

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



VARIACION ESTACIONAL DEL PERFIL NUTRITIVO  
Y DIGESTIBILIDAD *IN SITU* DE MATERIA SECA,  
PROTEINA CRUDA Y FIBRA DETERGENTE NEUTRO,  
DEL FOLLAJE DE OCHO ESPECIES ARBUSTIVAS  
DEL NORESTE DE MEXICO

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER  
EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
CON ESPECIALIDAD EN BOTÁNICA

PRESENTA

JOSE GUADALUPE MOYA RODRIGUEZ

MONTERREY, NUEVO LEON

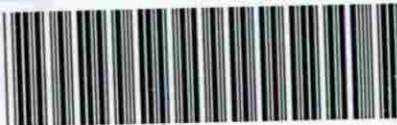
AGOSTO DE 2002

J. MOYÁ R.

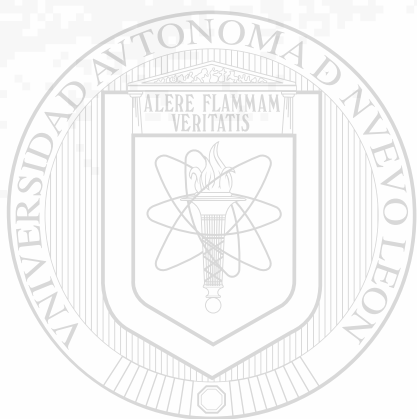
VARIACION ESTACIONAL DEL PERIÓDIL NUTRITIVO Y  
DIGESTIVO EN SEMU DE MATERIA SECA, PROTEÍNA CRUDA  
Y FIBRA DE DETERGENTE NEUTRO, DEL FOLLAJE DE OCHO  
ESPECIES ARBUSTIVAS DEL NOROESTE DE MEXICO

TD  
SB193  
.M6  
2002  
c.1

20002



1080124448



# UANL

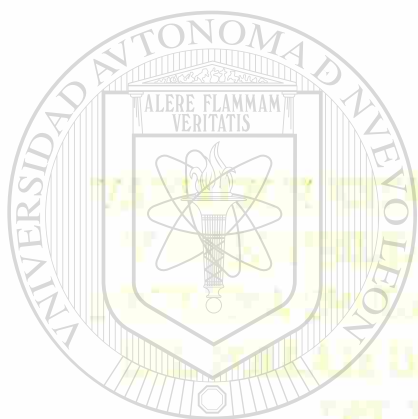
---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
CON ESPECIALIDAD EN BOTÁNICA

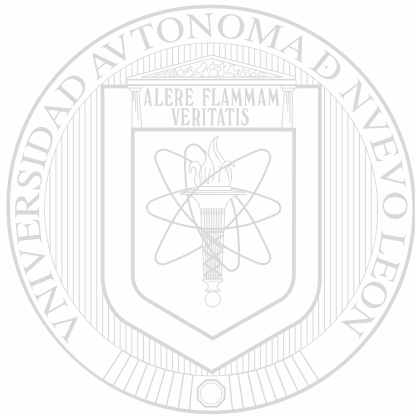
PRESENTA

JOSE GUADALUPE VARGAS MONTAÑO

MEXICO, NUEVO LEÓN

AGOSTO DE 2002

TD  
SB193  
• M6  
2002



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**



**VARIACIÓN ESTACIONAL DEL PERFIL NUTRITIVO Y  
DIGESTIBILIDAD *IN SITU* DE MATERIA SECA, PROTEÍNA CRUDA  
Y FIBRA DETERGENTE NEUTRO, DEL FOLLAJE DE OCHO  
ESPECIES ARBUSTIVAS DEL NORESTE DE MÉXICO**

**T E S I S**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**  
**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE** ®  
**DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS**

**DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
CON ESPECIALIDAD EN BOTÁNICA**

**PRESENTA**

**JOSÉ GUADALUPE MOYA RODRÍGUEZ**

**MONTERREY, NUEVO LEÓN**

**AGOSTO DE 2002**

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

## FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



### VARIACIÓN ESTACIONAL DEL PERFIL NUTRITIVO Y DIGESTIBILIDAD *IN SITU* DE MATERIA SECA, PROTEÍNA CRUDA Y FIBRA DETERGENTE NEUTRO, DEL FOLLAJE DE OCHO ESPECIES ARBUSTIVAS DEL NORESTE DE MÉXICO

#### COMISIÓN DE TESIS

  
DR. RAHIM FOROUGHBAKHCH POURNAVAB

Presidente

  
DRA. LETICIA A. HAUAD MARROQUÍN

Secretario

  
DR. ROQUE GONZALO RAMIREZ LOZANO

Vocal

  
DR. HUMBERTO GONZÁLEZ RODRÍGUEZ

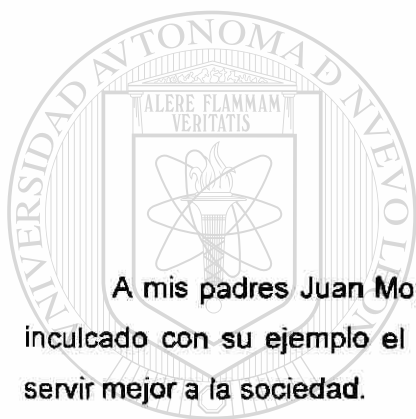
(Vocal)

  
DR. MOHAMMAD H. BADI ZABEH

(Vocal)

# DEDICATORIAS

A mi esposa Yolanda Castro de Moya y a mis hijos César Deneb, Nancy Azucena, Iris Alejandra y Cynthia Yolanda, por brindarme su apoyo y comprensión para la realización del presente trabajo de investigación.



A mis padres Juan Moya Meza (finito) y Eudocia Rodríguez de Moya, por haberme inculcado con su ejemplo el sentido de responsabilidad y disposición por el trabajo, para servir mejor a la sociedad.

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

En forma especial, a todos los investigadores dedicados al estudio de la flora de México, quienes con su trabajo han contribuido de manera significativa al conocimiento ecológico y procesos biológicos de las plantas, participando así en el desarrollo ecológico sustentable de nuestra región.



## **AGRADECIMIENTOS**

La realización de este trabajo fue posible gracias al apoyo que recibí de un buen número de personas, quienes desde un principio se interesaron en lo que inicialmente fue un proyecto de investigación.

Mi agradecimiento al Dr. Rhaim Foroughbakhch P., por el excelente asesoramiento que recibí en todas las etapas del presente trabajo de investigación, por la revisión de este manuscrito, así como también por la fe que puso en mí para llevar a feliz término este trabajo.

A la Dra. Leticia A. Háuad Marroquín, por su valiosa participación en la revisión del presente trabajo de investigación, así como también por sus importantes sugerencias para mejorar este documento.

Al Dr. Roque G. Ramírez Lozano, por estar al pendiente de todas las dificultades técnicas que se me presentaron durante la realización de este trabajo, por sus valiosas sugerencias para mejorar el trabajo de investigación, así como también por la revisión del presente escrito.

Al Dr. Humberto González Rodríguez, por facilitarme el laboratorio de química de la Facultad de Ciencias Forestales y por su participación tanto en la revisión del presente escrito, como de la investigación realizada.

Al Dr. Mohammad H. Badii Z., por aceptar formar parte de la comisión de tesis y por la revisión de este manuscrito.

Por la determinación de parte del material vegetal aquí presentado, mi agradecimiento al M.C. Biól. Marco A. Guzmán Lucio.

**Mi agradecimiento al Dr. Hugo Bernal Barragán, por facilitarme las instalaciones del laboratorio de bromatología de la Facultad de Agronomía, para la determinación de energía bruta, así como también por la asesoría recibida al respecto.**

**A la Dra. Ma. Adriana Núñez González, por facilitarme el laboratorio de química analítica de la Facultad de Ciencias Biológicas, para la determinación de taninos y por la asesoría recibida para la realización de los análisis.**

**Al Dr. Israel Cantú Silva, Jefe del laboratorio de suelos y nutrición de bosques de la Facultad de Ciencias Forestales, por la determinación de minerales de muestras de suelo de las áreas de estudio.**

**A la TLQ Elsa Dolores González Serna, de la Facultad de Ciencias Forestales, por la asesoría y ayuda que me brindó para la determinación de minerales del follaje de las arbustivas seleccionadas en este trabajo.**

---

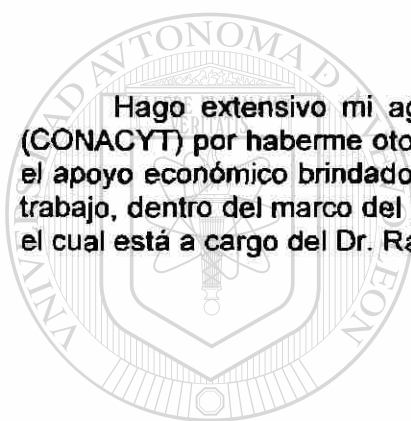
**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**A la MVZ Rocío Morales Rodríguez, por la ayuda que me proporcionó para la realización de los análisis bromatológicos. Mi eterno agradecimiento. ®**

**A mi tío el Sr. José Dolores Moreno Rodríguez, así como también a mis compañeros de trabajo los Profesores José González Garza y Romeo Guerra Guerra, por la ayuda que me brindaron en la colecta de parte del material vegetal.**

## AGRADECIMIENTO AL CONACYT

Hago extensivo mi agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por haberme otorgado una beca para realizar mis estudios de Doctorado y por el apoyo económico brindado para la compra del material que se utilizó en el desarrollo del trabajo, dentro del marco del proyecto de investigación con número de referencia 28329-B y el cual está a cargo del Dr. Rahim Foroughbakhch P.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

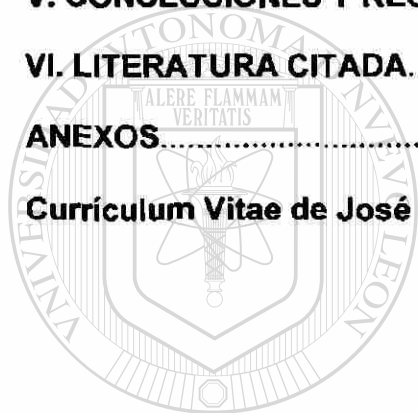
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

# ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	VIII
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	IX
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	X
<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>SUMMARY</b> .....	2
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	3
Hipótesis.....	4
Objetivos.....	5
<b>II. ANTECEDENTES</b> .....	6
Importancia de árboles y arbustos en la dieta de los rumiantes.....	6
Efectos del medio ambiente sobre la calidad del forraje.....	8
Componentes del follaje que influyen sobre la digestibilidad y el consumo voluntario del forraje de arbustivas.....	10
Proteína cruda.....	10
Fibra vegetal.....	11
Cenizas.....	14
Nutrimentos minerales en plantas.....	15
a) Importancia de algunos macro y micronutrientes en las plantas.....	16
Nutrimentos minerales en animales.....	20
a) Importancia de algunos macro y micronutrientes en los animales.....	20
Energía.....	23
Taninos.....	24
Técnica de la bolsa nylon en la digestibilidad <i>in situ</i> .....	26
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	28
Descripción de áreas de estudio.....	28
Características edafoclimáticas de los sitios de colecta.....	28
<b>A) FASE DE CAMPO Y DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LAS ESPECIES EVALUADAS</b> .....	31
Muestreo de arbustivas.....	31
Análisis de suelos.....	31

Registro de datos climatológicos.....	32
Selección de especies vegetales.....	36
Características fenológicas, importancia ecológica, económica, y áreas de distribución de las especies seleccionadas.....	37
<i>Zanthoxylum fagara</i> .....	37
<i>Bumelia celastrina</i> .....	38
<i>Castela texana</i> .....	39
<i>Schaefferia cuneifolia</i> .....	39
<i>Forestiera angustifolia</i> .....	40
<i>Karwinskia humboldtiana</i> .....	41
<i>Larrea tridentata</i> .....	42
<i>Acacia wrightii</i> .....	43
B) PROCEDIMIENTOS EXPERIMENTALES Y DE LABORATORIO.....	44
Preparación del material vegetal para su análisis de laboratorio.....	44
Determinación de materia seca (MS).....	44
Determinación de cenizas.....	45
Determinación de materia orgánica (MO).....	46
Determinación de proteína cruda (PC).....	46
Determinación de fibra detergente neutro (FDN).....	47
Determinación de fibra detergente ácido (FDA).....	48
Determinación de lignina.....	49
Determinación de hemicelulosa.....	50
Determinación de celulosa.....	50
Determinación de cenizas insolubles.....	51
Determinación de taninos condensados.....	51
Determinación de energía bruta (EB).....	52
Preparación de cenizas para determinar minerales.....	54
Determinación de minerales.....	54
Técnica de digestibilidad <i>in situ</i> aplicada.....	55
Análisis estadístico aplicado.....	56
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>57</b>
A) CONTENIDO ESTACIONAL DE NUTRIENTES EN EL FOLLAJE DE ARBUSTIVAS.....	57
Materia seca (MS).....	57
Materia orgánica (MO).....	57
Proteína cruda (PC).....	58
Fibra detergente neutro (FDN).....	59
Fibra detergente ácido (FDA).....	60
Celulosa.....	61
Hemicelulosa.....	62
Lignina.....	63
Cenizas.....	64
Cenizas insolubles.....	65
Taninos.....	65
Energía bruta (EB).....	66

B) DIGESTIBILIDAD RUMINAL.....	67
Parámetros no lineales de digestibilidad ruminal de la materia seca.....	67
Parámetros no lineales de digestibilidad ruminal de la proteína cruda.....	70
Parámetros no lineales de digestibilidad ruminal de la fibra detergente neutro..	73
C) ANÁLISIS DE CORRELACIÓN.....	75
D) NUTRIMENTOS MINERALES EN LAS PLANTAS EVALUADAS.....	78
Macronutrientes.....	78
Micronutrientes.....	83
Consumo potencial estacional de nutrientes minerales por las cabras.....	87
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>89</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>105</b>
<b>Curriculum Vitae de José Guadalupe Moya Rodríguez.....</b>	<b>127</b>



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## ÍNDICE DE FIGURAS

No. de figura	Página
1. Municipios donde se ubicaron las áreas de muestreo.....	30
2. Precipitación (mm) máxima, mínima y total, registradas en el municipio de Hualahuises, N.L. ....	33
3. Precipitación (mm) máxima, mínima y total, registradas en el municipio de Carmen, N.L. ....	33
4. Precipitación (mm) máxima, mínima y total registradas en el municipio de Mina, N.L. ....	34
5. Temperaturas (°C) máximas, mínimas y medias mensuales, registradas en el municipio de Hualahuises, N.L. ....	34
6. Temperaturas (°C) máximas, mínimas y medias mensuales, registradas en el municipio de Carmen, N.L. ....	35
7. Temperaturas (°C) máximas, mínimas y medias mensuales, registradas en el municipio de Mina, N.L. ....	35
8. Contenido estacional de calcio ( $\text{g Kg}^{-1}$ ) del follaje de las especies evaluadas.....	79
9. Medias estacionales del contenido de Mg ( $\text{g Kg}^{-1}$ ) de las plantas evaluadas.....	80
10. Medias estacionales del contenido de K ( $\text{g Kg}^{-1}$ ) de las plantas evaluadas.....	81
11. Medias estacionales del contenido de Na ( $\text{g Kg}^{-1}$ ) de las arbustivas evaluadas.....	82
12. Medias estacionales del contenido de P ( $\text{g Kg}^{-1}$ ) de las plantas evaluadas.....	83
13. Medias estacionales del contenido de Cu ( $\text{mg Kg}^{-1}$ ) de las especies evaluadas....	84
14. Medias estacionales del contenido de Mn ( $\text{mg Kg}^{-1}$ ) de las plantas evaluadas.....	85
15. Medias estacionales del contenido de Fe ( $\text{mg Kg}^{-1}$ ) de las especies evaluadas....	86
16. Medias estacionales del contenido de Zn ( $\text{mg Kg}^{-1}$ ) de las arbustivas evaluadas..	87

