenido nutrimental y composición química entre sitios, fechas de muestreo, especies y las interacciones dobles y triples.

**Artículo 1. Importancia nutrimental en plantas forrajeras del
matorral espinoso tamaulipeco**



CIENCIA XUANL
ANIVERSARIO

Importancia nutrimental en plantas forrajeras del matorral espinoso tamaulipeco

TILO GUSTAVO DOMÍNGUEZ GÓMEZ *, ROQUE GONZALO RAMÍREZ LOZANO**, ANDRÉS EDUARDO ESTRADA CASTILLÓN*, LAURA MAGDALENA SCOTT MORALES*, HUMBERTO GONZÁLEZ RODRÍGUEZ*, MARÍA DEL SOCORRO ALVARADO*

Las variadas especies vegetales que se distribuyen en la región noreste de México se categorizan en varios grupos, con base en sus adaptaciones ecológicas y usos forestales, los cuales constituyen el llamado tipo de vegetación “Matorral espinoso tamaulipeco (MET)”, el cual se extiende sobre 125,000 km² desde la planicie costera del Golfo de México hasta la ribera sur de Texas, en Estados Unidos de Norteamérica.^{1,2} La vegetación de esta área consta de pequeños árboles y arbustos conocidos localmente como “matorrales”.³⁻⁵ El MET está compuesto por casi 60 especies leñosas, muchas de ellas importantes en la producción forestal, silvopastoril (madera, postes, leña, forraje, etc.), las cuales constituyen las actividades más comunes.

Las plantas leñosas de los matorrales son económicamente importantes para la población rural, ya que son utilizadas como fuente de forraje para los animales.⁶ No obstante, las grandes variaciones en condiciones climáticas y edáficas en las zonas áridas y semiáridas propician tipos de matorrales extremadamente diversos, en términos de composición de especies, altura, densidad y asociaciones de plantas.^{7,8} Además, la vegetación de esta zona ha presentado notables cambios en la estructura, composición y una degradación lenta e irreversible, tal vez como resul-

tado de diversas actividades humanas, como la tala selectiva de determinadas especies o sobrepastoreo por ganado.⁹

La ganadería a gran escala ha sido practicada durante 350 años en esta zona.⁹ Los resultados de largo plazo de este tipo de pastoreo son la pérdida de la calidad y la cantidad de especies de plantas forrajeras, seguido por una reducción de la cubierta vegetal que cubre y protege el suelo.⁹ La ventaja de las especies nativas del MET como fuente de alimento radica en que éstas presentan hojas durante la mayor parte del año, con un contenido relativamente alto de proteína cruda; en cambio, las herbáceas y zacates de los pastizales son fuente importante de forraje sólo en las temporadas de lluvia.¹⁰

La mayoría de esas plantas proporciona hábitat para la vida silvestre y cobertura para prevenir la erosión del suelo.¹¹ Este tipo de vegetación se caracteriza por un amplio rango de patrones de crecimiento, diversidad en la longevidad foliar, dinámicas de crecimiento y de contrastantes desarrollos fenológicos.¹² Las características de clima y suelo del noreste de

* Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales.

** Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas.

Contacto: tilo.dominguezgm@uanl.edu.mx

México no son uniformes; la distribución irregular de precipitación y temperatura ha ocasionado que a lo largo del tiempo se constituyan varios tipos de vegetación.¹⁰ La amplia diversidad de plantas nativas del noreste de México tiene un potencial forrajero, y es ejemplo típico de una gran plasticidad en la respuesta a factores climáticos y edáficos extremos.

Qué es el forraje

El forraje se define como cualquier parte comestible no dañina en una planta, o una parte de la planta con nutrientes disponible para los animales en pastoreo y fauna silvestre. La planta o parte de ésta debe cumplir varios requisitos antes de ser considerada como forraje. Los más importantes son la palatabilidad y disponibilidad y si provee o no nutrientes. Con respecto a la última condición, muchas plantas consideradas como tóxicas o dañinas no se catalogan como especies forrajeras, porque no proveen nutrientes al ser consumidas, más bien causan enfermedades, daños tóxicos y, en ocasiones, la muerte. Hay excepciones en aquellos animales capaces de consumir cierta cantidad de plantas tóxicas sin daños. Asimismo, algunas plantas tóxicas se consideran un buen forraje, y son tóxicas únicamente con un manejo inadecuado.¹³

Además, el valor nutritivo de un forraje es una función de la cantidad consumida de alimento y la eficiencia con que los nutrientes se extraen de este alimento durante la digestión.¹⁴ El alimento consumido por el rumiante se determina por el llenado ruminal que está directamente relacionado con la velocidad de digestión o, más específicamente, a la velocidad del paso de partículas fibrosas por el rumen.¹⁵ La productividad de los rumiantes está relacionada con el potencial que un alimento suplementa, a través de una efectiva fermentación microbiana

en el rumen, las cantidades y el balance de los nutrientes necesarios para el mantenimiento y función productiva del animal. No hay una definición simple del valor nutritivo. La composición química por sí misma es una pobre definición del valor nutritivo, dado que la disponibilidad de nutrientes de los forrajes es variable.¹³

Se ha demostrado que el consumo de la materia seca digestible (o energía) está altamente correlacionado con la productividad del rumiante para cualquier alimento, pero no provee información de la composición de nutrientes absorbidos. Conforme el conocimiento acerca de la nutrición en rumiantes se ha expandido, también ha aumentado la necesidad de distinguir alimentos de acuerdo con su capacidad de suplementar nutrientes en proporciones balanceadas para satisfacer funciones productivas particulares.¹⁶

Factores que afectan la calidad del forraje

Las plantas, sin embargo, crecen en medios adecuados a sus requerimientos; algunas experimentan fluctuaciones de acuerdo con el medio ambiente y el estrés, que modifican su morfología y su tasa de desarrollo, limitan la producción y alteran su calidad. Esto causado por numerosos factores, siendo los de mayor importancia: la temperatura, el déficit de agua, la radiación solar, la deficiencia de nutrientes y las plagas.¹⁷

Con respecto a la temperatura, se ha observado que los componentes de la pared celular depositados en condiciones de bajas temperaturas se encuentran menos lignificados y presentan altos valores en digestibilidad. En cambio, en temperaturas altas, la síntesis de lignina se incrementa preferentemente, y causa que el forraje producido presente baja digestibilidad. También se ha encontrado que las concentraciones de fibra detergente ácido (FDA), celulosa y sílice se incrementa cuando aumenta la tempera-

tura, pero las concentraciones de hemicelulosa disminuyen. Sin embargo, los niveles de FDA, celulosa y sílice decrecen y el nivel de lignina se incrementa con un aumento en la radiación solar; no obstante, la temperatura tiene efecto más profundo sobre la calidad del forraje que el flujo de luz.¹⁸

El estrés producido por la falta de agua en las plantas forrajeras se traduce en un incremento en la digestibilidad y en una disminución en las concentraciones de la pared celular y la lignina, en comparación con los forrajes no estresados.^{19, 20} Con respecto a esta particularidad, Wilson¹⁹ considera que se debe a que el estrés causado por agua ocasiona un crecimiento lento, además de un retraso en el desarrollo del tallo.¹⁹

Debido a que el contenido de nutrientes de los forrajes es influenciado por la cantidad y disponibilidad de productos metabólicos y anabólicos, incluyendo los contenidos celulares y la pared celular, cualquier factor que altere estos productos también afecta la calidad del forraje. La temperatura usualmente tiene un gran impacto en calidad del forraje, más que otros factores ambientales a los que se enfrentan las plantas. La temperatura de la planta es el resultado de interacciones complejas entre ésta y el intercambio de energía en el medio ambiente, y es influenciada por el flujo de la densidad de radiación, calor de conducción, calor de convección, calor latente, la respiración, la energía almacenada y las características anatómicas y morfológicas, fisiológicas y bioquímicas. Además, debido a las variaciones en la cobertura, aspectos particulares de las partes de las plantas y el resultado de diferencias en la carga de radiación, la temperatura de los tejidos varía ampliamente en cualquier tiempo.²¹ Una baja en la digestibilidad del forraje a altas temperaturas ha sido consistentemente asociada con un aumento sustancial en la cantidad de pared celular indigestible.²² El alto potencial de producción vegetal está,

por lo general, asociado negativamente a muchas plantas adaptadas a la sequía. Asimismo, las características xeromórficas de las plantas decrecen en climas cálidos o secos, teniendo paredes celulares delgadas, cutícula delgada y tejido altamente lignificado.

Estas características, por lo común, se asocian con una baja digestibilidad. El estrés por agua, generalmente, tiene un pequeño efecto sobre la calidad del forraje más que sobre el crecimiento y desarrollo, y la mayoría de los efectos sobre la calidad del forraje son positivos; primero, debido a que la madurez se retrasa por estrés hídrico.²³ El sombreado típicamente tiene un reducido efecto sobre la calidad de las plantas, comparado con la morfología o producción. Los componentes de la pared celular se depositan antes en el siguiente orden: hemicelulosa, celulosa y lignina; aunque hay traslapes entre otros. La reducción en la composición de la pared celular por el sombreado se refleja en un aumento en la digestibilidad de la materia seca, en 5%, con un sombreado intenso.²⁴

Importancia de árboles y arbustos forrajeros

Los árboles y arbustos contribuyen a asegurar una dieta nutritiva para el ganado. Muchos árboles forrajeros tienen su hábitat en zonas áridas y semiáridas donde las condiciones del medio son difíciles para el cultivo de pastos introducidos; en estos casos, el pastoreo depende exclusivamente de dichos árboles y arbustos ya que, de otra forma, los animales no sobrevivirían.²⁵ En numerosas regiones del mundo, la mayor parte de los ganaderos y pastores reconoce el valor de los árboles y ha establecido medidas para su protección; pero en otras, estas medidas se las dejan a la naturaleza que actúa sobre la misma regeneración de las especies. Cuando hay exceso de pastoreo el suelo se erosiona y, por tanto, disminuye su capacidad productiva, lo que se refleja

en la pérdida de cubierta vegetal que podría seguir suministrando forraje durante varios años. Cuando el suelo se somete a cultivos intensivos, el espacio para los árboles es poco o nulo. Muchas veces las necesidades de alimentación de los rebaños se compensan con el forraje producido por árboles plantados en los linderos, como cercas vivas y cortinas rompevientos.²⁶

La ventaja de utilizar el estrato arbustivo como fuente de alimento radica en que las arbustivas presentan hojas verdes durante la mayor parte del año, con un alto contenido de proteína cruda;²⁷ en cambio, las herbáceas latifoliadas y zacates de los pastizales son fuentes importantes de forraje sólo en las temporadas de lluvia.²⁸ Hay evidencia considerable de que la inclusión de hierbas y arbustos en la dieta del ganado mejora el comportamiento de éste, cuando los pastos están en latencia y son de baja calidad²⁹⁻³¹. Holechek *et al.*³² señalan que las hojas de hierbas y arbustivas contienen más proteína, fósforo y carbohidratos solubles que los pastos en similares estados de madurez.³² Asimismo, el contenido de nutrientes de un forraje está determinado por su composición química y digestibilidad, pero la composición se determina por la naturaleza de la planta.¹⁷ En cambio, otros autores reportan que el contenido de nutrientes del ramoneo sugiere que, en general, las hojas de arbustos y árboles contienen más altos niveles de calcio y proteína cruda que muchos forrajes comerciales.³³ Algunos arbustos contienen altos niveles de compuestos antinutricionales en regiones tropicales; sin embargo, cuando las hojas de árboles se han usado como suplementos, los rumiantes incrementaron el peso vivo o la producción de leche, y redujeron el costo de producción por el uso de árboles nativos de bajo costo.

Varias características agronómicas deseables dentro de las especies arbustivas y árboles son potencialmente importantes en la alimentación animal, den-

tro de las cuales destacan que: sean de fácil establecimiento, que compitan con éxito contra malas hierbas, que sean altamente productivas aun después de cortadas o usadas por el pastoreo, que se adapten con facilidad a climas particulares y a diferentes condiciones edáficas y del medio ambiente, que prosperen con poco o nada de fertilizantes, y resistan a enfermedades y plagas locales; asimismo, que posean una adecuada producción de semilla o que se propaguen vegetativamente, además de un buen contenido de nutrientes y palatabilidad por los animales.³⁴

De acuerdo con la mayoría de los investigadores, los principales factores que limitan el comportamiento productivo de los animales en pastoreo son: el bajo contenido proteico de las plantas, un bajo consumo de energía debido al alto contenido de fibras en los forrajes y deficiencias de minerales y vitaminas.^{35,36} Sin embargo, la escasez de nutrientes minerales limita la producción vegetal en la mayoría de los ambientes. En condiciones naturales, la cantidad de nutrientes disponibles es siempre limitada y las adiciones externas son escasas, por lo que las plantas necesitan reciclar, reducir las pérdidas y maximizar la eficiencia en el uso de nutrientes para conseguir una máxima producción de biomasa, con una cantidad dada de nutrientes.³⁷ De acuerdo con las experiencias y observaciones de campo obtenidas en el noreste de México, las plantas leñosas (árboles y arbustos), características de los ecosistemas naturales del matorral xerófilo, desempeñan una doble función en el hábitat, ya que además de constituir la principal fuente de alimento, cumplen con la función de servir como medio de cobertura y protección al suelo, para evitar la erosión.^{11,38}

Importancia del ramoneo

Se consideran plantas de ramoneo aquéllas de valor nutritivo, con un alto nivel de proteína, bajo conte-

nido de fibra y aun cuando el contenido de lignina o sílice sea alto, su efecto sobre la digestibilidad sea contrarrestado por un bajo contenido de pared celular y un bajo grado de asociación de la lignina con celulosa y un alto contenido de proteína y minerales solubles.³⁹ El ramoneo ofrece a los animales la mejor oportunidad de satisfacer sus requerimientos, porque posee alimentos frescos, como hojas, semillas, frutos y rebrotes que proveen un beneficio colateral al reducir la infestación de parásitos. Asimismo, ayuda como suplemento cuando la calidad del forraje declina y sostiene el rendimiento de animales en pastoreo, a lo largo de las diferentes estaciones del año.⁴⁰ Las hojas, tallos, yemas, frutos de árboles y arbustos, que en conjunto constituyen el ramoneo, representan un importante recurso alimenticio para los rumiantes en pastoreo. Además, la condición perenne de éstos les permite mantenerse verdes durante los inviernos húmedos, y no disminuye notablemente el contenido de nutrientes, como los pastos y hierbas con ciclo vegetativo anual, que al madurar disminuyen la disponibilidad de sus nutrientes accesibles para el animal que los consume.

Sin embargo, muchas de las especies arbustivas reducen el aprovechamiento de sus nutrientes, especialmente de la proteína.⁴¹ Bajo condiciones de pastoreo, todos los pequeños rumiantes consumen forraje selectivamente, las cabras y el venado no son la excepción. Mientras que en rumiantes bajo condiciones tropicales se ha observado una alta selectividad durante el ramoneo, sobre todo durante la estación seca en que estas especies de plantas mantienen forraje verde de un gran contenido nutricional.⁴² Por lo general, se les considera como ramoneadores, debido a que consumen vegetación del matorral, aunque prefieren las hierbas más que los arbustos, pero están obligados a consumir arbustivas cuando las plantas herbáceas no están presentes en el agostadero o declinan en calidad nutritiva. En la mayoría de los

estudios realizados, el ramoneo excede 50% de los componentes de la dieta anual de cabras y venados. Varias causas explican la habilidad de éstos para consumir forraje proveniente de árboles pequeños y arbustos, destaca lo siguiente: son de talla pequeña, el total de los nutrientes consumidos por peso corporal es alto, además, su boca pequeña, labios móviles y lengua prensil permiten una gran selección de hojas pequeñas, entre otros.^{43,26}

La dieta y el hábitat de los pequeños rumiantes se caracterizan por ser variados. Los venados, cabras y borregas en libre pastoreo prefieren el follaje proveniente de árboles, arbustos y herbáceas dicotiledóneas sobre monocotiledóneas (ramoneo). Los recursos alimenticios apropiados para especies pueden ser inadecuados para otras especies, aunque las especies sean muy similares en apariencia y forma.⁴⁰

El follaje clasificado como ramoneo puede ser rico en nutrientes, pero frecuentemente contiene químicos secundarios, como taninos terpenos/terpenoides u otros compuestos que restringen la disponibilidad de los nutrimentos, o en otra forma dañan al animal. Sin embargo, se reporta que al agregar alimentos comunes, como la cebada, se reduce la sobrecarga de compuestos secundarios y entonces mejora el valor nutritivo del ramoneo.⁴⁴

Otro aspecto importante del ramoneo es el control de especies tóxicas, cuando se hace de forma simultánea entre equinos y rumiantes, ya que aparentemente controlan la pérdidas de animales por plantas venenosas, debido a que cabras y borregas consumen y controlan vegetación rica en taninos en las áreas donde hay sequía.⁴⁰ Las cabras y borregas reducen la dispersión de malezas y plantas leñosas vía semilla, y se han usado con éxito para reducir el crecimiento excesivo de arbustivas para el mejoramiento de hábitats de vida silvestres.⁴⁰

Utilización de arbustivas en la alimentación animal

Las hojas, yemas y ramas de árboles y arbustos constituyen un componente de la vegetación nativa y no son siempre comunes en áreas montañosas frías y regiones semiáridas. Las especies presentes y su densidad varían ampliamente con respecto al clima, tipo de suelo y precipitación. Se ha encontrado extensa variabilidad en los valores nutritivos en especies de arbustos y árboles usados en la alimentación del ganado. Esta variación se debe a la amplia diversidad inherente de los valores nutritivos entre especies, así como a la fluctuación encontrada en las especies, por las diferencias en las partes de las plantas, edad del tejido, tipos de suelo y condiciones ambientales pre- valescentes, en las cuales las plantas crecen.⁴⁵

Por ello, uno de los principales problemas que limitan la producción animal en muchas áreas del mundo es el estado nutricional de los animales. Según muchos investigadores, las plantas con baja calidad nutrimental limitan el comportamiento productivo de los animales en pastoreo.³⁶ Por otra parte, el contenido de nutrientes de los forrajes está en función de su digestibilidad, composición química y presencia de toxinas o factores antinutritivos. El estudio de árboles y arbustos que se desarrollan en regiones áridas y semiáridas en el mundo, como fuente de alimento para pequeños rumiantes bajo sistemas de manejo extensivo, recientemente ha cobrado gran interés por parte de los nutricionistas del pastizal. Además, fomenta una nueva forma de utilización de los recursos naturales que conlleva la generación de productos alimenticios en beneficio del hombre.

Los recursos naturales que se encuentran en los agostaderos del norte de México son útiles en la alimentación animal bajo sistemas extensivos; sin embargo, pocos de éstos se han estudiado para tal fin.

Existe evidencia considerable de que la inclusión de arbustos en la dieta del ganado mejora el comportamiento de éste, cuando los pastos están en latencia y son de baja calidad.³¹ Las plantas arbustivas en las regiones semiáridas del noreste de México representan una importante fuente de alimentos para los rumiantes.⁴⁶ Ramírez y Ledezma⁴⁷ reportan que las hojas de arbustos como *Acacia amentacea* y *Acacia farnesiana* son consumidas por el ganado y el venado cola blanca en el noreste de México, y representan un suplemento económico para las cabras, ya que la utilización de nitrógeno y el consumo de materia seca es similar cuando se adiciona a la dieta heno de alfalfa o especies nativas, como el huizache (*Acacia farnesiana*).⁴⁷

Degen *et al.*⁴⁸ mencionan que las especies del género *Acacia* son una fuente de follaje atractiva, debido a la tolerancia a la sequía, a la habilidad de desarrollo en suelo pobre y porque producen buena biomasa y una elevado contenido de proteína.⁴⁸ De la misma manera, Guerrero⁴⁹ menciona que las especie *Opuntia* toleran las altas temperaturas y la falta de lluvia, característica de las zonas áridas y semiáridas de nuestro país. Además, es un forraje interesante, porque transforma el agua y los carbohidratos solubles con mucha más eficiencia que los pastos y leguminosas. Asimismo, se considera que el nopal maduro produciría hasta 100 toneladas de cladodios de cactus en lugares donde la precipitación es menor de 150 mm anuales.⁴⁹

Ramírez y González⁴⁵ mencionan que los pequeños rumiantes en pastoreo en el noreste de México seleccionan 32 plantas arbustivas nativas de la flora de esta región (tabla I), que pertenecen al MET de la Planicie Costera del Golfo; todas representan un importante componente del agostadero para la nutrición de los rumiantes, debido a que dichas plantas proporcionan una dieta de calidad; sin embargo, conforme cambian las estaciones, varía su calidad nutricional.⁴⁵

Existe considerable evidencia⁵⁰ de que cuando el rumiante incluye las hierbas en su dieta mejora su comportamiento, sobre todo en periodos en los que otros grupos de plantas tienen bajo contenido de nutrientes. Aparentemente, los pequeños rumiantes en pastoreo, en los agostaderos del noreste de México, seleccionan hierbas con alto contenido de nu-

trientes cuando están disponibles; especialmente en las épocas húmedas y son las siguientes: *Tiquilia greggii*, *Dyssodia pentachaeta*, *Haplopappus spinulosus*, *Heliotropium angiospermum*, *Palafoxia texana*, *Polyanthes maculosa*, *Ruellia corzoi*, *Sida filicaulis*, *Zephyranthes arenicola*, entre otras de menor importancia.

Tabla I. Arbustos y árboles nativos forrajeros que crecen en el noreste de México, usos y efectos.^{45,66}

Familia	N. científico	N. común	A	M	T	E	O
<i>Boraginaceae</i>	<i>Cordia boissieri</i>	Anacahuita		✓		L	
<i>Cactaceae</i>	<i>Opuntia engelmannii</i>	Nopal	✓	✓			I, P
<i>Celastraceae</i>	<i>Schaefferia cuneifolia</i>	Capul		✓		L	O
<i>Compositae</i>	<i>Gymnosperma glutinosum</i>	Tatalencho		✓			
<i>Ebenaceae</i>	<i>Diospyros texana</i>	Chapote prieto	✓	✓	H	L	I, P, TC
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Bernardia myricaefolia</i>	Oreja de ratón		✓			
	<i>Acacia amentacea</i>	Chaparro prieto		✓		L	C
	<i>Acacia berlandieri</i>	Guajillo	✓	✓	G	L	
	<i>Acacia farnesiana</i>	Huizache		✓	H	L, C	TC, F, C, I, P, F*, B, O
	<i>Acacia wrightii</i>	Uña de gato		✓	H	L	C, I, P, TC, O
	<i>Caesalpinia mexicana</i>	Hierba del potro		✓	H	L	O
<i>Fabaceae</i>	<i>Desmanthus virgatus</i>	Huizachillo		✓			
	<i>Eysenhardtia texana</i>	Vara dulce		✓		L	O
	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucaena		✓	G		F*
	<i>Parkinsonia aculeata</i>	Retama		✓	H		I, P, TC
	<i>Parkinsonia texana</i>	Palo verde	✓	✓		L	
	<i>Ebenopsis ebano</i>	Ébano		✓			
	<i>Havardia pallens</i>	Tenaza		✓	H	L	I, P
<i>Oleaceae</i>	<i>Prosopis glandulosa</i>	Mezquite	✓	✓	H	L, C	I, P, TC
	<i>Forestiera angustifolia</i>	Panalero		✓			
	<i>Condalia hookeri</i>	Brasil	✓	✓	H, G	L, C	I, P, TC, O
<i>Rhamnaceae</i>	<i>Karwinskia humboldtiana</i>	Coyotillo		✓	H		
	<i>Ziziphus obtusifolia</i>	Junco		✓	G		
	<i>Castela erecta</i> var. <i>texana</i>	Chaparro amargoso		✓		L	
<i>Rutaceae</i>	<i>Helietta parvifolia</i>	Barreta		✓	H	L	I, F*
	<i>Zanthoxylum fagara</i>	Colima		✓		L	
<i>Sapotaceae</i>	<i>Syderoxylon celastrinum</i>	Coma	✓	✓		L	O
<i>Scrophulariaceae</i>	<i>Leucophyllum frutescens</i>	Cenizo		✓			
<i>Ulmaceae</i>	<i>Celtis pallida</i>	Granjeno		✓	H	L	I, P, TC
<i>Verbenaceae</i>	<i>Lantana macropoda</i>	Mejorana		✓	G		
<i>Zygophyllaceae</i>	<i>Larrea tridentata</i>	Gobernadora		✓	H		F*, B, O
	<i>Guaiaacum angustifolium</i>	Guayacán					

A:Alimentación, M:Medicinal, T:Tóxica, (H:Humano, G:Ganderfa) E: Energía (L:Leña, C:Carbón), O:Otros, (I: Industrial, P:Pigmentos, O: Ornamental, TC: Taninos condensados, C: Construcción, F: Forestal, F*:Fungicida, B: Bactericida).

Contenido de macronutrientes

Los análisis de nutrientes aplicados a las plantas dan la pauta para determinar su potencial y definir el contenido de nutrientes que posee cada una de ellas, y así darle el mejor uso, según el propósito específico. Asimismo, se ha establecido y documentado que los análisis foliares de elementos minerales se han empleado como indicadores, no solamente de estrés entre especies vigorosas y pobres, sino para describir la productividad de un ecosistema.¹¹ Aunado a lo anterior, los nutrientes minerales juegan un papel importante no únicamente en procesos y funciones biológicas de la planta, sino determinan en gran medida la cantidad y calidad de forrajes, e incrementan la productividad del mismo cuando las condiciones climáticas son favorables.¹¹ El contenido de macronutrientes de hierbas y arbustos se ilustra en las tablas II y III. Aparentemente, el forraje de arbustivas nativas, que crece en el noreste de México (tabla III), y que consumen los rumiantes en pastoreo, contiene calcio (Ca) en concentraciones suficientes, durante todo el año, para satisfacer los requerimientos de rumiantes en pastoreo, en todos sus estados fisiológicos.⁵¹ Las hierbas nativas (tabla II) contienen más altas cantidades de Ca que las arbustivas y, los pastos nativos, entre las cuales sobresalen *Heliotropium angiospermum*, *Tequilia greggii* y *Ruellia corzoi*.²⁶ Sin embargo, el fósforo (P) es un nutriente limitante en el noreste de México para los rumiantes en pastoreo que consumen la vegetación nativa. La deficiencia de este elemento se considera la más difundida e importante, económicamente, de todos los minerales no disponibles que afectan al ganado en pastoreo.⁵² Los suelos deficientes en P son comunes, y los forrajes producidos en estos suelos son pobres en P. Además, muchas gramíneas con más de 3.0 g/kg de P, durante las primeras etapas de crecimiento están disponibles sólo por cortos periodos

de tiempo para rumiantes en pastoreo.⁵² Las condiciones de aridez y el aumento en la madurez también repercuten en bajas concentraciones de P en el forraje.⁵³ O, posiblemente en el alto contenido de Ca en el suelo que obstaculiza la absorción de P en las plantas.⁵⁴ O, probablemente los bajos contenidos de P en el tejido foliar entre especies forrajeras corresponden a demandas fisiológicas que cada especie tiene, o bien, a mecanismos de desarrollado.⁵⁵ Por lo tanto, todas las plantas arbustivas y herbáceas tuvieron niveles insuficientes de P para las demandas específicas de rumiantes; sin embargo, se ha determinado que los pequeños rumiantes en pastoreo no muestran los síntomas de deficiencia característicos de la deficiencia de P. Lo anterior explica que los animales consumen hierbas con alto contenido de P, siempre y cuando estén disponibles en el agostadero. Además, es probable que los animales tengan mecanismos de conservación y transferencia de P, proveniente del tejido óseo, similar a aquellos conocidos del Ca. Tales mecanismos permitirían a los animales seleccionar plantas con alto contenido de P en la primavera, y conservarlo para los periodos críticos. Aparentemente, el potasio (K) y magnesio (Mg) contenidos en las plantas arbustivas y hierbas no son nutrientes limitantes para el crecimiento y el desarrollo corporal de los animales rumiantes.

Sin embargo, por lo común, el sodio (Na) es el mineral más deficiente en los ecosistemas de clima templado, como los del noreste de México, y es el único nutriente por el cual los herbívoros desarrollan un alto apetito. Aparentemente, todas las plantas nativas son deficientes en Na. La sal común, por lo general, se utiliza para compensar la deficiencia. El fósforo también debe ser suplementado.⁵¹

Contenido de micronutrientes

El contenido de micronutrientes de hierbas y arbus-

tos se ilustra en las tablas IV y V. El forraje proveniente de algunas arbustivas y hierbas nativas, que crecen en el noreste de México, tiene concentraciones marginalmente menores de Cu a los requeridos por los rumiantes en pastoreo para llevar a cabo las funciones metabólicas. En muchas regiones del mundo, después del P, la deficiencia de Cu es la más importante para animales en pastoreo.⁵⁶

El hierro (Fe) es un mineral que se encuentra en abundancia en todos los tipos de plantas que seleccionan los rumiantes en pastoreo en el noreste de México. Las deficiencias de Fe para rumiantes en pastoreo son raras, a menos que ocurra pérdida de sangre (por parásitos o enfermedad). Todas las arbustivas y hierbas tienen concentraciones de Fe que cubren y, en muchas de éstas, exceden los requerimientos de Fe de rumiantes adultos.²⁶ Los forrajes varían considerablemente en su contenido de Mn, pero las concentraciones, por lo común, son superiores a 20 mg/kg.⁵⁷ Aunque los requerimientos de este elemento se incrementan cuando el contenido de Ca y P es alto en la dieta, la mayoría de las plantas arbustivas forrajeras tiene concentraciones de Mn, para satisfacer los requerimientos metabólicos de pequeños rumiantes.²⁶ Doce de las 32 arbustivas tienen concentraciones de Zn marginalmente bajas para los requerimientos metabólicos de rumiantes en pastoreo. El requerimiento mínimo de Zn para rumian-

Tabla II. Promedios anuales del contenido de Ca, K, Mg, Na, P (g/kg base seca) de hierbas nativas forrajeras que crecen en el noreste de México y los requerimientos mínimos de rumiantes en pastoreo.⁴⁵

Hierbas	Ca	K	Mg	Na	P
<i>Tiquilia greggii</i>	49	15	5	0.7	1.2
<i>Dyssodia pentachyata</i>	32	16	5	0.9	1.5
<i>Haplopappus spinulosus</i>	36	18	4	0.7	1.6
<i>Heliotropium angiospermum</i>	37	27	11	1.8	1.9
<i>Palafoxia texana</i>	18	30	9	1.1	1.6
<i>Polyanthes maculosa</i>	33	26	6	0.7	2.0
<i>Ruellia corzoi</i>	39	24	11	0.7	1.6
<i>Sida filicaulis</i>	22	30	6	1.0	1.4
<i>Zephyranthes arenicola</i>	23	33	5	0.6	2.8
Requerimientos	3	1	6	1.0	3.0

Tabla III. Promedios anuales del contenido de Ca, K, Mg, Na, P (g/kg base seca) de arbustivas nativas forrajeras que crecen en el noreste de México y los requerimientos mínimos de rumiantes en pastoreo.⁶⁶

Arbustivas	Ca	K	Mg	Na	P
Fabaceae					
<i>Acacia amantácea</i>	8	8	4	0.3	1.0
<i>Acacia berlandieri</i>	11	8	6	1.0	1.0
<i>Acacia farnesiana</i>	10	10	8	0.4	1.0
<i>Acacia wrightii</i>	32	15	4	0.3	1.9
<i>Caesalpinia mexicana</i>	33	6	2	0.2	0.9
<i>Desmanthus virgatus</i>	13	9	8	0.4	1.0
<i>Eysenhardtia texana</i>	25	8	2	0.2	0.9
<i>Leucaena leucocephala</i>	12	16	6	1	1.0
<i>Parkinsonia aculeata</i>	19	12	2	0.3	1.4
<i>Parkinsonia texana</i>	12	16	11	0.4	1.0
<i>ebenopsis ebano</i>	22	13	3	0.2	1.0
<i>Havardia pallens</i>	21	8	4	0.3	0.9
<i>Prosopis glandulosa</i>	6	16	4	0.4	1.3
Promedio	17	11	5	0.4	1.1
Otras familias					
<i>Bernardia myricaefolia</i>	42	7	2	0.1	0.9
<i>Castela erecta</i> var. <i>texana</i>	29	8	7	0.3	0.7
<i>Celtis pallida</i>	45	16	13	0.1	1.5
<i>Condalia obovata</i>	10	12	2	0.3	1.1
<i>Cordia boissieri</i>	14	17	8	1	1.3
<i>Diospyros texana</i>	26	15	5	0.3	0.7
<i>Forestiera angustifolia</i>	28	14	3	0.4	1.4
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	11	20	6	0.2	1.3
<i>Helietta parvifolia</i>	29	9	3	0.1	0.7
<i>Karwinskia humboldtiana</i>	53	17	14	0.3	1.5
<i>Lantana macropoda</i>	22	22	2	0.8	1.8
<i>Larrea tridentate</i>	39	25	6	0.8	1.0
<i>Leucophyllum texanum</i>	8	15	5	0.4	1.0
<i>Opuntia engelmannii</i>	26	17	3	0.2	0.5
<i>Guaiaacum angustifolium</i>	14	13	15	1	1.0
<i>Schaefferia cuneifolia</i>	77	14	9	0.2	0.9
<i>Syderoxylon celastrinum</i>	30	14	5	0.4	1.0
<i>Zanthoxylum fagara</i>	45	14	5	0.2	1.8
<i>Ziziphus obtusifolia</i>	8	23	5	0.3	1.0
Promedio	29	15	6	0.4	1.1
Requerimientos	3	1	6	1	3.0

tes varía con la forma química de combinación con otros componentes de la dieta, con excepción de *Parkinsonia texana*, *Leucophyllum frutescens*, *Gymnosperma glutinosum*, *Helietta parvifolia*, *Lantana macropoda* y *Parkinsonia aculeata*. En cambio, todas las hierbas tienen niveles de Zn, en cantidades suficientes para cubrir los requerimientos de rumiantes en pastoreo (30 mg/kg).⁴⁵

Tabla IV. Promedios anuales del contenido de Cu, Fe, Mn, y Zn (mg/kg base seca) de hierbas nativas forrajeras que crecen en el noreste de México y los requerimientos mínimos de rumiantes en pastoreo.⁴⁵

Hierbas	Cu	Fe	Mn	Zn
<i>Tiquilia greggii</i>	14	173	55	67
<i>Dyssodia pentachyata</i>	15	267	46	63
<i>Haplopappus spinulosus</i>	15	196	50	56
<i>Heliotropium angiospermum</i>	19	151	44	55
<i>Palafoxia texana</i>	15	230	65	48
<i>Polyanthes maculosa</i>	12	253	46	47
<i>Ruellia corzoi</i>	16	371	56	39
<i>Sida filicaulis</i>	13	426	81	44
<i>Zephyranthes arenicola</i>	19	428	82	42
Requerimientos	8	40	30	30

Contenido de proteína en plantas nativas

Uno de los principales problemas que limita la producción animal en muchas áreas del mundo es el estado nutricional de los animales. De acuerdo con la mayoría de los investigadores, los principales factores que limitan el comportamiento productivo de los animales en pastoreo son: el bajo contenido proteico de las plantas, el bajo consumo de energía debido al alto contenido de fibra en los forrajes y las deficiencias de minerales o de vitaminas.^{37,52} Uno de los nutrientes más importantes para los animales en pastoreo es la proteína. Aparentemente, el nivel de proteína de 7% en un forraje se considera como conveniente para mantener la actividad de los microorganismos benéficos (bacterias, protozoarios y hongos) en el rumen del animal. Con excepción del nopal y el pasto *Aristida longiseta*.

El contenido de proteína cruda en hierbas y arbustivas se ilustra en las tablas VI y VII. Este contenido relativamente constante a través del año, es más alto que el de los pastos durante la época de seca, por lo que el ramoneo de árboles y arbustos durante esta época se considera un suplemento proteico para los rumiantes domésticos y de vida silvestre.²⁶ En matorrales del noreste de México, se ha encontrado vegetación nativa con mayor contenido de proteína

Tabla V. Promedios anuales del contenido de Cu, Mn, Fe y Zn (mg/kg base seca) de arbustivas y hierbas nativas forrajeras que crecen en el noreste de México y los requerimientos mínimos de rumiantes en pastoreo.⁶⁶

Arbustivas	Cu	Fe	Mn	Zn
Fabaceae				
<i>Acacia amentacea</i>	13	99	20	22
<i>Acacia berlandieri</i>	6	122	27	17
<i>Acacia farnesiana</i>	8	110	33	34
<i>Acacia wrightii</i>	20	244	152	46
<i>Caesalpinia mexicana</i>	4	58	56	32
<i>Desmanthus virgatus</i>	10	442	61	28
<i>Eysenhardtia texana</i>	5	107	57	85
<i>Leucaena leucocephala</i>	14	149	30	21
<i>Parkinsonia aculeata</i>	8	102	42	33
<i>Parkinsonia texana</i>	18	103	25	55
<i>Ebenopsis ebano</i>	6	37	46	19
<i>Havardia pallens</i>	7	93	50	15
<i>Prosopis glandulosa</i>	16	117	35	49
Promedio	10	137	49	35
Otras familias				
<i>Bernardia myricaefolia</i>	3	67	30	33
<i>Castela erecta</i> var. <i>texana</i>	4	274	66	47
<i>Celtis pallida</i>	5	74	40	24
<i>Condalia obovata</i>	11	137	20	18
<i>Cordia boissieri</i>	11	259	19	24
<i>Diospyros texana</i>	8	105	120	16
<i>Forestiera angustifolia</i>	5	262	129	81
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	7	73	41	161
<i>Helietta parvifolia</i>	5	57	46	43
<i>Karwinskia humboldtiana</i>	9	167	78	47
<i>Lantana macropoda</i>	13	100	45	47
<i>Larrea tridentate</i>	5	334	122	54
<i>Leucophyllum texanum</i>	15	364	23	41
<i>Opuntia engelmannii</i>	17	64	36	19
<i>Guaiacum angustifolium</i>	13	156	19	26
<i>Schaefferia cuneifolia</i>	8	132	32	40
<i>Syderoxylon celastrinum</i>	3	163	60	38
<i>Zanthoxylum fagara</i>	6	198	121	42
<i>Ziziphus obtusifolia</i>	17	89	62	17
Promedio	9	162	58	43
Requerimientos	8	40	30	30

en primavera, porque muchas gramíneas y hierbas están en crecimiento y las arbustivas han renovado su follaje; se repite este fenómeno a mediados de junio y septiembre, debido a las precipitaciones estacionales.²⁸ Por ello, todas las arbustivas y herbáceas que crecen en el noreste de México contienen

niveles de proteína para cubrir las demandas de pequeños rumiantes en la mayoría de sus estados fisiológicos. Por lo tanto, es importante mantener la diversidad de plantas forrajeras en el agostadero para proveer a los animales en pastoreo con otro tipo de vegetación (hierbas) y, de esta manera, aumentar las opciones de consumo de plantas con proteína de mayor disponibilidad ruminal.⁴³

Contenido de fibra en las plantas

Los forrajes de baja calidad se caracterizan por su alto contenido de polisacáridos estructurales (celulosa y hemicelulosa: carbohidratos que representan la principal fuente de energía para los rumiantes) y de lignina (compuesto químico indigestible que limita el aprovechamiento de los carbohidratos).⁵⁸ Hay una considerable variación entre especies de plantas, con respecto a la concentración y composición de los carbohidratos estructurales que conforman la fibra (pared celular). La concentración de celulosa es típicamente más alta en las paredes de las leguminosas que en las gramíneas.

Esto refleja una concentración mucho más baja de hemicelulosa en leguminosas comparadas con los pastos. La concentración de celulosa frecuentemente parece ser similar entre pastos. Sin embargo, los pastos perennes de clima cálido realmente contienen carbohidratos estructurales más abundantes que los pastos de clima templado.¹⁷ El contenido de pared celular promedio de las hierbas y arbustivas se muestra en las tablas VI y VII. Aparentemente, aquellas plantas forrajeras por su bajo contenido de pared celular indican una elevada calidad nutricional, debido a su elevado contenido celular, que es abundante en carbohidratos no estructurales, como el almidón, que las plantas almacenan principalmente en las hojas y semillas y son muy solubles (digestibles). Como era de esperarse, la celulosa y la

hemicelulosa tienen un comportamiento similar al de la pared celular en los dos grupos de plantas (hierbas, arbustos). Por lo general, la celulosa tiende a ser más elevada en las plantas forrajeras. La lignina es el componente de la fibra, reconocido como limitante de la digestión ruminal de los polisacáridos de la fibra en el rumen.¹³ Al someter a un análisis de regresión simple entre los datos de lignina y los de digestibilidad de la materia orgánica (DMO) de las hierbas (tabla VI) y arbustivas (tabla VII), se obtuvo un coeficiente de correlación negativo ($r = -0.41$; $P < 0.05$). Lo anterior significa que al elevar los niveles de lignina en las plantas, la DMO disminuye significativamente. Lo anterior confirma la influencia negativa de la lignina sobre la digestibilidad de los nutrientes en las plantas arbustivas.⁴⁵

Contenido de taninos en las plantas

El contenido de taninos en las arbustivas se ilustra en la tabla VII. Los taninos son compuestos fenólicos, y se consideran factores principales detrás de los problemas de bajo valor nutricional de las plantas leguminosas forrajeras.^{59,60} Forman parte integral del sistema de defensa contra los herbívoros y otros patógenos de las plantas, como bacterias, hongos, in-

Tabla VI. Promedios anuales de la composición química (% base seca) y digestibilidad *in situ* de la materia orgánica (DMO, % base seca) de hierbas nativas forrajeras que crecen en el noreste de México.⁴⁵

Hierbas	P	F	C	H	L	DMO
<i>Tiquilia greggii</i>	14	45	23	7	8	61
<i>Dyssodia pentachaeta</i>	11	50	30	11	10	50
<i>Haplopappus spinulosus</i>	15	38	16	10	10	66
<i>Heliotropium angiospermum</i>	20	39	18	13	7	64
<i>Palafoxia texana</i>	17	39	15	17	5	73
<i>Polyanthes maculosa</i>	12	25	11	8	4	85
<i>Ruellia corzoi</i>	17	43	15	14	8	70
<i>Sida filicalis</i>	17	35	18	13	5	75
<i>Zephyranthes arenicola</i>	24	30	18	5	3	87

P: Proteína, F: Fibra, C: Celulosa, H: Hemicelulosa, L: Lignina

sectos y virus.⁶¹ Los taninos forman parte importante de las características que determinan la apetencia a las plantas de los herbívoros, debido a las características astringentes de estos compuestos.⁶² De esta manera, la planta reduce la frecuencia de ataque de los rumiantes y mejora sus posibilidades de sobrevivir. Se ha comprobado que las plantas que reciben mayor ataque de los herbívoros son capaces de aumentar su concentración de taninos.⁶³

Los taninos están ampliamente distribuidos en el follaje de las plantas, y en algunos herbívoros disminuyen la palatabilidad y digestibilidad de la materia seca y proteína.²⁶ Algunas veces actúan como toxinas, más que como inhibidores de la digestión. La diversidad de efectos de los taninos sobre la digestión en parte se debe a la capacidad fisiológica de los animales para utilizarlos; asimismo, debido a las diferencias en las reacciones químicas de los diversos tipos de taninos. En algunos mamíferos, las proteínas salivales reaccionan con los taninos. En el venado, estas proteínas salivales ligadoras de taninos son glucoproteínas con grandes cantidades de prolina, glicina y glutamato/glutamina, pero no se relacionan con la proteína salival ligadora de taninos encontrada en especies no rumiantes.^{64,65} La mayoría de los herbívoros, selectivos de los forrajes que consumen, seleccionan plantas con bajas concentraciones de taninos, relativamente. Los pequeños rumiantes en el noreste de México prefieren seleccionar hojas maduras que los rebrotes de chaparro prieto (*Acacia amentacea*); aparentemente, el material maduro contiene menos taninos condensados, aun cuando las hojas nuevas contienen más nutrientes.²⁶

En sus dietas, los pequeños rumiantes, domésticos y silvestres, en el noreste de México consumen, durante la mayor parte del año, sobre todo, especies arbustivas. Algunas contienen cantidades elevadas de taninos condensados (tabla VII), otras tienen nive-

Tabla VII. Promedios anuales de la composición química (% base seca) y digestibilidad *in situ* de la materia orgánica (DMO, % base seca) de arbustivas nativas que crecen en el noreste de México.^{45,66}

Arbustivas	P	F	C	H	L	T	DMO
Fabaceae							
<i>Acacia amentacea</i>	17	45	15	11	14	19	28
<i>Acacia berlandieri</i>	22	34	9	8	16	23	29
<i>Acacia farnesiana</i>	21	33	8	14	14	2	59
<i>Acacia wrightii</i>	22	41	18	13	13	1	47
<i>Caesalpinia mexicana</i>	14	28	13	7	8	1	62
<i>Desmanthus virgatus</i>	20	35	8	8	12	9	31
<i>Eysenhardtia texana</i>	21	34	11	15	10	1	63
<i>Leucaena leucocephala</i>	24	44	7	28	9	8	63
<i>Parkinsonia aculeata</i>	19	49	23	15	13	3	49
<i>Parkinsonia texana</i>	25	27	7	12	7	9	64
<i>Ebenopsis ebano</i>	21	42	12	19	21	2	35
<i>Havardia pallens</i>	21	36	17	11	9	2	63
<i>Prosopis glandulosa</i>	20	44	16	11	15	1	61
Promedio	20	38	13	13	12	6	50
Otras familias							
<i>Bernardia myricaefolia</i>	17	29	18	4	7	0	60
<i>Castela erecta</i> var. <i>texana</i>	15	43	8	12	22	4	58
<i>Celtis pallida</i>	23	25	11	6	5	0	53
<i>Condalia obovata</i>	16	41	7	11	5	1	47
<i>Cordia boissieri</i>	15	38	21	5	9	0	55
<i>Diospyros texana</i>	13	33	15	8	11	2	61
<i>Forestiera angustifolia</i>	17	42	7	23	12	0	66
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	15	30	8	6	9	5	68
<i>Helietta parvifolia</i>	13	24	14	2	4	0	68
<i>Karwinskia humboldtiana</i>	21	39	10	15	11	3	53
<i>Lantana macropoda</i>	17	30	8	8	8	0	67
<i>Larrea tridentata</i>	17	25	7	4	10	2	52
<i>Leucophyllum frutescens</i>	12	44	9	11	24	1	48
<i>Opuntia engelmannii</i>	5	39	13	24	1	0	50
<i>Guaiacum angustifolium</i>	17	41	13	10	16	2	43
<i>Schaefferia cuneifolia</i>	15	51	15	17	11	0	46
<i>Syderoxylon celastrinum</i>	17	53	31	15	13	3	49
<i>Zanthoxylum fagara</i>	22	34	9	14	9	0	61
<i>Ziziphus obtusifolia</i>	16	30	5	12	12	13	54
Promedio	16	36	12	11	10	2	56

P:Proteína, F:Fibra, C:Celulosa, H:Hemicelulosa, L:Lignina, T:Taninos

les intermedios y, las menos, están prácticamente desprovistas de taninos. Al correlacionar el contenido de taninos condensados en las plantas arbustivas y los valores de digestibilidad de la materia orgánica de esas mismas plantas, se encontró una relación negativa ($r = -0.53$; $P < 0.001$). Lo anterior indicaría que el follaje de arbustivas, con mayor contenido de taninos condensados en su materia orgánica, es me-

nos digerido por los microbios de rumen del herbívoro.⁴⁵

CONCLUSIONES

La importancia de los arbustos nativos en el noreste de México radica en que proporcionan contenidos de nutrientes y proteínas a lo largo de las diferentes estaciones del año, las cuales satisfacen los requerimientos de pequeños rumiantes, mientras que las hierbas sólo están presente en épocas lluviosas. Otro aspecto importante de los arbustos consumidos es que controlan especies tóxicas, de forma simultánea entre equinos y rumiantes, ya que aparentemente controlan las pérdidas de animales por plantas venenosas, debido a que cabras y borregos consumen y controlan vegetación rica en taninos en las áreas donde hay sequía. Además, este tipo de vegetación desempeña una doble función en el hábitat, ya que además de constituir la principal fuente de alimento, cumple con la función de servir como medio de cobertura y protección al suelo, para evitar la erosión. Asimismo, es factible el uso de estas especies en los sistemas extensivos, porque es una fuente complementaria de nutrimentos, disminuye el uso de insumos externos al sistema y conlleva a un beneficio del hombre.

RESUMEN

La ventaja de utilizar el estrato arbustivo como fuente de alimento radica en que las arbustivas presentan hojas verdes durante la mayor parte del año y con un alto contenido de proteína cruda a lo largo del año. Se observa un aumento en primavera, debido a que muchas gramíneas y hierbas están en crecimiento, y las arbustivas han renovado su follaje; se repite este fenómeno a mediados de junio y septiembre, debido a las precipitaciones estacionales. En cam-

bio, las hierbas y zacates de los pastizales son fuente importante de forraje sólo en las temporadas de lluvia. No obstante estas ventajas, algunos arbustos contienen altos niveles de compuestos antinutricionales que han afectado su digestibilidad, pero debe considerarse que aún no se conocen del todo las formas como actúan, ya que se ha descubierto que traen un beneficio a la fauna silvestre al reducir la infestación de parásitos como nematodos.

Palabras clave: Proteína, Precipitación, Digestibilidad, Fauna silvestre, Minerales.

ABSTRACT

Advantages of using the shrub as a food source is that the bushes have green leaves and crude protein high content during the most of the year, which increases on spring due grasses and weeds are growing, as well as shrubs renewed their bushy foliage, this phenomenon is repeated in mid-June and September due to seasonal rainfall. In contrast, grasses and pasture grasses are important sources of forage only in the rainy season. Despite these advantages, some shrubs contain high levels of antinutritional factors which have affected its digestibility, but should be considered not yet fully understood the ways they act and has been found to bring a benefit to wildlife by reducing parasites such as nematode infestation.

Keywords: Protein, Rainfall, Digestibility, Wildlife, Minerals.

REFERENCIAS

1. Foroughbakhch, R. 1992. Establishment and growth potential of fuelwood species in northeastern México. *Agroforestry Systems*.19:95-108.

2. Foroughbakhch, R., Reyes, R.G., Alvarado, V.M. A., Hernández, Piñero, J.L., Rocha, A. 2005. Use of quantitative methods to determine leaf biomass on 15 woody shrub species in northeastern México. *Forest Ecology and Management*. 216:359-366.
3. Ludwig, J. A., Reynold, J. F., Whitson, P. D. 1975. Size biomass relationships of several Chihuahuan desert shrubs. *American Midland Naturalist*. 94:451-461.
4. Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Editorial Limusa, México, 745 pp.
5. Garrett, H, 2002. *Texas tree. A lone star book*. Traylor Trade Publishing Lanham, Maryland, 253 pp.
6. Von Maydel, H. J. 1996. Appraisal of practices to manage woody plants in semiarid environment. In: Bruns, S. J., Luukanen, O, Woods, P. (eds) *Dry land forestry research*. International Foundation for Science, Stockholm. Pp. 47-64.
7. Battey, N. H. 2000. Aspects of seasonality. *Journal of Experimental Botany*. 51:1769-1780.
8. Eviner, V. T. 2003. Functional matrix: a conceptual framework for predicting multiple plant effects on ecosystem processes. *Annual Review Ecology, Evolution, and Systematics*. 34:455-485.
9. Foroughbakhch, R., Hernández, P. J. L., Alvarado, V. M. A., Céspedes, C. E., Rocha, E. A., Cárdenas, A. M.L. 2009. Leaf biomass determination on woody shrub species in semiarid zones. *Agroforestry Systems*. 77:181-192.
10. Moya, R. J. G., Ramírez, R. G., Foroughbakhch, R., Hauad, L. A., González, R. H. 2002. Variación estacional de minerales en las hojas de ocho especies arbustivas. *CiENCIA UANL*. 5:59-65.
11. González, R. H., Cantú, S. I. 2001. Adaptación a la sequía de plantas arbustivas del matorral espinoso tamaulipeco. *CiENCIA UANL*. 4:454-461.
12. Reid, N., Marroquín, J., Beyer, M. P. 1990. Utilization of shrubs and trees for browse, fuelwood and timber in the Tamaulipan thornscrub, northeastern México. *Forest Ecology and Management*. 36:61-79.
13. Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Second Edition. Cornell University Press, Ithaca, N. Y., USA, 476 pp.
14. Coleman, S. W., Henry, D. A. 2002. Nutritive of herbage. En: M. Freer y H. Dove (Eds). *Sheep Nutrition*. CABI Publishing in association with CSIRO Publishing: Wallingford, United Kingdom, pp. 1-26.
15. Forbes, J. M., Provenza, F. D. 2000. En: J.A. Cronjé (Editor). *Integration of Learning and Metabolic Signals into a Theory of Dietary Choice and Food Intake*. Ruminant Physiology Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction. CABI Publishing: Wallingford, United Kingdom, pp. 3-20.
16. Forbes, J. M. 2007. *Voluntary Food Intake and Diet Selection in Farm Animals*. 2a Edition. CABI, UK. pp. 11-37.
17. Buxton, D. R., Fales, S. L. 1994. Plant environment and quality. En G.C. Fahey Jr. (Editor). *National Conference on Forage Quality, Evaluation and Utilization*. University of Nebraska: Lincoln, Nebraska, USA, pp. 55-199.
18. Nelson, C. J., Moser, L. E. 1994. Plant factors affecting forage quality. In: Fahey, G. C. Jr (ed) *forage Quality, Evaluation and utilization*. University of Nebraska, Lincoln, USA, pp. 115- 154.
19. Wilson, J. R. 1982. Environmental and nutritional factors affecting herbaje quality. In J.B. Hacker (ed) *Nutritional limits to animal production from pasture*. CAB, Farnham, U.K. pp. 111-131.
20. Halim, R. A., Buxton, D.R., Hattendorf, J. J., Carlson, R. E. 1989. Water stress effects on alfalfa quality after adjustment for maturity differences. *Agronomy Journal*. 81: 189-194.
21. Alldredge, M. W., Peek, J.M., Wall, W. A. 2002. Nutritional quality of forages used by elk in northern Idaho. *Journal of Range Management*. 55: 253-259.
22. Waterman, R. C., Grings, E. E., Geary, T. W., Roberts, A. J., Alexander, L. J., MacNeil, M. D. 2007. Influence of seasonal forage quality on glucose kinetics of young beef cows. *Journal of Animal Science*. 85: 2582-2595.
23. Bruinenberg, M., Valk, H. H., Korevaar, H., Struik, P. C.

2002. Factors affecting digestibility of temperate forages from seminatural grasslands: a review. *Grass and Forage Science*. 52: 297-301.
24. Linl, C.H., McGraw, R. L., George, M.F., Garrett, H. E. 2001. Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forage species with agroforestry potential. *Agroforestry Systems*. 53: 269-281.
25. Ramírez, O. R., Ramírez L. R. G., Romero V. E., González R. H., Armenta Q. J. A., Avalos C. R. 2008. Diet and nutrition of range goats on a sarcocaulle shrubland from Baja California Sur, México. *Small Ruminant Research*. 76: 166-176.
26. Ramírez, L. R. G. 2009. Nutrición de rumiantes: sistemas extensivos. 2ª edición. Editorial Trillas: Monterrey, Nuevo León, México, 313 pp.
27. Ramírez, O. R. 2003. Dinámica estacional del valor nutritivo y digestión ruminal del forraje de 10 arbustiva de Baja California Sur, México. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, 199 pp.
28. Moya, R. J. G. 2002. Variación estacional del perfil nutritivo y digestibilidad *in situ* de materia seca, proteína cruda y fibra detergente neutra del follaje de ocho especies arbustivas del noreste de México. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, 128 pp.
29. Genin, D., Pijoan, A. P. 1993. Seasonality of goat diet and plant acceptabilities in the coastal scrub of Baja California, México. *Small Ruminant Research*. 10: 1-10.
30. Kibria, S. S., Nahar T.N., Mia M. M. 1994. Tree leaves as alternative feed resource for blak bengal goats under stall-fed conditions. *Small Ruminant Research*. 13: 217-223.
31. Papachristou, T. G., Nasti, A. S. 1993. Nutritive value of diet selected by goats grazing on kerme oak shrublands with different shrub and herbage cover in northern Greece. *Small Ruminant Research*. 12: 35-41.
32. Holechek, J. L., Piper R. D., Herbel C. H. 1989. *Range Management Principles and Practices*. Prentice Hall Publ. Co., Englewood Cliffs, New Jersey.
33. Blair, G. J. 1990. The diversity and potential value of shrubs and tree fodder. In: *Shrubs and Tree Fodder for Farm animals*. Devendra C. (ed.). Proceedings of a Workshop in Denpasar, Indonesia, International Development Research Center (IDRC) 276e, Ottawa, Canada, pp. 2-11.
34. Ivory, D. A. 1990. Major characteristics and nutritional value of shrubs and tree fodders. In: C. Devendra (ed.) *Shrubs and Tree Fooders for Farm Animals*, Proceedings of a Workshop in Denpasar, Indonesia, IDRC 276 e, Ottawa, Canada, pp. 22-38.
35. Corah, L. 1996. Trace mineral requirements of grazing cattle. *Animal Feed Science and Technology*. 59:61-67.
36. McDowell, L. R. 1996. Feeding mineral to cattle on pasture. *Animal Feed Science and Technology*. 60: 247-253.
37. Escudero, A., Mediavilla, S. 2003. Dinámica interna de los nutrientes. *Ecosistemas*. Alicante, España. 12:1-8.
38. Villareal, G. J. G. 1999. Venado cola blanca. "Manejo y aprovechamiento cinegético", Unión Ganadera Regional de Nuevo León. pp. 81-125.
39. Gómez, M. E., Rodríguez, L., Murgueitio, E., Ríos, C., Rosales, M., Molina, C. H., Molina, E., Molina, C. H., Molina, J. P. 1997 Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. Segunda edición. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria CIPAV. Cali, Colombia, 147 pp.
40. NRC, 2007. National Research Council. *Nutrient Requirement of Small Ruminant. Sheep, goats, cervids, and new world camelids*. National Academy of Press. Washington, DC. pp. 166-178.
41. Ramírez, L. R. G., Alanís F. G. J., Núñez G. M. A. 2000. Dinámica estacional de la digestión ruminal de la materia seca del nopal. *CiENCiA UANL*. 3: 267-273.
42. Castro, R. A. 2002. *Ganadería de carne gestión empresarial. Producción bovina. Tomo II*. Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica, 255 pp.
43. Ramírez, L. R. G. 2004. Nutrición del venado cola blan-

- ca. Universidad Autónoma de Nuevo León. San Nicolás de los Garza, N.L., México, 240 pp.
44. Ben Salem, H., Ben Salem, I., Nefzaoui A., Ben Said M. S. 2003. Effect of PEG and olive cake feed blocks supply on feed intake, digestion, and health of goats. *Small Ruminant Research*. 49: 275-288.
 45. Ramírez, L. R. G., González, R. H. 2010. Calidad nutricional de plantas forrajeras del noreste de México. De la lechuguilla a las biopelículas vegetales. Las plantas útiles de Nuevo, León, pp. 517-537.
 46. Ramírez, L. R. G. 1999. Feed resources and feeding techniques of small ruminants under extensive management conditions. *Small Ruminant Research*. 34: 215-230.
 47. Ramírez, L. R. G., Ledezma, T. R. A. 1997. Forage utilization from native shrubs *Acacia rigidula* and *Acacia farnesiana* by goats and sheep. *Small Ruminant Research* 25:43-50.
 48. Degen, A. A., Blanke A., Becker K., Kam M., Benjamin R. W., Makkar H. P. S. 1997. The nutritive value of *Acacia saligna* and *Acacia salicina* for goats and sheep. *Animal Science*. 64:253:258.
 49. Guerrero, C. M. 2008. Valor nutricional de forrajes nativos del norte de México. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, 135 pp.
 50. Holechek, J. L., Pieper R. D., Herbel C. H. 2001. Range Management: Principles and Practices. 4th edition. Prentice Hall: Upper Saddle River, New Jersey, USA, 587 pp.
 51. Ramírez, L. R. G., González, R. H., Gómez, M. M. V., Cantú, S. I., Uvalle, S. J. I. 2010. Variación en espacio y tiempo del contenido de macro y microminerales en seis plantas nativas consumidas por rumiantes en el noreste de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 12:267-281.
 52. McDowell, L. R. 2003. Minerals in Animal and Human Nutrition. 2nd edition, Elsevier. The Netherlands. pp. 256-315.
 53. Spears, W. J. 1994. Minerals in forage. En: G.C. Fahey Jr. (Editor in Chief). National Conference on Forage Quality, Evaluation and Utilization. University of Nebraska: Lincoln, Nebraska, USA, pp. 281-311.
 54. Bidwell, R. G. S. 1990. Fisiología vegetal. AGT Editor, S.A. México, D. F., 784 pp.
 55. Marschner, H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. San Diego, CA: Academic Press, Inc., 889 pp.
 56. McDowell, L. R. 1985. Nutrition of Grazing Ruminants in Warm Climates. Academic Press, New York.
 57. Minson, D. J. 1990. Forage in Ruminant Nutrition. Academic Press, San Diego, 483 pp.
 58. Barrios, A., Ventura, M. 2005. Uso de la amonificación seca para mejorar la calidad del heno. Manual de ganadería. Doble Propósito. Ed. Astro Data S.A. Caracas, Venezuela. pp. 251-255.
 59. Perevolotsky, A., Landau, S., Slanikove, N., Provenza, F. 2006. Upgrading tannin-rich forages by supplementing ruminants with Polyethylene Glycol (PEG). BSAS Publication 34. The assessment of intake, digestibility and the roles of secondary compounds. Edited by C.A. Sandoval-Castro, F.D.DeB.D. Hovell, J.F.J. Torres-Acosta and A. Ayala-Burgos. Nottingham University Press. pp. 221-234.
 60. Ramírez, L. R. G. 2006. Nutritional characteristics of browse species from Northeastern Mexico consumed by small ruminants. BSAS Publication 34. The assessment of intake, digestibility and the roles of secondary compounds. Edited by C.A. Sandoval, C. F. D., DeB, D. Hovell, J. F. J. Torres-Acosta and A. Ayala-Burgos. Nottingham University Press. pp. 251-260.
 61. Blain, J. C. 1998. Aspectes nutritionnels et toxicologiques des tannins. *Revue de Médecine Vétérinaire*. 149:911-920.
 62. Provenza, F.D. 2006. Behavioural mechanisms influencing use of plants with secondary metabolites by herbivores. BSAS Publication 34. The assessment of intake, digestibility and the roles of secondary compounds. Edited by C.A. Sandoval-Castro, F.D. De B.D. Hovell, J.F.J. Torres-Acosta and A. Ayala-Burgos. Nottingham University

- Press, pp. 183-195.
63. O'Reilly, G. 2002. Tannin wars. Department of Business, Industry & Resource Develop, pp. 234-255.
64. Makkar, H. P. S. 2006. Chemical and biological assays for quantification of major plant secondary metabolites. BSAS Publication 34. The assessment of intake, digestibility and the roles of secondary compounds. Edited by C.A. Sandoval-Castro, F. D., Hovell De B.D., Torres-Acosta J. F. J. and Ayala-Burgos, A. Nottingham University Press, pp. 235-249.
65. Hoste, H., Jackson R., Athanasiadou S., Thamsborg S. M., Hoskin S.O. 2006. The effects of tannin-rich plants on parasitic nematodes in ruminants. Trends in Parasitology. 22: 253-261.
66. Ramírez, L. R.G. 2008. Nutrición de caprinos en pastoreo. Trillas. México, D. F. 208 pp.

Recibido: 11 de mayo de 2012

Aceptado: 8 de junio de 2012

**Artículo 2. Mineral content in four browse species from
northeastern Mexico**

MINERAL CONTENT IN FOUR BROWSE SPECIES FROM NORTHEASTERN MEXICO²

Abstract

The aim of the present study was to determine and to compare the macro (Ca, K, Mg, N and P) and micro (Cu, Fe, Mn and Zn) nutrients in *Acacia amentacea* DC., *Celtis pallida* Torr., *Forestiera angustifolia* Torr and *Parkinsonia texana* A. Gray., var. *macra*. Leaf samples were collected monthly from January throughout December 2009 in China, Linares and Los Ramones counties of the state of Nuevo Leon, Mexico. All nutrients were significantly different among sites, months and species. The double and triple interactions were also significant. Los Ramones site had higher macronutrient content followed by China and Linares. *Celtis pallida* had the highest values; conversely, *A. amentacea* had the lowest macronutrients content. The micronutrients followed the following order: China>Los Ramones>Linares. *Parkinsonia texana* had the highest values; however, *A. amentacea* had the lowest micronutrients content. All shrubs, in all sites and months, had Ca (total mean = 30 g/kg⁻¹ DM), K (15; except *A. amentacea*), Mg (5.2; except *A. amentacea*), Na (1.9; only *F. angustifolia*), Fe (100 mg/kg⁻¹ DM), Mn (51; only *F. angustifolia*) and Zn (35; except *A. amentacea*) in suitable amounts to meet nutritional requirements of range ruminants, while Na (1.9; except *F. angustifolia*), P (1.3 g/kg⁻¹ DM) and Cu (6 mg/kg⁻¹ DM) were marginal deficient in most months of the year.

² Este manuscrito fue redactado de acuerdo a las reglas editoriales de la Revista Pakistan Journal of Botany (<http://www.pakbs.org/pjbot/pjhtmls/PJB.html>).

Introduction

The Tamaulipan Thornscrub (TT) vegetation distributes in the semiarid region of the state of Nuevo Leon, northeastern Mexico, is mainly composed by native plant species that consist by diverse perennial and deciduous shrubs and small trees (Reid *et al.*, 1990). The plants are characterized by a wide range of growing pattern, leave longevity, growing dynamic and contrasting phenological development (McMurtry *et al.*, 1996). Most of the plant species provide habitat and to wildlife (González-Rodríguez & Cantu-Silva, 2001) and offer good quality forage with protein, fiber, vitamins and essential fatty oils for domestic range small ruminants (Moya-Rodríguez *et al.*, 2002).

The native shrubs *Acacia amentacea* DC., *Parkinsonia texana* (A. Gray) S. Watson, *Forestiera angustifolia* Torr. and *Celtis pallida* Torr. are important components of TT (Ramirez *et al.*, 1999). They are adapted to water stress since they tended to avoid tissue dehydration, have to seasonally these adjust their morpho-physiological traits (evidenced by leaf folding and retention) to cope successfully with changes in soil water availability allowing them to cope with internal desiccation mechanisms and consequently show high water potential values under drought conditions (González-Rodríguez & Cantu-Silva, 2001). In addition, these shrubs contribute to maintain ecosystem productivity through nitrogen fixation and showing high photosynthetic pigment concentrations (Uvalle-Sauceda *et al.*, 2008); furthermore those are important animal feed resources consumed by range livestock and wildlife, particularly by range small ruminants (Ramírez-Lozano, 2012); however, the knowledge of its mineral content is limited. Thus, the objective of this study was to determine the monthly macro- (Ca, K, Mg, Na and P) and micro-nutrient (Cu, Fe, Mn and Zn) concentrations from the foliar

tissue of four native shrubs during a year in three county sites of the state of Nuevo Leon, Mexico.

Materials and Methods

This study was carried out at three sampling sites situated in the state of Nuevo Leon, northeastern Mexico. The first site was located at “El Abuelo” Ranch in Los Ramones county (25° 40' N; 99° 27' W) with an elevation of 200 m a surface of 100 ha. The climate is semiarid with warm summer. The annual mean temperature is 22 °C and an annual mean precipitation of 700 mm. The second site was located at “Zaragoza” Ranch in China county (25° 31' N; 99° 16' W). It has an elevation also of 200 m and a surface of 300 ha. The weather is dry and warm through the year. The annual temperature and precipitation is 22 °C and 500 mm, respectively. The third site was located in the Campus of the Faculty of Forest Sciences, Universidad Autónoma de Nuevo León (24° 47' N; 99° 32' W) located at Linares county with a surface of 500 ha an elevation of 370 m. The annual precipitation of the region is 800 mm with a annual mean temperature of 22.3 °C (Reid *et al.*, 1990). In general, the three sampling sites are under a similar climatic pattern where similar peaks of maximum rainfall are shown during May, June and September. The main type of vegetation of the area is known as Tamaulipan Thornscrub or Subtropical Thornscrub Woodlands (SPP-INEGI, 1986). The most abundant species are *Helietta parvifolia*, *Diospyros palmeri*, *Prosopis laevigata*, *Acacia amentacea*, *A. farnesiana*, *A. greggii*, *A. berlandieri*, *Cordia boissieri*, *Fraxinus greggii*, *Forestiera angustifolia*, *Havardia pallens*, *Ebenopsis ebano*, *Leucophyllum texanum*, *Guaiacum angustifolium*, among others (Alanis *et al.*, 1996). Dominant soils are deep, dark-gray, lime-gray, lime-clay Vertisols, with montmorillonite, which shrink

and swell noticeably in response to changes in soil moisture content (INEGI, 2002). During this study, annual precipitation and mean temperature, respectively were: in site 1 = 205 mm and 23.7 °C; in site 2 = 249 mm and 24.1 °C and site 3 = 570 mm, 22.8 °C.

Representative and undisturbed experimental plots (50 m x 50 m) were established in each site. From January to December of 2009, monthly collection of mature leaves and twigs were undertaken (800 g) at browse high (1.0 to 1.5 m) from the random selected the five most representative plants (Montgomery, 2004) of four shrub species: *A. amentacea*, *P. texana*, *F. angustifolia* and *C. pallida*. Monthly samples were collected from January to December 2009. Once samples were dried at room temperature, leaves were separated from twigs and then were milled in a Thomas Willey mill (Thomas Scientific Apparatus, Model 3383) using a N° 60 (1 mm x 1 mm) mesh. The milled material was stocked in labeled plastic recipients.

Triplicate samples of each plant species were used for mineral analyses using the wet digestion procedure (Cherney, 2000). Samples were incinerated in a muffle (550 °C) during 5 hours, after that, ashes were digested in a solution of HCl and HNO₃ (10:1 ratio). The sample extract was stored in 25 mL Erlenmeyer flasks. Contents of Ca, Mg, K, Na, Cu, Fe, Mn and Zn were determined by atomic absorption spectrophotometry using a Varian spectrophotometer (model SpectrAA- 200) whereas, P was quantified spectrophotometrically using a Perkin-Elmer spectrophotometer, model Lamda 1A (AOAC, 1990). Mineral data was statistically analyzed using one-way analysis of variance with a multi-factorial arrangement being sites (3), months (12) and plant species (4) the factors. Simple linear correlation analyses were performed

between mineral content and climate variables. All applied statistical methods were computed using the Statistical Package for Social Sciences (SPSS; 2004).

Results and Discussion

All browse species had macro (Ca, K, Mg, Na, P) and microminerals (Cu, Fe, Mn and Zn) content that were significantly different among sites, months and species. The double and triple interactions were also significant. None of the minerals were significantly correlated with either rainfall or temperature registered during the study. The Ca content in all shrubs, was higher in Los Ramones site followed by China and Linares. During October, all plants resulted with the highest Ca content and *P. texana* had the highest value followed by *C. pallida*, *A. amentacea* and *F. angustifolia* (Table 1). Calcium is an essential component of cell walls of plants and offers support, rigidity and vigor. It seems that all shrubs, in all sites and months, had Ca content that exceed the metabolism requirements of range sheep, goats and white-tailed deer (5.1, 3.0, 5.3 g of Ca kg⁻¹ of diet DM, respectively, NRC, 2007). Similar findings were reported by Hussain and Durrani (2008) and Sher *et al.* (2012) in shrubs from Pakistan, and by Guerrero-Cervantes *et al.* (2012) in native shrubs from northeastern and north Mexico, respectively. In this study, the high content of Ca in the four species might have been due to the high calcium carbonate content and high pH in soils (Tripathi and Karim, 2008).

Table 1. Monthly content of Ca (g kg⁻¹ DM) in four shrub species in three county sites in 2009

Month	Counties												Mean	SEM
	China				Linares				Los Ramones					
	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.		
January	23	66	27	33	19	80	29	27	21	70	25	26	37	1.5
February	19	56	25	31	10	56	9	21	23	60	20	25	29	2.9
March	12	42	25	35	11	60	11	32	8	48	23	24	28	2.7
April	15	32	15	26	18	46	12	21	20	31	27	36	25	1.7
May	17	42	14	31	19	49	13	31	17	53	10	32	27	2.4
June	23	47	15	25	20	68	14	27	20	40	13	39	29	2.7
July	16	31	12	32	23	68	12	30	20	41	20	36	28	2.6
August	14	34	10	29	25	56	14	29	19	36	10	36	26	2.2
September	13	43	17	17	17	48	20	30	21	44	15	28	26	2.0
October	15	69	12	24	24	94	20	32	14	67	15	25	34	2.1
November	30	78	14	33	23	84	25	40	25	71	17	48	41	2.1
December	21	52	13	25	22	93	21	24	22	62	29	27	34	2.3
Mean	18	49	17	28	19	67	17	29	19	52	19	32	30	1.7
SEM	0.8	2.3	1.1	1.2	0.9	2.5	1.0	0.8	0.8	2.9	1.0	0.9		
Effects	Sites (A)		Months (B)		Species (C)		A x B	A x C	B x C		A x B x C			
Probability	<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	<0.001	<0.001		<0.001			

a.a. = *Acacia amentacea*; c.p. = *Celtis pallida*; f.a. = *Forestiera angustifolia*; p.t. = *Parkinsonia texana*; SEM= standard error of the mean.

The K concentration in all plants was higher in China site followed by Linares and Los Ramones. During September, all plants had the highest values and December the lowest. *Forestiera angustifolia* had the highest content followed by *P. texana*, *C. pallida* and *A. amentacea* (Table 2). Even though, the K content varied among sites, species and along the year, it was in sufficient amounts to cover the requirements of growing range small ruminant (6.5, 4.6 and 4.6 g of K kg⁻¹ of diet DM, respectively, NRC, 2007). Likewise, Akrou *et al.* (2010) reported high K content in eight shrubs, and argue that all had concentrations above the required dietary level for feeding animals. McDowell (2003) reported that high K concentrations in leaf tissue might be due to the inherent mobility of this mineral and their tendencies to be accumulated in the young leaf tissue when it is absorbed. In this study, the K content of shrubs had 10 times more than it is required by range small ruminants (NRC, 2007), and this might turn in a problem

because K interfere with Na retention and in the absorption and utilization of Mg (McDowell, 2003).

Table 2. Monthly content of K (g kg⁻¹ DM) in four shrub species in three county sites in 2009

Month	Counties												Mean	SEM						
	China				Linares				Los Ramones											
	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.								
January	6	13	37	12	6	13	11	10	6	11	47	13	15	2.1						
February	7	19	53	8	10	14	19	12	5	14	43	13	18	2.4						
March	10	15	43	13	11	12	19	13	13	15	49	13	19	2.1						
April	8	15	20	12	9	17	15	16	8	16	46	11	16	1.6						
May	7	9	14	10	9	16	14	12	8	12	14	10	11	0.5						
June	6	9	17	11	7	13	15	13	7	18	58	12	16	2.2						
July	8	17	35	10	8	24	15	14	7	15	15	13	15	1.3						
August	7	11	12	10	7	14	12	9	9	13	24	7	11	0.8						
September	9	19	48	16	8	15	12	15	5	14	44	17	19	2.2						
October	8	18	20	18	9	15	15	19	8	16	12	15	14	0.7						
November	9	19	17	16	7	12	13	9	9	19	20	11	14	0.8						
December	6	15	13	11	6	16	9	12	7	16	11	10	11	0.6						
Mean	8	15	27	12	8	15	14	13	8	15	32	12	15	0.5						
SEM	0.4	0.5	2.8	0.5	0.2	0.6	2.4	0.5	0.3	0.5	0.5	0.5								
Effects	Sites (A)				Months (B)				Species (C)				A x B		A x C		B x C		A x B x C	
Probability	<0.001				<0.001				<0.001				<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	

a.a. = *Acacia amentacea*; c.p. = *Celtis pallida*; f.a. = *Forestiera angustifolia*; p.t. = *Parkinsonia texana*; SEM= standard error of the mean.

The Mg content in all plants was similar in China and Linares, and higher than Los Ramones site. All shrubs had the highest values in January and the were lowest ones in December. *Parkinsonia texana* had the highest content followed by *F. angustifolia*, *C. pallida* and *A. amentacea* (Table 3). During all months, except from in December, all the plants had Mg contents in a sufficient quantity to meet the metabolic requirements (NRC, 2007) of adult range sheep, goats and white-tailed deer (1.5, 1.6, 1.6 g of Mg kg⁻¹ of diet DM, respectively). Similar results were reported Moya-Rodriguez *et al.* (2002) in eight native shrub species from the northeast of Mexico, Barnes *et al.* (1990) in eighteen shrubs in Texas, USA and Cerrillo-Soto *et al.* (2004) in esophageal samples of range goats browsing in semiarid lands of north Mexico. The low Mg content

in winter season might be due to low temperatures (range from 1.5° C to 15° C) that occurred in December. In addition, McCoy *et al.* (1993) mentioned that when the winter season begins, Mg is translocated from senescent foliar tissue through the phloem and, consequently the leaf concentration turns lower. In addition, Maylan & Wilkinson (1989) observed that high K concentration inhibits the Mg translocation to the upper parts of the plant.

Table 3. Monthly content of Mg (g kg⁻¹ DM) in four shrub species in three county sites in 2009

Month	Counties												Mean	SEM
	China				Linares				Los Ramones					
	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.		
January	1.5	10.3	22.0	5.1	1.0	5.5	4.7	4.8	1.8	13.1	16.8	3.5	7.5	1.1
February	1.0	10.1	18.4	6.7	0.9	9.0	1.9	2.7	1.7	10.8	13.3	3.1	6.6	0.9
March	1.2	6.4	12.5	4.7	1.1	5.0	1.9	2.6	1.2	6.7	13.5	6.2	5.3	0.7
April	1.8	5.9	2.9	6.6	0.9	7.0	2.2	3.2	1.5	8.1	14.7	6.4	5.1	0.6
May	1.6	8.1	3.4	9.6	1.2	10.3	2.3	4.1	1.1	9.0	2.0	6.1	4.9	0.6
June	1.8	6.4	2.7	8.2	1.1	9.5	2.8	5.4	1.5	9.2	10.3	8.6	5.6	0.6
July	2.0	7.5	10.4	8.7	1.1	7.2	1.9	4.6	1.3	8.6	3.6	9.7	5.6	0.6
August	1.0	6.4	1.9	8.1	1.2	7.6	2.3	5.4	0.6	7.5	6.6	5.1	4.5	0.6
September	1.7	10.1	13.6	6.6	1.0	5.4	2.8	9.0	1.4	9.1	10.8	5.9	6.5	0.6
October	1.2	7.8	2.1	4.8	0.9	7.0	1.9	5.0	1.0	5.8	2.3	4.5	3.7	0.7
November	1.0	9.7	2.2	5.6	0.7	6.9	2.0	6.2	1.2	6.9	2.5	4.1	4.1	0.4
December	0.6	4.7	1.5	3.9	0.8	4.1	2.1	3.1	0.8	3.9	1.3	3.9	2.6	0.5
Mean	1.4	7.8	7.8	6.5	1.0	7.0	2.4	4.7	1.3	8.2	8.1	5.6	5.2	0.3
SEM	0.1	0.4	0.9	0.3	0.1	0.3	1.2	0.3	0.3	0.4	0.1	0.3		
Effects	Sites (A)		Months (B)		Species (C)		A x B	A x C	B x C		A x B x C			
Probability	<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	<0.001	<0.001		<0.001			

a.a. = *Acacia amentacea*; c.p. = *Celtis pallida*; f.a. = *Forestiera angustifolia*; p.t. = *Parkinsonia texana*; SEM= standard error of the mean.