## ÍNDICE DE CUADROS

No. de cuadro	Página
1. Lista de especies arbustivas del noreste de México que fueron utilizadas para determinar su valor nutritivo y digestibilidad <i>in situ</i> .....	36
2. Variación estacional del contenido de proteína cruda (%) del follaje de las especies evaluadas.....	58
3. Dinámica estacional del contenido de fibra detergente neutro (%) del follaje de las arbustivas evaluadas.....	60
4. Variación estacional del contenido de celulosa (%) de las especies evaluadas.....	61
5. Oscilación estacional del contenido de hemicelulosa (%) del follaje de las arbustivas evaluadas.....	63
6. Dinámica estacional del contenido de lignina (%) de las arbustivas analizadas.....	64
7. Variación estacional del contenido de taninos (%) del follaje de las arbustivas evaluadas.....	66
8. Degradabilidad efectiva (%) de la materia seca a una tasa de recambio ruminal de 2% h <sup>-1</sup> en las cuatro estaciones del año.....	69
9. Variación estacional de degradabilidad efectiva (%) de la proteína cruda a una tasa de recambio ruminal de 2% h <sup>-1</sup> .....	72
10. Degradabilidad efectiva (%) de la fibra detergente neutro de las arbustivas, a una tasa de recambio ruminal de 2% h <sup>-1</sup> .....	75
11. Análisis de correlación simple entre las variables de degradabilidad ruminal de la materia seca (MS) y el valor nutritivo de las plantas evaluadas.....	76
12. Análisis de correlación simple entre las variables de degradabilidad ruminal de la proteína cruda (PC) y el valor nutritivo de las arbustivas evaluadas.....	76
13. Análisis de correlación simple entre las variables de degradabilidad ruminal de la fibra detergente neutro (FDN) y el valor nutritivo de las arbustivas evaluadas.....	77



## ÍNDICE DE ANEXOS

No. de Anexo	Página
1. Algunas propiedades físico-químicas del suelo localizado el municipio de Mina, donde se colectó <i>Larrea tridentata</i> .....	106
2. Algunas propiedades físico-químicas del suelo localizado el municipio de Carmen, de donde se colectaron <i>Castela texana</i> y <i>Schaefferia cuneifolia</i> .....	107
3. Algunas propiedades físico-químicas del suelo (sitio 1) localizado en el municipio de Hualahuises, donde se colectaron <i>Bumelia celastrina</i> , <i>Forestiera angustifolia</i> y <i>Zanthoxylum fagara</i> .....	108
4. Algunas propiedades físico-químicas del suelo (sitio 2) localizado en el municipio de Hualahuises, donde se colectaron <i>Karwinskia humboldtiana</i> y <i>Forestiera angustifolia</i> .....	109
5. Parámetros optimizados del espectrofotómetro que se utilizaron para determinar el contenido foliar de macro y micronutrientos.....	110
6. Dinámica estacional del contenido de materia seca total (%) del follaje de las especies evaluadas.....	110
7. Variación estacional del contenido de materia orgánica (%) del follaje de las plantas evaluadas.....	111
8. Variación estacional del contenido de fibra detergente ácido (%) de las arbustivas evaluadas.....	111
9. Dinámica estacional del contenido de cenizas (%) de las especies de plantas evaluadas.....	112
10. Variación estacional del contenido de cenizas insolubles (%) de las especies arbustivas evaluadas.....	112
11. Dinámica estacional del contenido de energía (Mcal Kg <sup>-1</sup> ) del follaje de las especies evaluadas.....	113
12. Variación estacional de la fracción de la materia seca (a) que se degrada (%) rápidamente en el rumen.....	113
13. Variabilidad estacional de la fracción (b) de la materia seca que se degrada en el rumen (%) a una tasa medible.....	114
14. Valores (%) de degradabilidad potencial (a+b) de la materia seca de las plantas evaluadas.....	114
15. Valores (% h <sup>-1</sup> ) de la tasa de degradación (c) de la materia seca de las arbustivas durante las cuatro estaciones del año.....	115
16. Variación estacional del tiempo (h) en que las bacterias tardan en iniciar la degradabilidad ruminal de la materia seca de las plantas evaluadas.....	115
17. Valores estacionales (%) de la fracción (a) de la proteína cruda que se degrada rápidamente en el rumen.....	116
18. Variabilidad estacional de la fracción (b) de la proteína cruda que se degrada	

(%) en el rumen a una tasa medible.....	116
19. Variación estacional (%) de degradabilidad potencial (a+b) de la proteína cruda del follaje de las especies evaluadas.....	117
20. Valores (% h <sup>-1</sup> ) de la tasa de degradación ruminal (c) de la proteína cruda de las arbustivas durante las cuatro estaciones del año.....	117
21. Variación estacional del tiempo (h) en que las bacterias tardan en iniciar la degradabilidad ruminal de la proteína cruda.....	118
22. Valores estacionales (%) de la fracción (a) de la fibra detergente neutro que se degrada rápidamente en el rumen.....	118
23. Dinámica estacional de la fracción (b) de la fibra detergente neutro que se degrada (%) en el rumen a una tasa medible.....	119
24. Variación estacional de degradabilidad potencial (a+b) de la fibra detergente neutro (%) en el rumen de borregos fistulados.....	119
25. Variación estacional de la tasa (c) de degradación ruminal (% h <sup>-1</sup> ) de la fibra detergente neutro del follaje de las arbustivas evaluadas.....	120
26. Variación estacional del tiempo (h) en que las bacterias tardan en iniciar la degradabilidad ruminal de la fibra detergente neutro.....	120
27. Dinámica estacional del contenido de calcio (g Kg <sup>-1</sup> ) del follaje de las arbustivas evaluadas.....	121
28. Dinámica estacional del contenido de magnesio (g Kg <sup>-1</sup> ) del follaje de las arbustivas evaluadas.....	121
29. Dinámica estacional del contenido de potasio (g Kg <sup>-1</sup> ) del follaje de las arbustivas evaluadas.....	122
30. Dinámica estacional del contenido de sodio (g Kg <sup>-1</sup> ) del follaje de las especies evaluadas.....	122
31. Variación estacional del contenido de fósforo (g Kg <sup>-1</sup> ) en el follaje de las especies evaluadas.....	123
32. Variación estacional del contenido de cobre (mg Kg <sup>-1</sup> ) en el follaje de las arbustivas evaluadas.....	123
33. Variación estacional del contenido de manganeso (mg Kg <sup>-1</sup> ) en el follaje de las especies evaluadas.....	124
34. Variación estacional del contenido de hierro (mg Kg <sup>-1</sup> ) en el follaje de las especies evaluadas.....	124
35. Variación estacional del contenido de zinc (mg Kg <sup>-1</sup> ) en el follaje de las especies evaluadas.....	125
36. Variación estacional de posibles suplementos minerales en base a hojas de arbustivas nativas del noreste de México.....	125
37. Consumo potencial de nutrimentos minerales que pueden tener las cabras utilizando las hojas de ocho especies arbustivas del noreste de México.....	126

# RESUMEN

El follaje de *Acacia wrightii* Benth., *Bumelia celastrina* H.B.K., *Castela texana* T. & G. Rose, *Forestiera angustifolia* Torr., *Karwinskia humboldtiana* (R. & S.) Zucc., *Larrea tridentata* DC., *Schaefferia cuneifolia* Gray. y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg., fue evaluado para determinar el contenido de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), celulosa, hemicelulosa, lignina, taninos, cenizas, cenizas insolubles, energía bruta (EB), macro y microminerales, degradabilidad efectiva de MS, degradabilidad efectiva de PC y degradabilidad efectiva de FDN; durante las cuatro estaciones de 1999, utilizándose como forraje de referencia el heno de *Medicago sativa* L. (alfalfa). El follaje de las especies evaluadas se colectó en forma aleatoria, durante las cuatro estaciones del año de 1999, en tres sitios localizados en los municipios de Hualahuises, Carmen y Mina, del estado de Nuevo León, México. En la mayoría de las especies arbustivas evaluadas, el contenido de nutrientes varió en forma significativa durante las cuatro estaciones del año. El contenido de taninos (un factor antinutricional) en las especies evaluadas, fue más alto en invierno y otoño. La DEMS, de *F. angustifolia* (72.3%) y *Z. fagara* (68.1%), fueron superiores a *M. sativa* (67.6%); mientras que la de *C. texana* (62.2%), *L. tridentata* (61.5%), *S. cuneifolia* (60.5%), *K. humboldtiana* (60.4%) y *A. wrightii* (56.0%), fueron inferiores. La DEPC de *S. cuneifolia* (82.5%), *C. texana* (73.1%), *Z. fagara* (72.8%) y *A. wrightii* (72.1%), fue superior o compatible a la mostrada por *M. sativa* (75.1%). Solamente *F. angustifolia* (61.3%) y *K. humboldtiana* (54.2%) tuvieron niveles superiores de DEFDN que el de *M. sativa* (53.7%), mientras que el resto de las arbustivas presentó niveles inferiores. Durante las cuatro estaciones, la mayoría de las arbustivas tuvieron un contenido de Ca, Mg, K, Cu, Mn, Fe y Zn acorde con los requerimientos nutricionales de las cabras, sin embargo fueron deficientes en P y Na. Por tener una DEPC superior o muy cercana a la mostrada por *M. sativa* (75.1%), se considera que el follaje de *S. cuneifolia* (82.5%), *C. texana* (73.1%), *Z. fagara* (72.8%) y *A. wrightii* (72.1%), puede utilizarse como un buen suplemento proteico, tanto para rumiantes en pastoreo como para animales de vida silvestre, sobre todo durante la escasez de forraje en época de estiaje.

## SUMMARY

The foliage of *Acacia wrightii* Benth., *Bumelia celastrina* H.B.K., *Castela texana* T. & G. Rose, *Forestiera angustifolia* Torr., *Karwinskia humboldtiana* (R. & S.) Zucc., *Larrea tridentata* DC., *Schaefferia cuneifolia* Gray. and *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg., were evaluated to determine the content of dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), cellulose, hemicellulose, lignin, tannins, ash, insoluble ash, gross energy (BE), macro and microminerals, effective degradability of DM, effective degradability of CP and effective degradability of NDF; during the four stations of 1999, using as a reference forage *Medicago sativa* L. hay (alfalfa). The foliage of the evaluated species was collected in aleatory form, during the four stations of the year of 1999, in three places located in the counties of Hualahuises, Carmen and Mina, of the state of Nuevo León, México. In most of the species evaluated, the nutrient content varied significantly during the four stations of the year. The content of tannins (an antinutritional factor) in the evaluated species, was higher in winter and autumn. The EDDM, of *F. angustifolia* (72.3%) and *Z. fagara* (68.1%), were superior to *M. sativa* (67.6%); while that *C. texana* (62.2%), *L. tridentata* (61.5%), *S. cuneifolia* (60.5%), *K. humboldtiana* (60.4%) and *A. wrightii* (56.0%), were inferior. The EDCP of *S. cuneifolia* (82.5%), *C. texana* (73.1%), *Z. fagara* (72.8%) and *A. wrightii* (72.1%), were superior or compatible to *M. sativa* (75.1%). *Forestiera angustifolia* (61.3%) and *K. humboldtiana* (54.2%) had superior levels EDNDF to *M. sativa* (53.7%), while the rest of the shrubs presented inferior levels. During the four seasons, most of the shrubs had a content of Ca, Mg, K, Cu, Mn, Fe and Zn according with the nutritional requirements of the goats; however were deficient in P and Na. To have a superior or very near EDCP to the shown by *M. sativa* (75.1%), it is considered that the foliage of *S. cuneifolia* (82.5%), *C. texana* (73.1%), *Z. fagara* (72.8%) and *A. wrightii* (72.1%), can be used as a good supplement proteinous, so much for ruminant in shepherding like for animals of wild life, mainly during the forage shortage in low water time.

# I. INTRODUCCIÓN

En el norte, oeste y centro del estado de Nuevo León la distribución del clima y suelo no es uniforme, debido a que en el norte el clima es seco, con una precipitación media anual que varía de 300 a 700 mm, la temperatura media mensual varía de 14°C en invierno a 30°C en verano y el suelo es principalmente arcilloso; en el oeste el clima es muy seco con una precipitación media anual de 200 a 400 mm, con una temperatura media mensual que varía de 13°C en invierno a 29°C en verano y con suelos someros de tipo litosol; en el centro del estado, el clima es semicálido con una precipitación media anual que varía de 600 a 1000 mm, la temperatura media mensual varía de 15°C en invierno a 29°C en verano y el suelo presenta una capa superficial pobre en humus con un subsuelo que puede contener arcilla, cal o caliche. Esta irregular distribución del clima y suelo ha ocasionado que a lo largo del tiempo en este lugar se hubiesen formado varios tipos de matorrales, los cuales son también producto de la existencia de microclimas y factores ecológicos muy particulares presentes en la zona.

Especies arbustivas como *Acacia rigidula* (chaparro prieto), *Prosopis glandulosa* (mezquite), *Cordia boissieri* (anacahuita), *Pithecellobium pallens* (tenaza), *Acacia farnesiana* (huizache), *Forestiera angustifolia* (panalero), *Celtis pallida* (granjeno), *Leucophyllum frutescens* (cenizo), *Portiera angustifolia* (guayacán), *Cercidium macrum* (palo verde) y *Acacia berlandieri* (huajillo), generalmente forman parte de las especies dominantes de algunos de los tipos vegetativos propios de esta zona, las cuales a su vez son consideradas como una fuente importante de alimento tanto para rumiantes en pastoreo como para animales de vida silvestre.

Las características de clima y suelo hacen que esta región sea más propicia para el desarrollo de la ganadería, donde las especies nativas del matorral juegan un papel muy importante como fuente de alimento, utilizando los bovinos y ovinos principalmente las gramíneas y en menor grado la vegetación herbácea y arbustiva, mientras que el ganado caprino utiliza principalmente la vegetación herbácea y en mayor grado el estrato arbustivo.

La ventaja de utilizar el estrato arbustivo como fuente de alimento radica en que las especies arbustivas presentan hojas durante la mayor parte del año, en cambio las hierbas y zacates de los pastizales son fuente importante de forraje solo en las temporadas de lluvia.

Las cabras tienen mayor tendencia al ramoneo que las ovejas y bovinos, principalmente porque tienen una mayor facilidad para digerir la fibra, su talla pequeña les permite desplazarse en el matorral, por sus características anatómicas tienen mayor facilidad para tomar las hojas, frutos, talluelos y flores de arbustivas espinosas; pueden inhibir mejor la acción de los taninos, su palatabilidad está adaptada para consumir una amplia variedad de plantas y pueden recorrer las distancias que se necesiten de acuerdo a la frecuencia con que se presenten las plantas que utiliza del agostadero.

El conocimiento de la composición botánica de la dieta seleccionada por las cabras, relacionándola a la vez con los análisis bromatológicos, pruebas de digestibilidad y el grado de preferencia de las especies que utilizan del pastizal, son importantes tanto para conocer la calidad de la dieta como para decidir un manejo adecuado tanto de las cabras como de las especies vegetales que utilizan en su dieta, con el propósito de lograr una mayor producción animal y poder enfrentar con mayor éxito la demanda creciente de alimentos de nuestra población.

Los cambios que ocurren en el valor nutritivo, digestibilidad y disponibilidad de especies forrajeras de los agostaderos durante el año, suelen estar ligados principalmente a cambios de precipitación y temperatura, por lo que el conocimiento de estos fenómenos son muy importantes para implementar programas de suplementación para solucionar problemas de alimentación.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto en el presente trabajo se plantea la hipótesis de que las condiciones edafoclimáticas extremas características del noreste de México, influyen directamente sobre las especies nativas para producir cambios en su valor nutritivo y en su digestibilidad durante las cuatro estaciones del año, afectando de esta manera la disponibilidad de forraje y nutrientes durante las temporadas críticas del año.

Dentro del trabajo de investigación y a fin de profundizar en el conocimiento de especies arbustivas nativas de Nuevo León, se plantearon los siguientes objetivos:

#### General

Evaluar el potencial nutricional de ocho especies de plantas del noreste de México, a través de estudios sobre el perfil nutricional y de cinética ruminal, con el propósito de incorporarlas a los sistemas de alimentación de rumiantes en pastoreo.

#### Específicos

- a) Estimar y comparar el perfil nutritivo de las especies sujetas a investigación durante las cuatro estaciones del año.
- b) Estimar y comparar los valores de degradabilidad ruminal potencial y efectiva del follaje de las especies arbustivas seleccionadas, durante las cuatro estaciones del año.
- c) Correlacionar los valores del perfil nutritivo con los valores de degradabilidad ruminal potencial y efectiva del follaje de las especies seleccionadas en este estudio.

## II. ANTECEDENTES

### Importancia de árboles y arbustos en la dieta de los rumiantes

El número de arbustos y árboles con potencial forrajero en países en desarrollo es muy grande; sin embargo, pocas especies han sido incorporadas dentro de los sistemas de alimentación de rumiantes en pastoreo. Asimismo, el valor nutritivo de estos arbustos y árboles también es muy grande en la mayoría de los sistemas extensivos de las regiones áridas y semiáridas, en los cuales el ramoneo en las dietas de pequeños rumiantes es muy importante, donde esto último en cabras y venado cola blanca (*Odocoileus virginianus, texanus*), puede representar más del 50% de sus dietas (Ramírez, 2000). Asimismo, el valor nutritivo de un forraje es determinado por su composición química y digestibilidad, pero la composición química es determinada por la naturaleza de la planta (Buxton y Fales, 1994).