The Na content in all plants was higher in China site followed by the ones of Linares and Los Ramones. In January, all plants had the highest values and the lowest in December. In general, *Forestiera angustifolia* had the highest content followed by *P. texana*, *C. pallida* and *A. amentacea* (Table 4). Except for *F. angustifolia* (at Los Ramones and China sites), all shrubs in all sites and months had marginal deficient amounts of Na to meet metabolic requirements of adult range ruminants (1.0, 0.8, 1.1 g

of Na kg⁻¹ of diet DM for sheep, goat and white-tailed deer, respectively; NRC, 2007). Each plant species have the ability to absorb and transport the sodium (Tester & Davenport, 2003). In this study, except for *F. angustifolia*, all plants can be considered as non-Na accumulators. In this latitude Na is considered as the most limiting mineral for animal needs (Whitehead, 2000).

Table 4. Monthly content of Na (g kg⁻¹ DM) in four shrub species in three county sites in 2009

Month	Counties												Mean	SEM
	China				Linares				Los Ramones					
	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.		
January	0.2	1.6	11.0	0.7	0.2	0.3	0.1	0.4	0.2	5.7	30.3	1.5	4.4	0.4
February	0.2	0.8	4.2	1.3	0.2	0.8	0.3	0.5	0.3	4.1	33.2	1.5	4.0	0.4
March	0.2	0.5	6.8	0.6	0.2	0.2	0.2	0.5	0.3	1.4	15.2	0.5	2.2	0.5
April	0.2	0.8	0.3	0.8	0.2	0.3	0.1	0.5	0.2	0.9	22.4	0.8	2.3	0.3
May	0.3	1.8	0.8	1.1	0.1	0.6	0.2	0.4	0.3	0.7	0.2	0.7	0.6	0.1
June	0.1	1.7	0.4	0.9	0.5	0.8	0.2	0.4	0.2	2.1	8.8	0.5	1.4	0.4
July	0.2	0.6	4.2	1.5	0.2	0.5	0.3	0.3	0.3	1.2	0.1	0.3	0.8	0.2
August	0.7	1.7	0.4	1.0	0.1	1.5	0.2	2.0	0.2	1.3	36.4	1.7	3.9	0.3
September	0.1	0.5	2.8	0.3	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	1.3	10.1	0.3	1.4	0.5
October	0.3	0.3	0.2	0.3	0.1	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.3	0.3	0.3
November	0.1	0.5	0.2	0.3	0.2	0.4	0.1	2.3	0.1	2.6	7.3	0.2	1.2	0.2
December	0.1	0.4	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.5	0.2	0.2	0.2	0.1
Mean	0.2	0.9	2.6	0.7	0.2	0.5	0.2	0.7	0.2	1.8	13.7	0.7	1.8	0.2
SEM	0.2	0.3	2.2	0.1	0.3	0.1	0.6	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1		
Effects	Sites (A)		Months (B)		Species (C)		A x B	A x C	B x C		A x B x C			
Probability	<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	<0.001	<0.001		<0.001			

a.a. = *Acacia amentacea*; c.p. = *Celtis pallida*; f.a. = *Forestiera angustifolia*; p.t. = *Parkinsonia texana*; SEM= standard error of the mean

The P content in all plants was higher in China site than Los Ramones or Linares site. During May, all plants resulted with the highest P concentration while January and February were the lowest. In general, *Parkinsonia texana* and *C. pallida* had the same P content and were higher than *A. amentacea* and *F. angustifolia* (Table 5). All the shrubs, in all sites and months resulted with marginal insufficient amounts to meet the metabolic requirements of adult range small ruminants (2.7, 2.8 and 2.6 g of P kg⁻¹ of diet DM for sheep, goat and white-tailed deer, respectively; NRC, 2007). Low P content

in native plants growing in a semiarid region of north Mexico was also reported by Guerrero-Cervantes *et al.* (2012). Rodríguez (1993) judged this situation as critical for ruminant needs during any season of the year, attributable to scarce availability of P in soils because the soils come from volcanic ashes, and on this kind of soils, phosphorous is mainly fixed rather than be traslocated.

Table 5. Monthly content of P (g kg⁻¹ DM) in four shrub species in three county sites in 2009

Month	Counties												Mean	SEM						
	China				Linares				Los Ramones											
	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.								
January	1.0	1.1	1.1	1.4	1.0	1.1	0.8	1.5	0.9	1.2	0.9	1.5	1.1	0.03						
February	1.1	1.2	0.8	1.2	1.0	0.9	1.2	1.1	1.2	1.3	1.1	1.4	1.1	0.03						
March	1.6	1.8	1.4	1.4	1.5	1.4	1.4	1.7	1.5	1.6	1.1	1.3	1.5	0.03						
April	1.6	1.7	1.5	1.7	1.4	1.4	0.9	1.8	1.3	1.7	0.9	1.6	1.5	0.04						
May	1.8	1.9	1.6	1.7	1.5	1.5	1.2	1.8	1.4	1.8	1.0	1.8	1.6	0.04						
June	1.2	1.5	1.1	1.5	1.3	1.3	0.9	1.4	1.1	1.5	1.3	1.5	1.3	0.03						
July	1.4	1.8	1.8	1.4	1.1	1.2	0.8	1.4	1.1	1.5	1.0	1.4	1.3	0.01						
August	1.3	2.1	1.2	1.5	1.1	1.1	0.8	1.2	1.2	1.7	1.1	1.3	1.3	0.02						
September	1.5	1.8	1.7	2.1	1.4	1.5	1.2	1.7	1.3	1.7	1.5	1.5	1.6	0.03						
October	1.4	1.5	1.6	1.6	1.3	1.6	0.9	1.6	1.3	1.4	1.0	1.1	1.4	0.02						
November	1.2	1.5	1.3	1.4	1.2	1.4	1.1	1.6	1.2	1.7	1.2	1.4	1.4	0.03						
December	1.1	1.4	1.2	1.4	1.2	1.1	1.2	1.6	1.1	1.4	1.2	1.4	1.3	0.01						
Mean	1.3	1.6	1.3	1.5	1.2	1.3	1.0	1.5	1.2	1.5	1.1	1.4	1.3	0.04						
SEM	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04								
Effects	Sites (A)				Months (B)				Species (C)				A x B		A x C		B x C		A x B x C	
Probability	<0.001				<0.001				<0.001				<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	

a.a. = *Acacia amentacea*; c.p. = *Celtis pallida*; f.a. = *Forestiera angustifolia*; p.t. = *Parkinsonia texana*; SEM= standard error of the mean.

Cooper content (Table 6) was higher in Los Ramones site followed by China and Linares. In January, all plants had the highest Cu content while July was the lowest. *Celtis pallida* and *P. texana* had similar P content, but were higher than *A. amentacea* and *F. angustifolia*. Most plants resulted with insufficient amounts of Cu to meet adult range small ruminant requirements (9.0, 9.0 y 9.0 mg of Cu kg⁻¹ of diet DM for sheep, goat and white-tailed deer, respectively, NRC, 2007). However, adequate contents were

present unevenly in months corresponding to the spring season. Similar results were reported by Ramirez *et al.* (2010) and Guerrero-Cervantes *et al.* (2012) when these authors assessed Cu content in native species browsed by range ruminants in semiarid regions of northeastern and north Mexico, respectively. Ramirez *et al.* (2001) justifies the higher Cu content during spring because the plant growing period is more active in this region.

Table 6. Monthly content of Cu (mg kg⁻¹ DM) in four shrub species in three county sites in 2009

Month	Counties												Mean	SEM						
	China				Linares				Los Ramones											
	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.								
January	8	8	10	11	11	12	11	12	4	9	6	12	9	0.4						
February	6	4	4	5	2	4	8	16	7	9	10	13	7	0.5						
March	4	8	3	8	7	11	9	9	4	7	5	8	7	0.4						
April	5	6	5	8	6	9	6	11	5	11	6	10	7	0.4						
May	6	6	5	5	6	8	4	8	4	6	4	8	6	0.3						
June	4	3	5	5	4	7	5	7	4	8	7	6	5	0.3						
July	2	6	5	3	5	6	3	4	4	5	3	4	4	0.3						
August	4	7	5	6	6	7	3	6	3	8	5	4	5	0.2						
September	4	7	5	6	6	7	7	7	3	5	5	7	6	0.2						
October	5	7	6	5	7	9	4	15	5	7	4	5	7	0.4						
November	3	4	5	4	6	4	5	6	3	6	5	7	5	0.2						
December	2	4	4	4	6	7	7	10	3	5	5	3	5	0.1						
Mean	4	6	5	6	6	8	6	9	4	7	5	7	6	0.1						
SEM	0.2	0.3	0.3	0.5	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4	0.6								
Effects	Sites (A)				Months (B)				Species (C)				A x B		A x C		B x C		A x B x C	
Probability	<0.001				<0.001				<0.001				<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	

a.a. = *Acacia amentacea*; c.p. = *Celtis pallida*; f.a. = *Forestiera angustifolia*; p.t. = *Parkinsonia texana*; SEM= standard error of the mean.

Iron content was higher in Linares followed by China and Los Ramones sites. In general, *C. pallida* resulted with highest values (Table 7). In all shrub species, Fe concentrations exceed the requirements for grazing ruminants (50 mg of Fe kg⁻¹ of diet DM, for sheep, goats and white-tailed deer, respectively; NRC, 2007). Iron nutritional satisfactory levels for grazing ruminants have been also reported by Moya-Rodriguez *et al.* (2002); Ramirez *et al.* (2010) and Guerrero-Cervantes *et al.* (2012). Moreover,

Ahmad *et al.* (2011) documented that Fe concentrations in soil and forage are adequate for ruminant nutrition, consequently a deficiency of Fe seldom occurs (McDowell, 2003).

Table 7. Monthly content of Fe (mg kg⁻¹ DM) in four shrub species in three county sites in 2009

Month	Counties												Mean	SEM						
	China				Linares				Los Ramones											
	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.								
January	141	194	447	448	120	125	142	240	140	222	170	188	215	2.8						
February	314	373	188	307	159	163	146	287	306	244	367	231	257	3.1						
March	187	369	120	244	105	187	144	248	136	190	293	212	203	2.3						
April	178	399	184	444	118	166	122	142	167	485	185	391	249	2.4						
May	148	313	249	415	125	167	74	165	142	249	320	292	222	3.0						
June	240	320	374	261	182	303	142	112	144	164	80	195	210	1.4						
July	98	258	253	268	74	112	81	114	130	137	84	132	145	1.7						
August	376	386	131	492	87	182	108	482	145	335	127	357	267	4.1						
September	85	276	152	258	299	128	456	146	249	282	274	184	232	1.6						
October	104	146	435	165	97	230	98	106	120	157	105	160	160	1.3						
November	130	85	92	193	124	133	108	200	87	108	74	188	127	3.1						
December	160	384	320	417	119	112	491	161	402	213	368	381	294	1.2						
Mean	180	292	245	226	134	167	176	200	181	232	204	243	207	1.5						
SEM	4.9	3.6	2.6	4.6	4.4	3.1	2.0	3.0	4.7	3.0	2.9	2.2								
Effects	Sites (A)				Months (B)				Species (C)				A x B		A x C		B x C		A x B x C	
Probability	<0.001				<0.001				<0.001				<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	

a.a. = *Acacia amentacea*; c.p. = *Celtis pallida*; f.a. = *Forestiera angustifolia*; p.t. = *Parkinsonia texana*; SEM= standard error of the mean.

The Mn content was higher in *F. angustifolia* while in *A. amentacea* was the lower one. Los Ramones site had the highest values followed China and Linares. During January, all plant species had higher values and were lower in May (Table 8). In general, all species, except *A. amentacea*, have sufficient Mn to satisfy adult small range ruminant requirements (30 mg of Mn kg⁻¹ of diet DM, for sheep, goats and white-tailed deer, respectively; NRC, 2007); *Acacia amentacea* showed the lowest Mn content. Barnes *et al.* (1990) also reported that, except for the fruits of *Acacia berlandieri*, *Acacia tortuosa* and *Prosopis glandulosa*, native plants from semiarid regions of southeast Texas, USA, had marginal deficient amounts of Mn to meet grazing ruminant requirements.

Table 8. Monthly content of Mn (mg kg⁻¹ DM) in four shrub species in three county sites in 2009

Month	Counties												Mean	SEM						
	China				Linares				Los Ramones											
	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.								
January	22	31	116	37	27	65	123	77	26	50	201	36	67	0.8						
February	17	40	126	58	19	73	67	66	30	53	188	33	64	0.9						
March	21	28	80	53	23	52	72	57	20	32	79	41	47	0.6						
April	20	32	42	48	28	31	73	51	28	46	121	51	48	0.6						
May	23	25	46	40	20	59	99	54	26	51	22	43	42	0.4						
June	27	32	38	43	49	83	100	59	32	51	132	54	58	0.5						
July	21	27	69	43	37	69	118	66	39	32	25	48	50	0.5						
August	30	35	29	48	41	58	74	53	31	31	75	49	46	0.7						
September	16	28	47	33	47	50	146	83	28	33	43	38	49	0.7						
October	24	32	42	33	30	52	52	63	29	70	48	38	43	0.7						
November	22	29	30	21	40	52	68	45	22	35	26	51	37	0.5						
December	14	26	69	22	30	40	110	51	28	31	251	51	60	0.4						
Mean	21	30	61	40	33	57	92	60	28	43	101	45	51	0.6						
SEM	0.8	2.0	2.6	1.6	0.8	0.7	1.2	1.8	1.7	2.3	0.7	1.8								
Effects	Sites (A)				Months (B)				Species (C)				A x B		A x C		B x C		A x B x C	
Probability	<0.001				<0.001				<0.001				<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	

a.a. = *Acacia amentacea*; c.p. = *Celtis pallida*; f.a. = *Forestiera angustifolia*; p.t. = *Parkinsonia texana*; SEM= standard error of the mean.

During April all plants had the highest Zn content and the lowest ones in August. The highest Zn values were found in *C. pallida* and the lowest ones in *A. amentacea* was lowest. In Los Ramones site, all plants had the highest Zn concentrations followed by China and Linares sites (Table 9). *Parkinsonia texana* was the only one plant that had sufficient Zn to meet requirements of adult range small ruminants (40, 45 and 45 mg of Zn kg⁻¹ of diet DM for sheep, goats and white-tailed deer, respectively; NRC, 2007) Similar values were reported by Ramírez *et al.* (2010) in native plants of northeastern Mexico, and they argued that only some particular species can meet adult ruminant requirements in certain seasons if the year. Conversely, Ramírez-Orduña *et al.* (2008) reported high Zn concentrations in native species from Baja California Sur, Mexico.

Table 9. Monthly content of Zn (mg kg⁻¹ DM) in four shrub species in three county sites in 2009

Month	Counties												Mean	SEM
	China				Linares				Los Ramones					
	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.		
January	15	12	22	42	14	14	82	79	15	14	21	67	33	0.5
February	21	18	26	67	23	12	60	154	20	14	21	77	43	0.9
March	30	27	19	83	22	21	53	93	32	26	26	70	42	1.3
April	18	18	35	74	16	20	40	114	20	23	21	138	45	0.7
May	15	16	31	47	14	30	33	67	16	20	46	103	37	0.3
June	23	29	43	74	18	26	41	93	19	24	28	104	43	0.9
July	18	23	41	50	17	18	42	72	16	28	36	86	37	0.8
August	17	22	26	49	12	13	18	40	13	20	12	32	23	1.1
September	11	22	23	38	14	16	40	70	15	19	22	56	29	0.4
October	17	29	38	28	16	24	30	137	16	23	31	35	35	0.6
November	15	20	33	29	12	17	30	38	17	18	42	57	27	0.5
December	13	17	28	27	14	20	63	93	14	18	37	23	31	0.9
Mean	18	21	30	51	16	19	44	88	18	21	28	71	35	0.6
SEM	0.9	0.7	1.8	0.5	0.9	0.9	1.4	1.2	0.7	0.9	0.9	0.8		
Effects	Sites (A)		Months (B)		Species (C)		A x B	A x C	B x C		A x B x C			
Probability	<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	<0.001	<0.001		<0.001			

a.a. = *Acacia amentacea*; c.p. = *Celtis pallida*; f.a. = *Forestiera angustifolia*; p.t. = *Parkinsonia texana*; SEM= standard error of the mean.

Conclusions

The content of Ca, K, Mg, Fe, Mn and Zn (only in *P. texana*) content in all sites and months were adequate to satisfy metabolic requirements of range small ruminants, while Na, P and Cu were in marginal insufficient amounts. The high concentrations of some minerals in leaves of these species suggest their beneficial role that may play as mineral supplements in diets of browsing ruminants. Moreover, results of the present study may suggest that, even though, all plants differed in mineral content and followed monthly patterns, they still could play important roles in maintaining the productivity of dry rangeland ecosystems.

Acknowledgements

This study was financially supported in part by the Universidad Autonoma de Nuevo Leon (PAICYT Project Grant No. CN1549-07) and to CONACYT for providing a

doctoral scholarship to the first author. The authors wish to thank the landowners of the research sites, and to Mrs. Elsa D. González Serna and Mr. Manuel Hernández Charles for their technical assistance.

References

- Ahmad, K., F.Z. Khan, M. Ashraf and A. Ejaz. 2012. Appraisal of temporal variation in soil and forage iron and zinc in a pasture under semi-arid environmental conditions. *Pak. J. Bot.* 44(1):157-160.
- Akrout, A., H. El Jani, T. Zammouri, H. Mighri and Neffati, M. 2010. Phytochemical screening and mineral contents of annual plants growing wild in the southern of Tunisia. *J. Phytol.* 2:34-40.
- Alanís, G., G. Cano and M. Rovalo. 1996. *Vegetación y flora de Nuevo León: Una guía botánica-ecológica*. Edn. y publicación CEMEX. Monterrey, México
- AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis*. (15th Ed). Association of Official Analytical Chemist International. U.S.A.
- Barnes, T.G., W.L. Varner, H.L. Blankenship, J.T. Fillinger and S.C. Heinevan. 1990. Macro and trace mineral content of selected south Texas deer forages. *J. Range Manage.* 43(3):220-223.
- Bianco, V.V., P. Santamaría and A. Elia. 1998. Nutritional value and nitrate content in edible wild species used in Southern Italy. Proceedings 3rd International Society on Diversification of Vegetable Crops. *Acta Hort.* 467:71-87.
- Cerrillo-Soto, M.A., R. Gutiérrez-Luna, C.I. López-González and A.S. Juárez-Reyes. 2004. Mineral profile in tree leaves, cacti and fruits commonly consumed by

- grazing goats in a semiarid region of North Mexico. 8th International Conference on goats. Pretoria, South Africa. pp. 126-129.
- Cherney, D.J.R. 2000. Characterization of forages by chemical analysis. *In*: D.I. Givens, E. Owen, R.F.E. Axford, & H.M. Omed (Eds). *Forage evaluation in ruminant nutrition*. Wallingford, UK: CAB International. pp. 480-490.
- González-Rodríguez, H. and I. Cantú-Silva. 2001. Adaptación a la sequía de plantas arbustivas del matorral espinoso tamaulipeco. *CIENCIA UANL*. 4(4):454-461.
- González-Rodríguez, H., R.G. Ramírez-Lozano, I. Cantú-Silva, M.V. Gómez-Meza, J.I. Uvalle-Sauceda. 2010. Composición y estructura de la vegetación en tres sitios del estado de Nuevo León, México. *Polibotánica*. 29:91-106.
- Guerrero-Cervantes, M., R.G. Ramírez-Lozano, H., González-Rodríguez, A. Cerrillo-Soto and A.S. Juárez Reyes. 2012. Mineral content in range forages from north Mexico. *J. Appl. Anim. Res.* 40(1):102-107.
- Hussain, F. and M.J. Durrani. 2008. Mineral composition of some range grasses and Shrubs from Harboi rangeland Kalat, Pakistan. *Pak. J. Bot.* 40(6):2513-2523.
- INEGI. 2002. "Uso actual del suelo en los núcleos agrarios. Aspectos geográficos de Nuevo León". Consultado el 09 de mayo de 2009. Página Web del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- Mayland, H. and S. Wilkinson. 1989. Soil factors affecting magnesium availability in plant-animal systems: A review. *J. Anim. Sci.* 67:3437-3444.
- McCoy, M.A., A.E. Goodall and D.G. Kennedy. 1993. Incidence of hypomagnesemia in dairy and suckler cows in Northern Ireland. *Vet. Rec.* 132:537.

- McDowell, L.R. 2003. *Minerals in animal and human nutrition*. (2nd Ed) The Netherlands: Elsevier.
- McMurtry, C.R., P.W. Barnes, J.A. Nelson and Archer, S.R. 1996. Physiological responses of woody vegetation to irrigation in a Texas subtropical savanna. La Copita Research Area: 1996 Consolidated Progress Report. Texas Agricultural Experiment Station, Corpus Christi, Texas A&M University System, College Station, Texas, USA. 33-37 pp.
- Montgomery, D.C. 2004. *Diseño y Análisis de Experimentos*. (2^a Ed). Limusa Wiley .México, D.F.
- Moya-Rodríguez, J.G., R. Foroughbakhch and R.G. Ramirez. 2002. Variación estacional de nutrientes y digestibilidad *in situ* de materia seca, de hojas de arbustivas del noreste de México. *Phyton*. 8:121-127.
- NRC. 2007. *Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids*. National Research Council of the National Academies, Washington DC.
- Ramírez, R.G., W.F.G. Haenlein, A.M. Núñez-González. 2001. Seasonal variation of macro and trace mineral contents in 14 browse species that growth in northeastern Mexico. *Small Rumin. Res.* 39:153-159.
- Ramírez-Lozano, R.G. 2012. *Alimentación del venado cola blanca: Biología y Ecología Nutricional*. Palibrio Press, Indiana, USA, pp. 127-134.
- Ramírez-Lozano, R.G., H. González-Rodríguez, M.V. Gómez-Meza, I. Cantú-Silva and J.I. Uvalle-Sauceda. 2010. Spatio-temporal variations of macro and trace mineral

- contents in six native plants consumed by ruminants at northeastern Mexico. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 12(2):267-281.
- Ramírez-Orduña, R., R.G. Ramírez, E. Romero-Vadillo, H. González-Rodríguez, J.A. Armenta-Quintana and R. Avalos-Castro. 2008. Diet and nutrition of range goats on a sarcocaulescent shrubland from Baja California Sur, Mexico. *Small Rumin. Res.* 76:166-176.
- Reid, N., J. Marroquín and M.P. Beyer. 1990. Utilization of shrubs and trees for browse, fuelwood and timber in the Tamaulipan thornscrub, northeastern Mexico. *Forest Ecol. Manage.* 36:61-79.
- Rodríguez, S.J. 1993. *Manual de fertilización*. Colección en agricultura. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía, Santiago.
- Sher, Z., F. Hussain and M. Saleem. 2012. Macro-mineral status at three phenological stages of some range shrubs of Gadoon Hills, district Swabi, Khyber Pukhtunkhwa, Pakistan. *Pak. J. Bot.* 44:711-716.
- SPP-INEGI. 1986. Síntesis Geográfica del Estado de Nuevo León. Secretaría de Programación y Presupuesto. Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática. México, D.F.
- SPSS. 2004. *The Statistical Package for the Social Sciences*. (Version 13) for Windows, SPSS Inc. Chicago
- Tester, M. and R. Davenport. 2003. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Ann. Bot.-London.* 91:503-527.

Tripathi, M.K. and S.A. Karim. 2008. Minerals requirement of small ruminants with special reference to their role in rumen fermentation: A review. *Indian J. Small Rumin.* 14: 1-47.

Uvalle Saucedo, J.I., González-Rodríguez, H., Ramírez Lozano, R.G., Cantú Silva, I., and Gómez Meza, M.V. 2008. Seasonal trends of chlorophylls a and b and carotenoids in native trees and shrubs of northeastern, Mexico. *J. Biol. Sci.* 8:258-267.

Whitehead, D.C. 2000. *Nutrient elements in grassland: soil plant animal relationships*. UK: CABI, Publishing. Wallingford

**Artículo 3. Nutritional profile of four browse species growing in
northeast Mexico**

Nutritional profile of four browse species growing in northeast Mexico³

ABSTRACT

The study was carried out to determine and to compare, monthly (January to December 2009), and nutritive value *Acacia amentacea*, *Parkinsonia texana*, *Forestiera angustifolia* and *Celtis pallida*. These plants are consumed by range small ruminants and are widely distributed in the Tamaulipan Thornscrub vegetation. Collections of plants were carried out on undisturbed grazing sites of the three counties (China, Linares and Los Ramones) of the state of Nuevo Leon, Mexico. The neutral detergent fiber (NDF), acid detergent lignin (ADL), hemicellulose, cellulose and crude protein (CP) contents were determined. Dry Matter Digestibility (DMD) and Metabolizable Energy (ME) values were also estimated. Data were statistically analyzed by using one way analysis of variance with a tri-factorial arrangement being sites (3), months (12) and species (4) the main factors. The NDF (total mean = 41%), ADL (11%), hemicellulose (19%), cellulose (12%) and CP (17%) content and DMD (73%) and DE (11.7 MJ kg⁻¹) values were significantly different among sites, months and plants. Double and triple interactions were also significant (P<0.001). Because of the low NDF and ADL content and high CP, DMD and ME values in all sites and in all months, the four shrubs can be considered as good food sources for range small ruminants.

Key words: Native shrubs, northeastern Mexico, chemical composition, dry matter digestibility, metabolizable energy.

³ Este manuscrito fue redactado de acuerdo a las reglas editoriales de la Revista African Journal of Biotechnology (<http://www.academicjournals.org/Ajb/>).

INTRODUCTION

The Tamaulipan Thornscrub located at northeastern, Mexico and south Texas, USA, is a semi-arid region includes about 60 native shrub species. The wide diversity of native plants in this region is a good example of plasticity in the response to physico-chemical external factors (Bianco et al., 1998). Many of the shrubs are important to the most common activities: forest (timber, poles, fuel wood) and an inexpensive feed resource to livestock producers (Von Maydel, 1996). Although fodder trees and shrubs are available and can serve as a highly nutritional food, especially during drought or winter, these plants are underutilized in many countries. This may be related to ignorance of the nutritional potential of these plants.

The nutritive value of a feedstuff for the livestock is given primarily by its chemical composition and by the effectiveness by which the animals obtain the nutrients during digestion (Sanon et al., 2008). The native shrubs *Acacia amentacea*, *Celtis pallida*, *Forestiera angustifolia* and *Parkinsonia texana* are important components of the Tamaulipan Thornscrub vegetation. The shrubs are adapted to water stress (González et al., 2011); moreover, contribute to maintain ecosystem productivity through nitrogen fixation and show high photosynthetic pigment concentrations (Uvalle Saucedo et al., 2008). Additionally they are important animal feed resources that are consumed throughout the year by range domestic (goats and sheep) and wildlife (white-tailed deer) ruminants (Ramírez-Lozano, 2012). However, the knowledge of their nutritional value is limited. Thus the objectives of this study were to evaluate and compare the chemical composition and digestion of leave

samples from *A. amentacea*, *C. pallida*, *F. angustifolia* and *P. texana* in three counties sites of the state of Nuevo Leon, Mexico, during twelve consecutive months.

MATERIALS AND METHODS

This study was carried out at three counties sites located in the state of Nuevo Leon of the northeastern Mexico. Site 1 comprises almost of about 100 ha surface located at Los Ramones county (25° 40' N; 99° 27' W) with an elevation of 200 m. Historically the annual mean temperature is 22 °C and an annual mean rainfall of 700 mm. Site 2 has a surface of almost 300 ha it is located at China county (25° 31' N; 99° 16' W) with an elevation also of 200 m. The annual mean temperature and rainfall is 22 °C and 500 mm, respectively. Site 3 of about 500 ha was located in the Campus of the Faculty of Forest Sciences, Universidad Autonoma de Nuevo Leon located at Linares county (24° 47' N; 99° 32' W) with and elevation of 370 m. The annual rainfall is 800 mm with an annual mean temperature of 22.3 °C (Reid et al., 1990). In general, the three sampling sites are under a similar semi-arid climatic pattern with a bimodal rainfall pattern (May to June and August to October). The main type of vegetation of the area is known as Tamaulipan Thornscrub or Subtropical Thornscrub Woodlands (INEGI, 2002). Dominant soils are deep, dark-gray, lime-gray, lime-clay Vertisols, with montmorillonite, which shrink and swell noticeably in response to changes in soil moisture content (INEGI, 2002). During this study, annual rainfall and mean temperature, respectively were: site 1 = 205 mm and 23.7 °C; site 2 = 249 mm and 24.1 °C and site 3 = 570 mm, 22.8 °C.

Monthly collection (January to December 2009) of mature leaves and twigs were undertaken (800 g) at browsing height (1.0 to 1.5 m) from the five most representative individual plants randomly selected (Montgomery, 2004) of the shrub species: *A. amentacea*, *C. pallida*, *F. angustifolia* and *P. texana*. Samples were collected from three experimental plots (50 m x 50 m) that were established in each site. Once samples dried, at room temperature, leaves were separated from twigs and were then grounded in a Thomas Willey mill (Thomas Scientific Apparatus, Model 3383) using a N° 60 (1 mm x 1 mm) mesh, and stored in labeled plastic containers. Samples by triplicate were subjected to chemical analyzes. The neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and detergent fiber lignin (ADL) contents were determined by methods described by Van Soest *et al.* (1991). Hemicellulose (NDF-ADF) and cellulose (ADF-ADL) were estimated by difference. The micro-Kjeldahl technique was employed to determine crude protein (CP) content (AOAC, 1997). The dry matter digestibility (DMD) was estimated using the formula developed by Oddy *et al.* (1983): $DMD = 83.58 - 0.824 ADF\% + 2.626 N\%$. Dry matter digestibility values were used to estimate digestible energy (DE; MJ kg⁻¹) using the regression equation reported by Fonnesebeck *et al.* (1984): $DE = 0.27 + 0.0428 (DMD)$. Then DE values were converted to metabolizable energy (ME; MJ kg⁻¹) using the equation proposed by Khalil *et al.* (1986): $ME = 0.821 \times DE (MJ kg^{-1})$. Predictive equations derived in this study could be used in estimating nutrient digestibility and energy if relevant chemical composition is known without doing expensive feeding trials (Appiah *et al.*, 2012). Values of the variables ADF, %N and DE were taken from Dominguez *et al.* (2012). The results obtained in the chemical composition of the plant species were corrected on dry basis and expressed in (%).

Data were analyzed by using a one way analysis of variance with a tri-factorial arrangement (Steel and Torrie, 1980) being the factors sites (3), months (12) and shrub species (4). The computer statistical package for social sciences software for Windows (version 13) was used to analyze the data (SPSS, 2004).

RESULTS AND DISCUSSION

The NDF, ADL, hemicellulose and cellulose and DMD and DE were significantly different among sites, months and plants. The double and tripe interactions were also significant ($P < 0.001$). The NDF content was higher in *A. amentacea* followed by *C. pallida*, *F. angustifolia* and *P. texana*. The site 2 and the site 3 were similar, but both of them were higher than the site 1. During April, all vegetal species were higher and in July were lower in NDF content (Table 1). Similar NDF values were reported by Petit (2011), Gómez et al. (2006) when they assessed NDF content of native shrubs in Mexico; while, Ramírez et al. (2000) reported higher values. Differences in the NDF among shrub species could be due to genetic factors, plant species and mainly plant maturity, among others (Turgut and Yanar, 2004). Hoffman et al. (2007) mentioned that as soon as the xylem tissue is formed to water transport, it accumulate cellulose and another complex carbohydrates that become tightly interwoven due the lignification process. Moreover, Moreno et al. (2011) founded a tendency of accumulation of NDF as age increases for four tree species; in their values they found oscillations between 39.04 to 44.56% of NDF.

Table 1. Monthly content of neutral detergent fiber (% dry matter) in four shrub species collected in northeastern Mexico.

Month	Counties												Mean	SEM
	China				Linares				Los Ramones					
	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.		
January	49	54	40	32	50	52	40	39	49	49	41	34	44	1.2
February	45	35	42	31	47	35	40	28	45	43	44	32	39	1.1
March	51	41	32	29	57	46	45	36	51	52	41	32	42	1.5
April	59	69	41	46	58	55	49	45	59	69	43	48	53	1.6
May	47	46	32	26	51	40	37	35	47	43	31	35	39	1.3
June	44	61	31	31	51	40	35	37	44	45	45	27	41	1.6
July	44	48	43	27	43	40	25	25	44	49	26	20	36	1.7
August	47	41	26	31	45	41	25	32	47	40	41	29	37	1.3
September	50	46	51	41	47	33	35	34	50	46	43	24	41	1.3
October	59	47	41	38	57	51	37	38	59	49	32	32	44	1.5
November	47	52	27	33	48	39	36	29	47	51	36	28	39	1.5
December	48	46	33	30	50	46	38	34	48	35	29	34	39	1.3
Mean	49	49	37	33	50	43	37	34	47	47	38	31	41	1.1
SEM	0.9	1.6	1.2	1.0	0.8	1.1	1.1	0.9	0.6	1.4	1.1	1.2		
Effects	Sites (A)		Months (B)		Species (C)		A x B		A x C		B x C		A x B x C	
Probability	<0.001		<0.001		<0.001		<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	

a.a. = *Acacia amentacea*; c.p. = *Celtis pallida*; f.a. = *Forestiera angustifolia*; p.t. = *Parkinsonia texana*; SEM= standard error of the mean.

The ADL content was higher in site 2, followed by site 1 and site 3; while, *A. amentacea* resulted higher in it followed by *F. angustifolia*, *P. texana* and *C. pallida* (Table 2). Soil moisture, soil fertility, temperature, and light can have either direct or indirect effects on lignification (Van Soest 1994). In this study, ADL varied from 1.0 to 25.0% being lower in wet months than in dry months. High contents of ADL may have severe effects on the digestibility of forages (Minson 1990). Moreover, Estrada (2001) concluded that ADL content in plants increase with maturity due it forms a chemical link with hemicellulose and cellulose and this union reduces noticeably the chances to digest them. However, ADL only has effect for NDF digestion, as ADL does not directly impact digestibility of plant cell solubles. Conversely, Ramírez-Lozano (2012) and Domínguez-Gómez et al. (2011) reported that cell wall compounds deposited

under low temperatures have low ADL and higher digestibility values. This statement suggests that at higher temperatures, the ADL syntheses increases and consequently affecting digestibility of forages.

Table 2. Monthly content of acid detergent lignin (% dry matter) in four shrub species collected in northeastern Mexico.

Month	Counties												Mean	SEM
	China				Linares				Los Ramones					
	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.		
January	18	4	6	9	18	5	11	8	17	5	7	10	10	0.9
February	15	1	4	8	12	2	13	8	15	3	4	10	8	0.8
March	16	4	3	8	15	6	14	8	15	7	7	7	9	0.7
April	24	11	16	9	25	6	18	17	22	10	6	10	14	1.1
May	16	7	9	8	19	5	10	14	18	5	10	9	11	0.8
June	15	8	10	8	19	7	11	11	17	6	6	9	10	0.7
July	13	9	8	7	15	5	8	8	15	6	7	7	9	0.6
August	16	9	8	9	14	5	8	9	16	7	6	8	10	0.6
September	18	6	8	12	17	5	11	13	15	8	6	7	10	0.7
October	25	5	15	14	24	6	14	16	15	5	9	9	13	1.1
November	16	3	7	8	19	4	10	10	15	4	12	7	10	0.8
December	17	6	10	8	18	4	14	12	17	4	7	8	10	0.8
Mean	17	6	9	9	18	5	12	11	16	6	7	16	11	0.7
SEM	0.6	0.4	0.6	0.3	0.6	0.2	0.5	0.5	0.3	0.3	0.4	0.3		
Effects	Sites (A)		Months (B)		Species (C)		A x B		A x C		B x C		A x B x C	
Probability	<0.001		<0.001		<0.001		<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	

a.a. = *Acacia amentacea*; c.p. = *Celtis pallida*; f.a. = *Forestiera angustifolia*; p.t. = *Parkinsonia texana*; SEM= standard error of the mean.

The hemicellulose content in all shrubs was similar in the site 1 and the site 3 and both of them were higher than the site 2. *Acacia amentacea* and *P. texana* were similar but also both higher than *F. angustifolia* and *C. pallida*. April had the highest hemicellulose values and June the lowest ones (Table 3). All studied shrubs, in most of the months and sites had hemicellulose values (total mean = 19%) that were comparable and in some situations higher than those recorded (about 15.0%) for *Medicago sativa* hay (NRC, 2007). This fact, may suggest that native plants are

potential efficient sources of energy to rumen microorganisms. In addition, it has been found that hemicellulose is less resistant to chemical degradation compared to the with cellulose (Liu et al., 2012). In this study, all plants, in all the sites and in all the months had very similar cellulose values (Table 4). In addition, all plants had cellulose content (total mean = 12%) in lower amounts than hemicellulose values. Minson (1990) reported that the efficiency and productivity of these structural carbohydrate depends not only on the fermentation process in the rumen, but also in the activity and ability inherent to microbial population, and the association with ADL and some cell wall compounds.

Table 3. Monthly content of hemicellulose (% dry matter) in four shrub species collected in northeastern Mexico.

Month	Counties												Mean	SEM
	China				Linares				Los Ramones					
	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.		
January	11	37	20	11	11	35	13	18	10	30	19	11	19	1.6
February	16	25	29	15	22	25	17	14	16	28	28	14	21	1.0
March	20	23	20	15	21	27	20	20	19	32	24	18	23	0.8
April	12	42	12	24	10	35	16	12	10	39	25	25	22	2.0
May	17	27	14	11	17	26	19	13	17	28	12	17	18	1.0
June	16	41	13	15	18	23	15	19	17	28	29	13	21	1.4
July	16	27	25	14	14	26	10	11	15	33	11	7	16	1.3
August	16	20	10	16	17	26	10	15	13	22	26	14	17	0.9
September	16	28	33	20	17	19	16	13	16	26	29	11	20	1.1
October	15	29	14	14	13	29	14	12	18	34	16	15	18	1.2
November	15	37	12	17	16	25	16	12	16	36	14	13	19	1.5
December	15	28	14	15	16	31	15	14	15	21	13	18	18	1.0
Mean	15	30	18	16	27	15	14	15	20	15	15	30	19	1.0
SEM	0.4	1.2	1.2	0.7	0.8	0.5	0.5	0.5	1.1	0.8	0.4	1.2		
Effects	Sites (A)		Months (B)		Species (C)		A x B		A x C		B x C		A x B x C	
Probability	<0.001		<0.001		<0.001		<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	

a.a. = *Acacia amentacea*; c.p. = *Celtis pallida*; f.a. = *Forestiera angustifolia*; p.t. = *Parkinsonia texana*; SEM= standard error of the mean.

Table 4. Monthly content of cellulose (% dry matter) in four shrub species collected in northeastern Mexico.

Month	Counties												Mean	SEM
	China				Linares				Los Ramones					
	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.		
January	20	15	15	12	22	15	17	14	20	14	15	13	16	0.5
February	15	11	10	10	14	9	11	8	15	13	13	9	11	0.4
March	16	15	9	8	21	14	12	8	14	14	12	8	13	0.7
April	23	17	13	14	23	14	16	16	24	21	14	13	17	0.7
May	15	12	9	7	15	9	8	8	16	11	10	10	11	0.5
June	14	12	9	7	14	10	9	7	14	11	10	6	9	0.5
July	15	13	11	7	15	11	8	7	14	10	8	6	10	0.5
August	15	12	8	7	15	10	8	8	14	11	9	7	10	0.5
September	17	12	11	9	13	10	8	8	12	11	10	6	11	0.5
October	20	14	12	10	20	16	11	10	16	11	8	8	13	0.7
November	18	12	9	8	15	12	11	8	16	11	10	8	11	0.5
December	17	15	12	9	17	13	12	10	19	12	16	10	13	0.5
Mean	17	13	11	9	12	11	9	16	11	9	17	13	12	0.5
SEM	0.5	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.4	0.4	0.5	0.3		
Effects	Sites (A)		Months (B)		Species (C)		A x B		A x C		B x C		A x B x C	
Probability	<0.001		<0.001		<0.001		<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	

a.a. = *Acacia amentacea*; c.p. = *Celtis pallida*; f.a. = *Forestiera angustifolia*; p.t. = *Parkinsonia texana*; SEM= standard error of the mean.

The CP was higher in *P. texana*, *C. pallida*, *A. amentacea* and lower in *F. angustifolia*. Site 2 and site 3 had the same CP content and both of them were higher in CP than the site 1. During September, all plants were higher in CP and in January these values were lower (Table 5). Moya-Rodríguez et al. (2002) that assessed native shrubs in northeastern Mexico, also reported higher CP values in September when rainfall predominated. Evaluated shrubs had CP contents that maintained or exceeded the maintenance requirements for adult range goats and sheep (7 to 8% NRC, 2007) and for gaining body mass and growing antlers of white-tailed deer (8 to 9%; in winter and 10% during summer NRC, 2007). Thus, most of the plants, in all months and all sites can be considered as a good CP supplement, especially during dry and winter months.

Table 5. Monthly content of crude protein (% dry matter) in four shrub species collected in northeastern Mexico.

Month	Counties												Mean	SEM
	China				Linares				Los Ramones					
	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.		
January	14	16	15	21	13	16	11	19	14	15	15	25	15	0.6
February	14	18	17	21	21	14	16	20	15	14	13	23	17	0.5
March	19	26	17	20	16	17	14	20	18	19	13	16	18	0.5
April	15	20	12	23	14	20	11	21	13	19	13	19	17	0.7
May	13	21	10	17	13	23	10	17	15	20	9	20	16	0.8
June	14	21	11	22	13	21	11	19	15	21	19	19	17	0.7
July	14	23	22	21	13	18	11	21	13	20	9	18	17	0.8
August	14	22	11	22	12	19	10	21	15	17	14	18	16	0.7
September	15	23	23	28	16	22	13	20	15	20	19	21	20	0.7
October	17	20	14	22	15	21	13	21	14	21	11	22	17	0.7
November	16	19	13	24	17	21	13	22	15	19	10	20	17	0.7
December	15	17	12	23	17	18	13	21	14	18	12	22	17	0.6
Mean	15	20	15	21	15	19	12	20	15	19	13	20	17	0.5
SEM	0.3	0.5	0.7	0.1	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.4	0.6	0.4		
Effects	Sites (A)		Months (B)		Species (C)		A x B		A x C		B x C		A x B x C	
Probability	<0.001		<0.001		<0.001		<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	

a.a. = *Acacia amentacea*; c.p. = *Celtis pallida*; f.a. = *Forestiera angustifolia*; p.t. = *Parkinsonia texana*; SEM= standard error of the mean.

The DMD in all plants was very similar among the sites and in the months. During September DMD content was higher and in April showed lower values (Table 6). It seems that, in wet months, when NDF and ADL were lower, the DMD of all plants was higher; conversely, in dry months, when NDF and ADL were higher, the DMD was lower. Similarly, Moreno et al. (2011) who assessed tree fodders and Ramírez et al. (2002) who screened browse species, reported that is DMD was directly associated with low concentrations of NDF and ADF. Metabolizable energy values found in this study in all plants, months and sites (range from 9.0 to 13.0 MJ kg⁻¹ dry matter; Table 7) may be considered as good energy sources when they are compared to the mean value of diverse varieties of *Medicago sativa* (9 MJ kg⁻¹) according to Kamalak et al. (2005), and because satisfied the recommendation level

for the maintenance of range ewes (8.4 MJ kg⁻¹ DM) and meat does (8.0 MJ kg⁻¹ DM) in early pregnancy with a single fetus (NRC 2007), and most of them for the maintenance of white-tailed deer (10.5 MJ kg⁻¹ DM) in the early pregnancy period with a single fetus (NRC 2007). Strickland et al. (2005) demonstrated that daily ME requirements of deer in southern environments are lower than those previously reported, opening possibilities of find more nutritional advantages in the quality of native forage for wildlife.

Table 6. Monthly variation of dry matter digestibility (% dry matter) in four shrub species collected in northeastern Mexico.

Month	Counties												Mean	SEM
	China				Linares				Los Ramones					
	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.		
January	58	76	73	75	76	66	74	58	71	75	58	76	69	1.3
February	66	83	80	79	82	71	80	66	76	78	66	83	75	0.9
March	66	80	81	80	75	69	79	61	69	79	66	80	74	1.1
April	51	70	64	75	76	61	65	51	74	73	51	70	65	1.6
May	64	78	73	79	81	73	73	62	72	77	64	78	73	1.1
June	66	77	73	80	78	71	77	65	79	80	66	77	74	1.0
July	66	76	78	81	79	76	81	65	75	81	66	76	75	1.0
August	64	76	75	80	79	75	78	65	77	79	64	76	74	0.9
September	62	78	78	78	81	74	75	68	79	82	62	78	76	1.0
October	54	77	68	73	75	69	71	64	74	79	54	77	70	1.4
November	64	80	76	81	81	72	78	65	70	80	64	80	74	1.1
December	63	76	73	81	78	70	76	60	76	80	63	76	73	1.2
Mean	62	77	74	79	78	71	76	63	75	79	62	77	73	1.0
SEM	0.8	0.5	0.8	0.4	0.4	0.7	0.7	0.8	0.5	0.4	0.8	0.5		
Effects	Sites (A)		Months (B)		Species (C)		A x B		A x C		B x C		A x B x C	
Probability	<0.001		<0.001		<0.001		<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	

a.a. = *Acacia amentacea*; c.p. = *Celtis pallida*; f.a. = *Forestiera angustifolia*; p.t. = *Parkinsonia texana*; SEM= standard error of the mean.

Table 7. Monthly variation of metabolizable energy (MJ Kg⁻¹ dry matter) values in four shrub species collected in northeastern Mexico.

Month	Counties												Mean	SEM
	China				Linares				Los Ramones					
	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.		
January	9.6	12.1	11.7	12.1	12.1	10.9	11.7	9.6	11.3	12.1	9.6	12.1	11.3	0.2
February	10.5	13.0	12.6	12.6	13.0	11.3	12.6	10.5	12.1	12.6	10.5	13.0	12.1	0.1
March	10.5	12.6	13.0	12.6	12.1	10.9	12.6	10.9	12.1	12.6	10.5	12.6	11.7	0.2
April	9.1	11.3	10.5	12.1	12.1	10.0	10.5	9.0	11.7	11.7	9.3	11.3	10.5	0.3
May	10.5	12.6	11.7	12.6	13.0	11.7	11.7	10.0	11.3	12.1	10.5	12.6	11.7	0.2
June	10.9	12.1	11.7	12.6	12.6	11.3	12.1	10.5	12.6	12.6	10.9	12.1	11.7	0.2
July	10.5	12.1	12.6	13.0	12.6	12.1	13.0	10.5	12.1	13.0	10.5	12.1	12.2	0.2
August	10.5	12.1	12.1	12.6	12.6	12.1	12.6	10.5	12.1	12.6	10.5	12.1	11.7	0.1
September	10.0	12.6	12.6	12.6	13.0	11.7	12.1	10.9	12.6	13.0	10.0	12.6	11.7	0.2
October	9.2	12.1	10.9	11.7	11.7	11.3	11.3	10.5	11.7	12.6	9.2	12.1	11.3	0.2
November	10.5	12.6	12.1	13.0	13.0	11.7	12.6	10.5	11.3	12.6	10.5	12.6	11.7	0.2
December	10.0	12.1	11.7	13.0	12.6	11.3	12.1	9.6	12.1	12.6	10.0	12.1	11.7	0.2
Mean	10.0	12.1	11.7	12.6	12.6	11.3	12.1	10.0	12.1	12.6	10.0	12.1	11.7	0.2
SEM	0.1	0.1	0.1	0.1	0.04	0.1	0.1	0.1	0.1	0.04	0.1	0.1		
Effects	Sites (A)			Months (B)	Species (C)			A x B	A x C		B x C		A x B x C	
Probability	<0.001			<0.001	<0.001			<0.001	<0.001		<0.001		<0.001	

a.a. = *Acacia amentacea*; c.p. = *Celtis pallida*; f.a. = *Forestiera angustifolia*; p.t. = *Parkinsonia texana*; SEM= standard error of the mean.

CONCLUSIONS

Evaluated shrubs contained levels of CP and ME, throughout the year, that are higher than other feeds traditionally used in animal feeding. And because the low NDF and ADL and high DMD, the four shrub species showed an inherent potential that can improve the performance characteristics of small ruminants on free range in northeastern Mexico.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors appreciate and wish to thank the land owners of the 'El Abuelo and Zaragoza Ranch' to carry out this study. This research was funded by Consejo

Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) through a scholarship awarded to the first author to doctoral instruction.

REFERENCES

AOAC (1997). Official Methods of Analysis. 16th edn. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, EE.UU.

Appiah F, Oduro I, Ellis WO (2012). Predicting the digestibility of nutrients and energy values of 4 breadfruit varieties based on chemical analysis. Pak. J. Nutr. 11: 401-405.

Bianco VV, Santamaría P, Elia A (1998). Nutritional value and nitrate content in edible wild species used in Southern Italy. Proceedings 3rd IS on Diversification of Vegetable Crops. Acta Hortic. 467: 71-87.

Domínguez-Gómez TG, González-Rodríguez H, Guerrero-Cervantes M, Cerrillo-Soto MA, Juárez-Reyes AS, Alvarado MS, Ramírez-Lozano RG (2011). Influence of polyethylene glycol on *in vitro* gas production of native shrubs consumed by white-tailed deer. Rev. Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 17: 21-31.

Domínguez-Gómez TG, González-Rodríguez H, Ramírez-Lozano RG, Cantú-Silva I, Gómez-Meza MV, Cantú-Ayala CM, Alvarado MS. (2012). Nutritional Profile of Four Shrub Species, Northeastern Mexico. In press. Int. J. of Bio-Res. Stress Manag.

- Estrada AJ (2001). Pastos y forraje para el trópico Colombiano. Ciencias agropecuarias Editorial Universidad de Caldas.
- Fonnesbeck PV, Clark DH, Garret WN, Speth CF (1984). Predicting energy utilization from alfalfa hay from the Western Region. Proc. Am. Soc. Anim. Sci. (Western Section). 35: 305-308.
- Gómez CH, Nahed TJ, Tewolde A, Pinto, RR, Lopez, MJ (2006). Potential areas for the establishment for fodder trees in Central Chiapas, Mexico. Téc. Pec. Méx. 44: 219-230.
- González-Rodríguez H, Cantú-Silva I, Ramírez-Lozano RG, Gómez-Meza MV, Sarquis-Ramírez JI, Coria-Gil N, Cervantes-Montoya JR, and Maiti RK (2011). Xylem water potentials of native shrubs from northeastern Mexico. Acta Agric. Scand. Sec. B-Soil and Plant Sci. 61: 214-219.
- Hoffman PC, Lundberg KM, Bauman LM, Shaver DR, Contreras GFE (2007). The effect of maturity on NDF (neutral detergent fiber) digestibility. Focus on Forage. University of Wisconsin Board of Regents. 5: 1-2.
- INEGI (2002). Uso actual del suelo en los núcleos agrarios. Aspectos Geográficos de Nuevo León. Instituto Nacional de Estadística, Geografía. Available at: <http://nl.inegi.gob.x/territorio/español/cartcat/uso.html>.
- Kamalak A, Canbolat O, Erol A, Kilink C, Kizilsimsek M, Ozkan CO, Ozkose E (2005). Effect of variety on chemical composition, in vitro gas production, metabolizable energy and organic matter digestibility of alfalfa hays. Livest. Res. Rural Dev. 17: 7-14.
- Khalil JK, Sawaya WN, Hyder SZ (1986). Nutrient composition of *Atriplex* leaves grown in Saudi Arabia. J. Range Manage. 39: 104-107.

- Liu S, Lu H, Hu R, Shupe A, Lin L, Liang B (2012). A sustainable woody biomass biorefinery. *Biotech. Adv.* 30: 785-810.
- Minson DR (1990). *Forage in Ruminant Nutrition*. Published by Academic Press, London.
- Montgomery DC (2004). *Diseño y Análisis de Experimentos*. 2^a edn. Limusa Wiley. México, D.F.
- Moreno MJ, Delgado F, Chamorro D (2011). Chemical composition and digestion of four fodder tropical trees used as supplements for ruminants. 5th Forestry Congress, La Habana, Cuba pp. 1-6.
- Moya-Rodríguez JG, Ramírez RG, Foroughbakhch R (2002). Seasonal changes in cell wall digestion of eight browse species from northeastern Mexico. *Livest. Res. Rural. Dev.* 14: 1-7.
- NRC (National Research Council) (2007). *Nutrient Requirements of Small Ruminants. Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids*. Washington DC.
- Oddy VH, Robards GE, Low SG (1983). Prediction of *in vivo* dry matter digestibility from the fiber nitrogen content of a feed. In: Robards, G.E., Packham, R.G. (Eds.), *Feed Information and Animal Production*. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, UK, pp. 395-398.
- Petit AJ (2011). Association of fodder trees to improve productivity and nutrient recycling in agroforestry systems. Doctoral thesis. Facultad de Medicina veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México pp. 76-86.

- Ramírez RG, Neira-Morales RR, Ledezma-Torres RA, Garibaldi-González CA (2000). Ruminant digestion characteristics and effective degradability of cell wall of browse species from northeastern Mexico. *Small Rumin. Res.* 36: 49-55.
- Ramírez-Lozano RG (2012). *Feeding of White-Tailed Deer: Biology and Nutritional Ecology*. Palibrio Press, Indiana, USA.
- Ramírez-Orduña RR, Ramírez-Lozano RG, López GF (2002). Structural factors of forage cell wall that affect its digestibility. *Ciencia UANL.* 5: 180-189.
- Reid N, Marroquín J, Beyer MP (1990). Utilization of shrubs and trees for browse, fuelwood and timber in the Tamaulipan thornscrub, northeastern Mexico. *For. Ecol. Manage.* 36: 61-79.
- Sanon HO, Kabore-Zoungrana C, Ledin I (2008). Nutritive value and voluntary feed intake by goats of three browse fodder species in the Sahelian zone of West Africa. *Anim. Feed Sci. Technol.* 144: 97-110.
- SPSS (2004). *Statistical Package for the Social Science*. Standard released version 13 for Windows, SPSS Inc., Chicago, IL. USA.
- Steel RGD, Torrie JH (1980). *Principles and procedures of statistics. A biometrical approach*, 2nd edn. McGraw-Hill Book Company. New York, USA.
- Strickland BK, Hewitt DG, Deyoung CHA, Bingham RL. (2005). Digestible energy requirements for maintenance of body mass of white-tailed deer in southern Texas. *J. Mammal.* 86: 56-60.
- Turgut L, Yanar M (2004). *In situ* dry matter and crude protein degradation kinetics of some forages in Eastern Turkey. *Small Rumin. Res.* 52: 217-222.
- Uvalle-Sauceda JI, González-Rodríguez H, Ramírez-Lozano RG, Cantú-Silva I, Gómez-Meza MV (2008). Seasonal trends of chlorophylls a and b and

- carotenoids in native trees and shrubs of northeastern Mexico. *J. Biol. Sci.* 8: 258-267.
- Van Soest PJ (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2nd ed. Comstock, Cornell University Press, Ithaca, NY, USA, pp. 226-234.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991). Methods for dietary, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
- Von Maydel HJ (1996). Appraisal of practices to manage woody plants in semiarid environments. In: Bruns, S. J., Lukanen, O, Woods, P. (eds.) *Dry land forestry research*. International Foundation for Science, Stockholm, Sweden, pp. 47-64.

**Artículo 4. Nutritional profile of four shrub species, northeastern
Mexico**

Nutritional Profile of Four Shrub Species, Northeastern Mexico⁴

Tilo G. Domínguez-Gómez¹, Humberto González-Rodríguez^{1*}, Roque G. Ramírez-Lozano³, Israel Cantú-Silva¹, Marco V. Gómez-Meza³, César M. Cantú-Ayala¹ and María Del S. Alvarado¹

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, School of Forest Sciences, Carr. Nac. No 85, km 145. Linares, Nuevo León 67700, México

²Universidad Autónoma de Nuevo León, School of Biological Sciences, Av. Pedro de Alba s/n. San Nicolás de los Garza, Nuevo León 66400, México

³Universidad Autónoma de Nuevo León, School of Economics, Av. Lázaro Cárdenas 4600 Ote, Frac. Residencial Las Torres, Monterrey, Nuevo León 64930, México

Abstract

The aim of this study was to assess the monthly variation in the chemical composition of four native shrubs in northeastern Mexico. Organic matter (OM), acid detergent fiber (ADF) and nitrogen were determined and digestible energy (DE) and insoluble neutral detergent fiber (INDF) were also estimated. Leaves from *Acacia amentacea*, *Parkinsonia texana*, *Forestiera angustifolia* and *Celtis pallida* were collected during twelve consecutive months (2009) in three county sites (China, Linares and Los Ramones Counties) of the state of Nuevo Leon, Mexico. The OM (total mean = 81%), ADF (22%), N (2.7%), DE (3.0 kcal kg⁻¹ DM) and INDF (30 g kg⁻¹ DM) were significantly different among sites, species and months and the double (month*site, month*species, species*site) and triple interactions (month*site*species) were also significant (P<0.001). In general, Linares site had higher OM, ADF and INDF than the other sites. The China site had the higher N and the DE content was similar among sites. Low content of INDF and FDA and high DE value in *C. pallida* and *P. texana* may indicate that these plants are a good food for range ruminants. Conversely, *A. amentacea* and *F. angustifolia* had low nutritional value because their high content of ADF, INDF and low DE value.

Key words: Chemical composition, Digestible energy, Native shrubs, northeastern Mexico.

⁴ Este manuscrito fue redactado de acuerdo a las reglas editoriales de la Revista International Journal of Bio-Resource and Stress Management. (<http://www.pphouse.org/#>).

Introduction

Historically, those plants species distributed in arid and semiarid lands have been used as forage sources to wild and domestic ruminants around the world (Squella et al., 1985). The basis of ruminants feed are the grasses despite their high fiber content (more than 60%), low crude protein content (less than 10%) even though they are not available during the drought season (Bernal, 2007). Núñez et al. (2010) argue about the association between the nutritive value in forages with their chemical composition and their digestibility, being these attributes widely variable due to species, fertilization conditions and maturity stage. Regarding to digestibility, Jančík et al. (2008) indicated that it is limited by the extent of digestion of the cell wall because an important part of it is not available to microbial digestion into the rumen even if it is maintained by an infinite period of time.

The Tamaulipan Thornscrub is a common vegetal community from the Northern Mexican Golf Coast Plateau. It has an extension of 200,000 km² throughout Nuevo Leon, Tamaulipas and Coahuila states in Mexico and Texas, in the United States of America (González 1972; Diamond et al., 1987; Jurado and Reid 1989; WWF, 2001).

Woody species (trees and shrubs) play important roles and functions in the habitat. The native shrubs are characteristic of xerophytic scrublands (Villarreal 1999; González and Cantú, 2001) according to past experiences and observations. Native species of the Tamaulipan thornscrub like *Acacia amentacea* Benth. (Leguminosae), *Celtis pallida* Torr. (Ulmaceae), *Forestiera angustifolia* Torr. (Oleaceae) and *Parkinsonia texana* I. M. Johnst. (Leguminosae) are an important source of food to small ruminants in rangelands (Ramírez, 2004). Small ruminants have developed the ability of using plant material through microorganisms inhabiting the rumen. Approximately from 35 to 80% of the organic matter (OM) is allocated in the cell wall of plant tissues, mainly to provide structure and rigidity (Moya, 2002). Guerrero (2008) studied native forages from north of Mexico and found high values of organic matter content in trees (93 to 95%), shrubs (80 to 94%), forbs (86 to 93%), cacti (68 to 71%) and reproductive structures (flowers, fruits and pods in the order of 79 to 94%).

Ramírez and González (2010) assessed the organic matter digestibility in 32 forage species and observed digestibility figures of 53% in shrubs, 70% forbs and 44% in grasses. The authors concluded that some of these shrubs belong to the Fabaceae family and because of their high digestibility, they should be incorporated into feed systems in the production of small ruminant. Besides, these plants also contribute to the environment providing nitrogen to soil. Furthermore, these species have the advantage as food sources because they show green foliage through most part of the year and also they provide high values of crude protein while forbs and grasses are available only during the rainfall season (Moya, 2002). The region of Tamaulipan thornscrub offers an opportunity to investigate the nutritive value of native plant species and is an important tool to manage natural resources. The aim of this study was to assess the monthly variation in the chemical composition of four native shrubs species in northeastern Mexico.

Materials and Methods

Sites of Study

This study was carried out at three sampling sites situated in the state of Nuevo Leon, northeastern Mexico. The first site was located at “El Abuelo” Ranch in Los Ramones County (25° 40' N; 99° 27' W) with an elevation of 200 m and a surface of 100 ha. The climate is semiarid with warm summer. The annual mean temperature is 22 °C and an annual mean precipitation of 700 mm. The second site was located at “Zaragoza” Ranch in China County (25° 31' N; 99° 16' W). It has an elevation of 200 m and a surface 300 ha. The weather is dry and warm through the year. The annual temperature and precipitation is 22 °C and 500 mm, respectively. The third site was located in the Campus of the School of Forest Sciences, Universidad Autonoma de Nuevo Leon (24° 47' N; 99° 32' W) located at Linares County with 500 ha and an elevation of 370 m. The annual precipitation of the region is 800 mm with an annual mean temperature of 22.3 °C (Reid et al., 1990), temperatures of 45 °C are common during summer (González et al., 2004). In general, the three sampling sites are under a similar climatic pattern where similar peaks of maximum rainfall are shown during

May, June and September. The main type of vegetation of the area is known as the Tamaulipan Thornscrub or Subtropical Thornscrub Woodlands (SPP-INEGI, 1986). The most abundant species are *Helietta parvifolia*, *Diospyros palmeri*, *Prosopis laevigata*, *Acacia amentacea*, *A. farnesiana*, *A. greggii*, *A. berlandieri*, *Cordia boissieri*, *Fraxinus greggii*, *Forestiera angustifolia*, *Havardia pallens*, *Ebenopsis ebano*, *Leucophyllum texanum* and *Guaiacum angustifolium*, among others (Alanís et al., 1996). Dominant soils are deep, dark-gray, lime-gray, lime-clay Vertisols, with montmorillonite, which shrink and swell noticeably in response to changes in soil moisture content (INEGI, 2002). During this study, annual precipitation and mean temperature were: 205 mm and 23.7 °C; 249 mm and 24.1 °C and 570 mm, 22.8 °C in sites 1, 2 and 3, respectively.

The shrub species such as *Acacia amentacea* DC. (Leguminosae), *Celtis pallida* Torr. (Ulmaceae) *Forestiera angustifolia* Torr. (Oleaceae) and *Parkinsonia texana* I.M. Johnst. Var *macra* (Leguminosae) are part of the native vegetation of the northeastern Mexico and the subtropical savanna ecosystems of southern Texas, USA (Everitt et al., 2002) and are consumed by grazing ruminants (Ramírez, 2009).

Sampling

Representative and undisturbed experimental plots (50 m x 50 m) were established in each site. Collection of mature leaves were undertaken (800 g) at browsing height (1.0 to 1.5 m) from five of the most representative individual plants, randomly selected (Montgomery, 2004) of *A. amentacea*, *P. texana*, *F. angustifolia* and *C. pallida*. Monthly samples were collected from January to December 2009.

Chemical Analyses

Partial dry matter (DM) was established by drying samples in an oven at 55 °C during 72 h, then grounded in a Thomas Willey mill (Thomas Scientific Apparatus, Model 3383) using a N° 60 (1 mm x 1 mm) mesh. The milled material was stocked in labeled plastic recipients for further analyses. By triplicate, samples were analyzed for Organic Matter (OM) according AOAC (1995); percentage of nitrogen were calculated

by micro Kjeldahl (AOAC, 1997) and finally the ADF content was determined through a fiber analyzer ANKOM²⁰⁰ according to the procedures described by Van Soest et al. (1991).

Although the value of accurate digestibility data is unbiased, obtaining actual data is time consuming, expensive, and requires large amounts of the forage samples that was not feasible in this study then dry matter digestibility (DMD, %) was estimated using the formula developed by Oddy et al. (1983): $DMD = 83.58 - 0.824 \text{ ADF}\% + 2.626 \text{ N}\%$. Dry matter digestibility values were used to estimate digestible energy (DE, kcal kg⁻¹ DM) using the regression equation reported by Fennesbeck et al. (1984): $DE = 0.27 + 0.0428 \text{ (DMD, \%)}$. The insoluble neutral detergent fiber (INDF, g kg⁻¹ DM) was calculated from the equation developed by Jančík et al. (2008): $INDF = -86.98 + 1.542 \text{ (NDF)} + 31.63 \text{ (ADL)}$. Values of the variables DMD, NDF and ADL were taken from Dominguez et al. (2011). The results obtained in the chemical composition of the plant species were corrected on dry basis and expressed in (%).

Statistical Analyses

Statistical analyses (analyses of variance and mean comparison of foliar chemical composition) corresponding to each sampling date and site of study were carried out by using the SPSS software for Windows version 13 (SPSS, 2004). Data of each variable were analyzed according to one way analysis of variance with three repetitions using a tri-factorial arrangement experiment, considering the factors as follows: sites (3), months (12) and shrub species (4). The *w*Tukey procedure test was employed for multiple mean comparison with a probability level of $P=0.05$. These procedures were carried out according to Steel and Torrie (1980).

Results and Discussion

The OM, ADF, N, DE and INDF were significantly different among sites, species and months and also the double and triple interactions ($P<0.001$) were also significant (Tables 1 to 5).

Organic Matter Content

The species at Linares site acquired the highest content of organic matter, followed by China and Los Ramones. Maximum (94%) and minimum (60%) values in OM content were observed *Forestiera angustifolia* in China and Los Ramones, respectively, during November and December (Table 1). The results of this study are similar to those found by Moya (2002) and Foroughbakhch et al. (2007) in native shrubs from northeast Mexico. In addition, the results of this research are similar to those reported by Kazemi et al. (2012) in six forage species from northeast Iran, but different to those results observed in ten shrubs from northeast Mexico (Ramírez, 2003).

Table 1. Monthly content of organic matter (%) in four shrub species growing in northeastern Mexico

Month	Counties												Mean	SEM
	China				Linares				Los Ramones					
	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.		
January	89	75	76	87	87	72	89	89	91	72	73	89	83	1.4
February	81	69	74	78	77	65	92	83	91	72	70	77	77	1.6
March	84	83	74	83	87	79	93	81	87	76	75	86	82	1.3
April	84	78	91	82	92	81	89	88	78	81	73	84	83	1.1
May	85	81	91	84	89	81	87	85	89	77	85	86	85	1.9
June	72	65	91	76	87	73	90	85	68	79	71	72	77	1.8
July	76	83	79	80	86	69	89	85	89	76	82	82	81	1.3
August	81	86	91	85	86	78	84	80	77	81	72	81	82	1.3
September	80	76	76	80	81	71	84	76	73	77	76	84	78	1.2
October	92	77	89	84	80	71	90	88	89	71	91	78	83	1.4
November	71	75	94	83	85	63	76	82	75	78	87	82	79	1.6
December	67	76	75	86	83	69	84	85	68	73	60	83	76	1.4
Mean	80	77	83	82	85	73	87	84	81	76	76	82	81	1.2
SEM	1.7	1.1	1.4	1.0	1.6	1.1	1.0	1.1	1.7	0.8	1.5	1.1		
Effects	Sites (A)		Months (B)		Species (C)		A*B	A*C	B*C	A*B*C				
Probability	<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001				

a.a. = *Acacia amentacea*; c.p. = *Celtis pallida*; f.a. = *Forestiera angustifolia*; p.t. = *Parkinsonia texana*; SEM= standard error of the mean.

ADF Content

The species from Linares site showed the highest content of ADF followed by China and Los Ramones. *A. amentacea* had the highest contents of ADF during April in the

three study sites, with an average of 47% (Table 2). The lowest content was observed in *C. pallida* (10%) in China and Linares during February, but in Los Ramones was *P. texana* with the lowest content of ADF (13%) during July. The present results are similar to those reported by Moya (2002), Foroughbakhch et al. (2007) and Alvarado et al. (2012). In contrast, the values observed in this research are higher than those reported by Sultan et al. (2008, 2009, 2010) when they studied shrubs and forbs in northeast Pakistan. The high ADF content in *A. amentacea* in this study could be associated to higher temperatures registered in the three sites since it has been documented that high temperatures increase the syntheses of ADF (Nelson and Moser, 1994). The maturity of plants have been positively correlated with ADF content (Minson, 1990) and negatively correlated with protein content (Parissi et al., 2005; González et al., 2011). López et al. (2008) indicated that those species with high content of ADF exhibited low ruminal degradation and high concentration of NDF is associated with a lower feed intake (Fahey and Berger, 1988).

Table 2. Monthly content of acid detergent fiber (%) in four shrub species growing in northeastern Mexico

Month	Counties												Mean	SEM
	China				Linares				Los Ramones					
	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.		
January	38	17	21	21	40	17	27	22	38	18	23	23	25	1.4
February	29	10	13	17	25	10	23	14	29	15	16	19	18	1.1
March	31	18	12	15	36	19	25	16	28	20	17	14	21	1.2
April	47	27	29	22	48	19	33	33	46	30	19	23	31	1.7
May	30	18	18	15	34	14	18	21	34	15	19	18	21	1.2
June	28	19	18	15	33	17	20	18	31	17	16	14	21	1.0
July	29	21	18	13	29	15	15	14	29	16	15	13	19	1.0
August	31	21	16	15	28	16	16	17	30	18	15	15	20	1.0
September	34	18	18	21	30	15	19	21	27	20	15	13	21	1.0
October	45	18	27	23	44	22	24	26	31	16	17	17	26	1.6
November	32	15	15	16	33	14	20	18	30	15	21	14	20	1.2
December	33	18	19	15	34	15	24	21	35	15	16	15	22	1.3
Mean	34	18	19	17	35	16	22	20	32	18	17	16	22	1.0
SEM	1.0	0.7	0.8	0.6	1.1	0.5	0.8	0.9	0.9	0.7	0.4	0.6		
Effects	Sites (A)		Months (B)		Species (C)		A*B	A*C	B*C	A*B*C				
Probability	<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001				

a.a. = *Acacia amentacea*; c.p. = *Celtis pallida*; f.a. = *Forestiera angustifolia*; p.t. = *Parkinsonia texana*; SEM= standard error of the mean.

N Content

The plant species at the China site showed the highest nitrogen content, followed by Los Ramones and Linares (Table 3). *Parkinsonia texana* showed the highest N content (5%) in China and Los Ramones during October and January, respectively, while *F. angustifolia* displayed the lowest value (1%) in Los Ramones. The nitrogen is the most critical element in plant growth. Ramírez (2007) mentioned that N is the most important element of aminoacids and proteins in animals and plants. In this study, *P. texana* had the highest values of N because it belongs to the Leguminosae family, which are characterized to possess a deep root and nitrifying nodules, which through *Rhizobium* genera, are capable to fix nitrogen from atmosphere. Previous research has demonstrated that a high proportion of fixed nitrogen can be transferred to the non leguminous plants associated in the ecosystem. Crews and Peoples (2005) mentioned that association with nitrogen fixing species causes a spatial heterogeneity and local acceleration of the nitrogen cycle in the ecosystems. Similar nitrogen contents were reported by Alvarado et al. (2007) and Petit et al. (2010) when they analyzed the chemical composition and nitrogen fixing in forage species in Costa Rica and south of Mexico, respectively. Ruíz and Febles (1987) indicated that most nitrogen content is found in leaves, followed by tender stems, flowers and a minor proportion in thick stems. Van Soest (1994) and Ramírez (2007) found that climatic variables (high temperatures, radiation and moisture) increased the metabolic activity and consequently the syntheses of structural compounds and conducted to diminish the content of nitrate, nitrogen, protein and water-soluble carbohydrates in forages.

Digestible Energy Content

The values of digestible energy (DE) are shown in Table 4. The plant species at the three sites showed an average of 3.4 kcal kg⁻¹ DM. The highest content (3.8) of DE was observed in *C. pallida* and *P. texana* in China and Los Ramones, respectively, while the lowest value was registered in *A. amentacea* and *F. angustifolia* (2.4) at the same sampling sites. The highest values apparently occurred during February and March. The values of the digestibility of dry matter (DMD) observed by Dominguez et

al. (2011) were used to correlate with the digestible energy (DE) data of the present study. Based on this, it was found a positive relationship between DMD and DE ($r = 0.98$; $P=0.001$). Similar results were reported by Ramírez (2004), Guerrero et al. (2009) and Alvarado et al. (2012) in studies of native plants from north of Mexico. The last two authors mentioned that those equations based on ADF and N measurements reduce relative costs and frequently forage quality assessment. Alvarado et al. (2012) studied native shrubs of northeastern Mexico and found a range between 2.9 and 3.7 kcal kg⁻¹ DM in *C. pallida*, *F. angustifolia* and *A. amentacea* during eight seasons in two years of study (summer 2004 to spring 2006). These findings agree with the results observed for the same shrub species of this study. Benavides (1999) evaluated trees and shrubs used as forage in Costa Rica and reported values of 2.1 kcal kg⁻¹ DM, while Hussain and Durrani (2009) studied 10 species of forage plants in Pakistan documenting an average of 2.9 Mcal kg⁻¹ DM, and in the same latitude at the United Arab Emirates it was reported a range of 3.5 Mcal kg⁻¹ DM in five range species by Shaltout et al. (2008).

Table 3. Monthly content of N (%) in four shrub species growing in northeastern Mexico

Month	Counties												Mean	SEM
	China				Linares				Los Ramones					
	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.		
January	2.2	2.5	2.4	3.4	2.1	2.5	1.8	3.0	2.3	2.4	2.4	4.0	2.6	0.10
February	2.3	2.8	2.6	3.3	3.3	2.3	2.5	3.2	2.4	2.2	2.1	3.7	2.7	0.08
March	3.0	4.1	2.8	3.2	2.6	2.7	2.3	3.2	2.8	3.0	2.2	2.6	2.9	0.09
April	2.4	3.1	1.9	3.7	2.2	3.2	1.8	3.3	2.2	3.1	2.1	3.0	2.7	0.11
May	2.1	3.4	1.6	2.8	2.1	3.6	1.6	2.7	2.3	3.2	1.4	3.2	2.5	0.12
June	2.2	3.4	1.7	3.6	2.1	3.3	1.7	3.0	2.3	3.3	3.1	3.1	2.7	0.11
July	2.2	3.6	3.6	3.3	2.1	2.8	1.8	3.4	2.0	3.2	1.5	2.9	2.7	0.12
August	2.2	3.5	1.7	3.5	1.9	3.0	1.6	3.3	2.4	2.7	2.2	2.9	2.6	0.11
September	2.4	3.6	3.6	4.5	2.5	3.6	2.0	3.2	2.4	3.2	3.0	3.4	3.1	0.12
October	2.7	3.1	2.3	3.5	2.4	3.3	2.0	3.4	2.2	3.3	1.7	3.5	2.8	0.11
November	2.5	3.1	2.0	3.8	2.7	3.3	2.0	3.5	2.5	3.0	1.6	3.2	2.8	0.11
December	2.4	2.7	1.9	3.7	2.7	2.8	2.1	3.4	2.2	2.9	2.0	3.5	2.7	0.10
Mean	2.4	3.3	2.3	3.5	2.4	3.0	1.9	3.2	2.3	3.0	2.1	3.3	2.7	0.16
SEM	0.04	0.08	0.11	0.07	0.07	0.07	0.04	0.04	0.04	0.06	0.09	0.07		
Effects	Sites	Months (B)	Species (C)		A*B	A*C	B*C		A*B*C					
Probability	<0.001	<0.001	<0.001		<0.001	<0.001	<0.001		<0.001		<0.001			

a.a. = *Acacia amentacea*; c.p. = *Celtis pallida*; f.a. = *Forestiera angustifolia*; p.t. = *Parkinsonia texana*; SEM= standard error of the mean.

Insoluble Neutral Detergent Fiber Content

The values of INDF are shown in Table 5. The species of Linares site presented the highest content of INDF, followed by China and Los Ramones. *A. amentacea* and *F. angustifolia* showed the highest content (80 g kg⁻¹ DM) in China and Los Ramones, respectively, during October, while the lowest value was 12 g kg⁻¹ DM (*C. pallida* in China and *P. texana* in Los Ramones) during February. The values of DMD were used to correlate with INDF of the present study and a negative relationship was found ($r = -0.84$; $P=0.001$). A similar response trend was reported by Ramírez et al. (2009) who found that INDF of native grasses growing in northeastern Mexico was negatively correlated with DMD. Besides, Jančík et al. (2008) argued that the INDF content of grasses increased during plant maturation. In another study, Alvarado et al. (2012) found a negative correlation between these two nutritive parameters.

Table 4. Monthly content of digestible energy (kcal g⁻¹ DM) in four shrub species growing in northeastern Mexico

Month	Counties												Mean	SEM
	China				Linares				Los Ramones					
	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.		
January	2.8	3.5	3.4	3.5	3.5	3.1	3.4	2.8	3.3	3.5	2.8	3.5	3.2	0.05
February	3.1	3.8	3.7	3.6	3.8	3.3	3.7	3.1	3.5	3.6	3.1	3.8	3.5	0.04
March	3.1	3.7	3.7	3.7	3.5	3.2	3.7	3.2	3.5	3.6	3.1	3.7	3.4	0.05
April	2.4	3.2	3.0	3.5	3.5	2.9	3.1	2.5	3.4	3.4	2.4	3.2	3.0	0.07
May	3.0	3.6	3.4	3.6	3.7	3.4	3.4	2.9	3.3	3.6	3.0	3.6	3.4	0.05
June	3.1	3.6	3.4	3.7	3.6	3.3	3.6	3.0	3.6	3.7	3.1	3.6	3.4	0.04
July	3.1	3.5	3.6	3.8	3.6	3.5	3.7	3.1	3.5	3.7	3.1	3.5	3.5	0.04
August	3.0	3.5	3.5	3.7	3.6	3.5	3.6	3.1	3.6	3.7	3.0	3.5	3.4	0.04
September	2.9	3.6	3.6	3.6	3.7	3.4	3.5	3.2	3.7	3.8	2.9	3.6	3.5	0.04
October	2.6	3.6	3.2	3.4	3.5	3.2	3.3	3.0	3.5	3.7	2.6	3.6	3.3	0.06
November	3.0	3.7	3.5	3.7	3.7	3.4	3.6	3.1	3.3	3.7	3.0	3.7	3.4	0.05
December	3.0	3.5	3.4	3.7	3.6	3.3	3.5	2.9	3.5	3.7	3.0	3.5	3.4	0.05
Mean	2.9	3.6	3.5	3.6	3.6	3.3	3.5	3.0	3.5	3.6	2.9	3.6	3.0	0.05
SEM	0.04	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.04	0.02		
Effects	Sites		Months (B)		Species (C)		A*B	A*C	B*C		A*B*C			
Probability	<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	<0.001	<0.001		<0.001			

a.a. = *Acacia amentacea*; c.p. = *Celtis pallida*; f.a. = *Forestiera angustifolia*; p.t. = *Parkinsonia texana*; SEM= standard error of the mean.