Reportes científicos relacionados con el valor nutritivo del ramoneo sugieren, que en general, las hojas de arbustos y árboles contienen niveles de calcio y proteína cruda más altos que muchos forrajes comerciales (Blair, 1990). Sin embargo, algunos arbustos contienen altos niveles de compuestos antinutrientales (Ramírez, 1999). En regiones tropicales de América, se ha encontrado que los árboles y arbustos forrajeros generalmente contienen el doble o más de proteína cruda que los pastos y en numerosos casos el contenido energético también es superior, por lo que se puede elevar la calidad nutritiva de las dietas basadas en pastos. Cuando el follaje de estos árboles y arbustos se ha incluido en dietas de cabras se ha visto incrementado significativamente la ganancia en peso y la producción de leche de estos animales. También se ha observado que en época de sequía, los árboles y arbustos de estas regiones pueden producir cantidades adecuadas de forraje con lo que se puede contrarrestar la disminución brusca de producción de pasto y de este modo lograr que el ganado pueda aliviar la escasez de alimento (Benavides, 1991).

El tipo de dieta y la cantidad consumida de alimento por las cabras están determinados principalmente por la variedad de especies de plantas presentes y su relativa abundancia; en climas calientes con estación fría, las hierbas y gramíneas son consumidas en gran



proporción durante el otoño y principios de invierno (después de las lluvias que ocurren al final del verano) reduciendo el ramoneo. Durante las épocas secas, las cabras aumentan el consumo de arbustivas debido a que la vegetación herbácea se encuentra en período de latencia (Ramírez, 1989). En climas fríos, las hierbas y gramíneas se encuentran en letargo desde el final del otoño hasta principios de primavera. Bajo estas condiciones, las hierbas son importantes y la dieta aumenta con las especies arbustivas (Dietz y Cook, 1972).

En Uganda se ha estudiado el comportamiento de las cabras en apacentamientos del este de África y se ha observado que consumen únicamente una pequeña porción del pastizal, en comparación con árboles y arbustos. También se ha observado que más de la mitad del tiempo usado en el ramoneo fue para consumir hojas y ramas tiernas de árboles y arbustos en desarrollo, notando que la preferencia de las cabras son los retoños suculentos que se encuentran casi en la parte superior de las plantas (Wilson, 1957).

La selección de pastizales por parte de los animales domésticos, varía según la clase de animal y el tipo de forraje que más se adapta a sus necesidades, por este motivo las cabras son principalmente ubicadas en los pastizales toscos, prefiriendo plantas arbustivas y consumiendo aproximadamente 60% de ellas en su dieta, y correspondiendo el 40% de ella al consumo de zacates y hierbas, los cuales selecciona cuando están disponibles; en cambio los bovinos y ovejas consumen un 10% de arbustivas en su dieta y los caballos un 6% (Bell y Lawn, 1957).

## DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Ramírez (1989) en un estudio relacionado con la composición botánica de la dieta seleccionada por las cabras, pastoreando en un matorral mediano subperennifolio en el municipio de Marin, ha reportado que dicha dieta estuvo constituida principalmente por arbustos (81%) y en menor grado por hierbas (12.3%) y zacates (6.7%). En otros estudios efectuados sobre las dietas de las cabras; Arbiza, (1986) encontró que esta se encontraba constituida de un 60% de ramas y hojas de árboles y arbustos, 20% de zacates y 20% de hierbas. Foroughbakhch y Tellez, (1990) reportaron que de junio a octubre las cabras que pastorearon un matorral mediano espinoso formaron su dieta con un 76% de arbustivas, 15% de hierbas y 9% de zacates; Vega (1986) observó que las cabras consumieron 58.1% de arbustos, 32.4% de zacates y 9.5% de hierbas de una comunidad formada por especies

de *Acacia sp.* y *Cercidium sp.* Asimismo, Puente (1986) observó que la dieta de las cabras que pastorearon un matorral micrófilo estuvo constituida principalmente de un 86% de arbustivas y el resto de la dieta estuvo formada por hierbas y zacates.

El venado cola blanca texano (*Odocoileus virginianus texanus*) de Nuevo León, tiene una dieta constituida principalmente de hojas, tallos, frutos y yemas de plantas arbustivas, debido a que estas especies son las que están mejor distribuidas en la región y por lo tanto presentan una mejor disponibilidad durante el año, debido a que no son afectadas duramente en temporadas de sequía o invierno, a menos que estos sean severos y prolongados. Las hierbas tienen un consumo moderado, siendo aumentado solo después de la época de lluvias, que es cuando aumenta su distribución y disponibilidad debido a su rápido crecimiento y alto requerimiento de humedad. El consumo de zacates durante el año es muy limitado, esto debido a que mientras exista disponibilidad de arbustos y hierbas, el venado limitará su consumo de zacates (Quintanilla, 1989).

Existen varias características agronómicas deseables dentro de las especies arbustivas y árboles que son potencialmente importantes en la alimentación animal, dentro de las cuales se pueden destacar las siguientes: que sean de fácil establecimiento, que compitan con éxito contra las malas hierbas, que sean altamente productivas aún 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 puedan prosperar con poco o nada de fertilizante, que sean resistentes a enfermedades y plagas locales, así mismo que posean una adecuada producción de semilla o que se puedan propagar vegetativamente, y además de un buen valor nutritivo y aceptabilidad por los animales (Ivory, 1990).

## **Efectos del medio ambiente sobre la calidad del forraje**

Las plantas raramente crecen en medios ambientes ideales; en lugar de eso, ellas experimentan fluctuaciones del medio ambiente y estrés, que modifican la morfología y tasa de desarrollo, limitando la producción y alterando su calidad. El estrés es causado cuando cualquier factor del medio ambiente no es ideal para el crecimiento y desarrollo de las

plantas. Esto puede ser causado por numerosos factores, siendo los de mayor importancia, la temperatura, déficit de agua, radiación solar, deficiencia de nutrientes, y plagas (Buxton y Fales, 1994).

Con respecto a la temperatura, se ha observado que los componentes de la pared celular que son depositados en condiciones de bajas temperaturas se encuentran menos lignificados y presentan altos valores en digestibilidad, en cambio a temperaturas altas, la síntesis de lignina se incrementa preferentemente, causando que el forraje producido presente una baja digestibilidad. También se ha encontrado que las concentraciones de fibra detergente ácido (FDA), celulosa y sílice se incrementan cuando aumenta la temperatura, 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 incremento en la radiación solar, sin embargo la temperatura tiene un efecto más profundo sobre la calidad del forraje que el flujo de luz (Nelson y Moser, 1994).

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 lignina en comparación con los forrajes no estresados (Wilson, 1982; Halim *et al.*, 1989 a). Con respecto a esta particularidad Wilson (1982) considera que esto es debido a que el estrés por agua ocasiona un crecimiento lento, además de un retraso en el desarrollo del tallo.

## **Componentes del follaje que influyen sobre la digestibilidad y el consumo voluntario del forraje de arbustivas**

### **Proteína cruda**

Las proteínas son sustancias complejas de naturaleza coloidal y de alto peso molecular. Estos compuestos orgánicos están constituidos por carbono, hidrógeno, oxígeno, y azufre; además de un porcentaje constante y considerable de nitrógeno. En términos prácticos, la cifra más común usada es 16%.

Las proteínas son el principal constituyente de los órganos y estructuras blandas del cuerpo animal, y por lo mismo se requiere de una provisión abundante y continua de ellas en el alimento durante toda la vida para crecimiento y reposición. La transformación de la proteína alimenticia en proteína corporal es una parte muy importante del proceso nutricional. Las proteínas vegetales difieren unas de otras y a su vez estas de las proteínas animales; cada especie animal tiene sus proteínas específicas, que también varían en los diferentes órganos, fluidos y otros tejidos. No hay dos proteínas que sean exactamente iguales en cuanto a su comportamiento fisiológico; y desde el punto de vista nutricional, la característica que distingue las diversas proteínas son los aminoácidos que las componen (Maynard *et al.*, 1989).

### **DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS**

Las proteínas son extremadamente variables en los forrajes. Los forrajes contienen altos niveles de proteína cuando son jóvenes y están en su fase de crecimiento. Generalmente todos los nutrientes de las plantas decrecen con la edad. La proteína del zacate bermuda puede ser tan baja como de un 3% en la madurez, o ser tan alta como de 17% en estado temprano de crecimiento. Las legumbres tales como el trébol y la alfalfa son más altas en proteína que los zacates pero tienen considerable variación, dependiendo del estado de madurez y condiciones del clima (Van Dyke, 1998).

La proteína cruda (PC) es el porcentaje del total de nitrógeno en una muestra de forraje multiplicado por el factor de corrección que es igual a 6.25. El valor de la proteína cruda en

una muestra de forraje incluye la proteína real y compuestos de nitrógeno no proteico (Van Dyke, 1998).

Durante la temporada de sequía especies de árboles y arbustos tienen alto contenido de PC en comparación con los zacates (Neira *et al.*, 1994), por lo que el ramoneo de árboles y arbustos durante esta época es considerado como un suplemento proteico para rumiantes domésticos y de vida silvestre (Ramírez *et al.*, 1997). En matorrales del noreste de México se ha encontrado que la vegetación nativa tiene un mayor contenido de proteína cruda en primavera porque muchas gramíneas y hierbas están en crecimiento y las arbustivas han renovado su follaje; repitiéndose este fenómeno a mediados de junio y septiembre debido a precipitaciones estacionales (Fierro y Foroughbakhch, 1989). Muchas arbustivas del noreste de México tienen un nivel inferior o equivalente de fibra cruda que la alfalfa (que es un alimento muy completo), y un nivel equivalente o superior de proteína cruda que dicha leguminosa (Foroughbakhch y Hauad, 1989; Ramírez, 2000),

Debido a que las arbustivas tienen altos niveles de proteína cruda, se ha encontrado que pueden ejercer un efecto positivo en el consumo de materia orgánica, proteína cruda y pared celular en las ovejas que se alimentan de pastizales, donde el zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*) crece mezclado con arbustivas, que en aquellos pastizales que solo contienen zacate buffel (Ramírez, 1995 a y b).

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## Fibra vegetal

Los tejidos de las plantas son organizaciones de diferentes tipos de células, donde cada una tiene funciones muy particulares. Las células con pared primaria están compuestas principalmente de microfibrillas de celulosa intercaladas con hemicelulosas y separadas de células adyacentes por una lámina media; con el tiempo se va formando la pared secundaria y las células se van endureciendo debido a depósitos de lignina, la cual forma ligaduras químicas con la hemicelulosa y celulosa, reduciendo en forma notable la digestibilidad de esta última (McDonald *et al.*, 1988; Maynard *et al.*, 1989).

## Celulosa

Esta estructura está formada por unidades de celobiosa, la cual está formada por dos moléculas de  $\beta$ -D-glucosa unidas mediante un enlace del tipo  $\beta$ -1,4. Como tal sus 6 átomos de carbono están en la posición trans, lo que confiere a la celulosa una estructura plana y fibrilar. El material de la pared celular contiene otros ingredientes, sugiriendo las pruebas más recientes la existencia de enlaces químicos entre la celulosa y hemicelulosa, así como entre la celulosa y la lignina. Los polímeros pueden tener más de 15,000 moléculas en la cadena, presentando el hidrógeno enlaces dentro y entre cadenas. El resultado es una estructura fibrosa compacta, estrechamente ligada y muy resistente a las enzimas digestivas de los mamíferos, pero que se puede romper por enzimas microbianas (McDonald *et al.*, 1988; Maynard *et al.*, 1989).

## Hemicelulosa

Esta estructura es una mezcla compleja y heterogénea de un gran número de diferentes polímeros de monosacáridos incluyendo D-glucosa, D-xilosa, D-galactosa, D-manosa y L-arabinosa, y también puede contener ácidos urónicos. La molécula hemicelulósica predominante es el xiloglucano (cadena de unidades de D-glucosa con enlaces  $\beta$ -1,4, con ramificaciones terminales de xilosas con enlaces  $\alpha$ -1,6), la cual está unida en forma covalente a la fracción péctica de la pared celular y por uniones de hidrógeno a las microfibrillas de celulosa, lo que aumenta significativamente la resistencia de las células vegetales. La hemicelulosa es menos resistente a la degradación química que la celulosa y se le define como un carbohidrato soluble en álcalis diluidos (McDonald *et al.*, 1988; Maynard *et al.*, 1989).

## Lignina

Este componente de la pared celular no es un carbohidrato, pero está estrechamente relacionado con este grupo de compuestos, confiere resistencia química y biológica a la

pared celular, y resistencia a las plantas. La lignina es un polímero formado a partir de tres derivados del fenilpropano: alcohol cumárico, alcohol coniferílico y alcohol sinapílico. La molécula de lignina está constituida por numerosas unidades de fenilpropano agrupadas en una compleja estructura entrecruzada.

Este compuesto tiene especial importancia en nutrición animal por su gran resistencia a la degradación química. La incrustación física de las fibras vegetales en la lignina, las hace inaccesibles a las enzimas que podrían digerirlas.

Está comprobado que existen fuertes enlaces químicos entre la lignina y la mayoría de los polisacáridos vegetales, así como con las proteínas de la pared celular, que impiden la digestión de estos productos tanto por mamíferos como por microorganismos anaeróbicos.

Los productos leñosos, heno muy maduros y las pajas, son ricos en lignina, y por lo tanto su digestibilidad es baja, a menos que se sometan a tratamientos químicos que rompan los enlaces existentes entre la lignina y los carbohidratos. (McDonald *et al.*, 1988; Maynard *et al.*, 1989).

---

#### Relación entre el contenido de fibra y la calidad del forraje

Los constituyentes de la pared celular (CPC) son usualmente más abundantes en zacates que en otros forrajes tomando en consideración su estado fenológico. La lignina detergente ácido (LDA) se encuentra frecuentemente en gran proporción formando parte de la fibra detergente ácido (FDA) de las hojas de arbustos más que en otros tipos de forraje. Hierbas y ramillas maderables usualmente tienen valores intermedios de CPC y LDA / FDA. A medida que muchos forrajes maduran se produce una disminución en los niveles de proteína cruda, extracto etéreo, cenizas totales y calcio; pero hay un incremento en los niveles de materia seca, extracto libre de nitrógeno, fósforo, sílice, cenizas insolubles y sobre todo en los constituyentes de la pared celular ocasionando esto una disminución en su digestibilidad (Short *et al.*, 1974; Devasena *et al.*, 1994).

El consumo de arbustivas incrementa los niveles de fibra detergente neutro (FDN) y FDA en la dieta de las cabras y dichos niveles disminuyen cuando el consumo de hierbas es alto. Como la dieta de las cabras está constituida principalmente por arbustos (hojas y talluelos) los cuales son consumidos durante todo el año, los materiales fibrosos en dicha dieta son altos y aunque la vegetación contenga altos niveles de nutrientes, éstos últimos no se encuentran totalmente disponibles debido al proceso de lignificación que sufren los tejidos de estas plantas, y que tiene como consecuencia que un alto grado de nutrientes queden atrapados en la lignina y por lo tanto no se encuentren disponibles para la digestión animal (Ramírez, 1989).

A medida que se incrementan los porcentajes de celulosa, hemicelulosa y lignina en la pared celular de las plantas, resulta más difícil para los microorganismos del rumen penetrar en esta estructura celular (por la presencia de la lignina), lo que trae como consecuencia una disminución en el porcentaje de digestibilidad de la celulosa y hemicelulosa (Van Soest, 1965), resultando así un pasaje más lento por el tracto digestivo y una digestibilidad también lenta, disminuyendo con esto la calidad del forraje y limitando a la vez el consumo voluntario, por lo que esto último se relaciona inversamente con el contenido de fibra del forraje (Ramírez, 1989). Es decir que el efecto negativo de la lignina sobre la digestibilidad del forraje se manifiesta por una influencia directa sobre la digestibilidad de la pared celular, más que sobre la digestibilidad de la materia orgánica total del forraje (Van Soest, 1993). En estudios relacionados con lo anterior se ha encontrado que muchas arbustivas del noreste de México tienen un nivel inferior o equivalente de fibra cruda con respecto al de la alfalfa, la cual es considerada como forraje de alta calidad y con un contenido muy completo de nutrientes (Ramírez *et al*, 2000).

## Cenizas

El contenido de cenizas de una cantidad conocida de alimento se determina por ignición a una temperatura de 500°C, hasta que todo el carbono ha sido eliminado. El residuo que queda constituye las cenizas, que se consideran representantes de los componentes inorgánicos del alimento. Sin embargo, las cenizas pueden incluir productos de origen



orgánico como azufre y fósforo de las proteínas, en tanto que pueden producirse pérdidas de sustancias volátiles durante la combustión, como sodio, cloro, potasio, fósforo y azufre. Por tanto, el contenido en cenizas no es totalmente representativo del material inorgánico de los alimentos, ni cualitativa ni cuantitativamente (McDonald *et al.*, 1993).