Table 5. Monthly content of insoluble neutral detergent fiber (g kg⁻¹ DM) in four shrub species growing in northeastern Mexico

Month	Counties												Mean	SEM
	China				Linares				Los Ramones					
	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.	a.a.	c.p.	f.a.	p.t.		
January	55	11	17	26	14	32	24	54	21	29	55	11	29	2.7
February	44	1	9	22	1	37	20	45	10	29	44	1	22	2.6
March	49	11	7	20	18	41	23	45	18	19	49	11	26	2.4
April	76	36	50	27	18	55	51	68	16	29	76	36	45	3.6
May	48	20	24	21	15	29	40	57	27	25	48	20	31	2.6
June	45	26	26	22	19	33	30	51	18	22	45	26	31	2.2
July	41	26	23	17	12	19	19	45	18	16	41	26	25	1.9
August	49	25	21	23	15	20	26	49	16	21	49	25	27	2.0
September	56	19	24	34	13	30	37	44	16	17	56	19	30	2.3
October	81	14	45	41	19	40	49	48	25	26	81	14	40	3.6
November	48	10	18	21	8	29	27	47	35	19	48	10	28	2.7
December	53	16	27	21	12	40	35	54	19	20	53	16	30	2.8
Mean	54	18	24	25	14	34	32	51	20	23	54	18	30	2.2
SEM	2.1	1.5	2.1	1.1	0.9	1.6	1.8	1.2	1.1	0.8	2.1	1.5		
Effects	Sites (A)		Months (B)		Species (C)		A*B	A*C	B*C	A*B*C				
Probability	<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001				

a.a. = *Acacia amentacea*; c.p. = *Celtis pallida*; f.a. = *Forestiera angustifolia*; p.t. = *Parkinsonia texana*; SEM= standard error of the mean.

Conclusions

Chemical composition suggests that *C. pallida* and *P. texana* have potential as forage for ruminants, contrary to *A. amentacea* and *F. angustifolia* because their high content of acid detergent fiber and insoluble neutral detergent fiber and low content of digestible energy. However, more research about selectivity, palatability and digestibility is required. During early year the variables of chemical composition indicate better quality were MO, N, ED, while the worst were FDA, INDF during late year. The studied species could be considered as protein source because their nitrogen content, providing good conditions to microbial growing in the rumen.

Acknowledgements

Valuable technical assistance provided by Elsa Dolores Gonzalez Serna, Manuel Hernández Charles and Christian Marroquín is gratefully acknowledged. The authors appreciate and wish to thank too the land owner of the 'El Abuelo and Zaragoza Ranch' to carry out this study. This research was funded by Consejo Nacional de

Ciencia y Tecnología (CONACyT) through a scholarship awarded to the first author to pursue doctoral studies.

References

- Alanís, G., Cano, G., Rovalo, M., 1996. Vegetación y flora de Nuevo León: Una guía versión-ecológica. Edición y publicación CEMEX. Monterrey, N.L. México, 251.
- Alvarado, M., Rodríguez, J., Cerrato, M., 2007. Concentración de carbono y nitrógeno a seis frecuencias de poda en *Gliricidia sepium* y *Erythrina* sp. *Tierra Tropical* 3(2), 211-220.
- Alvarado, M.S., González, R.H., Ramírez, L.R.G., Cantú, S.I., Gómez, M.M.V., Cotera, C.M., Jurado, Y.E., Domínguez, G.T.G., 2012. Chemical composition of shrubs browsed by white-tailed deer (*Odocoileus virginianus texanus*). *Journal of Animal and Veterinary Advances* (in press).
- AOAC., 1995. Official Methods of Analysis. Vol. II (16th Edn). Association of Official Analytical Chemist International. Gaithersburg, Maryland. Chapter 32, 24.
- AOAC., 1997. Official Methods of Analysis. (16th Edn). Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, USA, 1298.
- Benavides, J.E., 1999. Árboles y arbustos forrajeros: una alternativa agroforestal para la ganadería. In Rosales, M., Murgueitio, E., Osorio, H., Sánchez, M.D., Speedy, A., (eds). *Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica*, 367-394.
- Bernal, B.L.C., 2007. Efecto de las mezclas de las leguminosas *Calliandra calothyrsus*, *Flemingia macrophylla*, *Cratylia argentea* y *Vigna unguiculata* ensiladas y henificadas sobre los parámetros de fermentación ruminal in vitro y producción de leche en bovinos. Tesis de Maestría. Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Palmira, 112.
- Crews, T.E., Peoples, M.B., 2005. Can the synchrony of nitrogen supply and crop demand be improved in legume and fertilizer-based agroecosystems? A review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 72(2), 101-120.
- Diamond, D.D., Riskind, D., Orzell, S.L., 1987. A framework for plant community classification in Texas. *Texas Journal of Science* 39(3), 203-221.

- Domínguez, G.T.G., González, R.H., Guerrero, C.M., Cerrillo, S.M.A., Juárez, R.A.S., Alvarado, M.S., Ramírez, L.R.G., 2011. Influencia del polietilén glicol sobre los parámetros de producción de gas *in vitro* en cuatro forrajeras nativas consumidas por el venado cola blanca. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 17, 21-31.
- Everitt, J.H., Drawe, D.L., Lonard, R.I., 2002. *Trees, Shrubs and Cacti of South Texas*. Texas Tech University Press, Lubbock, Texas, USA, 12-24.
- Fahey, G.C., Berger, L.L., 1988. Carbohydrate nutrition in ruminants. In: Church, D.C., (ed.). *The Ruminant Animal Digestive Physiology and Nutrition*. Prentice Hall, N.J, 269-297.
- Fonnesbeck, P.V., Clark, D.H., Garret, W.N., Speth, C.F., 1984. Predicting energy utilization from alfalfa hay from the Western Region. *Proceedings American Society of Animal Science (Western Section)* 35, 305-308.
- Foroughbakhch, R., Hernández, P.J.L., Ramírez, R., Alvarado, M.A., González de León, O.A., Baddi, M.H., 2007. Seasonal dynamics of the leaf nutrient profile of 20 native shrubs in Northeastern Mexico. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 6(8), 1000-1005.
- González, I., Betancourt, M., Fuenmayor, A., Lugo, M., 2011. Producción y composición química de forrajes de dos especies de pasto Elefante (*Pennisetum* sp.) en el Noroccidente de Venezuela *Zootecnia Tropical* 29(1), 103-112.
- González, M.F., 1972. La vegetación del noreste de Tamaulipas. *Anales del Instituto de Biología de la UNAM, serie Botánica* 43(1), 11-50.
- González, R.H., Cantú, S.I., 2001. Adaptación a la sequía de plantas arbustivas del matorral espinoso tamaulipeco. *CIENCIA UANL* 4(4), 454-461.
- González, R.H., Cantú, S.I., Gómez, M.M.V., Ramírez, L.R.G., 2004. Plant water relations of thornscrub shrub species, northeastern Mexico. *Journal of Arid Environments* 58, 483-503.
- Guerrero, C.M., 2008. Valor nutricional de forrajes nativos del norte de México. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, 135.

- Guerrero, C.M., Ramírez, R.G., Cerrillo, S.M.A., Montoya, E.R., Nevárez, C.G., Juárez, R.A.S., 2009. Chemical composition and rumen digestion of dry matter and crude protein of native forages. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 8, 408-412.
- Hussain, F., Durrani, M.J., 2009. Nutritional evaluation of some forage plants from harboi rangeland, Kalat, Pakistan. *Pakistan Journal of Botany* 41(3), 1137-1154.
- INEGI, 2002. Uso actual del suelo en los núcleos agrarios. Aspectos geográficos de Nuevo León. Consultado el 09 de mayo de 2009. Página Web del Instituto Nacional de Estadística, Geografía. Available at <http://nl.inegi.gob.x/territorio/español/cartcat/uso.html>.
- Jančík, F., Homolka, P., Čermák, B., Lád, F., 2008. Determination of indigestible neutral detergent fibre contents of grasses and its prediction from chemical composition. *Czech Journal of Animal Science* 53(3), 128-135.
- Jurado, E., Reid, N., 1989. Influencia de factores Edáficos, topográficos y perturbación sobre el matorral tamaulipeco en linares, Nuevo León, Reporte Científico Núm. 10. Facultad de Ciencias Forestales UANL. Monterrey, Nuevo León, México, 43.
- Kazemi, M., Tahmasbi, A.M., Naserian, A.A., Valizadeh, R., Moheghi, M.M., 2012. Potential nutritive value of some forage species used as ruminants feed in Iran. *African Journal of Biotechnology* 11(57), 12110-12117.
- López, H.M.A., Rivera, L.J.A., Ortega, R.J.L., Escobedo, M.G., Magaña, M.M.A., Sanginés, G.J.R., Sierra, V.A.C., 2008. Contenido nutritivo y factores antinutricionales de plantas nativas forrajeras del norte de Quintana Roo *Técnica Pecuaria Mexicana* 46(2), 205-215.
- Minson, D.R., 1990. *Forage in Ruminant Nutrition*. Published by Academic Press, London, 483.
- Montgomery, D.C., 2004. *Diseño y Análisis de Experimentos*. (2nd edn). Limusa Wiley. México, D.F., 218.
- Moya, R.J.G., 2002. Variación estacional del perfil nutritivo y digestibilidad in situ de materia seca, proteína cruda y fibra detergente neutro, del follaje de ocho

- especie arbustivas del noreste de México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. San Nicolás de los Garza, N.L. México, 128.
- Nelson, C.J., Moser, L.E., 1994. Plant factors affecting forage quality. *In*: Fahey GC Jr. (ed) Forage quality, evaluation and utilization. University of Nebraska, Lincoln, USA, 115- 154
- Núñez, H.G., Payán, G.J.A., Pena, R.A., González, C.F., Ruiz, B.O., Arzola, A.C., 2010. Forage quality and agronomic characterization of annual forage species in North-Central Mexico. *Revista Mexicana Ciencia Pecuaria* 1(2), 85-98.
- Parissi, Z.M., Papachristou, T.G., Nastis, A.S., 2005. Effect of drying method on estimated nutritive value of browse species using an in vitro gas production technique. *Animal Feed Science and Technology* 123(124), 119-128.
- Petit, A.C.J. 2011. Asociación de especies arbóreas forrajeras para mejorar la productividad y el reciclaje de nutrientes en sistemas agroforestales. Tesis de Doctorado. Campus de Ciencias Agropecuarias Biológicas, UADY. Mérida, Yucatán, México, 129.
- Ramírez, L.R.G., 2004. Nutrición del Venado Cola Blanca. Universidad Autónoma de Nuevo León-Unión Ganadera Regional de Nuevo León-Fundación Produce, Nuevo León, A.C. Monterrey, N.L. México, 240.
- Ramírez, L.R.G., 2007. Los pastos en la nutrición de rumiantes. Publicaciones Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, N.L. México, 215.
- Ramírez, L.R.G., 2009. Nutrición de Rumiantes: Sistemas Extensivos. (2nd Edn). Editorial Trillas. México, 313.
- Ramírez, L.R.G., González, R.H., 2010. Forrajeras del noreste de México. *In*: Alvarado VMA, Rocha, EA, Moreno L.S., (eds) De la lechuguilla a las biopelículas vegetales las plantas útiles de Nuevo León, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, N.L. México, 517-538.
- Ramírez, O.R., 2003. Dinámica estacional del Valor nutritivo y digestión ruminal del forraje de 10 arbustivas de Baja California sur, México. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, 201.

- Ramírez, R.G., González, R.H., Morales, R., Cerrillo, A., Juárez, A., García, G.J., Guerrero, M., 2009. Chemical composition and dry matter digestion of some native and cultivated grasses in Mexico. *Czech Journal of Animal Science* 54(4), 150-162.
- Reid, N., Marroquín, J., Beyer, M.P., 1990. Utilization of shrubs and trees for browse, fuelwood and timber in the Tamaulipan thornscrub, northeastern Mexico. *Forest Ecology and Management* 36(1), 61-79.
- Ruiz, T.E., Febles, G., 1987. *Leucaena, una opción para la alimentación bovina en el trópico y subtrópico*. Editorial EDICA. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba, 200.
- Shaltout, K.H., El Keblawy, A.A., Mohamed, M.T., 2008. Evaluation of the range plants quality and palatability for camel grazing in the United Arab Emirates. *Journal of Camelid Sciences* 1, 1-13.
- SPP-INEGI, 1986. *Síntesis geográfica del estado de Nuevo León*. Secretaría de Programación y Presupuesto, Instituto Nacional de Geografía e Informática, México.
- SPSS., 2004. *Statistical Package for the Social Science*. Standard released version 13 for Windows, SPSS Inc., Chicago, IL. USA.
- Squella, N.F., Meneses, R.R., Gutiérrez, V.T., 1985. Evaluación de especies forrajeras arbustivas bajo condiciones de clima mediterráneo árido. *Agricultura Técnica* 45(4), 303-314.
- Steel, R.G.D., Torrie, J.H., 1980. *Principles and procedures of statistics. A biometrical approach*, (2nd Edn). McGraw-Hill Book Company. New York, USA, 625.
- Sultan, J.L., Raheem, I., Javaid, A., Bilal, Q.H., Akhtar, P., Ali, S., 2010. Chemical composition, mineral profile, palatability and *in vitro* digestibility of shrubs 42(4), 2453-2459.
- Sultan, J.L., Raheem, I., Nawaz, H., Yaqoob, M., Javed, I., 2008. Nutritional evaluation of fodder tree leaves of Northern grasslands of Pakistan. *Pakistan Journal of Botany* 40(6), 2503-2512.

- Sultan, J.L., Raheem, I., Yaqoob, H., Mustafa, M.I., Nawaz, H., Akhtar, P., 2009. Nutritional evaluation of herbs as fodder source for ruminants. *Pakistan Journal of Botany* 41(6), 2765-2776.
- Van Soest, P.J., 1994. *Ecología nutricional de los rumiantes*. (2nd edn). Cornell University Press, Ithaca, NY, 476.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 74(10), 3583-3597.
- Villarreal, G.J.G., 1999. Venado cola blanca. "Manejo y aprovechamiento cinegético", Unión Ganadera Regional de Nuevo León, 81-125.
- WWF (World Wildlife Found), 2001. Tamaulipan Matorral (NA1311). Word Wildlife Found. [http://www. WorldWildlife.org](http://www.WorldWildlife.org). 23 de abril del 2004.

**Artículo 5. Diversidad estructural del matorral espinoso
tamaulipeco en el estado de Nuevo León, México durante las
épocas seca y húmeda**

DIVERSIDAD ESTRUCTURAL DEL MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO EN EL ESTADO DE NUEVO LEÓN, MÉXICO DURANTE LAS ÉPOCAS SECA Y HÚMEDA⁵

STRUCTURAL DIVERSITY OF THE TAMAULIPAN THORNSCRUB IN THE STATE OF NUEVO LEON, MEXICO DURING DRY AND WET SEASONS

RESUMEN

Durante la temporada seca (verano) y húmeda (otoño) del 2009, se determinó la composición y estructura de la vegetación en tres sitios/municipios (S) del estado de Nuevo León, México: Los Ramones (S1), China, (S2) y Linares (S3). El estudio se llevó a cabo en el Matorral Espinoso Tamaulipeco (MET). En cada sitio, se ubicaron aleatoriamente 10 parcelas de 10 m x 10 m, en las cuales se determinaron parámetros dasométricos de altura, cobertura y densidad de los individuos. Así como indicadores ecológicos de abundancia, dominancia, frecuencia y valor de importancia (VI). La diversidad de especies se estimó mediante el índice de diversidad Shannon-Wiener. La similitud entre sitios se determinó a través del índice de Jaccard. Para la temporada seca y húmeda se registraron un total de 1,251 y 2,457 individuos, respectivamente. Ambas temporadas están representadas por 57 especies, las cuales comparten 34 especies en común, las familias florísticamente dominantes son Fabaceae y Cactaceae. Los géneros con mayor número de especies son *Acacia* (5), *Croton* (3), *Echinocereus* (3) y *Opuntia* (2). El índice de diversidad de Shannon-Wiener mostró diferencia significativa para la combinación sitio*temporada de muestreo, caracterizándose a los sitios en una diversidad intermedia, mientras que el índice de Jaccard, mostró, la mayor similitud para el sitio Linares y la menor para el sitio China, entre ambas temporadas. La cobertura promedio para los tres sitios de estudio para ambas temporadas fue de 1,061 m² y 1,847 m². El sitio S3 presentó los valores más altos

⁵ Este manuscrito fue redactado de acuerdo a las reglas editoriales de la Revista Mexicana de Ciencias Forestales (<http://revistascientificas.inifap.gob.mx>).

(1,722.5 m²) de cobertura. La especie *Prosopis laevigata* mostró los valores más altos de IV para ambas temporadas para los sitios S1 y S2, mientras para el sitio S3, fueron *Lantana macropoda* y *Turnera diffusa*. En general la diversidad de especies entre sitios y entre temporadas tiende a ser homogénea.

Palabras claves: composición y estructura, Matorral Espinoso Tamaulipeco, valor de importancia, indicadores ecológicos.

ABSTRACT

During the dry (summer) and the wet seasons (autumn) of 2009, the composition and structure of the vegetation were determined in three county sites (S) of the State of Nuevo Leon, Mexico: Los Ramones (S1), China, (S2) and Linares (S3). The main vegetation type is Tamaulipan Thornscrub (TT). Ten plots were randomly established (10m x 10m) at each site, where ecological indicators (abundance, dominance, frequency, and importance value (IV)) were estimated. The species diversity was calculated using the Shannon-Weiner Index. The similarity between sites was determined using the Jaccard Index. The total number of individuals during the dry and wet season was 1251 and 2457, respectively. In general 57 species were founded being 34 of them common in both seasons. The main families were Fabaceae and Cactaceae. The genera with highest number of species were *Acacia* (5), *Croton* (3), *Echinocereus* (3) and *Opuntia* (2). The Shannon-Wiener Index showed statistical differences between sites and seasons. Sampling sites were determined as medium diversity, while the Jaccard index showed the highest similarity for Linares and the lowest for China in both seasons. The average cover for the three sites was 1,061 m² and 1,847 m² during the dry and wet seasons, respectively. The S3 revealed the highest cover value (1,722.5 m²). *Prosopis laevigata* showed the highest IV in both seasons in S1 and S2 sites. However, in S3, *Lantana macropoda* and *Turnera diffusa* resulted with the highest IV in both seasons. In general, the diversity of species between sites and seasons was homogeneous.

Key words: Composition and structure, Tamaulipan Thornscrub (TT), Importance Value, Ecological indicators.

INTRODUCCIÓN

El Matorral Espinoso Tamaulipeco (MET) se extiende sobre 125,000 km² desde la Planicie Costera del Golfo de México hasta la ribera sur de Texas en Estados Unidos de Norteamérica (Foroughbakhch, 1992; Foroughbakhch *et al.*, 2005). La vegetación de esta área consiste en árboles de porte medio alto y arbustos llamados localmente como “matorral espinoso o matorral subinorme” (Ludwig *et al.*, 1975; Rzedowski, 1978; Garrett, 2002). El MET está compuesto de alrededor de 60 especies leñosas, muchas de ellas importantes en la producción forestal, silvopastoril (madera, postes, leña, forraje, etc.) las cuales constituyen las actividades más comunes (Alanís, 2007). Las plantas leñosas de los matorrales son una fuente de forraje elemental para la ganadería extensiva (Von Maydel, 1996). Las grandes variaciones en condiciones climáticas y edáficas que existen hoy en zonas áridas y semiáridas propician diferentes tipos de comunidades vegetales o matorrales extremadamente diversos en términos de composición de especies, altura, cobertura, densidad y asociaciones de plantas (Battey, 2000; Eviner, 2003). La vegetación del noreste de México ha presentado importantes cambios en la estructura, composición y una degradación lenta e irreversible, tal vez, como resultado de diversas actividades humanas como lo es la tala selectiva de determinadas especies o el sobrepastoreo del ganado. Este tipo de vegetación se caracterizan por un amplio rango de patrones de crecimiento, diversidad en la longevidad foliar, dinámicas de crecimiento y de contrastantes desarrollos fenológicos (Reid *et al.*, 1990). En particular, las características del clima y suelo del noreste de Nuevo León no son uniformes; la distribución irregular de la precipitación y temperatura han ocasionado que a lo largo del tiempo que se hayan formado varios tipos de comunidades vegetales (Moya *et al.*, 2002). La amplia diversidad de plantas nativas del noreste de México es un ejemplo típico de una gran plasticidad en la respuesta a factores físicos extremos (Reid *et al.*, 1990), particularmente a sequías concurrentes.

Las plantas proveen la mayor parte de la biomasa de l ecosistema, ofrecen la estructura física al resto de las comunidades, cons tituyen el punto de partida de numerosas tramas tróficas y forman parte activa de los ciclos de nutrientes (Begon, 1990; Friedel *et al.*, 2000). Así, la estructura de un ecosistema se re fiere a la distribución temporal y espacial de los árboles en un mismo sitio, donde se incluye una descripción de la distribución horizontal y vertical, patrones espaciales, el tamaño de los árboles y la edad respectiva (Oliver y Larson, 1990).

El estudio de la composición y de la estructura de la vegetación permite establecer una aproximación del estado de un ecosist ema (Wilson *et al.*, 1984). Este enfoque es utilizado en distintos tipos de bio mas, desde los desiertos hasta las selvas tropicales. De forma detallada, se podrían e ncontrar especies vegetales indicadoras o grupos de especies que caractericen d eterminadas condicione s ambientales, por ejemplo diferentes estadíos sucesi onales o de recuperación del ambiente (Dufrène y Legendre, 1997).

Entre los estudios cuantitativos que describen la c omposición y estructura de la vegetación en el noreste de México, específicamen te en los matorral xerófilos destacan los de Espinosa y Návar (2005), Alanís *et al.* (2008), García y Jurado (2008), Canizales *et al.* (2009) y González *et al.* (2010). Sin embargo, a pesar de la diversidad de estudios florísticos, ecológicos, biológicos y fisiológicos en los matorrales xerófitos, existe poca información sobre la composición y estructura en diferentes estaciones del año, por lo que el objeti vo de esta investigación es describir y comparar la estructura y composición florística en tres sitios del noreste de Nuevo León, en dos temporadas del año (seca y hú meda), como herramienta útil para la evaluación y conservación de los recursos naturales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo durante la temporada de sequía (verano, Julio) y húmeda (otoño, Octubre) del 2009, en tres sitios ubicados en el noreste del estado de Nuevo León, México. El primer sitio (S1) fue situado en el predio "Rancho El Abuelo" en el municipio de Los Ramones. La ubicación geográfica es (25°40' N; 99 °27' O) con una altitud de 200 msnm; el predio tiene una superficie de 100 ha. El clima es semiárido

con verano cálido. La temperatura media anual es de 22 °C y una precipitación media anual de 700 mm (Uvalle, 2008). El segundo sitio (S2) fue ubicado en el municipio de China, su localización geográfica corresponde a (25°31' N; 99°16' O), el cual se encuentra a una elevación de 200 msnm; con una superficie de 300 ha. El clima es seco y cálido a través del año. La temperatura media anual es de 22 °C, con una precipitación media anual de 500 mm. El tercer sitio (S3) fue ubicado dentro del Campus Experimental de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León (24°47' N; 99°32' O), localizado en el municipio de Linares, teniendo una elevación de 350 msnm; con una superficie de 500 ha. El clima es subtropical y semiárido con verano cálido. La temperatura media mensual fluctúa entre los 15 °C a 22 °C, con una precipitación media anual de 800 mm (Reid *et al.*, 1990).

En los tres sitios, son comunes temperaturas de 40 °C durante el verano. En general, se agrupan bajo un patrón climático similar con picos de precipitación máxima durante mayo, junio y septiembre. El principal tipo de vegetación se conoce como matorral espinoso tamaulipeco (MET) ó también nombrado matorral subtropical espinoso (COTECA-SARH, 1973; SPP-INEGI, 1986). Las especies arbustivas más abundantes son: *Helietta parvifolia*, *Diospyros palmeri*, *Prosopis laevigata*, *Acacia rigidula*, *A. farnesiana*, *A. greggi*, *A. berlandieri*, *Cordia boissieri*, *Fraxinus greggi*, *Forestiera angustifolia*, *Havardia pallens*, *Ebenopsis ebano*, *Leucophyllum texanum*, *Guaiacum angustifolium*, entre otras (Alanís *et al.*, 1996). Los suelos dominantes son vertisoles profundos, gris oscuro, limo-grisáceos, limo-arcillosos, con montmorillonita, los cuales se contraen y se expanden perceptiblemente en respuesta a los cambios en el contenido de humedad del suelo (INEGI, 2002). La distancia entre sitios es la siguiente: entre S1 y S2, 54 km; de S2 a S3, 131 km, y entre S1 y S3 185 km.

Composición y estructura de la vegetación

Para determinar la composición y estructura de la vegetación se ubicaron diez parcelas de muestreo al azar con dimensiones de 10 m x 10 m en cada sitio de estudio, en una parcela previamente establecida (2, 500 m²) y representativa del

sitio. La determinación del área mínima recomendada para este tipo de estudios fluctúa de 800 a 1000 m² (León de la Luz *et al.*, 1996). Durante el verano y otoño del 2009 en cada unidad se cuantificó la densidad de cada especie vegetal (sólo cuando la mitad o más del individuo se localizaba dentro de los límites de la unidad de muestreo), a los cuales se les determinó parámetros dasométricos de altura (m) y cobertura (m²) de copas; este último se estimó tomando la longitud del largo (norte-sur) por ancho (oriente-poniente) de cada copa de cada individuo y especie, con el fin de conocer la cobertura parcial y total de las especies presentes por sitio de estudio. Se determinaron los indicadores ecológicos como: abundancia (A), dominancia (D), frecuencia (F) y valor de importancia (VI) (Brower *et al.*, 1997; Magurran, 2004). El índice de diversidad es aquel que describe lo diverso que puede ser un determinado lugar, considerando el número de especies (riqueza) y el número de individuos de cada especie (Mostacedo y Fredericksen, 2000). Para determinar la diversidad de especies en este estudio, se utilizó el índice de diversidad Shannon Wiener, uno de los más frecuentes para determinar la diversidad de plantas de un hábitat (Matteucci *et al.*, 1999). Para aplicar este índice, el muestreo debe ser aleatorio y todas las especies de una comunidad vegetal deben estar presentes en la muestra (Mostacedo y Fredericksen, 2000). Para determinar la similitud entre sitios de estudio se utilizó el índice de Jaccard, cuyos datos cualitativos están basados en la presencia o ausencia de las especies en los sitios (Magurran, 1988). En este estudio, para estimar la dominancia de las especies se utilizaron los datos de cobertura en lugar del área basal (Matteucci y Colma, 1982, Heiseke y Foroughbakhch, 1985). Franco *et al.* (1989) recomiendan lo anterior cuando la mayoría de las especies presentes son arbustos con una gran cantidad de tallos con diámetros menores a 1 cm. Adicionalmente, variables ambientales tales como temperatura del aire (°C) fueron obtenidos (base horaria) en cada sitio de estudio usando sensores automatizados tipo HOBO (HOBO Pro Temp/RH Series, Forestry Suppliers, Inc., Jackson, MS, USA). La precipitación pluvial (mm) fue registrada en cada sitio de estudio usando un pluviómetro automatizado marca HOBO. En la Figura 1 se ilustra las condiciones ambientales de

temperatura y precipitación registrada en cada sitio de estudio durante el año 2009.

Análisis estadísticos

Dado que los datos estimados con el índice de diversidad Shannon Wiener en cada sitio no presentaron homogeneidad de varianzas ni distribución normal de acuerdo con las pruebas estadísticas de Kolmogorov-Smirnov (con la corrección de Lilliefors) y Shapiro-Wilk (Brown y Forsythe, 1974), los datos fueron analizados estadísticamente mediante la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis U (Steel y Torrie, 1980; Ott, 1993) con el fin de detectar diferencias en el Índice de diversidad de Shannon entre las medias de los sitios. La comparación de medias para las combinaciones sitio*temporada de muestreo, se utilizó la prueba de Mann Whitney U (Steel y Torrie, 1980; Ott, 1993). Todos los procedimientos estadísticos fueron realizados mediante el uso del paquete estadístico SPSS® (Statistical Package for Social Sciences) paquete de software (versión estándar lanzada 13.0 para Windows, SPSS Inc., Chicago, IL).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición botánica y estructural

Durante el muestreo realizado en la temporada de sequía (verano) se registraron 1,251 individuos de diferentes especies de árboles y arbustos para los tres sitios de muestreo, presentando una altura promedio de 1.8 m. Las 38 especies identificadas en los tres sitios pertenecen a 17 familias. Las familias con mayor riqueza de especies fueron Fabaceae (10), Cactaceae (7), Rhamnaceae (3), Rutaceae (3) y Euphorbiaceae (2); agrupando el 66% del total de las especies registradas en los tres sitios de estudio. Para las 12 familias restantes se registró una especie. Las familias con el mayor número de géneros fueron Cactaceae y Fabaceae ambas con 6, Rhamnaceae y Rutaceae con 3 cada familia, y Euphorbiaceae con 2; aportando el 62% del total de los géneros encontrados en los tres sitios de estudio. Los géneros con el mayor número de especies fueron *Acacia* (5), *Croton* (2) y *Opuntia* con (2)

cada uno. Las familias con mayor número de individuos para los tres sitios de estudio fueron Fabaceae (266), Cactaceae (190), Rhamnaceae (125), Oleaceae (115) y Verbenaceae (106), mientras que las familias con el menor número de individuos se presentó en Euphorbiaceae (24), Rubiaceae (15), Ebenaceae (11), Agavaceae (4), Boraginaceae (4) y Ericaceae (1). Las especies con el mayor número de individuos para los tres sitios de estudio fueron *Forestiera angustifolia* (115), *Karwinskia humboldtiana* (107), *Lantana macropoda* (106), *Celtis pallida* (104), *Acacia amentacea* (84) y *Opuntia leptocaulis* (84). Para las especies *Acacia berlandieri*, *Arctostaphylos pungens*, *Bernardia myricaefolia*, *Sargentea greggii* y *Ziziphus obtusifolia* se registró un individuo. En cuanto al número de familias, géneros, especies e individuos por sitio, se tiene que el sitio Linares presentó el mayor número de familias (15) seguido de los sitios China y Los Ramones con 13 y 12, respectivamente. El sitio con mayor número de géneros (24) fue Linares seguido del sitio China con 23, mientras que en el sitio Los Ramones se identificaron 17 géneros. El sitio que presentó el mayor número de especies fue Linares con 27, mientras que en los sitios China y Los Ramones se identificaron 26 y 19, respectivamente.

Durante el muestreo efectuado en la temporada húmeda (otoño) se registraron un total 2,457 individuos de diferentes especies de árboles y arbustos en los tres sitios de estudio. Las 53 especies identificadas, pertenecen a 24 familias, mostraron una altura promedio de 1.7 m. Las familias con mayor riqueza de especies fueron Fabaceae (11), Cactaceae (7), Asteraceae, Euphorbiaceae (4), Rutaceae (4), Rhamnaceae (3), Agavaceae (2) y Solanaceae (2), conjuntando el 68% del total de las especies encontradas en los tres sitios de estudio. Las 16 familias restantes solo presentaron una especie. Las familias con el mayor número de géneros fueron Fabaceae (7), Cactaceae (4), Asteraceae (4), Rutaceae (4), Rhamnaceae (3), Agavaceae (2), Euphorbiaceae (2) y Solanaceae (2), aportando el 64% del total de los géneros encontrados en los tres sitios de estudio. Los géneros con el mayor número de especies son *Acacia* (5), *Croton* (3), *Echinocereus* (3) y *Opuntia* (2). Las familias con el mayor número de individuos para los tres sitios de

estudio fueron Fabaceae (527), Verbenaceae (230), Euphorbiaceae (187), Turneraceae (169) y Asteraceae (159), mientras que las familias con el menor número de individuos en los tres sitios fueron Solanaceae (9), Lythraceae (8), Ericaceae (6), Malvaceae (3) y Salicaceae (1). Las especies con el mayor número de individuos para los tres sitios de estudio fueron las herbáceas *Lantana macropoda* (230) y *Turnera diffusa* (169) y las arbustivas *Acacia amentacea* (168), *Croton ciliato-gladulifer* (152), y *Celtis pallida* (129). Las especies *Echinocereus poselgeri*, *Echinocereus stramineus*, *Neopringlea integrifolia*, *Selenicereus spinulosus* solo presentaron un individuo. En cuanto a número de familias, géneros, especies e individuos por sitio, se tiene que el sitio Linares presentó el mayor número de familias (19), mientras que los sitios China y Los Ramones se detectaron 17 familias en cada uno de ellos. El sitio con el mayor número de géneros fue el sitio Linares, (29) seguido del sitio China con 27, y el sitio Los Ramones con 24. El sitio que presentó el mayor número de especies fue Linares con 35, mientras que en China se identificaron 30 y en Los Ramones 29.

La composición florística en los tres sitios de estudio durante las dos temporadas de muestreo, está representada por la familia Fabaceae y Cactaceae, las cuales presentaron la mayor riqueza de especies y géneros, siendo la familia Fabaceae la que presentó el mayor número de individuos en ambas temporadas. En estudios florísticos realizados en el noreste de México (García y Jurado, 2008; Canizales *et al.*, 2009; González *et al.*, 2010), se observó que la familia Fabaceae es la más frecuente y abundante en los sitios evaluados. Estrada *et al.* (2004) mencionan que familia Fabaceae es la mejor representada debido a que es la más diversa y está distribuida en todas las comunidades vegetales del estado de Nuevo León. Asimismo, Estrada *et al.* (2012), al estudiar la vegetación del matorral submontano en el noreste de Nuevo León, encontró que las familias con el mayor número de géneros fueron Fabaceae y Cactaceae. González y Rocha (2010), al evaluar especies en el matorral espinoso tamaulipeco, concluyeron que la familia Fabaceae presenta una gran plasticidad en la reproducción y adaptación a condiciones adversas. La gran presencia de esta familia podría deberse a que tiene

la capacidad de competir con otras familias por los recursos del ecosistema, tal como lo documentan López *et al.* (2010), González *et al.* (2011) y González-Rodríguez *et al.* (2011). Dichos autores explican que las especies pertenecientes a la familia Fabaceae son más tolerantes al déficit hídrico edáfico, ya que mostraron valores más altos en el potencial hídrico del xilema al pre-amanecer y al mediodía, bajo condiciones de sequía, con respecto a especies pertenecientes a las familias Oleaceae, Ulmaceae y Rutaceae indicando que estas especies podrían ser consideradas como especies tolerantes a la sequía. La alta abundancia de la familia Cactaceae en los sitios de estudio puede deberse a que el estado de Nuevo León ocupa el segundo lugar a nivel nacional con 126 especies registradas (Jiménez, 2011). Este número de especies sólo es superado por el de la familia Fabaceae, ya que la familia Cactaceae tiene una amplia distribución y capacidad de adaptación que le ha permitido prosperar en climas muy diversos (Velazco y Alanís, 2009), ya que los procesos fisiológicos de transpiración y metabolismo fotosintético le permiten tener un mayor uso eficiente del agua, intercambio gaseoso se realiza durante la noche cuando la temperatura del ambiente es más baja (Jiménez, 2011).

Diversidad de especies en los sitios de estudio

Durante la temporada de sequía, el sitio con el mayor número de individuos se presentó en China, con 460, seguido de Linares con 428, mientras que en el sitio Los Ramones se observaron 363. En tanto para la temporada húmeda, el sitio con el mayor número de individuos se presentó en Linares con 1193, seguido del sitio China con 698, mientras que en el sitio Los Ramones se observaron 566 individuos. González *et al.* (2010), al determinar la composición y estructura de la vegetación en el verano del 2004, reporta un total de 335, 487, 919 individuos, para Los Ramones, China y Linares, respectivamente. Domínguez (2009), observó un total de 385, 312, 336 y 386 individuos, al evaluar la composición florística en un gradiente altitudinal, en cuatro sitios del noreste de Nuevo León con presencia de matorral espinoso tamaulipeco, ecotono de matorral submontano y Bosque de Pino-Encino. Los valores de diversidad de Shannon-Wiener, para los tres sitios de estudio estimados durante las dos temporadas se ilustra en el Cuadro 1; el Índice de

diversidad fluctuó de 1.882 (Los Ramones temporada de verano) a 2.3 (China temporada de otoño). En el presente estudio, la prueba de Mann Whitney detectó diferencias significativas en la diversidad de especies para la combinación sitio*temporada de muestreo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Índice de diversidad de Shannon-Wiener (media \pm error estándar; n=10) y valores P (por encima de la línea diagonal) de la prueba de comparación de medias de acuerdo al estadístico de Mann Whitney para la combinación sitio (Los Ramones, S1; China, S2 y Linares, S3) y temporada de muestreo (sequía; verano y húmeda; otoño). Valores P<0.05 en negritas indican diferencias significativas en la comparación. Índice de Similitud (%) florística de Jaccard (por debajo de la línea diagonal).

Índice de diversidad	Combinación sitio*temporada						
		S1 (verano)	S1 (otoño)	S2 (verano)	S2 (otoño)	S3 (verano)	S3 (otoño)
1.822 \pm 0.060	S1 (verano)		0.315	<0.001	0.796	0.075	0.529
2.160 \pm 0.095	S1 (otoño)	54.84		<0.001	0.481	0.009	0.165
2.191 \pm 0.056	S2 (verano)	60.71	44.74		0.015	0.015	<0.001
2.300 \pm 0.062	S2 (otoño)	48.48	51.28	51.35		0.315	0.579
2.052 \pm 0.052	S3 (verano)	48.39	51.35	32.50	39.02		0.165
2.166 \pm 0.039	S3 (otoño)	42.11	42.22	35.56	35.42	67.57	

Domínguez (2009), Canizales *et al.* (2009) y González *et al.* (2010), al evaluar la diversidad de especies en diferentes sitios del nor este de México documentaron valores de diversidad en el orden de 2.6, 3.0 y 2.5 , respectivamente. No obstante, los mencionados autores no detectaron diferencias en la diversidad entre los sitios evaluados. Flores (2008), al determinar la diversidad vegetal en un sotobosque bajo manejo en el estado de Hidalgo y Canizales *et al.* (2010), al investigar el efecto de la actividad turística en la diversidad de un bosque de galería en el noreste de México, concluyeron que existen diferencias significativas en la diversidad de especies, debido a las actividades antropogénicas presentes en los sitios evaluados. En general, la diversidad para los sitios de estudio para ambas temporadas es considerada como media y la diferencia significativa detectada en la combinación sitio*temporada de muestreo se debe a que en al menos algún sitio y/o temporada no presentan semejanza en la riqueza específica y en el número de individuos. Esta variación puede deberse, en gran parte, a la cantidad de precipitación registrada en cada sitio y temporada de estudio. En la Figura 1, se puede observar que durante

la temporada de sequía (Junio-Julio) en los tres sitios, se registraron las precipitaciones más bajas y las temperaturas más altas, lo que puede explicar el bajo número de individuos presentes durante la temporada de sequía (verano). De hecho, la precipitación pluvial registrada durante el mes de julio fue de 2.8, 1.0 y 5.8 mm para Los Ramones, China y Linares, respectivamente. En cambio, para el mes de septiembre y octubre la precipitación acumulada fue de 118.8, 126.8 y 387 mm, respectivamente (Figura 1).

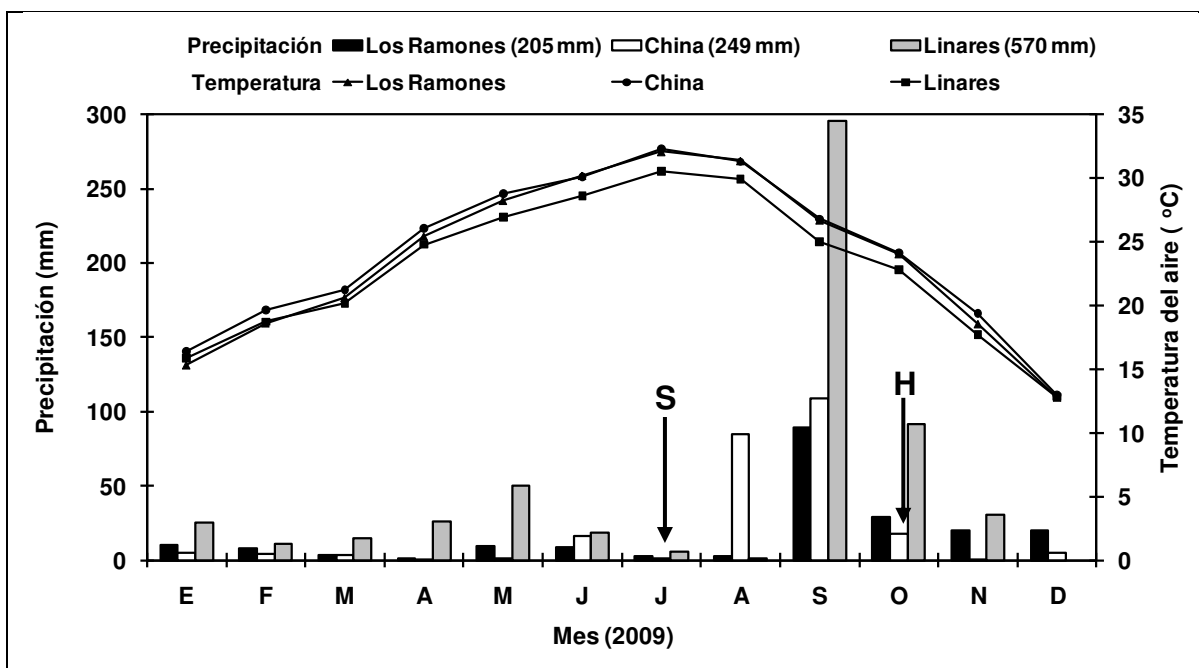


Figura 1. Temperatura media del aire y precipitación mensual en los sitios de estudio. Las flechas indican el periodo de muestreo en cada sitio durante la temporada de verano (sequía, S) y otoño (húmeda, H).

Como se puede observar en la Figura 1, al inicio de l otoño, la precipitación fue notablemente mayor con respecto al verano, aumentando significativamente el número de individuos para los sitios Los Ramones, China y Linares en 203, 238 y 765, respectivamente, lo cual representa un aumento en 36%, 34% y 64%, respectivamente, en relación a la estación de verano. Los resultados anteriormente descritos confirman, de acuerdo con Estrada *et al.* (2004), que las condiciones ambientales, principalmente de precipitación, acentúa y favorece cambios significativos en la estructura y composición de la vegetación. Espinoza y Nívar

(2005), mencionan que la diversidad puede ser afectada por la competencia entre individuos de mayor porte, originando una menor presencia de otras especies. En este sentido, esta competencia interespecífica por recursos puede causar que las especies presentes promuevan mecanismos ecológicos que favorecen el incremento de la diversidad especies.

Similitud florística en los sitios de estudio

La composición florística de los tres sitios de estudio en las dos temporadas de muestreo, está representada por 57 especies. Los cuales comparte 34 especies en común entre las que destacan por su valor de importancia *Prosopis laevigata*, *Lantana macropoda*, *Celtis pallida*, y *Opuntia engelmannii*. Durante la temporada de sequía y húmeda, el índice de Jaccard (Cuadro 1) muestra que los sitios con mayor similitud fueron Los Ramones y China, presentando 17 y 20 especies en común, seguido de Ramones y Linares, compartiendo 15 y 19 especies, respectivamente, mientras que China y Linares son los más desiguales ya que muestran solo 13 y 17 especies, respectivamente, en común, para ambas temporadas (verano y otoño), respectivamente. González *et al.* (2010) reportan resultados comparables a la presente investigación en los Índices de Similitud en áreas diferentes de los mismos sitios. En otro estudio, Domínguez (2009) al evaluar la estructura de la vegetación en un gradiente altitudinal en el noreste de Nuevo León, observó que los sitios ubicados en el matorral espinoso tamaulipeco fueron semejantes debido a su composición de especies y estos destacan por su mayor número de individuos, lo cual distingue a estos áreas respecto al sitio de bosque de pino-encino. Los mencionados autores argumentan que la disimilitud entre sitios se debe a la precipitación históricamente registrada y a las características de cada ecosistema que los hace diferente. Contrariamente Espinosa y Návar, (2005), al realizar un estudio de diversidad y ecología en el matorral espinos tamaulipeco, reporta que los bajos índices de similitud se deben a que pocas especies comparten áreas similares, tal vez por su baja plasticidad o bajas posibilidades de sobrevivir a la competencia en sitios desfavorables. En general, los sitios de estudio presentan

una alta semejanza, durante las dos temporadas de muestreo, debido a que comparten varias especies entre sí.

Indicadores ecológicos en los sitios de estudio

Temporada de sequía (verano)

En el sitio Los Ramones, los 363 individuos registrados mostraron una altura media de 2.05 m y una cobertura total de 1,413.5 m². *Celtis pallida* fue la especie con el mayor número de individuos (61), mientras que la menor fue *Dyospiros texana* con 1 individuo. La especie con mayor altura y cobertura fue *Prosopis laevigata* (4.7 m y 672.7 m², respectivamente) y la menor fue *Echinocactus texensis* (0.10 m y 0.20 m², respectivamente). Sin embargo, la especie con la mayor abundancia (16.8%) fue *Celtis pallida* y la menor (0.5%) se presentó en *Dyospiros texana*. *Prosopis laevigata* presentó la mayor dominancia (47.5%) y *Echinocactus texensis* la menor (<1%). Las especies más frecuentes fueron *Forestiera angustifolia* (11.9%) y *Prosopis laevigata* (11.9%), mientras que *Echinocactus texensis* presentó la menor frecuencia (1.1%). Las especies con mayor valor de importancia fue *Prosopis laevigata* (69.6%) y la menor fue *Dyospiros texana* (1.5%) (Cuadro 2).

En lo que respecta al sitio China, se observaron 460 individuos con una altura promedio de 1.4 m y una cobertura total de 672.5 m². Las especies con el mayor número de individuos fueron *Forestiera angustifolia* (59), *Opuntia leptocaulis* (59) y *O. engelmannii* (58). La especie con mayor altura (4 m) fue *Yucca filifera* y la menor *Sclerocactus sherri* (0.1 m). *Parkinsonia texana* y *Prosopis laevigata* presentaron la mayor cobertura (118.8 y 117.9 m², respectivamente) y la menor fue en *Stenocereus griseus* y *Sclerocactus sherri* (<0.1 m²). Las especies más abundantes fueron *Forestiera angustifolia* (12.8%), *Opuntia leptocaulis* (12.8%) y *O. engelmannii* (12.6%), mientras que las menos abundantes (0.2%) fueron *Acacia berlandieri*, *Echinocactus texensis*, *Eysenhardtia texana* y *Zanthoxylum fagara*. Las especies dominantes fueron *Parkinsonia texana* (17.6%) y *Prosopis laevigata* (17.5%), en cambio, las de menor dominancia (<0.004 %) fueron *Echinocactus texensis*, *Stenocereus griseus* y *Sclerocactus sherri*. Las especies más frecuentes

(8%) fueron *Ebenopsis ebano*, *Echinocactus texensis*, *Opuntia engelmannii*, *Prosopis laevigata* y *Randia rhagocarpa* y las menos frecuentes (0.8%) *Acacia berlandieri*, *Condalia hookeri*, *Croton ciliato-gladulifer*, *Forestiera angustifolia*, *Leucophyllum frutescens* y *Mammillaria heyderi*. El mayor valor de importancia se presentó en *Opuntia engelmannii* (31.9%) y *Prosopis laevigata* (30.1%) mientras que *Acacia berlandieri* y *Condalia hookeri* mostraron valores de importancia del orden de 1% y 1.2%, respectivamente (Cuadro 3).

Para el sitio Linares, los 428 individuos registrados tuvieron una altura media de 2.08 m englobando una cobertura total de 1098.3 m². La especie con el mayor número de individuos (109) fue *Lantana macropoda*. La especie con mayor altura y cobertura fue *Prosopis laevigata* (5.6 m y 185.1 m², respectivamente) y la menor fue *Arctostaphylos pungens* (0.4 m y 0.10 m², respectivamente). *Lantana macropoda* fue la especie más abundante (24.7%) y *Acacia farnesiana*, *Arctostaphylos pungens*, *Bernardia myricaefolia*, *Porlieria angustifolia*, *Randia rhagocarpa*, *Sargentea greggii* y *Ziziphus obtusifolia* las menos abundantes (0.2%). *Prosopis laevigata* presentó la mayor dominancia (16.8%) y *Arctostaphylos pungens* la menor (0.01%). *Forestiera angustifolia* y *Zanthoxylum fagara* fueron las más frecuentes (8.7%) y *Acacia greggii*, *A. farnesiana*, *Arctostaphylos pungens*, *Bernardia myricaefolia*, *Porlieria angustifolia*, *Randia rhagocarpa*, *Sargentea greggii* y *Ziziphus obtusifolia* las menos frecuentes (0.8%). *Lantana macropoda* representó el mayor valor de importancia (38.8%) y *Arctostaphylos pungens*, *Bernardia myricaefolia*, *Porlieria angustifolia*, *Sargentea greggii* y *Ziziphus obtusifolia* el menor (1.1%) (Cuadro 4).

Temporada húmeda (otoño)

Para el sitio Los Ramones, se detectaron 566 individuos y mostraron una altura media de 2.21 m y una cobertura total de 2,115.2 m². *Karwinskia humboldtiana* fue la especie con el mayor número de individuos (69), mientras que el menor número (1) se observó en *Croton incanus*, *Echinocereus poselgeri*, *Echinocereus stramineus* y *Neopringlea integrifolia*. La especie con mayor altura y cobertura fue

Prosopis laevigata (4.7 m y 673.5 m², respectivamente) y la menor altura fue *Echinocactus stramineus* (0.20 m), mientras que *Neopringlea integrifolia* presentó la menor cobertura (0.10 m²). La especie con mayor abundancia (12.1%) fue *Karwinskia humboldtiana* y la de mayor dominancia fue *Prosopis laevigata* (31.8%), mientras que las de menor abundancia y dominancia fueron *Croton incanus*, *Echinocereus poselgeri*, *E. stramineus* y *Neopringlea integrifolia*; 0.1% y 0.01%, respectivamente. La especie más frecuente fue *Karwinskia humboldtiana* (8.0%), mientras que *Arctostaphylos pungens*, *Croton incanus*, *Echinocereus poselgeri*, *E. stramineus*, *Eysenhardtia texana*, *Jatropha dioica*, *Randia rhagocarpa* y *Ziziphus obtusifolia* presentaron los menores valores (0.8%). La especie con mayor valor de importancia (46.1) fue *Prosopis laevigata* y las menores (0.9%) *Croton incanus* y *Echinocereus poselgeri* (Cuadro 2).

En el sitio China, los 698 individuos registrados presentaron una altura promedio de 1.26 m y una cobertura total de 1,079.5 m². La especie con el mayor número (90) de individuos fue *Agave lecheguilla*, mientras que en *Condalia hookeri* y *Selenicereus spinulosus* se detectó un solo individuo de cada una de ellas. Las especies con mayor altura fueron *Condalia hookeri* y *Prosopis laevigata* (3.2 m) y la de menor altura (0.1 m) correspondió a *Mammillaria heyderi*. *Prosopis laevigata* y *Acacia amentacea* presentaron la mayor cobertura (194.3 y 104.8 m², respectivamente) y las de menor cobertura perteneció a *Jatropha dioica* (0.6 m²), *Acacia farnesiana* (0.5 m²) y *Viguiera stenoloba* (0.2 m²). Las especies más abundantes fueron *Agave lecheguilla* (12.8%), *Croton ciliato-gladulifer* (9.5%) y *Porlieria angustifolia* (8.5%), mientras *Condalia hookeri* y *Selenicereus spinulosus*, fueron las menos abundantes (0.1%). Las especies más dominantes fueron *Acacia amentacea* (9.7%), *Phaulothamnus spinescens* (9.3%) y *Prosopis laevigata* (18%) y las menores correspondió a *Acacia farnesiana* (0.05%), *Jatropha dioica* (0.06%) y *Viguiera stenoloba* (0.02%). Las especies más frecuentes (6.8%) fueron *Acacia amentacea*, *Castela erecta*, *Celtis pallida*, *Opuntia leptocaulis* y *Guaiacum angustifolium* y las menos frecuentes (0.6%) fueron *Acacia farnesiana*, *A. schaffneri*, *Croton ciliato-gladulifer*, *Karwinskia humboldtiana*, *Mammillaria heyderi* y *Selenicereus spinulosus*. Las especies con mayor valor de importancia

fueron *Prosopis laevigata* (26.5%) y *Acacia amentacea* (23%), en cambio, *Acacia farnesiana* y *Selenicereus spinulosus* registraron el menor valor de importancia (<1.0%) (Cuadro 3).

El sitio de Linares registró un total de 1,193 individuos presentando una altura media de 1.75 m y una cobertura total de 2,346.6 m². La especie con el mayor número de individuos fue *Lantana macropoda* (230), mientras que la menor fue *Acacia greggii* con 1. La especie con mayor altura fue *Acacia farnesiana* (6.3 m) y las de menor *Croton ciliato-gladulifer* y *Croton humilis* L. (<1.0 m). La especie de mayor cobertura fue *Turnera diffusa* (311.7 m²) y la de menor fue *Hibiscus martianus* (<0.1 m²). *Lantana macropoda* fue la especie más abundante (19%), mientras que las menos (<0.1%) abundantes fueron *Acacia greggii*, *Guaiacum angustifolium* y *Sargentia greggii*. *Turnera diffusa* presentó la mayor dominancia (13.2%) e *Hibiscus martianus* la menor (0.004%). Las especies más frecuentes (5.6 %) fueron *Acacia amentacea* y *Eysenhardtia texana* y las menos frecuentes (0.5%) fueron *Acacia greggii*, *Croton incanus*, *Dyospiros texana*, *Karwinskia humboldtiana* y *Guaiacum angustifolium*. *Turnera diffusa* y *Lantana macropoda*, mostraron el mayor valor de importancia, 27.8% y 31.1%, respectivamente, mientras que *Hibiscus martianus*, *Sargentia greggii* y *Guaiacum angustifolium* mostraron valores de importancia más bajos (<1.5%) (Cuadro 4).

En general, para la temporada seca, para los tres sitios de estudio se tuvo una cobertura promedio de 1,061 m², en cambio en un estudio realizado por González *et al.* (2010) observaron una cobertura promedio de 178 m² al evaluar los mismos sitios de estudio durante el verano del 2004. Domínguez (2009) al evaluar la cobertura de cuatro sitios en el noreste de Nuevo León, reporta una cobertura promedio 1,270 m² en sitios con vegetación del matorral espinoso tamaulipeco. En tanto, para la temporada húmeda, los tres sitios de estudio presentan una cobertura promedio de 1,847 m². Este incremento en la cobertura pueda deberse, en gran parte a la precipitación pluvial recibida en la temporada de muestreo (Figura 1). Estrada *et al.* (2004) y Torres *et al.* (2010) refieren que el suelo y el clima propician influyen en los cambios de la estructura y composición de la vegetación. Alanís *et al.* (2008) y Torres *et al.* (2010) documentan que los cambios

en estructura y composición florística pueden deberse a las actividades agropecuarias o a cambios en el uso del suelo.

La especie *Prosopis laevigata* de la familia Fabaceae presentó los valores más altos en el valor de importancia en ambas temporadas en los sitios Los Ramones y China. El valor de este índice ecológico puede relacionarse a que el 73.5% de la superficie forestal de *Prosopis* en el estado de Nuevo León está distribuida en seis municipios, los cuales incluyen a estos dos de sitios (Guzmán, 2009). Estrada *et al.* (2004, 2005), mencionan que la familia Fabaceae presentó la mayor cantidad de géneros en el centro y norte del estado de Nuevo León y que uno de los géneros más diversos es *Prosopis*, mismo que está adaptado a condiciones de escasa humedad edáfica en el estado de Nuevo León. En cambio, para el sitio Linares, *Lantana macropoda* presentó el valor de importancia más alto durante la temporada seca, mientras que *Turnera diffusa* fue para la temporada húmeda. Estas observaciones tal vez se puedan deber a que estas especies presentaron un mayor número de individuos y dominancia. En un estudio realizado por Estrada *et al.* (2012) sobre la diversidad del matorral submontano en el noreste de México, ubicó a *Lantana macropoda* dentro de un estrato medio de arbustos, en asociación con arbustos altos y menciona que es una de las especies con mayor valor de importancia y dominancia, pero exhibe bajos valores de cobertura. Guzmán (2009), al estudiar la distribución sistemática de *Prosopis* spp. documentó que en el estrato herbáceo, la especie *Lantana achyranthifolia* reveló el mayor valor de importancia en 7 de los 30 sitios evaluados y que en uno de ellos, el valor porcentual más alto alcanzado por la especie en alguno de esos sitios fue de hasta 42%. Dicho autor concluye, en general, cuando una especie alcanza el valor de importancia más alto, indica que tiene una clara dominancia ecológica y que es común que unas cuantas especies con los valores de importancia más altos en un sitio representen la población más importante. Por el contrario, cuando la competencia en el sitio está repartida en varias especies, ninguna de ellas supera el 50% del valor de importancia.

Cuadro 2. Variables ecológicas para las especies identificadas en el sitio Los Ramones en la temporada de verano/otoño.

Especie vegetal	No. de Individuos	Altura media (m)	Cobertura (m ²)	A (%)	D (%)	F (%)	VI (%)
<i>Acacia amentacea</i>	29/50	1.7/2.4	66.4/153.4	8.0/8.8	4.7/7.3	6.0/3.2	18.6/19.3
<i>Acacia farnesiana</i>	2/18	1.9/3.9	2.0/183.9	0.6/3.2	0.1/8.7	1.2/4.8	1.9/16.7
<i>Acacia greggii</i>	0/6	0/2.2	0/20.8	0/1.1	0/1.0	0/1.6	0/3.7
<i>Arctostaphylos pungens</i>	0/2	0/0.9	0/0.9	0/0.4	0/0.01	0/0.8	0/1.2
<i>Castela erecta</i>	18/17	1.7/1.5	31.5/31.8	5.0/3.0	2.2/1.5	4.8/4.8	11.9/9.3
<i>Celtis pallida</i>	61/52	2.3/3	158.8/195.9	16.8/9.2	11.2/9.3	9.5/6.5	37.6/24.9
<i>Chromolaena odorata</i>	0/2	0/0.9	0/1.7	0/0.4	0/0.01	0/1.6	0/2.0
<i>Condalia hookeri</i>	7/14	4.1/2.9	34.5/63.7	1.9/2.5	2.4/3.0	3.6/4.8	7.9/10.3
<i>Croton ciliato-gladulifer</i>	5/53	0.7/0.8	1.0/9.4	1.4/9.4	0.01/0.4	2.4/3.2	3.8/13.0
<i>Croton incanus</i>	0/1	0/0.5	0/0.2	0/0.2	0/0.01	0/0.8	0/1.0
<i>Dyospiros texana</i>	1/0	1.6/0	0.6/0	0.3/0	0.01/0	1.2/0	1.5/0
<i>Echinocactus texensis</i>	6/0	0.1/0	0.2/0	1.7/0	0.01/0	1.2/0	2.9/0
<i>Echinocereus poselgeri</i>	0/1	0/0.7	0/0.1	0/0.2	0/0.01	0/0.8	0/1.0
<i>Echinocereus stramineus</i>	0/1	0/0.2	0/1.2	0/0.2	0/0.01	0/0.8	0/1.0
<i>Eysenhardtia texana</i>	8/4	0.7/0.9	4.2/1.5	2.2/0.7	0.3/0.01	2.4/0.8	4.9/1.6
<i>Forestiera angustifolia</i>	28/22	1.8/2.0	73.9/61.3	7.7/3.9	5.2/2.9	11.9/6.5	24.8/13.2
<i>Heimia salicifolia</i>	0/8	0/0.4	0/1.5	0/1.4	0/0.01	0/2.4	0/3.9
<i>Jatropha dioica</i>	0/4	0/0.6	0/0.5	0/0.7	0/0.01	0/0.8	0/1.5
<i>Karwinskia humboldtiana</i>	26/69	1.4/1.5	28.5/90.9	7.2/12.2	2.0/4.3	9.5/8.1	18.7/24.6
<i>Leucophyllum frutescens</i>	31/7	0.9/0.5	7.6/0.7	8.5/1.2	0.5/0.01	3.6/3.2	12.7/4.5
<i>Neopringlea integrifolia</i>	0/1	0/0.4	0/0.2	0/0.2	0/0.01	0/4.0	0/4.2
<i>Opuntia engelmannii</i>	6/18	0.9/1.3	2.6/40.1	1.7/3.2	0.2/1.9	4.8/5.7	6.6/10.7
<i>Opuntia leptocaulis</i>	25/35	0.9/1.2	15.2/47.2	6.9/6.2	1.1/2.2	8.3/6.5	16.3/14.9
<i>Parkinsonia texana</i>	16/14	3.7/3.5	173.2/113.6	4.4/2.5	12.2/5.4	3.6/2.4	20.2/10.3
<i>Phaulothamnus spinescens</i>	0/26	0/2.1	0/99.7	0/4.6	0/4.7	0/4.0	0/13.3
<i>Guaiacum angustifolium</i>	22/9	0.7/1.2	9.4/7.3	6.1/1.6	0.7/0.3	3.6/2.4	10.3/4.4
<i>Prosopis laevigata</i>	37/40	4.7/4.7	672.7/673.6	10.2/7.1	47.6/31.8	11.9/7.3	69.7/46.2
<i>Randia rhagocarpa</i>	0/2	0/0.9	0/0.9	0/0.4	0/0.01	0/0.8	0/1.2
<i>Syderoxylon lanuginosum</i>	10/41	3.4/3.0	50.4/166.8	2.8/7.2	3.6/7.9	4.8/5.7	11.1/20.8
<i>Zanthoxylum fagara</i>	25/45	2.3/2.5	80.9/135.5	6.9/8.0	5.7/6.4	6.0/4.8	18.6/19.2
<i>Ziziphus obtusifolia</i>	0/4	0/2.6	0/11.1	0/0.7	0/0.5	0/0.8	0/2.0
Total	363/566	2.05/2.21	1413.5/2115.2	100.0	100.0	100.0	300.0

A= abundancia; D= dominancia; F= frecuencia; VI = valor de importancia.

Cuadro 3. Variables ecológicas para las especies identificadas en el sitio China en la temporada de verano/otoño.

Especie vegetal	No. de Individuos	Altura media (m)	Cobertura (m ²)	A (%)	D (%)	F (%)	VI (%)
<i>Acacia amentacea</i>	23/45	1.7/1.8	52.6/104.8	5.0/6.4	7.8/9.7	5.6/6.9	18.4/23.1
<i>Acacia berlandieri</i>	1/0	1.0/0	0.3/0	0.2/0	0.01/0	0.8/0	1.1/0
<i>Acacia farnesiana</i>	0/2	0/1.4	0/0.6	0/0.3	0/0.1	0/0.7	0/1.0
<i>Acacia schaffneri</i>	6/2	2.2/1.4	19.4/10.6	1.3/0.3	2.9/1.0	2.4/0.7	6.6/2.0
<i>Agave lecheguilla</i>	0/90	0/0.5	0/26.1	0/12.9	0/2.4	0/1.4	0/16.7
<i>Castela erecta</i>	50/40	1.6/1.7	79.3/82.3	10.9/5.7	11.8/7.6	1.6/6.9	24.3/20.3
<i>Celtis pallida</i>	20/49	1.9/2.0	25.8/74.1	4.3/7.0	3.8/6.9	1.6/6.9	9.8/20.8
<i>Condalia hookeri</i>	2/1	1.1/3.3	0.3/4.0	0.4/0.1	0.01/0.4	0.8/2.8	1.3/3.3
<i>Croton ciliato-gladulifer</i>	4/67	0.5/0.6	0.4/14.7	0.9/9.6	0.1/1.4	0.8/0.7	1.7/11.7
<i>Ebenopsis ebano</i>	8/19	1.6/2.7	4.0/98	1.7/2.7	0.6/9.1	8.0/4.8	10.3/16.6
<i>Echinocactus texensis</i>	1/0	0.1/0	0.02/0	0.2/0	0.01/0	8.0/0	8.2/0
<i>Echinocereus berlandieri</i>	25/3	0.1/0.2	3.3/1.2	5.4/0.4	0.5/0.1	3.2/4.1	9.1/4.7
<i>Eysenhardtia texana</i>	1/0	1.6/0	0.3/0	0.2/0	0.05/0	1.6/0	1.9/0
<i>Forestiera angustifolia</i>	59/52	1.6/1.7	75.4/89.7	12.8/7.4	11.21/8.3	0.8/1.4	24.8/17.1
<i>Jatropha dioica</i>	14/0	0.5/0	0.7/0	2.0/0	0.01/0	4.1/0	6.2/0
<i>Karwinskia humboldtiana</i>	38/16	0.8/1.2	10.8/20	8.3/2.3	1.6/1.8	3.2/0.7	13.1/4.8
<i>Leucophyllum frutescens</i>	8/10	1.4/1.0	3.7/3.6	1.7/1.4	0.5/0.3	0.8/4.8	3.3/6.6
<i>Lycium berlandieri</i>	0/2	0/1.1	0/2.1	0/0.3	0/0.2	0/4.1	0/4.6
<i>Mammillaria heyderi</i>	3/16	0.2/0.1	0.5/1.3	0.7/2.3	0.1/0.1	0.8/0.7	1.5/3.1
<i>Opuntia engelmannii</i>	58/55	1.3/1.2	76.1/54.9	12.6/7.9	11.3/5.1	8.0/2.0	31.9/15.0
<i>Opuntia leptocaulis</i>	59/25	0.9/1.1	27.1/28.1	12.8/3.6	4.0/2.6	5.6/6.9	22.5/13.1
<i>Parkinsonia texana</i>	12/11	3.5/1.6	118.8/50.8	2.6/1.6	17.7/4.7	5.6/5.5	25.9/11.8
<i>Phaulothamnus spinescens</i>	0/37	0/1.4	0/101.3	0/5.3	0/9.4	0/3.4	0/18.1
<i>Guaiacum angustifolium</i>	22/60	1.2/0.9	8.3/2.9	4.8/8.6	1.2/2.7	1.6/6.9	7.6/18.2
<i>Prosopis laevigata</i>	21/16	2.1/3.2	117.9/194.4	4.6/2.3	17.5/18.0	8.0/6.2	30.1/26.5
<i>Randia rhagocarpa</i>	15/31	1.5/1.3	3.1/11.2	3.3/4.4	0.5/1.0	8.0/5.5	11.7/11.0
<i>Sclerocactus sherri</i>	3/0	0.1/0	0.001/0	0.7/0	0.001/0	4.8/0	5.5/0
<i>Selenicereus spinulosus</i>	0/1	0/2.2	0/0.9	0/0.1	0/0.1	0/0.7	0/0.9
<i>Stenocereus griseus</i>	4/0	0.2/0	0.001/0	0.9/0	0.001/0	7.2/0	8.1/0
<i>Syderoxylon lanuginosum</i>	12/14	2.7/1.9	34.8/44.3	2.6/2.0	5.2/4.1	4.0/2.1	11.8/8.2
<i>Turnera diffusa</i>	3/0	1.4/0	2.7/0	0.4/0	0.3/0	1.4/0	2.1/0
<i>Viguiera stenoloba</i>	3/0	0.4/0	0.2/0	0.4/0	0.01/0	1.4/0	1.8/0
<i>Yucca filifera</i>	4/4	4.0/2.2	9.5/5.8	0.9/0.6	1.4/0.5	4.8/2.1	7.1/3.2
<i>Zanthoxylum fagara</i>	1/8	1.2/1.9	0.4/15.5	0.2/1.1	0.1/1.4	2.4/2.8	2.7/5.3
<i>Ziziphus obtusifolia</i>	2/0	2.1/0	6.6/0	0.3/0	0.6/0	1.4/0	2.3/0
Total	460/698	1.4/1.26	672.5/1079.5	100.0	100.0	100.0	300.0

A= abundancia; D= dominancia; F= frecuencia; VI = valor de importancia

Cuadro 4. Variables ecológicas para las especies identificadas en el sitio Linares en la temporada de verano/otoño.

Especie vegetal	No. de Individuos	Altura media (m)	Cobertura (m ²)	A (%)	D (%)	F (%)	VI (%)
<i>Acacia amentacea</i>	32/73	2.7/2.5	49.6/142.7	7.5/6.1	4.5/6.1	7.0/5.6	19.0/17.9
<i>Acacia berlandieri</i>	5/0	3.6/0	41.3/0	0.4/0	1.8/0	1.7/0	3.9/0
<i>Acacia farnesiana</i>	1/4	1.7/6.3	2.1/86.1	0.2/0.3	0.2/3.7	0.9/1.7	1.3/5.7
<i>Acacia greggii</i>	3/1	2.5/4.5	7.7/23.8	0.7/0.1	0.7/1.0	0.9/0.6	2.3/1.7
<i>Acacia schaffneri</i>	5/11	3.4/2.5	24.5/61.8	1.2/0.9	2.2/2.6	3.5/2.8	6.9/6.4
<i>Amyris texana</i>	2/11	1.3/1.9	2.9/8.5	0.5/0.9	0.3/0.4	1.8/1.1	2.5/2.4
<i>Arctostaphylos pungens</i>	1/4	0.4/1.9	0.1/7.6	0.2/0.3	0.01/0.3	0.9/1.7	1.1/2.4
<i>Bernardia myricaefolia</i>	1/0	1.9/0	0.4/0	0.2/0	0.01/0	0.9/0	1.2/0
<i>Capsicum annuum</i>	7/0	1.1/0	2.7/0	0.6/0	0.1/0	1.1/0	1.8/0
<i>Castela erecta</i>	5/23	1.1/1.5	2.1/16.7	1.2/1.9	0.2/0.7	2.6/4.5	4.0/7.2
<i>Celtis pallida</i>	23/28	2.9/3.4	91/149.4	5.4/2.3	8.3/6.4	4.4/5.1	18.0/13.8
<i>Condalia hookeri</i>	8/36	3.6/2.7	91.9/131.1	1.9/3.0	8.4/5.6	3.5/2.3	13.7/10.9
<i>Cordia boissieri</i>	4/19	2.7/3.1	9.1/127.6	0.9/1.6	0.8/5.4	3.5/3.4	5.3/10.4
<i>Croton ciliato-gladulifer</i>	32/0	0.7/0	7.3/0	2.7/0	0.3/0	5.1/0	8.1/0
<i>Croton humilis</i>	10/0	0.6/0	1.6/0	0.8/0	0.1/0	1.7/0	2.6/0
<i>Croton incanus</i>	14/6	2.8/2.5	6.7/24.3	3.3/0.5	0.6/1	1.8/0.6	5.6/2.1
<i>Dyospiros texana</i>	10/34	3.9/2.7	57.8/123.3	2.3/2.8	5.3/5.3	5.3/0.6	12.9/8.7
<i>Eysenhardtia texana</i>	11/33	3.3/3.5	76.6/183.2	2.6/2.8	7.0/7.8	4.4/5.6	13.9/16.2
<i>Forestiera angustifolia</i>	28/19	1.4/1.8	21.9/37.4	6.5/1.6	2.0/1.6	8.8/4.5	17.3/7.7
<i>Gutierrezia sarothrae</i>	72/0	1.1/0	25.5/0	6.0/0	1.1/0	4.0/0	11.1/0
<i>Havardia pallens</i>	33/40	3.5/3.1	89.4/124.7	7.7/3.4	8.1/5.3	7.0/1.1	22.9/9.8
<i>Helietta parvifolia</i>	3/0	3.7/0	21.6/0	0.3/0	0.9/0	5.1/0	6.3/0
<i>Hibiscus martianus</i>	3/0	1.1/0	0.1/0	0.3/0	0.01/0	1.1/0	1.4/0
<i>Karwinskia humboldtiana</i>	43/9	1.4/1.9	36.2/7.8	10/0.8	3.3/0.3	7.9/0.6	21.2/1.7
<i>Lantana macropoda</i>	106/230	1.0/0.9	67.8/94.4	24.8/19.3	6.2/4.0	7.9/4.5	38.8/27.8
<i>Leucophyllum frutescens</i>	26/32	1.7/1.5	26.8/41.5	6.1/2.7	2.4/1.8	7/4	15.5/8.4
<i>Mimosa malacophylla</i>	110/0	1.2/0	99.8/0	9.2/0	4.3/0	4.0/0	17.4/0
<i>Parkinsonia texana</i>	11/9	4.8/4.5	125.2/62.3	2.6/0.8	11.4/2.7	1.8/3.4	15.7/6.8
<i>Guaiacum angustifolium</i>	1/2	1.1/1.5	0.3/2.0	0.2/0.2	0.01/0.1	0.9/0.6	1.1/0.8
<i>Prosopis laevigata</i>	6/14	5.6/4.5	185.1/236.9	1.4/1.2	16.9/10.1	3.5/3.4	21.8/14.7
<i>Randia rhagocarpa</i>	1/4	2.3/1.8	1.8/3.9	0.2/0.3	0.2/0.2	0.9/1.1	1.3/1.6
<i>Sargentia greggii</i>	1/2	1.7/1.9	0.3/3.0	0.2/0.2	0.01/0.1	0.9/1.1	1.1/1.4
<i>Syderoxylon lanuginosum</i>	8/21	2.5/2.7	23.8/31.4	1.9/1.8	2.2/1.3	2.6/4.0	6.7/7.1
<i>Turnera diffusa</i>	166/0	1.3/0	311.7/0	13.9/0	13.3/0	4.0/0	31.2/0
<i>Verbesina microptera</i>	82/0	1.6/0	36.7/0	6.9/0	1.6/0	3.4/0	11.8/0
<i>Zanthoxylum fagara</i>	43/38	2.3/2.2	96.5/67	10/3.2	8.8/2.8	8.8/5.1	27.6/11.1
<i>Ziziphus obtusifolia</i>	1/0	1.4/0	0.4/0	0.2/0	0.01/0	0.9/0	1.1/0
Total	428/1193	2.08/1.75	1098.3/2346.6	100.0	100.0	100.0	300.0

A= abundancia; D= dominancia; F= frecuencia; VI = valor de importancia

CONCLUSIONES

Los sitios de muestreo muestran similitud florística durante las temporadas seca y húmeda. Las especies de las familias Leguminosae y Cactaceae fueron las más abundantes del MET. Las especies características (y valores altos de dominancia ecológica) fueron *Prosopis laevigata*, *Lantana macropoda* y *Turnera diffusa*.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por proporcionar la beca de doctorado al primer autor. A Manuel Hernández Charles, Juan Manuel Hernández López y Joel Bravo Garza por su participación en los muestreos en campo y a los propietarios de los predios “Rancho Zaragoza” y “Rancho El Abuelo” por brindar todas las facilidades para llevar a cabo esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Alanís, F. G. 2007. Especies arbóreas del Matorral Espinoso Tamaulipeco y su valor como recurso natural en el noreste de México. VIII Congreso Mexicano de Recursos Forestales del 28 al 31 de octubre de 2007. Morelia, Michoacán, México. 6 p.
- Alanís, G.; Cano, G. y Rovalo, M. 1996. Vegetación y flora de Nuevo León: Una guía erosión-ecológica. Edición y publicación CEMEX. Monterrey, México. 23 p.
- Alanís, R. E.; Jiménez, P.J.; Aguirre, C.O.; Treviño, G. E.; Jurado, Y. E. y González, T. M. 2008. Efecto del uso del Suelo en la fitodiversidad del matorral espinoso tamaulipeco”. *Ciencia UANL*, 11: 56- 62.
- Batley, N. H. 2000. Aspects of seasonality. *Journal of Experimental Botany*. 51: 1769-1780.
- Begon, M.; Harper, J. L. and Townsend, C. R. 1990. *Ecology Individuals, Populations and Communities*. Blackwell Scientific Publications. Massachusetts. 945 p.
- Brower, J. E.; Zar, J. H. and Von Ende, C. N. 1997. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. 4ta ed. McGraw-Hill, Boston, USA. 273 p.