Dentro de las cenizas insolubles en ácido, al sílice se le ha asociado con una baja digestibilidad de la FDN sobretodo cuando interactúa con la lignina, produciendo una disminución en la calidad de los forrajes (Van Soest y Jones, 1968).

### **Nutrientes minerales en plantas**

Además de los elementos mayores de su estructura orgánica, como son carbono, hidrógeno y oxígeno, las plantas contienen una gran variedad de elementos en varias formas químicas. La precisa composición mineral de las plantas es de gran interés cuando se las considera como fuente de alimento, pues la ausencia o sobreabundancia de ciertos elementos pueden afectar su valor alimenticio. Sin embargo, con ciertas excepciones específicas, la composición de la planta refleja en gran medida la fertilidad del suelo sobre el cual se desarrolla, de manera que los análisis detallados de la composición de elementos de las plantas no son de gran valor, excepto para los científicos agrícolas (Bidwell, 1990).

Ciertos elementos como calcio, magnesio, potasio, nitrógeno, fósforo y azufre, son requeridos por las plantas en grandes cantidades y se llaman nutrientes mayores o macronutrientes. Otros como el hierro, manganeso, boro, cobre, zinc, molibdeno y cloro, se requieren en pequeñas cantidades y se llaman nutrientes menores, micronutrientes o elementos traza (Bidwell, 1990).

## a) Importancia de algunos macro y micronutrientes en las plantas

### Calcio

Este elemento abunda en la mayoría de los suelos (50-1000 ppm en solución), y las plantas raramente muestran su deficiencia en condiciones naturales. El calcio es importante en la síntesis de pectina de la lámina media de la pared celular, también está involucrado en el metabolismo o formación del núcleo y mitocondrias. La clorosis de los márgenes de hojas jóvenes, el "encorvamiento" de puntas foliares y la formación de raíces atrofiadas e incoloras son síntomas característicos de deficiencia de calcio. En suelos fuertemente calcáreos, no hay hierro disponible, y la planta sufre deficiencia de hierro, es decir que una de las consecuencias de esta deficiencia es una reducción en la absorción del calcio (Bidwell, 1990).

### Magnesio

En los suelos el magnesio es mucho menos abundante (1-100 ppm en solución) que el calcio y la deficiencia de magnesio no es rara en plantas que se cultivan en suelos arenosos y algo ácidos. La mayoría de las plantas lo requieren en grandes cantidades, y el uso de fertilizantes de magnesio se está extendiendo.

El magnesio desempeña importantes funciones en la planta. Parece estar implicado en la estabilización de partículas ribosómicas, al enlazar las subunidades que forman al ribosoma. Participa en reacciones para ligar enzima y sustrato, es un activador de muchas reacciones de transferencia de fosfatos, de enzimas implicadas en la síntesis de ácidos nucleicos, de enzimas que involucran reacciones de carboxilación y descarboxilación, y es un constituyente de la molécula de clorofila (Bidwell, 1990).

### Potasio

El potasio es requerido en grandes cantidades por las plantas y una deficiencia de este elemento puede ser frecuente en suelos ligeros o arenosos debido a su solubilidad y a la

facilidad con la que puede lavarse de ellos. Por lo regular se presenta en cantidades suficientes en suelos arcillosos, donde está firmemente retenido. El nivel ordinario de potasio en solución de suelo varía de 1 a 50 ppm. Este elemento es el catión que prevalece en plantas y puede estar implicado en el mantenimiento del balance iónico de las células; además muchas enzimas relacionadas con la síntesis proteica no operan eficientemente en ausencia de potasio (Bidwell, 1990).

### Nitrógeno

El nitrógeno tiene un lugar especial en la nutrición, no solo debido a su elevado requerimiento por las plantas, sino porque está casi completamente ausente de la roca madre de la cual se forman los suelos. La presencia de nitrógeno en el suelo es casi totalmente el resultado de la acción biológica, abono artificial o fertilización natural (resultante de descargas eléctricas en la atmósfera). Es probable que la mayoría de las plantas vivan en condiciones naturales en un estado de carencia de nitrógeno que, sin embargo, no es crítico debido a su gran adaptabilidad a amplios rangos de nutrición.

El nitrógeno es de extraordinaria importancia en las plantas porque es un constituyente de proteínas, ácidos nucleicos y muchas otras biomoléculas importantes (Bidwell, 1990).

### Fósforo

La absorción de fósforo ocurre como ión fosfato inorgánico monovalente o divalente. Gran parte del fosfato en la planta existe en forma orgánica pero es probable que se transporte principalmente en estado inorgánico. El fosfato se retiene firmemente en el complejo mineral del suelo (ordinariamente en solución se encuentra en una proporción de 0.001 a 20 ppm) en la misma forma que el potasio, y su absorción por las plantas tal vez sea obstaculizada por un exceso de calcio. El fósforo, como el nitrógeno, es muy importante como parte estructural de muchos compuestos, principalmente ácidos nucleicos y fosfolípidos. Además, el fósforo desempeña una función indispensable en el metabolismo energético, relacionado con el impulso de reacciones químicas (Bidwell, 1990).

## Sodio

Este elemento es ocasionalmente muy alto en suelos alcalinos y el nivel ordinario en una solución de suelo es de 10–500 ppm. El papel metabólico del sodio es funcional, pero quizá no esencial porque puede sustituirse parcial o totalmente por el potasio. El sodio es un nutrimento benéfico para plantas que poseen la vía fotosintética  $C_4$  y la anatomía de Kranz (Bidwell, 1990).

## Hierro

El hierro tiende a entrar en complejo con materiales orgánicos, está más disponible en suelos ácidos y el nivel ordinario de este elemento en una solución de suelo es de 0.1 a 25 ppm. Se requiere más hierro que ningún otro micronutrimento, y se le ha considerado como macronutrimento, o como una categoría en sí mismo. Sin embargo, esta alta demanda puede estar relacionada con la fuerte tendencia del hierro para formar compuestos insolubles de varias clases en el suelo y la planta que lo hacen inaprovechable o inútil. Los suelos alcalinos o calcáreos producen comúnmente plantas deficientes en hierro aunque éste abunde en los minerales del suelo, debido a la formación de óxidos o hidróxidos de hierro insolubles.

## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

El hierro es parte del sitio catalítico de muchas enzimas óxido-reductoras importantes, y es esencial para la formación de clorofila, aunque no forma parte de la molécula. La importancia del hierro en proteínas heme (citocromos y citocromo oxidasa) de la cadena transportadora de electrones se deriva de su capacidad de existir en forma oxidada o reducida; es decir que puede adquirir o perder un electrón, sufriendo un cambio de valencia al hacerlo (Bidwell, 1990).

## Manganeso

El manganeso (Mn) se presenta de diversas formas en el suelo, el ión manganeso reducido ( $Mn^{2+}$ ) es la forma en que generalmente se absorbe, y el nivel ordinario en una

solución del suelo es de 0.2–2 ppm. El manganeso, como el hierro, llega a ser deficiente en suelos oxidantes o alcalinos porque se convierte en formas desaprovechables.

El manganeso se involucra mucho en funciones catalíticas: es el metal activador de algunas enzimas respiratorias y de reacciones del metabolismo del nitrógeno y la fotosíntesis; se necesita para el funcionamiento de la nitrato reductasa, por cuya razón las plantas deficientes en manganeso requieren  $\text{NH}_3$ . También se necesita para la operación de algunas enzimas en el metabolismo de la hormona ácido indolacético (Bidwell, 1990).

### Cobre

El cobre se presenta en pequeñas cantidades en casi todos los suelos (el nivel ordinario en solución es de 0.1 ppm), los cuales son continuamente reabastecidos por la intemperización de minerales que contienen cobre. Está normalmente presente en el complejo de intercambio de los suelos donde está retenido firmemente pero disponible para las plantas, de manera que su deficiencia en la naturaleza es rara. Sin embargo, la fertilización excesiva con fosfatos puede reducir su disponibilidad al formarse precipitados insolubles, y los árboles frutales ocasionalmente sufren por deficiencia.

El cobre desempeña funciones exclusivamente catalíticas en las plantas, siendo parte de varias enzimas importantes como la polifenol oxidasa y la ácido ascórbico oxidasa. Está presente en la plastocianina de los cloroplastos, un componente importante del sistema transportador de electrones de la fotosíntesis, y puede estar involucrado en la reducción de nitritos (Bidwell, 1990).

### Zinc

El zinc está ampliamente distribuido en los suelos (ordinariamente 0.1–0.3 ppm en solución), pero como muchos otros metales llega a ser menos aprovechable conforme aumenta el pH. El resultado es un cierto grado de deficiencia, muy generalizado, particularmente en huertos de cítricos con suelos neutros o alcalinos. El zinc tiene relación directa con la síntesis del ácido indolacético (IAA) y como tal su deficiencia puede causar

cambios sustanciales en la forma y hábito de crecimiento de ciertas especies, produciendo plantas atrofiadas y de baja altura, con pobre desarrollo de la dominancia apical. Además, el zinc es un activador obligado de numerosas e importantes enzimas y parece estar implicado en la síntesis de proteínas (Bidwell, 1990).

## **Nutrientes minerales en animales**

Se ha demostrado que por lo menos algunas especies animales requieren un mínimo de 21 elementos minerales y de otros cinco que pueden ser básicos desde el punto de vista metabólico, de acuerdo a información limitada que se tiene hasta la fecha. Sin embargo se ha considerado que algunos minerales son básicos para un funcionamiento normal del cuerpo por lo que son necesarios en las dietas de los animales, estos minerales se han dividido en dos grupos de acuerdo a las cantidades relativas que se necesitan y ellos son macrominerales y microminerales. Los macrominerales son: calcio (Ca), fósforo (P), sodio (Na), cloro (Cl), potasio (K), magnesio (Mg) y azufre (S). Los microminerales o minerales traza son: cobalto (Co), yodo (I), hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), manganeso (Mn), selenio (Se), cromo (Cr), flúor (F), molibdeno (Mo) y silicio (Si) (Church y Pond, 1987).

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

### **a) Importancia de algunos macro y micronutrientes en los animales**

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

#### **Calcio**

La función básica del calcio en los animales, es servir como un componente estructural del esqueleto y también interviene en el control y la excitabilidad de nervios y músculos. La deficiencia de calcio ocasiona principalmente raquitismo en los animales jóvenes, la cual en los adultos se denomina osteomalasia (Church y Pond, 1987).

## Magnesio

El magnesio es necesario para un desarrollo esquelético normal; se utiliza como un constituyente de los huesos; participa en la fosforilación oxidativa de las mitocondrias del músculo cardíaco; se necesita para la activación de enzimas que dividen y transfieren las fosfatasas y las muchas enzimas que toman parte en las reacciones en que interviene el ATP. La deficiencia de Mg en el ganado de pastoreo, produce el síndrome llamado tetania de los pastos o tetania por Mg (Church y Pond, 1987).

## Potasio

En los tejidos animales el potasio se encuentra principalmente dentro de las células, y por medio de un sistema que necesita energía que se relaciona con el movimiento del Na, tiene un papel importante en el equilibrio osmótico; interviene en el mantenimiento del balance ácido-básico del organismo y se necesita para la activación de la piruvatoquinasa. El potasio facilita la captación de los aminoácidos neutrales e influye en el metabolismo de los glúcidos al intervenir en la captación celular de la glucosa. La deficiencia de potasio se caracteriza por electrocardiogramas anormales en terneros, gallinas y cerdos, lo mismo que en otras especies (Church y Pond, 1987).

## Fósforo

El fósforo se encuentra en el esqueleto como parte del cristal de hidroxiapatita, mientras que el que se encuentra en los tejidos blandos se localiza en su mayoría en formas inorgánicas. La función principal de este mineral es el de ser un componente del esqueleto, suministrando así el apoyo estructural del cuerpo. También es un componente del fosfato del RNA y DNA. El signo más común de deficiencia de fósforo en los animales en crecimiento es el raquitismo (Church y Pond, 1987).

## Sodio

En los animales el sodio actúa como un componente extracelular a través de una "bomba"

de Na que depende de energía, junto con K, Mg y los componentes intracelulares, para el mantenimiento de la presión osmótica. Interviene también en el mantenimiento del balance ácido-básico en el cuerpo y en la transferencia de impulsos nerviosos por medio del potencial energético que se asocia con su separación del K en la membrana celular. Los principales signos de deficiencia de sodio son, una disminución tanto en la tasa de crecimiento como en la eficiencia del aprovechamiento de la alimentación y una menor producción de leche y pérdida de peso en los adultos (Church y Pond, 1987).

### Hierro

Del 60 al 70% de Fe corporal animal se encuentra en la hemoglobina de las células rojas sanguíneas y en la mioglobina del músculo; el 20% se almacena en formas lábiles en el hígado, bazo y otros tejidos; el 10-20% restante se fija en los tejidos como un componente de la miosina muscular y actomiosina muscular, como constituyente de enzimas y asociado con metaloenzimas. El signo más común de deficiencia de Fe es la anemia microcítica hipocrómica que se caracteriza porque presenta células rojas más pequeñas que las normales y una cantidad de hemoglobina inferior a la normal (Church y Pond, 1987).

### Manganeso

El manganeso es indispensable para la formación del sulfato de condroitina, que es un componente de los mucopolisacáridos de la matriz orgánica del hueso. Por lo tanto, es indispensable para la formación del hueso. Se necesita para prevenir la ataxia y el equilibrio deficiente en los animales. Muchas anomalías esqueléticas diferentes se asocian con la deficiencia de Mn en varias especies animales. Estas anomalías se relacionan con el papel del Mn en la síntesis de los mucopolisacáridos en la matriz orgánica del hueso. Se puede presentar ataxia, coordinación y balance deficientes en mamíferos recién nacidos y en aves recién empolladas, cuyas madres recibieron dietas deficientes de manganeso (Church y Pond, 1987).



## Cobre

El Cu se necesita para la actividad de las enzimas que se asocian con el metabolismo del Fe; para la formación de elastina y de colágena; la producción de melanina y para la integridad del sistema nervioso central. Se necesita para la formación de las células rojas sanguíneas normales (hematopoyesis), aparentemente al permitir que se lleve a cabo la absorción normal del Fe. La deficiencia de Cu se asocia con una disminución en la concentración tisular y sanguínea, también esto se refleja en la interferencia de una hematopoyesis normal y con la anemia (Church y Pond, 1987).

## Zinc

Las funciones bioquímicas del zinc se relacionan con las funciones de las enzimas, de las cuales es un constituyente. El Zn se necesita para la síntesis normal de proteínas y para el metabolismo de estas.; es un componente de la insulina y de esta forma, actúa en el metabolismo de los glúcidos. El signo más característico de deficiencia de Zn, es el retraso en el crecimiento, anorexia, disminución de la actividad plasmática de la fosfatasa alcalina y en la concentración plasmática de Zn (Church y Pond, 1987).

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

## Energía

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

La energía se puede definir como la capacidad de efectuar un trabajo, cuando el trabajo corresponde al producto de una fuerza dada que actúa a lo largo de una determinada distancia. Sin embargo, una definición tan amplia como ésta no se puede aplicar directamente al contexto de la nutrición animal, ya que generalmente interesa mucho más la forma en que se utiliza la energía química.

Desde el punto de vista de su utilización en los animales, la energía se divide en varias fracciones que son: energía bruta (EB), energía digestible aparente (ED), energía metabolizable (EM) y energía neta (EN). La EB es la cantidad de calor producido por la oxidación completa del forraje, pienso u otras sustancias, en el interior de un aparato

denominado bomba calorimétrica de oxígeno. La ED aparente es igual a la EB de los alimentos ingeridos menos la energía fecal. La EM es igual a la ED aparente menos la energía que se pierde en la orina y los gases combustibles. La EN es igual a la EM menos el incremento calórico y el calor de fermentación (Church y Pond, 1987).

De acuerdo con lo anterior, se tienen informes de que en matorrales del noreste de México donde hay predominio de arbustivas, las cabras que pastorean esta vegetación no satisfacen sus necesidades energéticas porque sus niveles de energía digestible son bajos (Ramírez, 1989; Carlos, 1994).