- Brown, M. B. and Forsythe, A. B. 1974. Robust tests for the equality of variances. *Journal of the American Statistical Association*. 69 : 364- 367.
- Canizales, V. P. A.; Alanís, F. J. G.; Favela, L. S .; Torres, M. M.; Alanís, R. E.; Jiménez, P. J. y Padilla, R. H. 2010. Efecto de la actividad turística en la diversidad y estructura del bosque de galería en el noreste de México. *Ciencia UANL*. 13: 55- 63.
- Canizales, V. P. A.; Alanís, R. E.; Aranda, R. R.; Mata, B. J. M.; Jiménez, P. J.; Alanís, F. G.; Uvalle, S. J. I. y Ruiz, B. M. G. 20 09. Caracterización estructural del matorral submontano de la Sierra Ma dre Oriental, Nuevo León, México. *Revista Chapingo, Series Ciencias Fore stales y del Ambiente*. 15: 115- 120.
- Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agos tadero - Secretaria Agricultura y Recursos Hidráulicos (COTECOCA-SARH). 1973. Coefi cientes de Agostadero de la Republica Mexicana, Estado de Nuevo León. Secr etaría de Agricultura y Ganadería. Comisión Técnico Consultiva para la dete rminación de Coeficientes de Agostadero. México.
- Domínguez, G. T. G. 2009. Deposición de hojarasca y retorno potencial de nutrimentos en diferentes comunidades de vegetación . Tesis de maestría, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autóno ma de Nuevo León, Linares, N.L. México. 132 p.
- Dufrène, M. and Legendre, P. 1997. Species assembla ges and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecologica l Monographs*. 67: 345- 366.
- Espinosa, B. R. y Návar, Ch. J. J. 2005. Producción de biomasa, diversidad y ecología de especies en un gradiente de productivid ad en el matorral espinoso tamaulipeco del Noreste de México. *Revista Chapingo, Series Ciencias Forestales y del Ambiente*. 1: 25- 31.
- Estrada, C. E.; Villarreal, Q. J. A. y Jurado, E. 2 005. Leguminosas del norte del estado de Nuevo, León, México. *Acta Botánica Mexicana* . 73: 1- 18.
- Estrada, C. E.; Villarreal, Q. J. A.; Jurado, Y. E. ; Cantú, A. C.; García, A. M.; Sánchez, S. J.; Jiménez, P. J. y Pando, M. M. 2012. Clasificación, Estructura

- y Diversidad del Matorral Submontano Adyacente a la Planicie Costera del Golfo del Norte en el Noreste de México. *Botanical Sciences*. 90: 1- 16.
- Estrada, C. E.; Yen, M. C.; Delgado, S. A. y Villar real, Q. J. A. 2004. Leguminosas del centro del estado de Nuevo León, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica*. 75: 73-85.
- Eviner, V. T. 2003. Functional matrix: a conceptual framework for predicting multiple plant effects on ecosystem processes. *Annual Review Ecology, Evolution and Systematics*. 34: 455- 485.
- Flores, O. S. E. 2008. Diversidad vegetal del sotobosque en áreas bajo manejo del ejido la mojonera, Zacualtipán, Hidalgo. Tesis profesional Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, estado de México. 69 p.
- Foroughbakhch, R. 1992. Establishment and growth potential of fuelwood species in northeastern Mexico. *Agroforestry Systems*. 19: 95- 108.
- Foroughbakhch, R.; Reyes, R. G.; Alvarado, V. M. A. ; Hernández, P. J. L. and Rocha, A. 2005. Use of quantitative methods to determine leaf biomass on 15 woody shrub species in northeastern Mexico. *Forest Ecology and Management*. 216: 359- 366.
- Franco, J. L.; De la Cruz A. G.; Rocha, R. A.; Navarrete, S. N.; Flores, M. G.; Kato, M.; Sánchez, C. S.; Abarca, A. L. y Bedia, S. C. 1989. *Manual de Ecología*. Editorial Trillas. México. 96 p.
- Friedel, M. H.; Laycock, W. A. and Bastin, G. N. 2000. Assessing rangeland condition and trend. pp. 227-262. In: *Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research*. Marnette, L. 'T.; Jones, R.M. (eds) CABI, Publishing, Wallingford, UK.
- García, H. J. y Jurado, I. E. 2008. Caracterización del matorral con condiciones prístinas en Linares N.L., México. *Raximhai*. 4: 1:1 -21.
- Garrett, H. 2002. *Texas Trees*. Traylor Trade Publishing Lanham, Maryland, 253 p.
- González, D. M. y Rocha, D. L. 2010. Evaluación de especies arbóreas y arbustivas del matorral espinoso tamaulipeco para restauración ecológica en el noreste

- de México. VII Simposio Internacional sobre la Flora Silvestre en Zonas Áridas. Hermosillo, Sonora, México. 8 p.
- González, R. H.; Cantú, S. I.; Ramírez, L. R. G.; Gómez, M. M. V.; Pando, M. M. y López, H. J. M. 2011. Potencial hídrico xilemático en cuatro especies arbustivas nativas del noreste de México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 17: 97- 109.
- González, R. H.; Ramírez, L. G. R.; Cantú, S. I.; Gómez, M. M. V. y Uvalle, S. J. I. 2010. Composición y estructura de la vegetación en tres sitios de estudio del estado de Nuevo León, México. *Polibotánica*. 29: 91- 106.
- González-Rodríguez, H., Cantú-Silva, I.; Ramírez-Lozano, R. G.; Gómez-Meza, M. V.; Sarquís-Ramírez, J. I.; Coria-Gil, N.; Cervantes-Montoya, J. R. and MAITI, R. K. 2011. Xylem water potentials of native shrubs from northeastern Mexico. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B - Soil and Plant Science*. 61: 214-219.
- Guzmán, L. M. A. 2009. Distribución, sistemática, y algunos aspectos ecológicos del mezquite *Prosopis* spp. (L.) en el estado de Nuevo León, México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. San Nicolás de los Garza, Nuevo León. 197 p.
- Heiseke, D. and Foroughbakhch, R. 1985. El matorral como recurso forestal. Reporte Científico. Facultad de Silvicultura y Manejo de Recursos Renovables, Linares, N.L., México. 1: 1- 31.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2002. "Uso actual del suelo en los núcleos agrarios. Aspectos geográficos de Nuevo León". Consultado el 09 de mayo de 2009. Página Web del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática: <http://nl.inegi.gob.mx/territorio/español/cartcat/uso.html>.
- Jiménez, S. L. C. 2011. Las cactáceas mexicanas y los riesgos que enfrentan. *Revista Digital Universitaria*. 12: 1- 23.
- León de la Luz, J. L.; Coria, B. R. y Cruz, E. M. 1996. Fenología floral de una comunidad árido-tropical de Baja California Sur, México. *Acta Botánica Mexicana*. 35: 45- 64.

- López, H. J. M.; González, R. H.; Cantú, S. I.; Ramírez, L. R. G.; Gómez, M. M. V.; Pando, M. M.; Sarquis, R. J. I.; Coria, G. N.; Rati kanta, M. and Sarkar, N.C. 2010. Adaptation of Native Shrubs to Drought Stress in North-eastern Mexico. *International Journal of Bio-resource and stress Management* . 1: 30- 37.
- Ludwig, J. A.; Reynold, J. F. and Whitson, P. D. 19 75. Size biomass relationships of several Chihuahuan desert shrubs. *American Midland Naturalist*. 94: 451- 461.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological Diversity and its Measurement*. Princeton University. Press. New Jersey. 179 p.
- Magurran, A. E. 2004. *Measuring biological diversit y*, Blackwell Publishing: Oxford, UK.256 p.
- Matteucci, S. D.; Colma, A.; Pla L. 1999. Biodivers idad vegetal en el árido falconiano (Venezuela). *Interciencia*. 24: 300- 307.
- Matteucci, S. D. y Colma. A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación, Serie Biología, Monografía 22. Secretaría General d e la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C. 168 p.
- Mostacedo, B. y Fredericksen, T. S. 2000. *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. BOLFOR. Santa Cruz, B olivia. 87 p.
- Moya, R. J. G.; Ramírez, R. G.; Foroughbackhch, R.; Hauad, L. A. y González, R. H. 2002. Variación estacional de minerales en las hoja s de ocho especies arbustivas. *Ciencia UANL*. 5: 59- 65.
- Oliver, C. D. and Larson, B. C. 1990. *Forest stand dynamics*. McGraw-Hill, New York. 467 p.
- Ott, L. 1993. *An introduction to statistical method s and data analysis*. 2nd Edn. Duxbury Press. Boston, Massachusetts. 775 p.
- Reid, N.; Marroquín, J. and Beyer, M. P. 1990. Util ization of shrubs and trees for browse, fuelwood and timber in the Tamaulipan thorn scrub, northeastern Mexico. *Forest Ecology and Management*. 36: 61- 79.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Editorial Limusa, México, 745 p.
- Secretaría de programación y Presupuesto e Institut o Nacional de Estadística, Geografía e Informática (SSP-INEGI). 1986. *Síntesis Geográfica del Estado de*

- Nuevo León. Secretaría de Programación y Presupuest o. Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática. México, D.F.
- Steel, R. G. D. and Torrie, J. H. 1980. Principles and procedures of statistics. A biometrical approach, (2nd Edn). New York, NY: McGraw-Hill Book Company. 633 p.
- Torres, W.; Méndez, M.; Dorantes, A. y Duran, R. 2010. Estructura, Composición y Diversidad del Matorral de Duna Costera en el Litoral Yucateca. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 86: 37- 51.
- Uvalle, S. J. I. 2008. Características fisiológicas y nutrimentales en especies arbustivas forrajeras nativas de la flora del noreste de México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. San Nicolás de los Garza, Nuevo León. 171 p.
- Velazco, M. C. G. y Alanís, F. J. G. 2009. Cactáceas de Nuevo León. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, N.L. México, 155 p.
- Von Maydel, H. J. 1996. Appraisal of practices to manage woody plants in semiarid environment. pp. 47-64. In: Dry land forestry research. Bruns, S. J.; Luukanen, O.; Woods, P. (eds) International Foundation for Science, Stockholm.
- Wilson, A. D.; Tongway, D. J.; Graetz, R. D. and Young, M. D. 1984. Range inventory and monitoring. pp. 113- 127. In: Management of Australia's Rangelands Harrington, G. N.; Wilson, A. D. and Young, M. D. (eds). Division of Wildlife and Rangelands Research CSIRO, East Melbourne.

**Artículo 6. Influencia del polietilén glicol sobre los parámetros de
producción de gas *in vitro* en cuatro forrajeras nativas
consumidas por el venado cola blanca**



INFLUENCIA DEL POLIETILÉN GLICOL SOBRE LOS PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN DE GAS *in vitro* EN CUATRO FORRAJERAS NATIVAS CONSUMIDAS POR EL VENADO COLA BLANCA

POLYETHYLENE GLYCOL INFLUENCE ON *in vitro* GAS PRODUCTION PARAMETERS IN FOUR NATIVE FORAGES CONSUMED BY WHITE-TAILED DEER

Tilo Gustavo Domínguez-Gómez¹; Humberto González-Rodríguez¹; Maribel Guerrero-Cervantes²; María Andrea Cerrillo-Soto²; Arturo Saúl Juárez-Reyes²; María del Socorro Alvarado¹; Roque Gonzalo Ramírez Lozano^{3*}.

¹Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Apartado Postal 41, Linares, Nuevo León, C. P. 67700, MÉXICO.

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango, km 11.5 Carretera Durango-Mezquitlan, Durango, C. P. 34280, MÉXICO.

³Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, C. P. 66450. MÉXICO. Correo-e: roque.ramirez@uanl.edu.mx (*Autor para correspondencia).

RESUMEN

La composición química y la fermentación *in vitro* se determinó en hojas tratadas con y sin polietilén glicol (PEG), de arbustivas nativas del noreste de México como: *Acacia amentacea*, *Celtis pallida*, *Forestiera angustifolia* y *Parkinsonia texana* colectadas en agostaderos manejados sin disturbio. Las colectas se realizaron en enero y abril de 2009 en tres municipios (China, Linares y Los Ramones) del estado de Nuevo León, México. La composición química y la cinética de la fermentación *in vitro* variaron ampliamente entre sitios, plantas y entre muestreos dentro de especies. Sólo *A. amentacea* (18 %) y *P. texana* (8 %), que tuvieron alto contenido de taninos condensados (TC), aumentaron significativamente los parámetros de producción de gas y la energía metabolizable (EM) después del tratamiento con PEG. *Celtis pallida* y *F. angustifolia* tuvieron el más bajo contenido de lignina (LDA) y TC; sin embargo, *C. pallida* resultó con la más alta fermentación *in vitro*. Lo anterior se podría explicar por diferencias entre arbustivas respecto a las características genéticas relacionadas con la actividad de los metabolitos secundarios de las plantas. Todas las plantas tuvieron alto valor nutricional para el venado cola blanca debido a que su aparato digestivo tiene mecanismos para neutralizar TC.

Recibido: 13 septiembre, 2010
Aceptado: 22, mayo, 2011
doi:10.5154/r.rchscfa.2010.09.073
<http://www.chapingo.mx/revistas>

PALABRAS CLAVE: *Acacia amentacea*, *Celtis pallida*, *Forestiera angustifolia*, *Parkinsonia texana*, composición química, fermentación ruminal.

ABSTRACT

The chemical composition and the *in vitro* fermentation in leaves, treated with or without polyethylene glycol (PEG), of native shrub from northeastern Mexico, such as: *Acacia amentacea*, *Celtis pallida*, *Forestiera angustifolia* and *Parkinsonia texana* were established. These shrubs were gathered from fields without any disturbance. Leaves were collected at two sampling times (January and April, 2009) in three municipalities (China, Linares and Los Ramones) of the state of Nuevo Leon, Mexico. A wide range in chemical composition and *in vitro* gas production kinetics was observed among sites, species and sampling times of each species. *A. amentacea* (CT = 18 %) and *P. texana* (8 %), which had a higher condensed tannins content (CT), significantly increased the *in vitro* gas production parameters and the metabolizable energy after a treatment with PEG. *Celtis pallida* had the highest *in vitro* fermentation parameters due to the lower levels of lignin (ADL) and CT. Some variation was observed among shrubs such as in *F. angustifolia* that had lower fermentation and lower ADL and CT. This discrepancy could be due to genotypic characteristics relative to the type of plant secondary compounds activity. All plants resulted with high nutritional value for white-tailed deer knowing that deer have digestive mechanisms to neutralize CT.

KEY WORDS: *Acacia amentacea*, *Celtis pallida*, *Forestiera angustifolia*, *Parkinsonia texana*, chemical composition, ruminal fermentation

INTRODUCCIÓN

Para la evaluación de alimentos, la técnica de la producción de gas *in vitro* se emplea en los forrajes exitosamente para una gran variedad de propósitos, incluyendo cálculos de la digestibilidad de la materia orgánica, estimación de su contenido en energía metabolizable y su cinética de fermentación (Getachew *et al.*, 2002). Bajo ciertas circunstancias, la técnica de producción de gas se puede usar para estimar cómo la disminución de la actividad microbial en el rumen, -la cual resulta de la presencia de TC, alcaloides y saponinas que tienen efectos biológicos negativos sobre los microorganismos ruminales-, provoca una disminución de la digestibilidad de los forrajes, principalmente en las leguminosas (Getachew *et al.*, 2000; Liu *et al.*, 2000; Waghorn, 2008). Los efectos de los TC en el valor nutritivo de los alimentos pueden estudiarse usando agentes aglutinantes tales como el polietilén glicol (PEG), el cual se enlaza fuertemente con los taninos e inhibe sus efectos biológicos. El porcentaje de incremento en la producción de gas indica la magnitud con la cual los taninos deprimen la fermentación de los alimentos (Perevolotsky *et al.*, 2006).

Los arbustos nativos *Acacia amentacea* Benth. (Leguminosae), *Celtis pallida* Torr. (Ulmaceae), *Forestiera angustifolia* Torr. (Oleaceae) y *Parkinsonia texana* I. M. Johnst. (Leguminosae), que crecen en el Matorral Tamaulipeco Espinoso, son importantes fuentes de alimento para el venado cola blanca (Ramírez-Lozano, 2004). Asimismo, proveen madera de alta calidad para formar cercos y para construcción y son ampliamente distribuidos, junto con otras especies, formando conglomerados (Everitt *et al.*, 2002). Sin embargo, cuando se emplean como alimentos, son afectados por varios factores que influyen sobre parámetros como su composición química y digestibilidad cuando se consideran los efectos de espacio (sitios), condiciones ambientales (estacionalidad) y compuestos secundarios de las plantas (TC). Por tanto, este estudio se realizó con el objetivo de determinar y comparar estacionalmente la composición química y los parámetros de producción de gas *in vitro* en cuatro arbustos nativos tratados con y sin PEG.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se condujo en tres sitios de muestreo localizados en el estado de Nuevo León, México. El sitio 1 se localizó en el rancho Zaragoza en el municipio de China (25° 31' N y 99° 16' O; elevación de 200 m). El sitio 2 se situó en la Estación Experimental de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León en el municipio de Linares (24° 47' N; 99° 32' O; elevación de 350 m). El sitio 3 se ubicó en el rancho El Abuelo en el municipio de Los Ramones (25° 40' N; 99° 27' O; elevación de 200 m). La vegetación

INTRODUCTION

The *in vitro* gas production technique is used in forages for a variety of purposes, including calculating organic matter digestibility, metabolizable energy and fermentation kinetics (Getachew *et al.*, 2002). Under certain circumstances, the gas production technique can be used to estimate how the decrease in rumen microbial activity produces a decline in forages digestibility. Legumes (Getachew *et al.*, 2000; Liu *et al.*, 2000; Waghorn, 2008) contain CT, alkaloids and saponins that have negative biological effects on rumen microorganisms. The effect of condensed tannins in nutritive value of animal feed can be studied using tannin-binding agents, such as polyethylene glycol (PEG), which strongly binds to tannins and inhibits their biological effects. The percent of increment in gas production shows the rate at which tannins depress rumen fermentation of animal feeds (Perevolotsky *et al.*, 2006).

The following native shrubs grow in the (*Matorral Espinoso Tamaulipeco*) Tamaulipan shrublands or Subtropical Thornscrub Woodlands of the northeastern Mexico, such as *Acacia amentacea* Benth. (Leguminosae), *Celtis pallida* Torr. (Ulmaceae), *Forestiera angustifolia* Torr. (Oleaceae) and *Parkinsonia texana* I. M. Johnst. (Leguminosae), they are important animal feed resources for white-tailed deer (Ramírez-Lozano, 2004). They also provide high quality wood for fencing and construction, and are widely distributed in combination with other species (Everitt *et al.*, 2002). However, when native shrubs are used as animal feed, are affected by several factors causing differences in the chemical composition and digestibility parameters, considering effects such as space (sites), weather (seasonality) and plants secondary compounds (TC). Thus, the aims of the present study were to seasonally establish and compare the chemical composition and the *in vitro* gas production parameters in four shrubs treated with PEG.

MATERIALS AND METHODS

This study was carried out at three sampling sites situated in the state of Nuevo Leon, Mexico. Site 1 was located in rancho Zaragoza, municipality of China (25° 31' N and 99° 16' W; elevation of 200 m). Site 2, located in the Experimental Field, *Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autonoma de Nuevo León*, municipality of Linares (24° 47' N; 99° 32' W; elevation of 350 m). Site 3 located in *rancho El Abuelo*, municipality of Los Ramones (25° 40' N; 99° 27' W, elevation of 200 m). The vegetation of the three sites is composed by native shrubs, (representative of the central part of the state of Nuevo Leon, Mexico) which are consumed by domestic livestock (cattle, sheep and goats) and wildlife (white-tailed deer; *Odocoileus virginianus*) (González-

de los tres sitios está compuesta de plantas arbustivas forrajeras que son consumidas por el ganado doméstico (bovino, ovino y caprino) y la fauna silvestre (venado cola blanca; *Odocoileus virginianus*), y es representativa de la parte central del estado de Nuevo León (González-Rodríguez *et al.*, 2010).

En general, los tres sitios se encuentran agrupados bajo un mismo patrón climático (subtropical y semiárido con veranos cálidos), con una precipitación anual que varía de 650 a 800 mm con una distribución bimodal (los picos de lluvia se presentan durante mayo-junio y agosto-septiembre). La media mensual de la temperatura del aire de la región varía de 14.7 °C en enero a 37 °C en agosto, aun cuando temperaturas de 45 °C son comunes durante el verano (González-Rodríguez *et al.*, 2004). El principal tipo de vegetación de la región es conocido como Matorral Espinoso Tamaulipeco (SPP-INEGI, 1986). Los suelos dominantes son vertisoles profundos, gris oscuro, grisáceos, limo-arcillosos, con Montmorillonita, que se contraen y se expanden perceptiblemente en respuesta a los cambios en el contenido de humedad del suelo.

Especies arbustivas como *Acacia amentacea* Benth. (Leguminosae), *Celtis pallida* Torr. (Ulmaceae), *Forestiera angustifolia* Torr. (Oleaceae) y *Parkinsonia texana* I.M. Johnst. (Leguminosae), que son representativas de la vegetación nativa del noreste de México y de los ecosistemas de la sabana subtropical del sureste de Texas, EUA (Everitt *et al.*, 2002), y que las consumen los rumiantes en pastoreo (Ramírez-Lozano, 2009), se seleccionaron para analizarlas químicamente y determinar la producción de gas *in vitro*.

En cada sitio de muestreo los ápices terminales con hojas completas de cinco plantas por especie se eligieron aleatoriamente (Montgomery, 2004) de una parcela representativa de 50 m X 50 m y sin disturbio del matorral espinoso. Las colectas se realizaron en enero y abril de 2009. Los ápices se muestrearon (alrededor de 800 g) en la parte media de las plantas de cada especie. Muestras por triplicado de cada especie de planta se usaron para análisis. La materia seca (MS) parcial se determinó mediante el secado de las muestras en una estufa a 55 °C durante 72 horas. Posteriormente, se molieron en un molino Wiley (1 mm) y se almacenaron en recipientes de plástico para futuros análisis de laboratorio. Se determinó el contenido de proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE) y cenizas (AOAC, 1997). La fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y lignina detergente ácido (LDA) se determinaron según los procedimientos descritos por Van Soest *et al.* (1991). La hemicelulosa (FDN-FDA) y celulosa (FDA-LDA) se estimaron por diferencia.

La producción de gas *in vitro* de las especies colectadas se determinó mediante la técnica propuesta por

Rodríguez *et al.*, 2010). In general, the three locations are set under a similar climatic pattern (subtropical and semiarid with warm summer) with an annual precipitation that oscillates from 650 to 800 mm with a bimodal distribution (peaks rainfall are during May-June and August-September). Monthly mean air temperature of the region oscillates from 14.7 °C in January to 22.3 °C in August, although daily high temperatures of 45 °C are common during summer (González-Rodríguez *et al.*, 2004). The main type of vegetation of the region is known as Tamaulipan shrublands or Subtropical Thornscrub Woodlands (SPP-INEGI, 1986). The dominant soils are deep, dark-gray, lime-gray, lime-clay vertisols, with montmorillonite, which shrink and swell noticeably in response to changes in soil moisture content.

The shrub species such as *Acacia amentacea* Benth. (Leguminosae), *Celtis pallida* Torr. (Ulmaceae) *Forestiera angustifolia* Torr. (Oleaceae) and *Parkinsonia texana* I.M. Johnst. (Leguminosae) are representative of the native vegetation of the northeastern Mexico and the subtropical savanna ecosystems of southern Texas, USA (Everitt *et al.*, 2002) and are consumed by grazing ruminants (Ramírez-Lozano, 2009). These shrubs were selected for chemical and *in vitro* gas production analyses.

Leaves from at least five different plants per species were randomly chosen (Montgomery, 2004) from a 50 m x 50 m representative and undisturbed thorn scrub plot located in each site. Samples were obtained at two sampling times (January and April, 2009). Shoots were excised and sampled (about 800 g) from the middle side of each plant. Triplicate samples of each plant were used for analyses. Partial dry matter (DM) was established by setting samples in an oven at 55 °C during 72 h, then grounded in a Wiley mill (1 mm) and stored in plastic containers for further analyses. By triplicate, samples were analyzed for crude protein (CP), ether extract (EE) and ash content (AOAC, 1997). Neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and acid detergent lignin (ADL) were established according to the procedures described by Van Soest *et al.* (1991). Hemicellulose (NDF-ADF) and cellulose (ADF-ADL) were estimated by difference.

In vitro gas production was performed following the procedure of Menke and Steingass (1988). Triplicate samples of 500 mg were incubated in 100 mL calibrated glass syringes. The effect of PEG on *in vitro* gas production was estimated with the incorporation of 1 g of PEG-6000 (PEG of MW = 6000) in a different set of syringes. Rumen fluid of three fistulated sheep, which were fed with alfalfa and commercial concentration (75:25), was collected. In order to obtain the inoculum, rumen fluid and buffer solution were mixed (35 g Na HCO₃ and 4 g NH₄HCO₃ per liter) in a ratio of 1:2. Each syringe was inoculated with 40 ml of this solution. The syringes were

Menke y Steingass (1988), para lo cual se colocaron 500 mg de muestra (MS) en tres repeticiones en jeringas de vidrio calibradas de 100 ml. Para estimar el efecto del PEG (Makkar *et al.*, 2005) sobre la producción de gas *in vitro* se colocaron las muestras como se menciona anteriormente, además de añadir 1 g de PEG-6000 a otras tres jeringas, por lo que se incubaron seis jeringas de cada muestra. Se colectó líquido ruminal de tres ovinos fistulados de rumen, los cuales se alimentaron a base de heno de alfalfa y concentrado comercial (75:25). Para preparar el inóculo se mezcló el líquido ruminal con una solución buffer de sodio y bicarbonato de amonio (35 g NaHCO₃ y 4 g NH₄HCO₃ por litro) en una proporción de 1:2 (v/v). Se inoculó con 40 ml de esta solución a cada una de las jeringas. Las jeringas se colocaron en posición vertical en un baño maría a 39 °C. Se colocaron tres jeringas como blancos, las cuales sólo contenían 40 ml del inóculo. La producción de gas se registró a las 0, 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72 y 96 h después de la inoculación.

Los datos obtenidos se ajustaron a la ecuación no lineal propuesta por Ørskov y McDonald (1979) $p = a + b(1 - e^{-ct})$, donde p representa el volumen del gas al tiempo t , a el intercepto, $a + b$ la producción potencial de gas y c la tasa constante de producción de gas durante la incubación. El contenido de energía metabolizable (EM) de las especies se estimó utilizando los resultados de la producción de gas *in vitro* después de 24 h de incubación, así como algunos valores de la composición química de las especies vegetales, los cuales se usan en la ecuación siguiente: EM (MJ/kg materia seca) = 2.20 + 0.136PG_{24h} + 0.057PC + 0.0029EE². Donde: PG es la producción de gas a las 24 h de incubación (ml/200 mg MS); PC y EE son proteína cruda y extracto etéreo (% MS), de acuerdo al procedimiento propuesto por Menke y Steingass (1988).

Los datos de composición química, producción de gas *in vitro* y de EM, con y sin la adición de PEG, se analizaron estadísticamente mediante un diseño completamente al azar con un arreglo trifactorial incluyendo los efectos de los tres sitios (Ramones, Linares y China), especies arbustivas (*A. amentacea*, *C. pallida*, *F. angustifolia* y *P. texana*) y estaciones del año (invierno y primavera) y las dobles y triple interacciones (Montgomery, 2004). Se empleó la prueba de t para comparar los parámetros de fermentación a , b , c , $a+b$ y EM de las plantas tratadas con y sin PEG. Asimismo, se realizaron análisis de correlación Pearson entre la composición química y los parámetros de producción de gas *in vitro* y EM con y sin PEG. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el paquete computacional SPSS de Windows versión 13 (SPSS, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de cenizas fue significativamente diferente entre sitios, especies y estaciones. Las interac-

verticalmente posicionadas en un baño maría a 39 °C. Gas producido se registró a las 0, 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72 y 96 h.

Los resultados obtenidos se ajustaron al modelo $p = a + b(1 - e^{-ct})$ (Ørskov and McDonald, 1979), where p = gas production at time t ; a = the intercept; b = gas produced from the insoluble but slowly degradable fraction of animal feed; $a+b$ = potential gas production and c = constant rate of gas production (%·h⁻¹). The content of metabolizable energy (ME) was estimated using the results from the *in vitro* gas production after 24 h incubation, and some values of the chemical composition of the plants, used in the following equation: ME (MJ·kg⁻¹ DM) = 2.20 + 0.136 Gas production_{24h} + 0.057 CP + 0.0029 EE², where PG is the gas production after 24 h incubation (ml/200 mg MS); CP = crude protein and EE = ether extract (%MS), according to the procedure proposed by Menke and Steingass (1988).

Data related to chemical composition, *in vitro* gas production parameters and metabolizable energy, with or without PEG treatment, were statistically analyzed according to completely randomized designs with trifactorial arrangement including the effects of the three municipalities (Ramones, Linares and China), shrubs (*A. amentacea*, *C. pallida*, *F. angustifolia* and *P. texana*), seasons (winter and spring) and double and triple interactions (Montgomery, 2004). In order to compare the fermentation parameters a , b , c , $a+b$, and ME with or without PEG treatment the t -test was performed. In addition, Pearson correlation analyses were carried out between chemical composition and *in vitro* gas production parameters and ME with or without PEG treatment (Montgomery, 2004). All the statistical analyses were carried out using SPSS computer software for Windows Version 13 (SPSS, 2004).

RESULTS AND DISCUSSION

Chemical composition

Ash content was significantly different between sites, plants and seasons. Double and triple interactions were also significantly different (Table 1). Site 2 had a lower ash content (13 %) than site 1 and 3 (14 % both). *Celtis pallida* and *F. angustifolia* had similar ash content (19 %) but higher than *P. texana* (10 %) and *A. amentacea* (6 %). During winter, ash content (15 %) was higher than in spring (12 %). Crude protein content was significantly different between sites, plants and seasons. Double and triple interactions were significantly different as well (Table 1). Site 2 had the highest CP content (16 %) compared to site 1 and 3 (15 % both). *Parkinsonia texana* had the highest CP content (20 %) followed by *C. pallida* (16 %), *F. angustifolia* (14 %) and *A. amentacea* (13 %). During winter, CP was higher (17 %) than in spring (14 %). The CP oscillated between 12 and 22

ciones dobles y la triple también fueron significativas (Cuadro 1). El valor obtenido para el sitio 2 (13 %) fue más bajo que para los sitios 1 y 3 (ambos con 14 %).

%. It seems that all plants, in all sites and both seasons, had sufficient CP content to maintain rumen microbial activity (7-8 %; Van Soest, 1994). In winter, except for

CUADRO 1. Valores medios de la composición química de las plantas arbustivas.

TABLE 1. Mean values of the chemical composition of the native shrubs.

Sitos	Especies	Estaciones	Cenizas %	CP %	FDN %	LDA %	EE %	TC %
1	<i>A. amentacea</i>	Invierno	7	12	46	19	2.6	17.5
	<i>A. amentacea</i>	Primavera	5	12	54	23	0.7	19.6
	<i>C. pallida</i>	Invierno	22	18	53	6	1.5	0.4
	<i>C. pallida</i>	Primavera	18	14	51	6	0.8	0.2
	<i>F. angustifolia</i>	Invierno	20	14	39	8	1.3	0.5
	<i>F. angustifolia</i>	Primavera	18	12	41	9	0.9	0.3
	<i>P. texana</i>	Invierno	11	21	39	9	2.1	8.1
	<i>P. texana</i>	Primavera	11	18	43	10	1.6	9.5
2	<i>A. amentacea</i>	Invierno	6	14	45	19	3.8	16.2
	<i>A. amentacea</i>	Primavera	5	12	54	20	1.9	18.3
	<i>C. pallida</i>	Invierno	21	19	51	5	2.1	0.2
	<i>C. pallida</i>	Primavera	16	14	52	7	0.8	0.2
	<i>F. angustifolia</i>	Invierno	20	16	38	8	1.2	0.2
	<i>F. angustifolia</i>	Primavera	19	13	40	9	0.8	0.3
	<i>P. texana</i>	Invierno	10	22	37	9	2.8	7.2
	<i>P. texana</i>	Primavera	8	20	41	10	1.5	8.1
3	<i>A. amentacea</i>	Invierno	7	13	46	18	2.6	18.2
	<i>A. amentacea</i>	Primavera	6	12	55	21	0.8	18.9
	<i>C. pallida</i>	Invierno	23	18	46	6	2.0	0.3
	<i>C. pallida</i>	Primavera	17	13	60	7	0.7	0.2
	<i>F. angustifolia</i>	Invierno	19	14	41	8	1.2	0.3
	<i>F. angustifolia</i>	Primavera	18	13	42	9	1.1	0.4
	<i>P. texana</i>	Invierno	10	20	34	10	2.8	8.3
	<i>P. texana</i>	Primavera	9	19	42	11	2.0	8.6
Media			14	15	45	12	1.7	6.8
EEM			0.1	0.1	0.3	0.1	0.01	0.02
Valores de F y niveles de significancia								
Factores	Sitos (A)		114***	18***	33***	199***	41***	135***
	Especies (B)		4178***	515***	682***	2451***	71***	5812***
	EStaciones (C)		103***	46***	614***	566**	503***	284***
	AxB		52***	4***	15***	42***	4***	37***
	AxC		140***	11***	19***	177***	17***	30***
	BxC		103***	13***	25***	31***	106***	124***
	AxBxC		60***	16***	39***	42***	6***	14***

Sito 1 = China; Sitio 2 = Linares; Sitio 3 = Ramones; PC = proteína cruda; FDN = fibra detergente neutro; LDA = lignina detergente ácido; EE = extracto etéreo; TC = taninos condensados; EEM = error estándar de la media; *** (P<0.001).

Site 1 = China; Site 2 = Linares; Site 3 = Ramones; CP = crude protein; NDF = neutral detergent fiber; ADL = acid detergent lignin; EE = ether extract; CT = condensed tannins; SEM = standard error of the mean; *** (P<0.001).

Celtis pallida y *F. angustifolia* tuvieron contenido similar de cenizas (19 %) pero fueron mayores que *P. texana* (10 %) o *A. amentacea* (6 %). En invierno, el contenido de cenizas (15 %) fue mayor que en primavera (12 %). El contenido de PC fue significativamente diferente entre sitios, especies, estaciones y las interacciones dobles y la triple también fueron significativas (Cuadro 1). Las plantas en el sitio 2 tuvieron el mayor contenido de PC (16 %) comparadas con los otros sitios (15 % en ambos). *Parkinsonia texana* tuvo el mayor contenido de PC (20 %) seguida por *C. pallida* (16 %), *F. angustifolia* (14 %) y *A. amentacea* (13 %). En invierno, la PC (17%) fue mayor que en primavera (14 %). La PC varió de 12 a 22 %. Al parecer, todas las plantas, en todos los sitios y en ambas estaciones tuvieron suficiente PC para mantener la actividad microbiana del rumen (7-8 %; Van Soest, 1994). Además, en invierno, excepto por *A. amentacea*, todas las plantas tuvieron valores de PC para sostener la productividad y crecimiento de las astas del venado cola blanca (14 % y más; Ramírez-Lozano, 2004).

El contenido de FDN fue significativamente diferente entre sitios, especies y estaciones, y las interacciones dobles y la triple también fueron significativas (Cuadro 1). Las plantas del sitio 2 tuvieron un porcentaje más bajo (46) que las del sitio 1 (46) o las del sitio 3 (52). *Celtis pallida* fue la de mayor porcentaje (52) seguida por *A. amentacea* (50), *F. angustifolia* (40) y *P. texana* (39). En primavera (48 %) el contenido de FDN fue mayor que en invierno (43 %). El principal factor que disminuye la digestibilidad de los forrajes, cuando maduran, es el alto contenido de fibra (FDN) y bajo contenido celular (Ramírez et al., 2000). El porcentaje de FDA fue similar en todos los sitios (alrededor de 11 %). *Acacia amentacea* tuvo el valor más alto de FDA (20 %) seguida por *P. texana* (10 %), *F. angustifolia* (9 %) y *C. pallida* (6 %). En primavera, la LDA fue mayor (12 %) que en invierno (10%). En este estudio, la LDA varió de 6 a 23 %. Porcentajes similares (2-24 %) fueron reportados por Schwartz y Renecker (1998) y ellos argumentaron que la digestibilidad potencial de la FDN disminuye de 91 a 20 % conforme el contenido de LDA se incrementa de 5 a 15 %. Lo anterior se debe a que la LDA se enlaza con los polisacáridos de la pared celular y restringe el acceso microbiano durante la digestión en el rumen (Van Soest, 1994).

El contenido de EE fue significativamente diferente entre sitios, plantas y estaciones, y las interacciones dobles y la triple también fueron significativas (Cuadro 1). El sitio 2 (1.7 %) resultó mayor seguido por los sitios 3 (1.6 %) y 1 (1.4 %). *Acacia amentacea* tuvo el valor más alto (2.1 %) seguida por *P. texana* (1.7 %), *C. pallida* (1.3 %) y *F. angustifolia* (1.1 %). En invierno (2.2 %) el EE fue mayor que en primavera (1.1 %). El contenido de TC fue significativamente diferente entre sitios, especies, estaciones y las interacciones dobles y la triple también fueron significativas (Cuadro 1). El sitio 1 fue mayor (7.0

A. amentacea, all plants had CP values to sustain small ruminant productivity and for the growth of white-tailed deer antlers (14 % and above; Ramírez-Lozano, 2004).

NDF content was significant different between sites, plants and seasons. Double and triple interactions were also significantly different (Table 1). Site 2 had a lower NDF (45 %) than site 1 and 3 (46 % both). *Celtis pallida* (52 %) had the highest rate followed by *A. amentacea* (50 %), *F. angustifolia* (40 %) and *P. texana* (39 %). During spring, NDF content was higher (48 %) than in winter (43 %). The main factors that reduce forages digestibility, at maturity, are high fiber content (FND) and the low cell-soluble concentrations (Ramírez et al., 2000). All sites had very similar ADF content (around 11 %). *Acacia amentacea* had the highest value of ADL (20 %) followed by *P. texana* (10 %), *F. angustifolia* (9 %) and *C. pallida* (6 %). During spring, ADL content was higher (12 %) than in winter (10 %). In the present study, ADL oscillated from 6 to 23 %. Similar values (2-24 %) were obtained by Schwartz and Renecker (1998) arguing that potential digestibility of NDF decreases from 91 to 20 % as ADL content of cell wall increases from 5 to 15 %. This is due to ADL binding to cell wall polysaccharides and restricts microbial access during digestion (Van Soest, 1994).

EE content was significantly different between sites, plants and seasons. Double and triple interactions were significantly different as well (Table 1). Site 2 (1.7 %) obtained the highest value followed by site 3 (1.6 %) and site 1 (1.4 %). *Acacia amentacea* had the highest EE content (2.1 %) followed by *P. texana* (1.7 %), *C. pallida* (1.3 %) and *F. angustifolia* (1.1 %). During winter (2.2 %) EE was higher than in spring (1.1 %). CT content was significant different between sites, plants and seasons. Double and triple interactions were also significant (Table 1). Site 1 had a higher CT content (7.0 %) than site 3 (6.8 %) and site 2 (6.3 %). *Acacia amentacea* (18.1 %) had a higher value than *P. texana* (8.3 %), *C. pallida* (0.3) or *F. angustifolia* (0.3 %). During winter CT content was lower (6.5 %) than in spring (7.1 %).

PEG treatment increased the gas production in the soluble fraction **a** between sites, plants and seasons. Double and triple interactions were also significantly different (Table 2). Particularly, in *A. amentacea* the addition of PEG increased the gas production in a 20 %, in all sites. Moreover, in winter, PEG treatment for *A. amentacea* was higher than in summer, increasing 29 % and for *P. texana* 18 % the gas production. Nevertheless, *C. pallida* and *F. angustifolia* were unaffected by PEG treatment (Table 3).

Fraction **a** was positively correlated with ash content ($r = 0.52$; $P < 0.001$), CP ($r = 0.45$; $P < 0.001$) and ME ($r = 0.48$; $P < 0.001$), whereas, was negatively influenced

%) que el sitios 3 (6.8 %) o el sitio 2 (6.3 %). *Acacia amentacea* (18.1 %) fue mayor que *P. texana* (8.3 %), *C. pallida* (0.3) o *F. angustifolia* (0.3 %). En invierno (6.5 %) el contenido de TC fue menor que en primavera (7.1 %).

La adición de PEG a las hojas de las plantas incrementó la producción de gas en la fracción soluble **a** entre sitios, especies y estaciones. Las interacciones dobles y la triple también fueron significativas (Cuadro 2). Particularmente, en *A. amentacea* la adición de PEG aumentó en un 20 % el gas producido, en todos los sitios. Asimismo, en invierno, la adición de PEG en *A. amentacea* fue superior en 29 % y *P. texana* en un 18 % que en primavera. Sin embargo, *C. pallida* o *F. angustifolia* no fueron afectadas por el tratamiento con PEG (Cuadro 3). La fracción **a** estuvo positivamente correlacionada con el contenido de cenizas ($r = 0.52$; $P < 0.001$), PC ($r = 0.45$; $P < 0.001$) y EM ($r = 0.48$; $P < 0.001$); sin embargo, estuvo negativamente influida por el contenido de FDN ($r = - 0.39$; $P < 0.001$), LDA ($r = - 0.56$; $P < 0.001$) y TC ($r = - 0.48$; $P < 0.001$). Sin embargo, la presencia de PEG resultó en correlaciones positivas entre la fracción **a** y TC ($r = 0.52$; $P < 0.001$) y negativamente con otros componentes químicos de las plantas.

Estudios previos (Nherera *et al.*, 1999; Getachew *et al.*, 2002) han reportado efectos negativos de los componentes de la pared celular sobre la producción de gas *in vitro*. La correlación positiva entre los TC y los parámetros de la producción de gas *in vitro* con la presencia de PEG, muestra la relevancia del uso de la técnica de la producción de gas *in vitro* para detectar la presencia de compuestos secundarios de las plantas en las especies nativas (Ammar *et al.*, 2005).