## Taninos

Los taninos presentes en las plantas son compuestos fenólicos solubles en agua con un peso molecular mayor que 500 y con la capacidad para precipitar gelatina y otras proteínas de soluciones acuosas. Los taninos hidrolizables y los taninos condensados son dos grupos de estos compuestos los cuales pueden ser diferenciados por su estructura y reactividad hacia reactivos hidrolíticos. Los taninos hidrolizables consisten de una porción de carbohidrato en el cual grupos hidroxilos son esterificados a ácido gálico o ácido m-digálico (galotaninos) o ácido hexahidroxidifénico. Este tipo de taninos es rápidamente hidrolizado por ácidos, bases o por enzimas (Kumar y D'Mello, 1995). Los taninos hidrolizables son abundantes en hojas, frutos, vainas y agallas de dicotiledóneas, tales como encinos, castaños y otras plantas, pero no se han detectado en monocotiledóneas (Lewis y Yamamoto, 1989). En contraste, los taninos condensados están ampliamente distribuidos y típicamente producen antocianidinas con la degradación a ácidos. Así los taninos condensados son también referidos como proantocianidinas. Todos estos compuestos contienen el característico esqueleto flavonoide, con la epicatequina y catequina ligadas ampliamente en infinitos arreglos, dependiendo de la naturaleza de los enlaces de interflavonoides (Kumar y D'Mello, 1995).

La afinidad de los taninos por las proteínas se incrementa cuando aumenta el peso molecular de los taninos (Kumar y Horigome, 1986). Sin embargo, cuando el peso molecular

es bastante grande, los taninos se vuelven insolubles y pierden su afinidad por las proteínas (Kumar y D'Mello, 1995).

Los complejos que se forman entre taninos y proteínas pueden ser solubles o insolubles. Si los taninos están presentes en exceso, toda la proteína disponible es precipitada. Sin embargo, cuando las proteínas están presentes en exceso los complejos permanecen solubles (Haslam, 1989).

Los principales efectos antinutricionales de los taninos son: la reducción del consumo voluntario del forraje, la disminución de digestibilidad de nutrientes, la producción de efectos adversos en el metabolismo del rumen y toxicidad en los animales.

La disminución en el consumo voluntario puede deberse a una disminución en la digestibilidad de la materia seca ocasionado por una disminución en la permeabilidad de la pared intestinal (Mitjavila *et al.*, 1977), y al hecho de que los taninos pueden precipitar las proteínas de la saliva, causando un no palatable sabor astringente en la boca con el consiguiente rechazo del forraje (Kumar y D'Mello, 1995).

Los taninos al formar enlaces con las proteínas y la fibra, las hacen indigestibles. Los taninos libres pueden formar complejos con las proteínas de las dietas (Vaithyanathan y Kumar, 1993), tanto como con las proteínas endógenas incluyendo a las enzimas. Las proteínas así enlazadas con los taninos les impiden que experimenten un metabolismo normal. Además, la interacción taninos-enzimas pueden inhibir la actividad enzimática (Kumar y D'Mello, 1995).

La presencia de taninos condensados insolubles en la fibra detergente neutro y fibra detergente ácido, indica que los taninos están fuertemente enlazados con la fibra (Van Soest *et al.*, 1986). La fibra enlazada con los taninos puede resistir su degradación por parte de los microbios del rumen y también los taninos libres pueden inactivar a estos microorganismos y sus enzimas (Kumar y D'Mello, 1995).

Tanto los taninos condensados como los hidrosolubles que se encuentran en alimentos y forrajes pueden causar toxicidad en los animales. Upadhyaya (1985) observó que el consumo diario de 0.85 g de *Prosopis cineraria* (la cual contenía taninos condensados) por Kg de peso corporal producía a los 15 días toxicidad en cameros.

En ruminantes, los taninos hidrolizables pueden ser degradados en el rumen de borregos y la absorción de estos fenoles son excretados en la orina como glucurónidos (Murdiati *et al.*, 1987). Sin embargo Mc Sweeney *et al.*, (1988) reportaron que la ingestión diaria de taninos hidrolizables a un nivel de 0.9 g Kg<sup>-1</sup> de peso corporal, puede producir toxicidad en borregos a los 15 días. Barry y Duncan (1984), así como también Ramírez (2000) reportan que un contenido de taninos condensados de aproximadamente un 5% en la dieta de los ruminantes puede no solo actuar como impedimento alimenticio sino también influenciar la digestibilidad de nutrientes.

#### **Técnica de la bolsa nylon en la digestibilidad *in situ***

Mehrez y Ørskov (1977) sugirieron el empleo de bolsas de nylon como método rutinario para medir la velocidad de degradación de las proteínas de los forrajes y suplementos proteicos. En este método, un número variable de bolsas se incuban en el rumen durante diferentes períodos de tiempo, de tal forma que puede conocerse el ritmo de degradación. El tamaño de la malla de la tela que se use para las bolsas debe ser tal, que permita la entrada de los microorganismos ruminales y la salida de los gases producidos, pero que impida al máximo la salida de partículas del ingrediente en estudio (Ørskov, 1982).

Con respecto a las características de las bolsas nylon usadas en la digestibilidad *in situ*, se recomienda que el tamaño de poro sea de 20 a 40 µm, que el tamaño de las bolsas y la cantidad de muestra sean de 14.0 x 9.0 cm y 3 a 5 g de materia seca respectivamente (Ørskov, 1982). Con relación a lo anterior, las bolsas nylon de talla estándar que actualmente se venden en el mercado son de 5 x 10 cm y 10 x 20 cm, con poros de 53 µm.

La relación entre el tamaño de la bolsa y la muestra empleada dependen en buena medida, de la cantidad de residuos necesarios para los análisis posteriores. La relación entre el tamaño de la bolsa y la cantidad de muestra a utilizar debe estar de acuerdo con el diámetro de la cánula ruminal (alrededor de 4.0 a 5.0 cm). Con este tipo de cánula y tamaño de bolsas mencionadas, es posible incubar en el ganado ovino 5 a 6 bolsas al mismo tiempo para posteriormente extraerlas a diferentes intervalos de tiempo. En el caso del ganado vacuno, pueden ser empleadas cánulas de mayor tamaño y un número mayor de bolsas, si así se requiere (Ørskov, 1982).

Los forrajes secos, cereales y semillas oleaginosas deben molerse previamente en un molino que tenga una malla con poros de 2.5 a 3 mm, para que una vez pesado dicho material pueda ser colocado dentro de las bolsas nylon, ya que lo que se busca es que las muestras preparadas para la incubación deben ser representativas del material que en forma natural llega al rumen después de haber sido consumido por el animal (Ørskov, 1982).

Las bolsas con las muestras deben quedar ancladas en cuerdas de nylon de 25 cm de largo en el rumen del ganado ovino, y aproximadamente de 50 cm o más en el ganado vacuno, las cuales deben quedar sujetas a la cánula. Esa longitud permite a las bolsas moverse libremente en el rumen. Los tiempos de incubación en el rumen varían de acuerdo con el material contenido en las bolsas; por ejemplo en la mayoría de los suplementos proteicos los tiempos de incubación son 0, 2, 6, 12, 24 y 36 horas, pero si se trata de henos, pajas y otros materiales fibrosos, generalmente se requieren tiempos de incubación más largos (Ørskov, 1982).

La dieta del animal donde se incuben las bolsas nylon puede tener un efecto importante sobre la tasa de degradación del material que se incuba; por ejemplo, si las dietas tienen una alta proporción de concentrados habrá una actividad celulolítica reducida en el rumen; por lo tanto la dieta escogida para el animal lógicamente dependerá del propósito del experimento (Ørskov, 1982).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### Descripción de áreas de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en tres localidades geográficas y ecológicas distintas (Figura 1). Una de ellas se encuentra en el municipio de Mina dentro de la subprovincia de Sierras y Llanuras Coahuilenses (perteneciente a la provincia llamada Sierra Madre Oriental), en ella se encuentran sierras de calizas plegadas y entre estas sierras se extienden amplias bajadas y llanuras de origen aluvial; los suelos de los llanos de esta región presentan asociaciones dominantes de regosol calcárico con xerosol háplico y los tipos de vegetación presentes son el matorral desértico rosetófilo, el matorral desértico micrófilo y la vegetación halófila. Las dos localidades restantes se encuentran en los municipios de Carmen y Hualahuises, las cuales están ubicadas dentro de la subprovincia de Llanuras y Lomeríos (perteneciente a la provincia de la Llanura Costera del Golfo Norte), caracterizada por la presencia de lomeríos suaves con bajadas y llanuras de extensión considerable, con suelos predominantes de tipo vertisol, que llegan a ser profundos y de color oscuro y el tipo de vegetación predominante es el matorral submontano (INEGI, 1986).

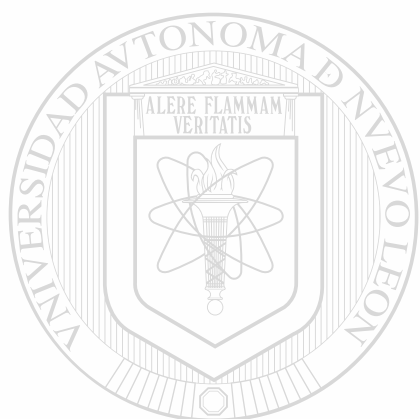
#### Características edafoclimáticas de los sitios de colecta

La localidad de Mina está ubicada entre los 26° 03' de latitud norte y 100° 35' 30" de longitud oeste y en dicha área está presente un matorral desértico micrófilo. Su clima es muy seco y semicálido, con lluvias en verano, con una temperatura media anual de 21.4 °C y con una precipitación total anual de 277.7 mm. El suelo es calcáreo, con un pH de 7.8, de textura franca y con escasa materia orgánica (INEGI, 1982; INEGI, 1983; INEGI, 1990).

El Carmen se localiza entre los 25° 57' de latitud norte y 100° 20' de longitud oeste. Su vegetación es del tipo matorral submontano. Su clima es semiseco y semicálido, con lluvias en verano, su temperatura media anual es de 21.4 °C y la precipitación total anual es de

694.2 mm. El suelo es calcáreo, de origen aluvial, de textura franco-arcillosa, con mediana cantidad de materia orgánica y con un pH de 7.5 (CETENAL, 1977; INEGI, 1990).

Hualahuises se localiza entre los 24° 55' de latitud norte y 99° 42' 30" de longitud oeste y tiene una cubierta vegetal caracterizada por un matorral submontano. Su clima es semicálido y subhúmedo, con lluvias en verano, la temperatura media anual es de 22.3 °C y la precipitación total anual es de 749.2 mm. El suelo es de origen coluvial, de textura franco-arcillosa, con mediana cantidad de materia orgánica y con un pH de 7.7 (CETENAL, 1977; DETENAL, 1978; INEGI, 1987).



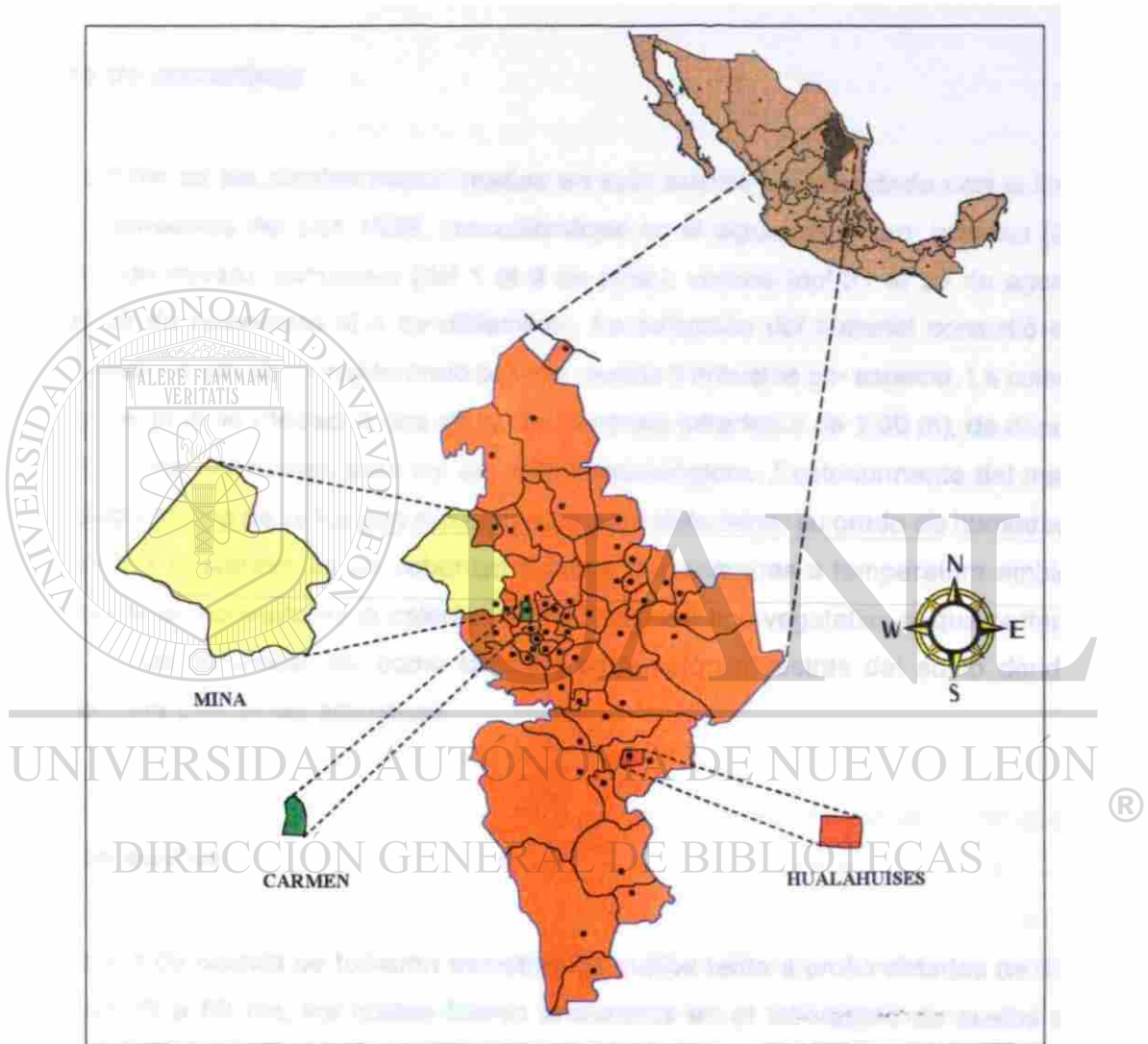
# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



**Figura 1. Municipios del estado de Nuevo León, donde se ubicaron las áreas de muestreo.**



## A) FASE DE CAMPO Y DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LAS ESPECIES EVALUADAS

### Muestreo de arbustivas

El tejido foliar de las plantas seleccionadas en este estudio fue colectado casi al final de las cuatro estaciones del año 1999, procediéndose en el siguiente orden: invierno (27 de febrero al 5 de marzo), primavera (del 1 al 9 de junio), verano (del 21 al 29 de agosto) y otoño (del 26 de noviembre al 4 de diciembre). La selección del material consistió en un muestreo aleatorio simple, considerando cuando menos 5 arbustos por especie. La colección del material vegetal se efectuó a una altura de ramoneo (alrededor de 1.60 m), de donde se tomaron las hojas necesarias para los análisis bromatológicos. Posteriormente del material vegetal colectado una parte fue pesado en fresco para determinar su grado de humedad y el resto se secó a la sombra de un cobertizo durante dos semanas a temperatura ambiente. Adicionalmente al momento de la colecta se tomó nota del tipo vegetativo al que pertenecía cada una de las especies, así como también se tomaron muestras del suelo donde se encontraba cada una de las arbustivas.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

### Análisis de suelos

De los sitios de colecta se tomaron muestras de suelos tanto a profundidades de 0 a 30 cm como de 30 a 60 cm, los cuales fueron analizados en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Forestales de la UANL, donde se determinó su textura, pH, conductividad eléctrica y su contenido de materia orgánica, nitrógeno, potasio y fósforo.

Los análisis de suelo muestran que el sitio del municipio de Mina donde se colectó *Larrea tridentata* es medianamente pobre en materia orgánica (Anexo 1), pobre en nitrógeno, alto en potasio y en fósforo es alto solo hasta 30 cm de profundidad. El sitio del municipio de Carmen donde se colectaron *Castela texana* y *Schaefferia cuneifolia*, tiene una cantidad

mediana de materia orgánica, es medianamente pobre en nitrógeno y es deficiente en potasio y fósforo (Anexo 2). El sitio No. 1 del municipio de Hualahuises, donde se colectaron *Bumelia celastrina*, *Acacia wrightii*, *Zanthoxylum fagara* y *Forestiera angustifolia*, es medianamente rico en materia orgánica, medianamente pobre en nitrógeno, y bajo en potasio y fósforo (Anexo 3). El sitio No. 2 de Hualahuises donde se colectó *Karwinskia humboldtiana* tiene una cantidad mediana de materia orgánica, es alto en nitrógeno hasta los 30 cm de profundidad y medianamente pobre después de los 30 cm, en potasio y fósforo es deficiente hasta los 30 cm de profundidad y alto después de los 30 cm (Anexo 4).

### Registro de datos climatológicos

De registros realizados por la Comisión Nacional del Agua (CNA) se tomaron las precipitaciones máximas, mínimas y totales, así como también las temperaturas máximas, mínimas y medias mensuales de los municipios de Hualahuises, Carmen y Mina. Los datos climatológicos presentados en este trabajo corresponden al período comprendido de enero a diciembre de 1999 (también se tomó en cuenta el mes de diciembre de 1998 porque en este mes se inicia el invierno, y fue en esta estación cuando se inició la colecta de las hojas de las arbustivas para su investigación).

Durante el año de estudio la precipitación pluvial total más alta ocurrió en la estación de verano, siendo de 100 mm en Mina, de 286.7 mm en el Carmen y de 494 mm en Hualahuises; presentándose en dichos municipios durante la misma estación una temperatura media mensual respectiva de 26.6°C, 29.6°C y 28.1°C. La estación más seca fue invierno, presentándose una precipitación total de 10.4 mm en Mina, de 10.2 mm en el Carmen y de 23.9 mm en Hualahuises; al mismo tiempo, la temperatura media mensual durante esta estación fue de 18.5°C, 20.1°C y 20°C, respectivamente, en los mismos municipios (Figuras 2-7).

Figura 2. Precipitación (mm) máxima, mínima y total, registradas en el municipio de Hualahuis, N.L. Datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (CNA)

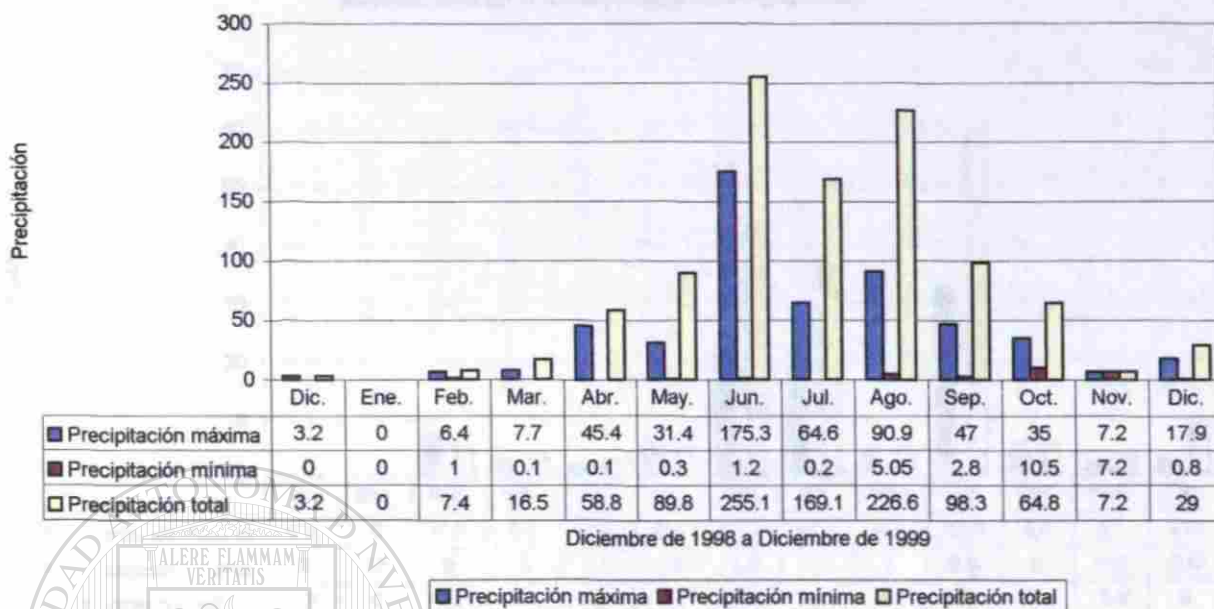


Figura 3. Precipitación (mm) máxima, mínima y total, registradas en el municipio de Carmen, N.L. Datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (CNA).

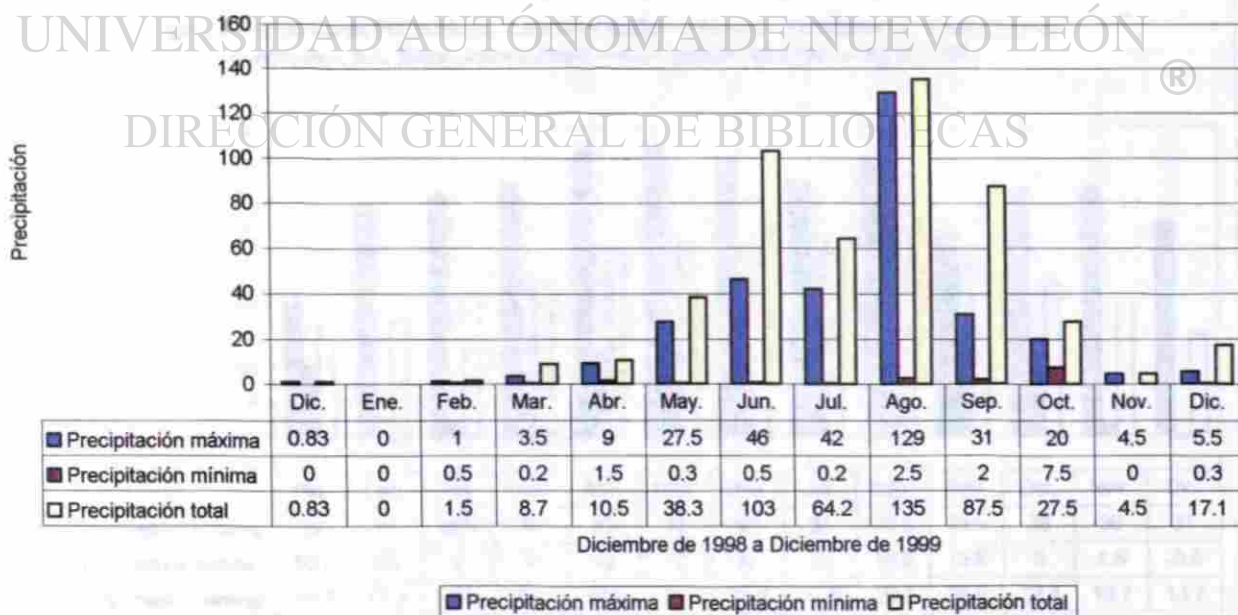


Figura 4. Precipitación (mm) máxima, mínima y total, registradas en el municipio de Mina, N.L. Datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (CNA).

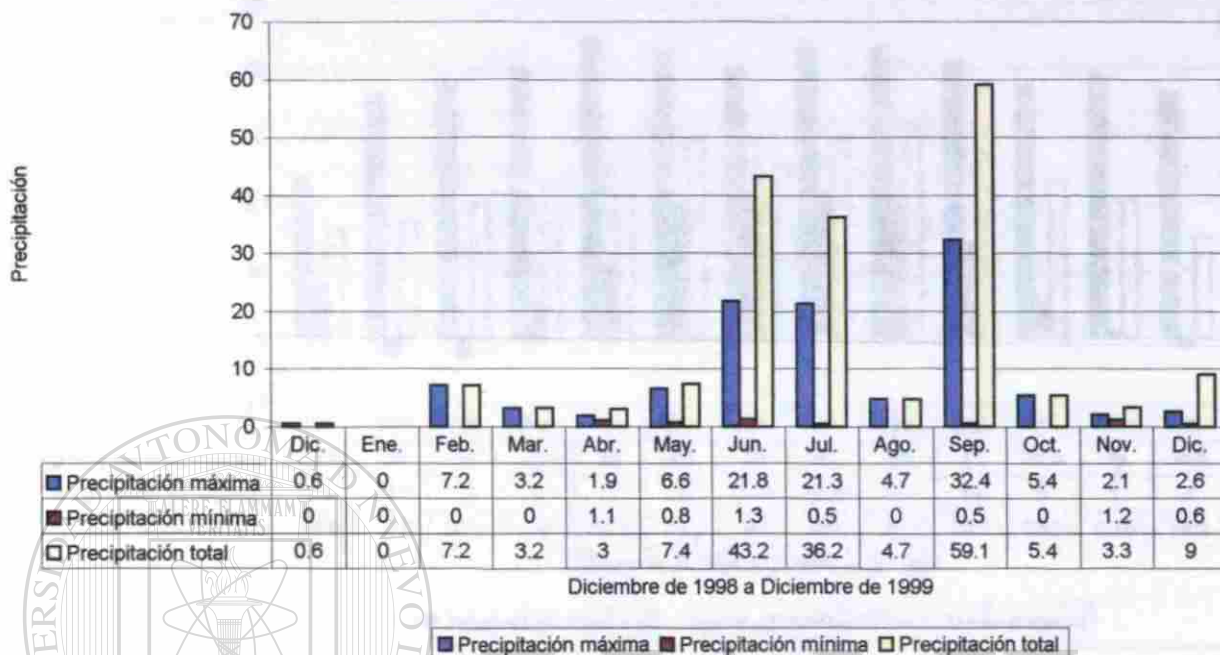


Figura 5. Temperaturas (°C) máximas, mínimas y medias mensuales, registradas en el municipio de Hualahuis, N.L. Datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (CNA).

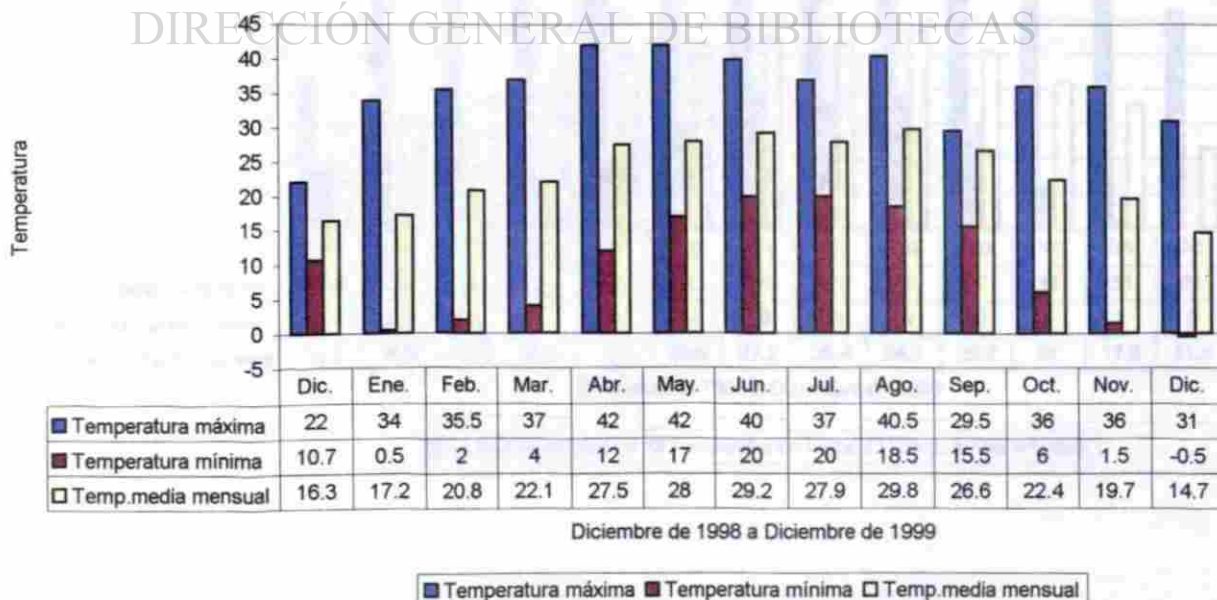


Figura 6. Temperaturas (°C) máximas, mínimas y medias mensuales, registradas en el municipio de Carmen, N.L. Datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (CNA).

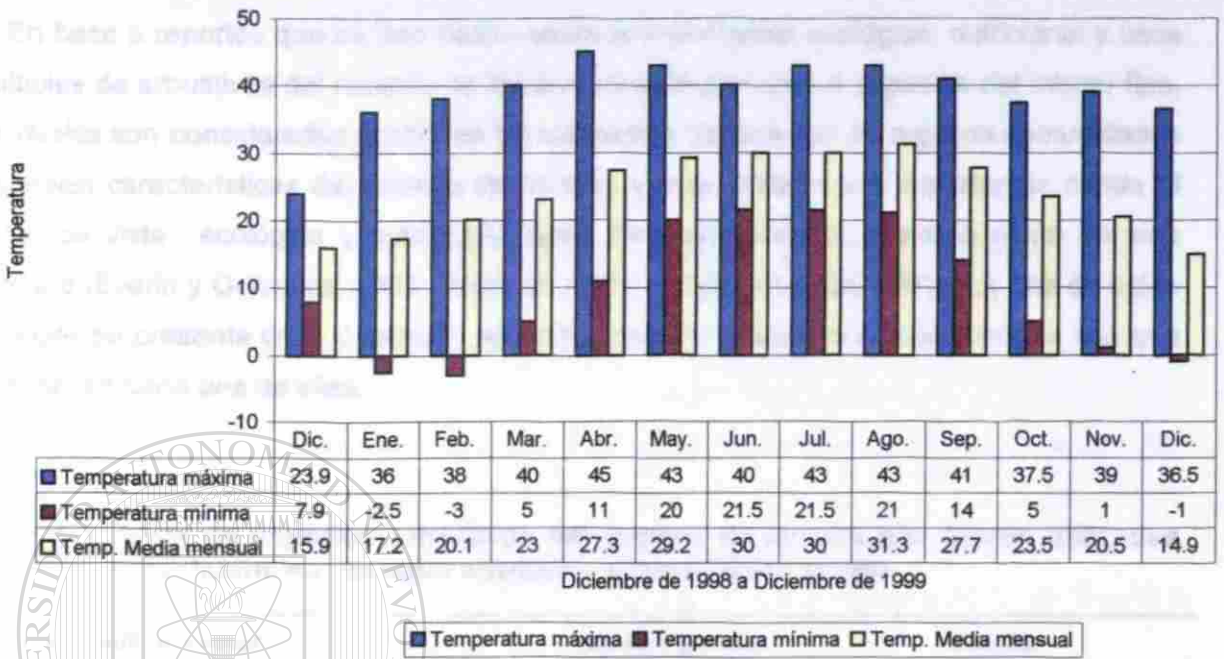
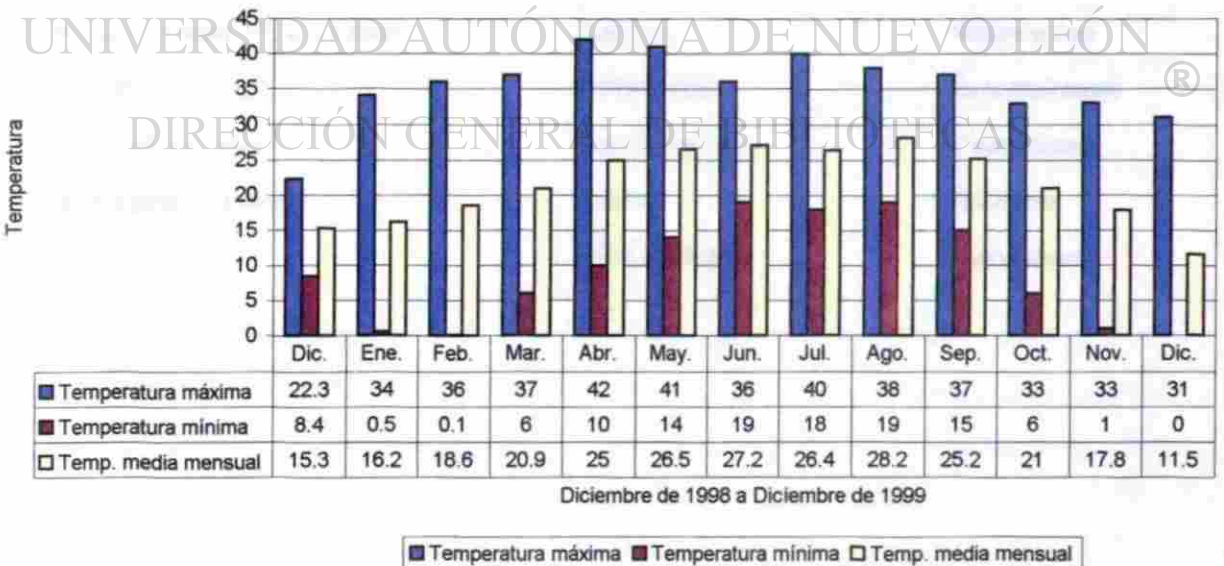


Figura 7. Temperaturas (°C) máximas, mínimas y medias mensuales, registradas en el municipio de Mina, N.L. Datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (CNA).