Efectos significativos en la producción de gas de la fracción insoluble, pero lentamente degradable **b**, de las arbustivas evaluadas en este estudio, debido a la incorporación de PEG se observaron entre sitios, especies y estaciones y las interacciones doble y la triple también fueron significativas (Cuadro 2). La adición de PEG resultó en un aumento de la fracción **b** en *A. amentacea* en todos los sitios. En invierno, el PEG causó que se produjera un 22 % más gas y en primavera un 63 %. El efecto del PEG en *P. texana* en todos los sitios resultó en un 6 % de aumento de gas producido; un escenario similar fue observado en las muestras de invierno y primavera. Sin embargo, la cinética fermentativa en al fracción **b** en *C. pallida* o *F. angustifolia* no fue afectada por la adición de PEG (Cuadro 3). Los coeficientes de correlación entre los valores de la fracción **b** y los de la composición química presentaron un comportamiento similar que los de la fracción **a**.

La adición de PEG incrementó significativamente la tasa de producción de gas (**c**) entre sitios, especies y estaciones y las interacciones dobles y la triple tam-

CUADRO 2. Valores de F y niveles de significancia de los principales factores e interacciones obtenidas del análisis de varianza llevado a cabo para comparar los parámetros de la producción de gas *in vitro* (**a**, **b**, **c**, **a+b**) y la energía metabolizable (EM) en las plantas tratadas con y sin polietilén glicol (PEG) 6000.

TABLE 2. Values of F and significant levels of main factors and interactions obtained from the analysis of variance carried out to compare the *in vitro* gas production parameters (**a**, **b**, **c**, **a+b**) and metabolizable energy (ME) in shrubs with or without polyethylene glycol 6000

Concepto	a	b	c	a+b	EM
Sin PEG					
Sitos (A)	19***	6**	11***	17***	24***
Especies (B)	28***	549***	530***	243***	860***
Estaciones (C)	46***	7**	51***	4*	13***
AxB	17***	7**	12***	17***	37***
AxC	12***	6**	11***	7**	15***
BxC	8***	41***	25***	39***	52***
AxBxC	6**	10***	14***	20***	23***
Con PEG					
Sitos (A)	50***	5**	12***	14***	48***
Especies (B)	379***	265***	562***	53***	952***
Estaciones (C)	137***	64***	64***	4*	28***
AxB	23***	6**	10***	14***	66***
AxC	48***	8***	7**	4*	7**
BxC	16***	45***	14***	47***	105***
AxBxC	6**	11***	12***	21***	42***

***($P < 0.001$); ** ($P < 0.01$).

by NDF ($r = - 0.39$; $P < 0.001$), ADL ($r = - 0.56$; $P < 0.001$) and CT content ($r = - 0.48$; $P < 0.001$). However, the presence of PEG was in positive correlations between fraction **a** and CT ($r = 0.52$; $P < 0.001$) and negatively with the other plants chemical compounds.

Previous studies (Nherera *et al.*, 1999; Getachew *et al.*, 2002) have shown a negative effect of the cell wall compounds on *in vitro* gas production. Positive correlations between CT and *in vitro* gas production parameters in the presence of PEG support the use of the *in vitro* gas production test in order to detect the presence of secondary compounds in native species (Ammar *et al.*, 2005).

Significant effects in gas production from the insoluble but slowly degradable fraction **b** due to the incorporation of PEG were observed between plants, plants and seasons. Double and triple interactions were also significantly different (Table 2). PEG treatment produced an increase in fraction **b** in *A. amentacea*, in all sites. During winter PEG treatment caused a rise in gas production of 22 % while in spring the increment was of 63 %. The effect of PEG treatment in samples of *P. texana*, in all sites, was of 6% more gas; a similar scenario was observed in samples from winter and spring. However, the

CUADRO 3. Medias de los parámetros de la producción de gas *in vitro* y energía metabolizable (EM) en las plantas tratadas con y sin polietilén glicol (PEG) 6000.**TABLE 3. Means of *in vitro* gas production parameters in metabolizable energy of plants with or without polyethylene glycol 6000.**

Sitios	Arbustivas	Estaciones	PEG	a, ml/500mg	b, ml/500mg	c,%/h	a+b, ml/500mg	EM, MJ/kg	
1	<i>A. amentacea</i>	Invierno	Con	15	74	9	90	7	
	<i>A. amentacea</i>	Invierno	Sin	14	51	5	66	6	
	<i>A. amentacea</i>	Primavera	Con	13	78	6	90	7	
	<i>A. amentacea</i>	Primavera	Sin	11	45	3	55	5	
	<i>C. pallida</i>	Invierno	Con	-1	110	8	110	8	
	<i>C. pallida</i>	Invierno	Sin	-10	115	10	105	9	
	<i>C. pallida</i>	Primavera	Con	-12	120	8	108	9	
	<i>C. pallida</i>	Primavera	Sin	-19	128	9	108	8	
	<i>F. angustifolia</i>	Invierno	Con	8	78	3	86	6	
	<i>F. angustifolia</i>	Invierno	Sin	8	77	3	85	5	
	<i>F. angustifolia</i>	Primavera	Con	17	101	3	118	6	
	<i>F. angustifolia</i>	Primavera	Sin	20	94	3	115	6	
	<i>P. texana</i>	Invierno	Con	7	100	13	107	9	
	<i>P. texana</i>	Invierno	Sin	6	94	11	100	8	
	<i>P. texana</i>	Primavera	Con	7	85	11	92	8	
	<i>P. texana</i>	Primavera	Sin	4	87	8	91	8	
	<i>A. amentacea</i>	Invierno	Con	32	64	6	96	7	
	<i>A. amentacea</i>	Invierno	Sin	23	61	3	83	6	
	<i>A. amentacea</i>	Primavera	Con	9	75	7	85	7	
	<i>A. amentacea</i>	Primavera	Sin	10	41	6	51	5	
2	<i>C. pallida</i>	Invierno	Con	-4	93	9	89	8	
	<i>C. pallida</i>	Invierno	Sin	-11	104	11	93	7	
	<i>C. pallida</i>	Primavera	Con	-17	143	7	127	9	
	<i>C. pallida</i>	Primavera	Sin	-19	146	8	126	9	
	<i>F. angustifolia</i>	Invierno	Con	25	94	4	120	7	
	<i>F. angustifolia</i>	Invierno	Sin	26	94	4	119	7	
	<i>F. angustifolia</i>	Primavera	Con	17	103	3	119	6	
	<i>F. angustifolia</i>	Primavera	Sin	15	100	3	114	6	
	<i>P. texana</i>	Invierno	Con	20	93	13	113	9	
	<i>P. texana</i>	Invierno	Sin	17	91	10	107	8	
	<i>P. texana</i>	Primavera	Con	5	82	7	88	7	
	<i>P. texana</i>	Primavera	Sin	9	72	5	81	7	
	<i>A. amentacea</i>	Invierno	Con	20	72	7	91	7	
	<i>A. amentacea</i>	Invierno	Sin	14	58	4	71	6	
	<i>A. amentacea</i>	Primavera	Con	18	71	6	89	7	
	<i>A. amentacea</i>	Primavera	Sin	16	53	4	69	6	
	3	<i>C. pallida</i>	Invierno	Con	-5	105	8	10	8
		<i>C. pallida</i>	Invierno	Sin	-4	107	7	104	8
		<i>C. pallida</i>	Primavera	Con	-16	123	8	106	8
		<i>C. pallida</i>	Primavera	Sin	-18	121	7	107	8
<i>F. angustifolia</i>		Invierno	Con	3	89	2	92	5	
<i>F. angustifolia</i>		Invierno	Sin	2	84	2	86	5	
<i>F. angustifolia</i>		Primavera	Con	1	97	3	98	5	
<i>F. angustifolia</i>		Primavera	Sin	0	87	2	87	5	
<i>P. texana</i>		Invierno	Con	7	100	12	107	9	
<i>P. texana</i>		Invierno	Sin	11	88	10	99	8	
<i>P. texana</i>		Primavera	Con	3	98	11	101	8	
<i>P. texana</i>		Primavera	Sin	5	90	9	95	8	
		Media total	Con	7	94	7	101	7	
			EEM		0.3	0.3	0.1	0.3	0.01
		Media total	Sin	5	87	6	92	6	
			EEM		0.3	0.4	0.1	0.4	0.01

a = gas producido en la fracción rápidamente fermentable; b = gas producido de la fracción insoluble pero fermentable; c = tasa constante de fermentación; a + b = producción de gas potencial; Sitio 1 = China; Sitio 2 = Linares; Sitio 3 = Ramones;; PEG = polietilén glicol 6000; EEM = error estándar de la media..

a = gas produced from the soluble and instantly fermentable feed fraction; b = gas produced from the insoluble but fermentable fraction; c = constant rate of gas production and a + b = potential gas production; Site 1 = China; Site 2 = Linares; Site 3 = Ramones; PEG = polyethylene glycol 6000; SEM =standard error of the mean.

bién fueron significativas (Cuadro 2). La fracción **c** en *A. amentacea*, en todos los sitios, aumentó 75 % debido al tratamiento con PEG. Resultados similares se registraron en las muestras tomadas en invierno y primavera. Con respecto a *P. texana*, en todos los sitios, la fracción **c** aumentó un 22 %. Se encontraron valores similares en invierno y primavera. Sin embargo, en *C. pallida* o *F. angustifolia* la tasa de producción de gas no fue afectada debido al tratamiento con PEG (Cuadro 3). Los coeficientes de correlación entre los valores de la fracción **c** y composición química siguieron un mismo comportamiento que los de las fracciones **a** o **b**.

Se registraron incrementos significativos entre sitios, especies y estaciones en la producción potencial de gas (**a + b**) con la presencia de PEG. Las interacciones doble y la triple también fueron significantes (Cuadro 2). Particularmente, *A. amentacea*, en todos los sitios, fue mayor en un 36 %. Los incrementos en invierno y primavera fueron 26 y 49 %, respectivamente. *Parkinsonia texana*, en todos los sitios tuvo los valores más altos (6 %). Porcentajes similares se registraron en invierno y primavera. Como era de esperarse, la fracción **a + b** en *C. pallida* o *F. angustifolia* no fue afectada por el tratamiento con PEG (Cuadro 3). Los coeficientes de correlación entre los valores de la fracción **a + b** y los de la composición química siguieron un mismo comportamiento que los de las fracciones **a**, **b** o **c**.

Los compuestos secundarios de las plantas como LDA o TC afectan la fermentación ruminal (Salem, 2005). En este estudio, la alta fermentación en *C. pallida* podría deberse al bajo contenido de LDA o TC, aun cuando existe variación comparada con *F. angustifolia* que resultó con baja fermentación *in vitro* y bajo contenido de LDA y TC; esta respuesta pudo deberse a diferencias en las características genéticas de las plantas relativas al tipo de actividad en la digestibilidad de los compuestos secundarios (Muetzel y Becker, 2006; Narvaez *et al.*, 2010).

Acacia amentacea y *P. texana*, que tuvieron los mayores contenidos de TC (Cuadro 1), resultaron con los mayores aumentos en los parámetros de producción de gas *in vitro*, cuando se agregó PEG. El incremento en los parámetros de producción de gas *in vitro* debido a la adición de PEG, fortalece los resultados obtenidos en previas investigaciones, resaltando la afinidad del PEG para neutralizar los TC (Khazaal *et al.*, 1996) y la efectividad de la técnica para detectar la presencia de compuestos secundarios en las plantas arbustivas, como los TC (Ammar *et al.*, 2004).

Existen reportes de resultados similares a los encontrados en este estudio (Alipour y Rouzbahani, 2007). Estos autores observaron incrementos en los parámetros de producción de gas (**a**, **b** y **a + b**) con la adición de

fermentative kinetics of this fraction (**b**) in *C. pallida* and *F. angustifolia* was unaffected by PEG treatment (Table 3). Correlation coefficients between fraction **b** and chemical components of native shrub with or without PEG treatment followed the same pattern as in fraction **a**.

PEG treatment significantly increased the constant rate of gas production (**c**) between sites, plants and seasons. Double and triple interactions were significantly different as well (Table 2). The constant rate in *A. amentacea*, in all sites, increased 75 % due to the PEG treatment. Similar results were observed in samples taken during winter and spring. About *P. texana*, in all sites, fraction **c** increased 22 %. Similar values were obtained in winter and spring samples. Nonetheless, fraction **c** in *C. pallida* and *F. angustifolia* was unaffected by PEG treatment (Table 3). Correlation coefficients between the values of fraction **c** and the chemical components of the plants with or without PEG treatment followed the same pattern as in fractions **a** and **b**.

Significant increments between sites, plants and seasons were obtained from the potential gas production **a + b** in the presence of PEG. Double and triple interactions were also significantly different (Table 2). Particularly, *A. amentacea*, in all sites, was higher by 36 %. Increments for winter and spring were 26 and 49 %, respectively. *Parkinsonia texana*, in all sites, had the highest values (6 %). Similar results were obtained in samples in winter and spring. As expected, the potential gas production **a + b** in *C. pallida* and *F. angustifolia* was unaffected by PEG treatment (Table 3). Correlation coefficients between fraction **a + b** and chemical components of the plants with or without PEG treatment followed the same pattern as in fractions **a**, **b** and **c**.

Secondary compounds such as ADL and CT affect rumen fermentation (Salem, 2005). In the present study, the higher *in vitro* fermentation of *C. pallida* could be due to the low content of ADL and CT; this response could be due to the genetic differences among plants on the type of activity in the secondary compound digestibility (Muetzel and Becker, 2006; Narvaez *et al.*, 2010).

Acacia amentacea and *P. texana*, which had the highest levels of CT (Table 1), obtained the highest parameters of *in vitro* gas production after adding PEG, supporting the results obtained in previous studies, emphasizing the affinity of PEG to neutralize tannins (Khazaal *et al.*, 1996), and the effectiveness of the procedure to detect the presence of secondary compounds such as tannins in native species (Ammar *et al.*, 2004).

Similar studies (Alipour and Rouzbahani 2007) show improvements in the kinetics of gas production (i.e., **a**, **b** and **a + b**) by PEG treatment. Furthermore, the positive effect of PEG on *in vitro* gas production of *A. amentacea* and *P. texana* in the present study could

PEG a especies forrajeras nativas. Los efectos positivos del PEG sobre *A. amentacea* o *P. texana* podrían indicar incrementos en la disponibilidad de nutrientes y, por tanto, una mayor actividad microbiana en el rumen del venado cola blanca consumiendo estas arbustivas forrajeras (Rubanza *et al.*, 2003; Motubatse *et al.*, 2008). Además, las correlaciones positivas entre los TC y los parámetros de producción de gas *in vitro* y el mejoramiento generalizado en la fermentación de *A. amentacea* o *P. texana* debido a la adición de PEG, ciertamente refleja la desactivación de los TC (Makkar, 2005; Salem, 2005; Salem *et al.*, 2007).

Debido al tratamiento con PEG a las plantas arbustivas, se registraron incrementos en los valores de EM entre sitios, especies y estaciones, y las interacciones dobles y la triple también fueron significativas (Cuadro 2). *Acacia amentacea*, en todos los sitios, registró un aumento de 29 %. Los aumentos en esta especie durante invierno y primavera fueron 25 % y 33 %, respectivamente. Asimismo, *P. texana*, en todos los sitios, tuvo un 17 % más EM debido al tratamiento con PEG. Incrementos similares se observaron en invierno y primavera. Sin embargo, el contenido de EM en *C. pallida* o *F. angustifolia* no fue afectado por el uso del PEG (Cuadro 3). Se ha reportado (Khanum *et al.*, 2007) que bajos valores de EM, como los observados en *A. amentacea* o *P. texana*, se presentan cuando la PC es baja y FDN es alta. En este estudio, sin embargo, de acuerdo con los altos valores de EM (alrededor de 8 MJ/kg) en *C. pallida* o *F. angustifolia*, estas especies podrían considerarse como buenas fuentes de energía al compararlas con el valor promedio de EM (9 MJ/kg) de diferentes variedades de heno de alfalfa (Kamalak *et al.*, 2005).

La baja fermentación en *A. amentacea*, sin PEG y con alto contenido de TC, probablemente refleja los efectos adversos de los TC en los microorganismos ruminales (McSweeney *et al.*, 2005) e intestinales. Sin embargo, la dieta del venado cola blanca en libre pastoreo, en el noreste de México, está compuesta por alrededor del 50 % de *A. amentacea* y 8 % *P. texana* (Ramirez-Lozano, 2004), lo que podría indicar que el venado ha desarrollado mecanismos de defensa en contra de los TC. Aparentemente, el venado cola blanca tiene proteínas salivales con alto contenido del aminoácido prolina que interactúa con los TC contenidos en las plantas forrajeras nativas (Motubatse *et al.*, 2008).

CONCLUSIÓN

Los elevados valores de PC, EM y los parámetros de producción *in vitro*, aunados a los bajos contenidos de fibra en *C. pallida* o *P. texana* podrían indicar que estas especies representan un importante potencial alimenticio para rumiantes domésticos (cabras y borregos) y silvestres (venado cola blanca). El mejoramiento

indicate enhancements in nutrient availability and thus, a greater microbial activity in rumen of white-tailed deer consuming these shrubs (Rubanza *et al.*, 2003; Motubatse *et al.*, 2008). Moreover, the positive correlation coefficients between CT and *in vitro* gas production parameters and the general improvement in fermentation in *A. amentacea* and *P. texana* by adding PEG certainly reflects the deactivation of condensed tannins (Makkar, 2005; Salem *et al.*, 2007).

Increases in values of ME were observed due to a PEG treatment to native plants between sites, plants and seasons. Double and triple interactions were also significantly different (Table 2). *A. amentacea*, in all sites, obtained an increase of 29 % ME due to PEG treatment. During winter and spring, the increases for this variable were 25 and 33 %, respectively. The use of PEG treatment in samples of *P. texana*, in all sites, produced a 17 % more ME content. Similar increments (8 %) were observed in samples taken in winter and spring. However, ME content in *C. pallida* and *F. angustifolia* was unaffected by PEG treatment (Table 3). In general, low ME values were observed in samples with low protein and high fiber content. However, according to the high values of ME contents (about 8 MJ/kg) in *C. pallida* or *F. angustifolia*, these species could be considered as good energy sources when comparing them with the mean value of ME (9 MJ/kg) of different varieties of hays alfalfa (Kamalak *et al.* 2005).

The low fermentation in *A. amentacea* without PEG treatment and high CT probably reflects the adverse effects of condensed tannins in rumen (McSweeney *et al.*, 2005) and bacterial organism (Salem, 2005). However, the diet of white-tailed deer in free-range, in northeastern Mexico, is composed by about 50 % of *A. amentacea* and 8 % *P. texana* (Ramirez-Lozano, 2004), which could mean that white-tailed deer has developed defense mechanisms against CT. seemingly, white-tailed deer has salivary proteins with high proline content that interacts with condensed tannins in native shrubs (Motubatse *et al.*, 2008).

CONCLUSIONS

Higher values of CP, ME and *in vitro* gas production parameters, and lower fiber content in *C. pallida* and *P. texana* could indicate that these species represent a significant food potential for domestic (sheep and goats) and wild (white-tailed deer) ruminants. Improvement in gas production and ME with PEG treatment in *A. amentacea* emphasizes the negative effect of tannins in the nutritive value of forages. Besides, the negative correlations between cell wall compounds and CT and *in vitro* gas production, without adding PEG, demonstrates the negative effect that such compounds have on the rumen fermentation process.

to de los parámetros de producción de gas y la EM en las muestras de *A. amentacea* o *P. texana* tratadas con PEG enfatiza el efecto negativo de los TC en el valor nutritivo de los forrajes. Además, las correlaciones negativas entre los componentes de la pared celular, TC y los parámetros de producción de gas *in vitro*, sin PEG, demuestran los efectos negativos que tales compuestos ejercen sobre los procesos de fermentación ruminal.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la invaluable asistencia proporcionada por Elsa Dolores Serna, Manuel Hernández Charles, Juan Manuel Hernández López y Joel Bravo Garza. Especialmente se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por proporcionar la beca de doctorado a Tilo Gustavo Domínguez Gómez.

LITERATURA CITADA

- ALIPOUR, D.; ROUZBEHANI, Y. 2007. Effects of ensiling grape pomace and addition of polyethylene glycol on *in vitro* gas production and microbial biomass yield. *Animal Feed Science and Technology* 137: 138-149.
- AMMAR, H.; LÓPEZ, S.; GONZÁLEZ, J. S.; RANILLA, M. J. 2004. Chemical composition and *in vitro* digestibility of some Spanish browse plant species. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 84: 197-204.
- AMMAR, H.; LÓPEZ, S.; GONZÁLEZ, J. S. 2005. Assessment of the digestibility of some Mediterranean shrubs by *in vitro* techniques. *Animal Feed Science and Technology* 119: 323-331.
- AOAC, 1997. Official Methods of Analysis. Vol II 16th Edition. Association of Official Analytical Chemists International. Gaithersburg, Maryland. 24-32 pp.
- EVERITT, J. H.; DRAWE, D. L.; LONARD, R. I. 2002. Trees, Shrubs and Cacti of South Texas. Texas Tech University Press, Lubbock, Texas, USA. 12-24 pp.
- GETACHEW, G.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. 2000. Effect of polyethylene glycol on *in vitro* degradability of nitrogen and microbial protein synthesis from tannin-rich browse and herbaceous legumes. *British Journal of Nutrition* 84: 73-83.
- GETACHEW, G.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. 2002. Tropical browses: contents of phenolic compounds, *in vitro* gas production and stoichiometric relationship between short chain fatty acid and *in vitro* gas production. *Journal of Agricultural Science* 139: 341-352.
- GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, H.; CANTÚ-SILVA, I.; GÓMEZ-MEZA, M. V.; RAMÍREZ-LOZANO, R. G. 2004. Plant water relations of thornscrub shrub species, northeastern Mexico. *Journal of Arid Environments* 58: 483-503.
- GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, H.; RAMÍREZ-LOZANO, R. G.; CANTÚ-SILVA, I.; GÓMEZ-MEZA, M. V.; UVALLE-SAUCEDA, J. I. 2010. Composición y estructura de

ACKNOWLEDGMENTS

To Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). And to Elsa Dolores Serna, Manuel Hernández Charles, Juan Manuel Hernández López, and Joel Bravo Garza for their collaboration.

End of English Version

la vegetación en tres sitios del estado de Nuevo León, México. *Polibotánica* 29: 91-106.

- KAMALAK, A.; CANBOLAT, O.; EROL, A.; KILINK, C.; KIZILSIMSEK, M.; OZKAN, C.O.; OZKOSE, E. 2005. Effect of variety on chemical composition, *in vitro* gas production, metabolizable energy and organic matter digestibility of alfalfa hays. *Livestock Research for Rural Development* 17: 7-14.
- KHANUM, S. A.; YAQOUB, T.; SADAF, S.; HUSSAIN, M.; JABBAR, M. A.; HUSSAIN, H. N.; KAUSAR, R.; REHMAN, S. 2007. Nutritional evaluation of various feedstuffs for livestock production using *in vitro* gas method. *Pakistani Veterinary Journal* 27: 129-133.
- KHAZAAL, K.; PARISSI, Z.; TSIIOUVARAS, C.; NASTIS, A.; ØRSKOV, E. R. 1996. Assessment of phenolic-related antinutritive levels using *in vitro* gas production technique: a comparison between different types of polyvinyl pyrrolidone or polyethylene glycol. *Journal of Science Food and Agriculture* 71: 405-414.
- LIU, J.X.; YAN, Y.; YAO, J.; SUSENBETH, A. 2000. The use of *in vitro* gas production to reflect associate effects in feeding trials. In: Proc. 51st Annual Meeting of the Europe Association of Animal Production, The Hague, The Netherlands 153 p.
- MAKKAR, H. P. S., 2005. *In vitro* gas methods for evaluation of feeds containing phytochemicals. *Animal Feed Science and Technology* 123-124, 291-302.
- MENKE, K. H.; STEINGASS, H., 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development* 28: 7-55.
- McSWEENEY, C. S.; GOUGH, J.; CONLAN, L. L.; HEGARTY, M. B.; PALMER, B.; KRAUSE, D. O. 2005. Nutritive value assessment of the tropical shrub legume *Acacia angustissima*: anti-nutritional compounds and *in vitro* digestibility. *Animal Feed Science Technology* 121: 175-190.
- MONTGOMERY, D. C. 2004. Diseño y Análisis de Experimentos. México, D. F. Limusa Wiley (2ª Ed). México 75-81 pp.
- MOTUBATSE, M. R.; NG'AMBI, J. W.; NORRIS, D.; MALATJE, M. M. 2008. Effect of polyethylene glycol 4000 supplementation on the performance of indigenous Pedi goats fed different levels of *Acacia nilotica* leaf meal and ad libitum Buffalo grass hay. *Tropical Animal Health*

- Production 40: 229-238.
- MUETZEL, S.; BECKER, K. 2006. Extractability and biological activity of tannins from various tree leaves determined by chemical and biological assays as affected by drying procedure. *Animal Feed Science Technology* 125: 139-149.
- NARVAEZ, N.; BROSH, A.; PITTROFF, W. 2010. Seasonal dynamics of nutritional quality of California chaparral species. *Animal Feed Science and Technology* 158: 44-56.
- NHERERA, F. V.; NDLOVU, L. R.; DZOWELA, B. H. R. 1999. Relationships between *in vitro* gas production characteristics, chemical composition and *in vivo* quality measures in goats fed fodder supplements. *Small Ruminant Research* 31: 117-126.
- ØRSKOV, E. R.; MCDONALD, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science* 92: 499-503.
- PEREVOLOTSKY, A.; LANDAU, S.; SLANIKOVE N.; PROVENZA, F. 2006. Upgrading tannin-rich forages by supplementing ruminants with Polyethylene Glycol (PEG). BSAS Publication 34. The assessment of intake, digestibility and the roles of secondary compounds. Edited by C.A. Sandoval-Castro, F.D.DeB.D. Hovell, J.F.J. Torres-Acosta and A. Ayala-Burgos. Nottingham University Press 221-234 pp.
- RAMÍREZ, R. G.; NEIRA-MORALES, R. R.; LEDEZMA-TORRES, R. A.; GARIBALDI-GONZÁLEZ, C. A. 2000. Ruminant digestion characteristics and effective degradability of cell wall of browse species from northeastern Mexico. *Small Ruminant Research*, 36: 49-55
- RAMÍREZ-LOZANO, R. G. 2004. Nutrición del Venado Cola Blanca. Editorial Publicaciones Universidad Autónoma de Nuevo León 56-88 pp.
- RAMÍREZ-LOZANO, R. G. 2009. Nutrición de Rumiantes: Sistemas Extensivos. 2ª Ed. Editorial Trillas. México. 216-224 pp.
- RUBANZA, C. D. K.; SHEM, M. N.; OTSYINA, R.; ICHINOHE, T.; FUJIHARA, T. 2003. Nutritive evaluation of some browse tree legume foliages native to semi-arid area in western Tanzania. *Asian Australian Journal of Animal Science* 16: 1429-1437.
- SALEM, A. Z. M. 2005. Impact of season of harvest on *in vitro* gas production and dry matter degradability of *Acacia saligna* leaves with inoculum from three ruminant species. *Animal Feed Science Technology* 123-124: 67-79.
- SALEM, A. Z. M.; ROBINSON, P. H.; EL-ADAWYA, M. M.; HASSAN, A. A. 2007. *In vitro* fermentation and microbial protein synthesis of some browse tree leaves with or without addition of polyethylene glycol *Animal Feed Science and Technology*. 138: 318-330.
- SCHWARTZ, C. C.; RENECKER, L. A. 1998. Nutrition and energetics. *In: Ecology and Management of Northamerican Moose*. FRANZMANN, A.W. and SCWARTZ, C.C. (eds.) Smithsonian Institution, Press, Eashington, DC pp. 441-478.
- SPSS. 2004. The Statistical Package for the Social Sciences. Chicago, 13: SPSS Inc.
- SPP-INEGI.1986. Síntesis Geográfica del Estado de Nuevo León. Secretaría de Programación y Presupuesto. Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática. México, D.F.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. 1991. Methods for dietary, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 74: 3583-3597 pp.
- VAN SOEST, P. J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd ed. Ithaca, New York, US: Comstock Publishing Associates and Cornell University Press, USA p. 176.
- WAGHORN, G. 2008. Beneficial and detrimental effects of dietary condensed tannins for sustainable sheep and goat production-progress and challenges. *Animal Feed Science Technology* 147: 116-122.

3.- CONCLUSIONES GENERALES

Se confirmó la hipótesis planteada ya que existió diferencia en el contenido nutrimental y la composición química entre, sitios, fechas de muestreo, especies así como en las interacciones dobles y triples. Los resultados de la presente investigación indican que el contenido de Ca, K, Mg, Fe, Mn y Zn (sólo en *P. texana*) en todos los sitios y meses fueron suficientes para satisfacer las necesidades metabólicas de pequeños rumiantes en pastoreo, mientras que Na, P, Cu, mostraron concentraciones inadecuadas a lo largo del año. Las altas concentraciones de algunos nutrimentos en las hojas de estas especies sugieren su importancia como suplementos minerales en la dieta de los rumiantes en pastoreo. Por otra parte, los resultados del presente estudio pueden sugerir que, a pesar de que todas las plantas difieren en contenido nutrimental en los meses del año, podrían jugar un papel importante en el mantenimiento de la productividad de los ecosistemas de pastizales secos.

El bajo contenido de pared celular (FDN) y lignina ácido detergente (LAD), durante algunos meses del año, así como un alto contenido de proteína cruda, energía metabolizable, energía digestible y alta digestibilidad de la materia seca estimada, califica a estas especies como forrajes de buena calidad, las cuales pueden ser incorporadas a los sistemas extensivos. En general las cuatro especies arbustivas mostraron un potencial inherente que puede mejorar las características de rendimiento de los pequeños rumiantes en pastoreo en el noreste de México

De acuerdo los resultados del índice de diversidad de Shannon-Wiener los sitios presentan una diversidad intermedia, mientras que la similitud entre los sitios

de estudios entre ambas temporadas se debe a que comparte varias especies entre si. Las especies de las familias Leguminosae y Cactaceae fueron las más abundantes del MET. Las especies características (valores altos de dominancia ecológica) fueron *Prosopis laevigata*, *Lantana macropoda* y *Turnera diffusa*.

4.- PULICACIONES PRODUCIDAS Y PARTICIPACIÓN EN CONGRESOS

Artículos científicos

Tilo Gustavo Domínguez Gómez., Roque Gonzalo Ramírez Lozano., Andrés Eduardo Estrada Castellón., Laura Magdalena Scott Morales., Humberto González Rodríguez., María del Socorro Alvarado. 2011. Importancia Nutritional en Plantas Forrajeras del Matorral Espinoso Tamaulipeco. **Revista Ciencia UANL.** 15:59. 77-93. <http://www.cienciauanl.uanl.mx/15-3/11ArticuloMatorraloso.pdf>.

Tilo G. Domínguez Gómez., Roque G. Ramírez Lozano., Humberto González Rodríguez., Israel Cantú Silva., Marco V. Gómez Meza., María Del S. Alvarado. 2012. Mineral content in four Browse species from northeastern Mexico. **Enviado Pakistan Journal of Botany.**

Tilo G. Domínguez-Gómez., Humberto González Rodríguez., Roque G. Ramírez Lozano., Israel Cantú Silva., Marco V. Gómez Meza., María Del S. Alvarado. 2012. Chemical Composition of Four Xerophytic Species Used as Forage in the Northeast of Nuevo Leon, Mexico. **Enviado African Journal of Biotechnology.**

Tilo G. Domínguez-Gómez., Humberto González-Rodríguez., Roque G. Ramírez-Lozano., Israel Cantú-Silva., Marco V. Gómez Meza., César M. Cantú Ayala., María Del S. Alvarado. 2012. Nutritional Profile of Four Shrub Species, Northeastern Mexico. **In press. International Journal of Bio-resource and Stress Management**

Tilo G. Domínguez Gómez., Humberto González Rodríguez., Roque G. Ramírez Lozano., Andrés E. Estrada Castellón., Israel Cantú Silva., Marco V. Gómez Meza., José Ángel Villareal Quintanilla., María del Socorro Alvarado.,

Glafiro Alanís Flores. 2012. Diversidad estructural del Matorral Espinoso Tamaulipeco en el Estado de Nuevo León, México durante las épocas seca y húmeda. **Enviado. Revista Mexicana de Ciencias Forestales.**

T.G. Domínguez, Gómez., M. Guerrero, Cervantes., M.A. Cerrillo, Soto., A.S. Juárez, Reyes., R.G. Ramírez, Lozano., H. González, Rodríguez., I. Cantú, Silva., M. del S. Alvarado. 2011. Influence of polyethylene glycol on *in vitro* gas production parameters of four browse species consumed by *White Tailed Deer*, **Revista Chapingo, Serie de Ciencias Forestales y del Ambiente.** Edición especial. 21-32. DOI:10. 5154/R.RCHSCFA. 2010.09.073 [HTTP://www.chapingo.mx/revistas](http://www.chapingo.mx/revistas)

Participación en congresos

Domínguez, G.T.G., González, R.H., Ramírez, L.R.G., Cantú, S.I., Estrada, C.A.E., Gómez, M.M.V., Cantú, A.C.M., Alvarado, M.S., Composición florística en tres sitios del Noreste de México en condiciones de humedad. III Congreso Mexicano de Ecología. Boca del Río, Veracruz. Abril del 2011.

Domínguez, G.T.G., González, R.H., Cantú, S.I., Ramírez, L.R.G., Estrada, C.A.E., Cantú, A.C.M., Gómez, M.M.V., Alvarado, M.S. Composición florística en tres sitios del Noreste de México en condiciones de sequía. III Congreso Mexicano de Ecología. Boca del Río, Veracruz. Abril del 2011.

Domínguez, G.T.G., González, R.H., Ramírez, L.R.G., Cantú, S.I., Estrada, C.A.E., Cantú, A.C.M., Gómez, M.M.V., Alvarado, M.S. Contenido de macronutrientes en cuatro especies xerófitas forrajeras del Noreste de Nuevo León. III Congreso Mexicano de Ecología. Boca del Río, Veracruz. Abril del 2011.

Domínguez, G.T.G., González, R.H., Ramírez, L.R.G., Cantú, S.I., Estrada, C.A.E., Cantú, A.C.M., Gómez, M.M.V., Alvarado, M.S. Contenido de micro-nutrientes en cuatro especies forrajeras nativas del Noreste de Nuevo León. III Congreso Mexicano de Ecología. Boca del Río, Veracruz. Abril del 2011.

Domínguez, G.T.G., Ramírez, L.R.G., González, R.H., Cantú, S.I., Estrada, C.A.E., Cantú, A.C.M., Gómez, M.M.V., Alvarado, M.S. Contenido de macro y micro nutrientes en cuatro especies xerófitas forrajeras del Noreste de Nuevo León. X Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Pachuca, Hidalgo, Noviembre del 2011.

Domínguez, G.T.G., Ramírez, L.R.G., González, R.H., Cantú, S.I., Estrada, C.A.E., Cantú, A.C.M., Gómez, M.M.V., López, H.J.M. Perfil físico-químico del suelo en tres comunidades de vegetación, Noreste de México. X Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Pachuca, Hidalgo, Noviembre del 2011.

APÉNDICE

Cuadro 1. Algunas propiedades físicas y químicas del suelo realizadas a la profundidad de 0-20 cm en cuatro fechas del año 2009 para los tres sitios de estudio.

Fecha	Sitio	Propiedad												
		DA (Mg m ⁻³)	pH	CE (μS cm ⁻¹)	MO (%)	C (%)	Ca	K	Mg	Na	Cu	Zn	Fe	Mn
15-Ene	Los Ramones	1.31	7.28	79.23	3.59	2.08	8390.85	467.64	247.71	175.92	0.31	0.56	3.01	7.34
	China	1.26	7.30	96.27	4.13	2.39	8725.29	278.98	295.00	111.07	0.38	0.24	1.78	2.82
	Campus	1.00	7.12	130.48	6.79	3.94	12167.03	275.08	298.54	138.88	0.48	0.50	4.09	4.96
30-May	Los Ramones	1.30	7.29	213.53	2.48	1.44	7366.15	176.52	271.98	509.60	0.32	0.29	4.51	6.58
	China	1.29	7.36	110.67	2.13	1.24	8291.57	240.08	258.62	53.50	0.32	0.25	2.62	6.14
	Campus	1.17	7.33	136.33	5.38	3.12	11704.86	270.50	191.40	106.35	0.44	0.28	3.64	5.52
29-Sep	Los Ramones	1.31	7.49	205.37	2.61	1.51	9432.84	255.52	427.44	670.04	0.44	0.41	6.45	7.64
	China	1.26	7.56	117.70	2.86	1.66	7610.59	495.92	288.74	155.43	0.24	0.32	2.34	2.58
	Campus	1.00	7.06	108.68	4.61	2.67	11834.96	237.24	291.38	110.23	0.38	0.24	2.56	1.71
15-Dic	Los Ramones	1.40	7.34	122.45	2.47	1.43	7900.84	173.32	350.52	1268.78	0.40	0.32	6.60	5.16
	China	1.26	7.48	96.38	2.34	1.36	7815.55	386.48	268.60	276.61	0.30	0.19	2.28	2.77
	Campus	1.06	7.47	99.98	2.87	1.66	10622.48	280.44	209.30	83.41	0.37	0.18	1.64	3.68

Cuadro 2. Algunas propiedades físicas y químicas del suelo realizadas a la profundidad de 20-40 cm en cuatro fechas del año 2009 para los tres sitios de estudio.

Fecha	Sitio	Propiedad												
		DA (Mg m ⁻³)	pH	CE (μS cm ⁻¹)	MO (%)	C (%)	Ca	K	Mg	Na	Cu	Zn	Fe	Mn
15-Ene	Los Ramones	1.33	7.35	91.90	3.84	2.23	8683.04	283.00	277.11	229.16	0.28	0.39	2.08	5.52
	China	1.49	7.48	143.63	3.85	2.23	9302.60	191.24	473.88	388.59	0.39	0.33	1.59	4.55
	Campus	1.01	7.38	100.18	4.08	2.36	11628.61	442.82	350.05	121.36	0.47	0.14	2.96	3.84
30-May	Los Ramones	1.34	7.32	226.08	2.48	1.44	7347.05	224.43	379.08	1312.65	0.26	0.14	3.84	5.48
	China	1.14	7.32	163.87	2.13	1.24	9313.18	208.53	473.18	236.65	0.49	0.24	2.98	6.91
	Campus	1.33	7.37	102.88	5.38	3.12	11373.14	408.04	194.79	124.87	0.48	0.11	2.91	5.40
29-Sep	Los Ramones	1.41	7.61	164.40	1.96	1.14	8926.18	404.70	392.08	810.68	0.34	0.16	2.84	5.51
	China	1.39	7.39	212.53	2.93	1.70	7699.20	182.18	387.26	113.94	0.33	0.16	1.56	4.24
	Campus	1.20	7.18	106.87	2.79	1.62	12237.61	222.58	206.26	98.107	0.43	0.13	2.65	2.08
15-Dic	Los Ramones	1.42	7.41	162.02	1.36	0.79	8949.47	208.39	336.86	616.85	0.36	0.17	4.39	6.06
	China	1.22	7.50	160.40	0.92	0.53	8703.50	204.28	401.26	288.58	0.27	0.20	2.56	4.84
	Campus	1.17	7.52	98.35	2.28	1.32	10317.38	118.45	143.96	91.15	0.39	0.10	1.93	2.51