## Selección de especies vegetales

En base a reportes que se han hecho sobre la importancia ecológica, nutricional y usos múltiples de arbustivas del noreste de México, se seleccionaron 8 especies del mismo tipo, las cuales son consideradas dentro de los elementos dominantes de algunas comunidades vegetales características del noreste de México, y que también son importantes desde el punto de vista ecológico y nutricional, tanto para animales de pastoreo como de vida silvestre (Everitt y Gonzalez, 1981; Ramírez, 1989; Vargas y López, 1991). La lista de estas especies se presenta en el Cuadro 1, así como también el nombre común y familia a la que pertenecen cada una de ellas.

**Cuadro 1. Lista de especies arbustivas del noreste de México que fueron utilizadas para determinar su valor nutritivo y digestibilidad *in situ***

Nombre científico y autor	Nombre común	Familia
<i>Acacia wrightii</i> Benth.	Uña de gato	Leguminosae
<i>Bumelia celastrina</i> H.B.K.	Coma	Sapotaceae
<i>Castela texana</i> T. & G. Rose	Chaparro amargoso	Rutaceae
<i>Forestiera angustifolia</i> Torr.	Panalero	Oleaceae
<i>Karwinskia humboldtiana</i> (R. & S.) Zucc.	Coyotillo	Rhamnaceae
<i>Larrea tridentata</i> DC.	Gobernadora	Zygophyllaceae
<i>Schaefferia cuneifolia</i> Gray.	Capul o panalero	Celastraceae
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	Colima	Rutaceae
<i>Medicago sativa</i> L.	Alfalfa (testigo)	Leguminosae

## Características fenológicas, importancia ecológica, económica, y áreas de distribución de las especies seleccionadas

### *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg.

Descripción - arbusto conocido como uña de gato o colima; con espinas curvas; aromático; de ramas intrincadas; con una altura que varía de 1.5 a 9 m y con un tallo a veces de 25 cm de diámetro; hojas compuestas, perennes, de un verde brillante, con un raquis ampliamente alado; flores pequeñas y de un color verde-amarillento; frutos pequeños, rojocafé a negro, redondos, lisos, brillantes y con una semilla. Es una especie sub-dominante, comúnmente se encuentra en el sur de Texas, donde se asocia con *Prosopis glandulosa* (mezquite), *Lycium berlandieri* (tomatillo) y *Opuntia engelmannii* (nopal). Crece en una variedad de suelos; de tipo superficial rocoso a profundamente arcilloso-arenoso (Everitt y Drawe, 1993; Taylor *et al.*, 1999).

Utilidad – el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) ramonea su follaje y talluelos. Muchas aves, incluyendo la paloma de alas blancas (*Zenaida asiatica*), gustan de las semillas y muchos pájaros cantores anidan en los arbustos más altos. Adicionalmente muchos animales pequeños y reptiles utilizan este arbusto y otras especies asociadas, para establecer sus madrigueras. Es una fuente de alimento para las larvas de algunas mariposas y de néctar para mariposas adultas. Las cabras (*Capra hircus*) utilizan el follaje como alimento durante el año y frecuentemente también utilizan la corteza durante el invierno (Everitt y Drawe, 1993; Taylor *et al.*, 1999).

Históricamente la colima ha sido usada en medicina. La corteza y hojas, por presentar un polvo característico, son utilizadas como condimento, los extractos de la corteza y hojas se usan como sudoríficos y tonificantes de nervios, en tanto la madera produce un tinte amarillento (Vines, 1976).

Área de distribución - en EUA crece en los estados de Florida y Texas. En México en los estados de Baja California, Sonora, Nuevo León, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán y Chiapas. También se le encuentra en Centro y Sudamérica (Stewart *et al.*, 1970; Alanís *et al.*, 1995).

***Bumelia celastrina* H.B.K.**

Descripción – comúnmente llamado coma, es un arbusto o árbol pequeño; de 4.5 a 8 m de altura; a veces con un tallo de 20 cm de diámetro; espinoso; con hojas semi-perennes, obovadas a elípticas, alternas, de color verde-oscuro; flores blanco-verdoso; el fruto es una drupa azul-oscuro. Crece en varios tipos de suelo, incluyendo el tipo margoso, también en cerros gravosos y marismas salinas. Comúnmente se desarrolla en áreas de matorral mixto (Everitt y Drawe, 1993; Taylor *et al.*, 1999).

Utilidad – el fruto y semillas son consumidos por varias especies de pájaros, incluyendo la paloma de alas blancas (*Zenaida asiatica*), chachalacas (*Ortalis vetula*) y mamíferos como mapaches (*Procyon lotor*) y coyotes (*Canis latrans*), en tanto que las hojas son ramoneadas por el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*). El árbol es usado frecuentemente por muchos pájaros para anidar, dormir o descansar, y proporciona una cubierta protectora para muchas especies de vida silvestre. El ganado ramonea sus hojas y se beneficia también de la cubierta protectora que proporciona su follaje. El fruto es consumido en México y es considerado como afrodisíaco. Como su madera tiene cierta dureza, ocasionalmente es usada para fabricar muebles y también se utiliza como planta de ornato (Everitt y Drawe, 1993; Taylor *et al.*, 1999).

Área de distribución - en EUA esta especie se localiza en los estados de Florida y Texas. En México crece en los estados de Nuevo León, Tamaulipas, Veracruz, Oaxaca y Chiapas. Encontrándose también en Centroamérica y en Sudamérica en los países de Colombia y Venezuela (Stewart y Marshall, 1970; Vines, 1976).



### ***Castela texana* T. & G. Rose**

**Descripción** - arbusto comúnmente conocido como chaparro amargoso, tiene una talla aproximada de 0.9 a 3 m; espinoso; de ramificación múltiple; con espinas en la punta de las ramas las cuales son de color blanco-grisáceo; hojas pequeñas, simples, alternas, linear a oblongas y de un sabor amargo; flores color rojizo; el fruto es una drupa rojiza. Este arbusto crece en el sur y suroeste de Texas, localizándose en cerros, acantilados, en densos chaparrales y en praderas de mesquite (Everitt y Drawe, 1993; Taylor *et al.*, 1999).

**Utilidad** – debido a su sabor amargo, el chaparro amargoso tiene un valor limitado como alimento para los animales de vida silvestre; sin embargo, el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) ramonea sus hojas y consume sus frutos. Las espinas de estas plantas les sirven de protección a pequeños mamíferos, y los pájaros ocasionalmente anidan en ellos. El valor de su follaje para el ganado es desconocido y las espinas les pueden causar lesiones (Everitt y Drawe, 1993; Taylor *et al.*, 1999).

Históricamente, este arbusto ha sido usado como una planta medicinal, ya que sus extractos han sido usados para combatir disturbios intestinales, fiebre, enfermedades de la piel, ictericia amarilla y disentería (Taylor *et al.*, 1999).

**Área de distribución** – en EUA esta especie se encuentra Texas y en México se distribuye en los estados de Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí (Vines, 1976; Stewart y Marshall, 1970).

### ***Schaefferia cuneifolia* Gray.**

**Descripción** – arbusto comúnmente llamado capul o panalero, densamente ramificado; sin espinas; con hojas semi-perennes, alternas y agrupadas; flores diminutas y verdosas; frutos pequeños (drupas), redondeados de color rojo-naranja; planta de 0.9 a 2 m de altura. Crece en suelos arcillosos y en laderas rocosas, asociándose con otras especies de matorral (Everitt y Drawe, 1993; Taylor *et al.*, 1999).

**Utilidad** – esta planta es tolerante a la sequía y ocasionalmente es ramoneada por el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*). Sus frutos son consumidos por aves, como la codorniz cola blanca (*Colinus virginianus*), la codorniz escamosa (*Callipepla squamata*), el reyezuelo de los cactus (*Campylorhynchus brunneicapillus*); y pequeños mamíferos, como coyotes (*Canis latrans*), y ratas del monte (*Neotoma micropus*) también consumen sus frutos. Los pájaros ocasionalmente anidan en estos arbustos. También es importante mencionar que estos arbustos proporcionan un ramoneo limitado a ovinos, caprinos y bovinos (Everitt y Drawe, 1993; Taylor et al., 1999).

En México, la raíz ha sido reportada como de uso medicinal para curar enfermedades venéreas. Debido a que su follaje está siempre verde y sus frutos son rojizos, frecuentemente se le utiliza como ornamento o para formar setos (Taylor et al., 1999).

**Área de distribución** - este arbusto se encuentra en el suroeste y oeste de Texas, también crece en México en los estados de Coahuila y Nuevo León (Vines, 1976).

#### ***Forestiera angustifolia* Torr.**

**Descripción** – arbusto comúnmente llamado panalero, olivo del desierto y chaparral blanco; presenta una altura de 0.9 a 2.5 m; sin espinas; con ramas intrincadas y tiesas y con un corto tronco encorvado; de hojas simples, perennes, de forma algo redonda y agrupadas en los nudos; flores amarillo-verdosas y producidas en grupos; el fruto es una drupa color púrpura a negro. Es un componente de matorrales mixtos y usualmente se encuentra en laderas bien drenadas, pendientes rocosas y arroyos completamente soleados (Everitt y Drawe, 1993; Taylor et al., 1999).

**Utilidad** – el venado cola blanca, ovinos, bovinos y caprinos ramonean el follaje, y el fruto es consumido por muchos mamíferos, entre los que se encuentran mapaches (*Procyon lotor*), coyotes (*Canis latrans*), zorros (*Vulpes velox*), conejos (*Lepus californicus* y *Sylvilagus floridanus*), ardillas (*Spermophilus sp.*), ratas (*Neotoma micropus*) y ratones (*Peromyscus*

*bolyii*); también consumen el fruto algunas aves como la codorniz cola blanca (*Colinus virginianus*), la codorniz escamosa (*Callipepla squamata*), la paloma de alas blancas (*Zenaida asiatica*) y numerosos pájaros cantores. La planta sirve también como una especie de dosel a algunos animales, para cubrirse de predadores y es una importante fuente de alimento para las abejas (Everitt y Drawe, 1993; Taylor *et al.*, 1999). Se le utiliza como un arbusto ornamental, especialmente en suelos salinos o calizos y en áreas expuestas al viento (Taylor *et al.*, 1999).

**Área de distribución** - en Texas se localiza en el centro, al oeste y en la porción sureste. En México en los estados de Tamaulipas, Nuevo León y Coahuila (Stewart y Marshall, 1970; Vines, 1976).

***Karwinskia humboldtiana* (R. & S.) Zucc.**

**Descripción** – arbusto conocido con los nombres de coyotillo y tullidora, presenta comúnmente una altura de 0.6 a 1.5 m (alcanzando hasta 6 m en lugares húmedos); sin espinas; de hojas perennes, oblongas, verde oscuras y con venas muy marcadas; flores pequeñas y verdosas; el fruto es una drupa café o negro. Esta planta crece comúnmente en el oeste y suroeste de Texas en todos los tipos de suelo y hábitats, pero prefiere áreas secas y suelos poco profundos, frecuentemente crece en asociación con el guajillo (*Acacia berlandieri*) y a la sombra de matorrales (Everitt y Drawe, 1993; Taylor *et al.*, 1999).

**Utilidad** – el coyotillo es una planta tóxica, por lo que tiene poco valor para la vida silvestre. Las semillas son extremadamente tóxicas y se conoce que afecta al sistema nervioso, causando parálisis en las extremidades de humanos y animales domésticos. Algunos mamíferos y pájaros, tales como coyotes (*Canis latrans*) y chachalacas (*Ortalis vetula*), consumen sus frutos. Las semillas y hojas son venenosas para bovinos, ovinos, cabras, caballos y cerdos, por lo que la planta es ramoneada únicamente en condiciones de extrema sequía (Everitt y Drawe, 1993; Taylor *et al.*, 1999).

En México, las hojas y raíz de esta planta si son hervidas (se hacen menos tóxicas) se les puede utilizar para tratar fiebres. También se usa como planta de ornato y de paisaje, especialmente en áreas secas, jardines rocosos y paisajes áridos (Taylor *et al.*, 1999). Aunque su madera es fuerte y dura, no tiene valor comercial.

Área de distribución – en EUA en Texas, y en México, se encuentra en los estados de Nuevo León, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán, Oaxaca y Baja California; localizándose también al sur de América Central (Stewart y Marshall, 1970; Vines, 1976).

### ***Larrea tridentata* DC.**

Descripción – planta arbustiva conocida comúnmente como gobernadora, de 0.6 a 2 m de altura; sin espinas; de un olor parecido a la creosota; con hojas perennes, las cuales tienen dos pequeñas hojuelas oblongas, resinosas; flores amarillentas; fruto pequeño, redondo, con fina vellosidad de color blanco. Es un arbusto común del desierto y de regiones semiáridas, lo que indica que crece en suelos poco profundos y a la vez pobres, debido al sobrepastoreo que existe en esas áreas calientes y secas. Este tipo de planta se localiza al suroeste de Texas y usualmente no se asocia estrechamente con otras especies de plantas (Stewart y Marshall, 1970; Everitt y Drawe, 1993; Taylor *et al.*, 1999).

Utilidad – la gobernadora no tiene valor para ser ramoneada, ya que es tóxica para ovinos y bovinos; sin embargo, puede ser ramoneada por el venado cola blanca y las cabras en temporada de sequía, también se ha observado que pequeños mamíferos, incluyendo ardillas del suelo (*Spermophilus sp.*), consumen las semillas y el fruto, utilizando también a la planta como una cubierta protectora; dentro de las aves, el colibri (una de las especies es *Colibri thalassinus*) se beneficia del néctar de sus flores (Everitt y Drawe, 1993; Taylor *et al.*, 1999).

En América hay reportes de que las yemas encurtidas en vinagre pueden ser consumidas por el hombre. Extracciones de hojas, se han utilizado en medicina como antiséptico, para tratar el reumatismo, enfermedades venéreas, tuberculosis y desórdenes intestinales.

Esta planta tolera la sequía, y por sus flores se le ha utilizado como planta de ornato, o como arbusto de paisaje, especialmente cuando se mezcla con otras plantas de regiones semiáridas del suroeste de Texas (Taylor *et al.*, 1999). De sus ramas los indios obtienen una laca que utilizan como cemento para trabajos de alfarería y un tinte para teñir pieles.

En EUA, este arbusto se encuentra en Texas, Nuevo México, Utha, Arizona, Nevada y California. En México se encuentra principalmente en los estados de Coahuila, Nuevo León, Durango, Querétaro, Zacatecas y San Luis Potosí (Stewart y Marshall, 1970; Vines, 1976).

### ***Acacia wrightii* Benth**

Descripción – conocida comúnmente como uña de gato por tener espinas curvas; es un arbusto o frecuentemente pequeño árbol; con una altura que varía comúnmente de 2 a 3 m y a veces hasta 9 m; tallo de 30 cm de diámetro; hojas pinnadas, frecuentemente fasciculadas; flores de color blanco-cremoso, en espigas de casi 1 cm de grueso; vainas aplanadas, delgadas, de 5 a 8 cm de largo y de color café-rojizo. Se localiza frecuentemente en chaparrales y bosques a lo largo de riachuelos y cañones en el sur y suroeste de Texas (Vines, 1976; Everitt y Drawe, 1993).

Utilidad - el polen producido por las flores es un importante alimento para las abejas y una fuente de néctar para la miel. En Texas se le utiliza como árbol de ornato, especialmente en áreas secas del estado. La madera se utiliza frecuentemente como combustible en forma de leña o carbón, y para hacer postes, los cuales se pueden usar para formar cercas o vallas (Vines, 1976; Everitt y Drawe, 1993).

Área de distribución – crece en el estado de Texas (EUA) y en México se encuentra en los estados de Sonora, Nuevo León y Tamaulipas (Vines, 1976).

## **B) PROCEDIMIENTOS EXPERIMENTALES Y DE LABORATORIO**

### **Preparación del material vegetal para su análisis de laboratorio**

Una vez que el material vegetal fue colectado, se secó a la sombra de un cobertizo a temperatura ambiente durante 15 días, posteriormente las hojas fueron separadas de las ramas en forma manual y luego se pasaron por una criba para liberarlas de impurezas, posteriormente se molieron en un molino Willey provisto de una malla con poros de 2 mm de diámetro y una vez que el material fue molido se colocó en recipientes de plástico para su posterior análisis. De muestras obtenidas de cuatro repeticiones, por especie y en cada estación, se hicieron las determinaciones de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), celulosa, hemicelulosa, lignina, cenizas, cenizas insolubles, taninos condensados, energía, Ca, Mg, K, Na, P, Cu, Mn, Fe, Zn, digestibilidad *in situ*, degradabilidad efectiva de materia seca (DEMS), degradabilidad efectiva de proteína cruda (DEPC), y degradabilidad efectiva de fibra detergente neutro (DEFDN).

### **Determinación de materia seca (AOAC, 1960)**

Para la determinación del porcentaje de materia seca se colocaron cápsulas de aluminio en una estufa de aire a una temperatura de 105°C durante toda la noche. Al día siguiente se sacaron las cápsulas y se colocaron en un desecador para su enfriamiento, posteriormente se registró el peso de cada cápsula y a cada una de ellas se les colocó 1 gramo de muestra vegetal. Las cápsulas con el material se volvieron a introducir en la estufa a una temperatura de 105 °C durante 12 horas. Después de ese tiempo las cápsulas con las muestras se enfriaron en un desecador para luego pesarlas.

El cálculo para obtener el porcentaje de MS fue el siguiente:

$$\% \text{ MS} = \frac{[A-B]}{C} \times 100$$

Donde :

A = peso de cápsula + muestra seca

B = peso de cápsula

C = peso de la muestra

La misma fórmula, pero sin multiplicar por cien, se utilizó como el factor de materia seca (FMS), para reportar los cálculos de los demás nutrientes en base seca (BS).

### Determinación de cenizas (AOAC, 1965)

Para la determinación del porcentaje de cenizas, se siguieron los mismos pasos relacionados con la obtención de MS, pero una vez que se retiraron las cápsulas con las muestras de la estufa se pasaron a una mufla donde fueron incineradas a una temperatura de 550°C por 5 horas, posteriormente se enfriaron en un desecador y luego se pesaron.

El cálculo para la obtención del porcentaje de cenizas fue el siguiente:

$$\% \text{ de Cenizas en BS} = \frac{[A-B]}{[C \times D]} \times 100$$

Donde:

A = peso de cápsula + ceniza

B = peso de la cápsula

C = peso de la muestra

D = FMS (Factor de materia seca)

### **Determinación de materia orgánica (AOAC, 1965)**

Para la obtención del porcentaje de materia orgánica en base seca se hizo el siguiente cálculo:

$$\% \text{ de MO en BS} = 100 - \% \text{ de cenizas BS.}$$

### **Determinación de proteína cruda (Scales y Harrison, 1920)**

Entre los compuestos químicos, a las proteínas se les considera entre los más importantes, puesto que son las sustancias de la vida, debido a que constituyen gran parte del cuerpo de un animal; lo mantienen como una unidad y lo hacen funcionar. Estos compuestos se encuentran en toda célula viva, y son el material principal de la piel, músculos, tendones, nervios, sangre, enzimas, anticuerpos y muchas hormonas. Se llama proteína cruda al valor que resulta de multiplicar el contenido de nitrógeno de los alimentos por el factor de conversión más común para proteínas que equivale a 6.25.

Para la determinación de la proteína cruda se siguió la técnica Micro-Kjeldahl, que consta de los siguientes pasos: Se pesaron 0.2 g de muestra de cada especie y se transfirieron a matraces Micro-Kjeldahl. Se añadieron 6 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a cada matraz. A cada matraz se le añadió una cuchara sopera de una mezcla catalizadora (sulfato de potasio y cobre). Se calentaron los matraces en parrillas eléctricas para digerir las muestras. Después del enfriamiento de los matraces se agregaron 20 ml de agua destilada y algunos granos de zinc, después a los matraces se les añadió 20 ml de NaOH al 40%. Posteriormente los matraces se colocaron en un destilador para darle un tratamiento al contenido. En matraces Erlenmeyer se colocaron 20 ml de ácido bórico al 4% y 1 o 2 gotas de indicador rojo de metilo-verde de bromocresol, para colectar 30 ml de destilado. La titulación se hizo con HCl 0.1N.



El cálculo del porcentaje de nitrógeno (N) y proteína cruda (PC) en base seca, se hicieron de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$\% N = \frac{[A \times B \times C]}{[D \times E]} \times 100$$

A = ml de HCl utilizados en titulación

B = 0.1 (Normalidad de HCl)

C = 0.014

D = peso de la muestra

E = FMS

$$\% PC = \% N \times 6.25$$

#### Determinación de fibra detergente neutro (Van Soest y Wine, 1967)

La FDN es el residuo orgánico combustible e insoluble que queda después de que la muestra fue tratada con sulfato lauril sódico en ebullición. Este detergente extrae de la célula el material soluble y solo deja lo que no es totalmente aprovechable o lo que solo es utilizado por los microbios del rumen. Las fracciones principales de la FDN son celulosa, hemicelulosa y lignina, además de algunas proteínas, minerales y cutícula. Además, el porcentaje de la FDN es el peso del residuo expresado como un porcentaje de la muestra original.

La determinación de la FDN se hizo de la siguiente manera: Se lavaron los crisoles (adaptados con filtro de vidrio) con agua destilada y H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 10%, luego se les dio tratamiento a los crisoles en una mufla a 550°C por 2 horas. Después se enfriaron los crisoles en un desecador durante 1 hora y se registraron sus pesos. Se pesó 1 g de muestra vegetal, después se vaciaron las muestras en vasos Berzelius de 600 ml junto con 100 ml de solución FDN (solución neutra detergente) y 2 ml de decahidronaftaleno. Posteriormente se colocaron los vasos en un digestor de fibra y se hirvieron durante 1 hora. Después de ese tiempo se vació el material hervido en los crisoles registrados y se hizo su extracción por

succión al vacío y al mismo tiempo se lavó el material y los crisoles con agua destilada a 80°C y acetona en forma alterna, luego se secaron los crisoles en una estufa a 105°C durante 12 horas. Después del enfriamiento de los crisoles en un desecador se registraron sus pesos.

El cálculo del porcentaje de FDN en base seca se hizo de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ FDN en BS} = \frac{[A - B]}{[C \times D]} \times 100$$

Donde:

A = peso del crisol + fibra

B = peso del crisol

C = peso de la muestra

D = FMS

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Determinación de fibra detergente ácido (Van Soest, 1963)

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Para la determinación de la FDA las muestras de alimento son hervidas en una solución conteniendo  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y el detergente cetyl trimetil bromuro de amonio. La hemicelulosa y proteínas de la pared celular son disueltas con la solución y el residuo que queda contiene principalmente celulosa y lignina, además de sílice, cutina y algunas pectinas.

Para la determinación de esta fracción alimenticia se utilizó el siguiente procedimiento: Se lavaron los crisoles (adaptados con filtro de vidrio) con agua destilada y  $\text{H}_2\text{SO}_4$  al 10%, posteriormente se les dio tratamiento en una mufla a 550°C por 2 horas, y después de su enfriamiento en un desecador durante 1 hora se registraron sus pesos. Se pesó 1 g

de muestra vegetal, luego se vaciaron las muestras en vasos Berzelius de 600 ml junto con 100 ml de solución FDA (solución ácido detergente) y 2 ml de decahidronaftaleno. Se colocaron los vasos en un digestor de fibra y se hirvieron durante 1 hora, después se vació el material hervido en los crisoles registrados y se hizo su extracción por succión al vacío y al mismo tiempo se lavó el material y los crisoles con agua destilada a 80°C y acetona en forma alterna. Después se hizo el secamiento de los crisoles en una estufa a 105°C durante 12 horas. Para finalizar con el enfriamiento de los crisoles en un desecador y registro de sus pesos (Nota: el residuo de cada muestra se guardó para la siguiente práctica).

El cálculo del porcentaje de FDA se hizo de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ FDA en BS} = \frac{[A - B]}{[C \times D]} \times 100$$

Donde:

A = peso del crisol + fibra

B = peso del crisol

C = peso de la muestra

D = FMS

### Determinación de lignina (Van Soest, 1963)

Para la obtención de esta fracción de la fibra, se utiliza el residuo que quedó después de haberse utilizado la técnica para la obtención de la FDA. Como la FDA consiste principalmente de lignocelulosa, al utilizar una solución de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  al 72% se disuelve y separa la celulosa del compuesto, quedando la lignina y la ceniza no soluble en ácido.

Para la determinación de la lignina se utilizó el siguiente procedimiento: Los crisoles que contenían el residuo de FDA se llenaron con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  al 72%, se agitó el contenido con

una varilla para producir una mezcla, al mismo tiempo se dejó drenar el ácido, y se repitió esto dos veces más. Después de 3 horas se filtró todo el ácido por medio de vacío y se repitió la operación una vez más, luego se lavó el contenido de los crisoles con agua caliente (85–95°C) hasta liberarlo del ácido. Después se procedió al secamiento de los crisoles durante 12 horas a 105°C, y posteriormente se registraron sus pesos. Por último se incineró el contenido de los crisoles en una mufla a 550°C durante 3 horas, para después de enfriarlos en un desecador, registrar sus pesos.

El cálculo se hizo de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Lignina en BS} = \frac{[A - B]}{[C \times D]} \times 100$$

Donde:

A = peso del crisol + lignina + cenizas

B = Peso del crisol + cenizas

C = Peso de la muestra

D = FMS

### Determinación de hemicelulosa

La obtención del porcentaje de hemicelulosa en base seca, se obtuvo por la diferencia entre el porcentaje de FDN en BS y el porcentaje de FDA en BS.

### Determinación de celulosa

La obtención del porcentaje de celulosa en base seca, se obtuvo por la diferencia entre el porcentaje de FDA en BS y el porcentaje de lignina en BS.

## Determinación de cenizas insolubles

Estas cenizas son las que quedan después de haber incinerado el residuo (lignina + minerales) que quedó después de haber utilizado  $H_2SO_4$  al 72%.

Su cálculo se hizo de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Cenizas insolubles en BS} = \frac{[A - B]}{[C \times D]} \times 100$$

Donde:

A = peso del crisol + cenizas

B = peso del crisol

C = peso de la muestra

D = FMS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Determinación de taninos condensados (Burns, 1971; Price *et al.*, 1978) <sup>®</sup>

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Procedimiento: Se pesaron 0.5 g de muestra por cuadruplicado (por especie y por estación) y se colocaron en tubos de ensayo (tubos de plástico de 15 ml con tapón), donde se realizó la extracción con 10 ml de HCl al 1% en metanol por 20 min (se colocaron los tubos en la gradilla y se taparon, luego se agitaron manualmente por inversión por 20 min), después se centrifugaron a 1000 rpm por 10 min. Después de esto, de cada tubo problema se tomó 1 ml y se colocaron en tubos de ensayo para cuatro repeticiones y el que sirvió como blanco. Posteriormente a cada tubo se le añadieron 5 ml del reactivo de vainillina/HCl (Vainillina al 4% en metanol y HCl al 8% en metanol, los cuales se disolvieron en partes iguales), y al tubo que sirvió como blanco se le añadieron 5 ml de HCl al 4% en metanol. En seguida los tubos se colocaron en baño María a una temperatura de 30°C por espacio de 20

minutos, después de secarse se agitaron y se tomó la lectura de su absorbancia en un espectrofotómetro a 500 nm.

#### **Curva de calibración para taninos:**

Los estándares se prepararon en matraces de aforación de 10 ml, a los cuales se les añadió 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 4.0 ml de solución estándar (100 mg de catequina y metanol con aforación en un matraz de un litro), donde su absorbancia sirvió como X, y los cuales corresponden a concentraciones de 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 y 0.8 mg/ml equivalentes de catequina, que son los valores de Y (el stock 2 mg ml<sup>-1</sup>, y lo estándares que se diluyeron a 10 ml).

Los resultados se expresan como equivalentes de catequina (mg E.C. 0.1<sup>-1</sup> g de materia seca) o en porcentajes.

#### **Determinación de energía bruta (EB), (Harris, 1970)**

Material utilizado para medir el calor de combustión

1. Bomba calorimétrica marca Parr, modelo 1241, con unidad de ignición, con depósito exterior de agua, depósito interior de agua, bomba de oxígeno modelo 1108, y termómetros Beckmann de mercurio con graduaciones de una centésima de grado centígrado.
2. Alambre de ignición.
3. Oxígeno.
4. Prensa pastilladora.
5. Aparatos enfriador y calentador de agua, para el depósito exterior de la bomba calorimétrica.

La determinación de energía bruta se hizo de acuerdo con la siguiente metodología: Con la ayuda de la prensa pastilladora se formó una pastilla de la muestra (peso aproximado 0.3–0.9 g), y se registró su peso (exactitud  $\pm 0.0001$  g). Se fijó un alambre de ignición de 10 cm de largo a ambas terminales de la cabeza de la bomba de oxígeno, y la pastilla se colocó

dentro de la cazuelita de la bomba de oxígeno, donde quedó apoyada por el alambre de ignición, en seguida la bomba de oxígeno se cerró con su tapa de rosca, se cerró la válvula de escape de gas de la bomba, y se llenó con flujo muy lento de oxígeno, hasta alcanzar 20 atmósferas (medidas con el manómetro del tanque de oxígeno). Se depositaron 2000 ml de agua destilada a temperatura entre 25 y 26°C en el depósito interior; se colocó con cuidado la bomba de oxígeno dentro del depósito interior de agua; después de cerrar la tapa de la bomba, se igualó la temperatura del agua del depósito exterior con la del depósito interior, y se registró la temperatura inicial. Después de accionar el botón de ignición se fue ajustando la temperatura del depósito exterior a la del depósito interior, luego se registró la temperatura alcanzada, cuando después de tres lecturas a intervalo de 1 min no se observó cambio (La temperatura final, ocurre generalmente después de 10–15 min). Una vez que se retiró la bomba de oxígeno se registró el largo del resto de alambre que no fue incinerado, y por diferencia de 10 cm, se calculó el largo del alambre que fue quemado. En seguida se enjuagó toda la superficie interna de la bomba con una corriente de agua destilada neutra y se recogió en un vaso de precipitado limpio (Para determinar la cantidad de ácido formado proveniente de la oxidación incidental de compuestos nitrogenados y azufrados), después se tituló el agua de lavado con una solución estandarizada de carbonato de sodio, empleando como indicador naranja de metilo, y con esto se realizó una corrección para tomar en cuenta el calor que fue liberado en la formación del ácido.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

El contenido de energía de la muestra ( $\text{cal g}^{-1}$ ) se calculó de la siguiente forma:

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

$$\text{Energía bruta (cal g}^{-1}\text{)} = \frac{[(A \times B \times C)] - [(D \times E)] - F}{G}$$

Donde:

A = 2000 ml

B = equivalente del agua

C = diferencia de temperatura

D = longitud de alambre quemado (cm)

$E = 2.3 \text{ cal cm}^{-1}$

$F = \text{ml Na}_2\text{CO}_3$

$G = \text{peso de la muestra (g)}$

El equivalente del agua es el número de calorías requeridas por la bomba calorimétrica para cambiar la temperatura de 2000ml de agua destilada en un grado centigrado, el cual se determinó utilizando una pastilla de ácido benzoico, cuyo peso se registró, y la misma tenía un contenido calórico conocido de  $6318 \text{ cal g}^{-1}$ .

### Preparación de cenizas para determinar minerales (Fasley *et al.*, 1965)

La preparación de las cenizas se hizo de acuerdo con el siguiente método: 1.0 g de cada muestra de planta, por cuadruplicado por especie y por estación fueron incineradas en una mufla a una temperatura de  $550^\circ\text{C}$  durante 5 horas. Las cenizas una vez que se enfriaron, se vertieron en vasos de precipitado de 100 ml, al cual se le agregaron 5 ml de HCl concentrado, 20 ml de agua bidestilada y 10 gotas de  $\text{HNO}_3$  concentrado. El contenido de los vasos se calentó a  $100^\circ\text{C}$  (bajo una campana para gases) hasta reducir el volumen a 10 ml aproximadamente. Una vez retirados los vasos, se les agregó 10 ml de agua bidestilada y se calentaron de nuevo por 2 a 3 minutos. Después de enfriada la solución se filtró a través de un papel filtro Wathman no. 40, usando un embudo de espiga larga para recoger el filtrado en un matraz de aforación de 50 ml, después se lavó el vaso de precipitado y el papel filtro 2 o 3 veces con pequeñas porciones de agua bidestilada. Se llevó la solución filtrada a un volumen de aforación de 50 ml con agua bidestilada. Se guardó la solución de cada muestra en un refrigerador (con una identificación) mientras se preparaba el material para la determinación de minerales.

### Determinación de minerales

El contenido de P fue estimado en un colorímetro (AOAC, 1990), mientras que las concentraciones de Ca, Mg, K, Na, Zn, Mn, Cu y Fe se cuantificaron por medio de un



espectrofotómetro de absorción atómica marca Varian (modelo Spectr AA-200). Partiendo de estándares comerciales para cada elemento, se obtuvo una curva estándar para cuantificar la concentración de cada elemento en la solución de cada muestra de especie, repetición y estación del año. Para el caso de los estándares de Ca y Na se utilizó KCl como fuente de supresor a una concentración de 2000 ppm de K, y de esta manera contrarrestar el efecto ionizante. Para el Mg, se utilizó LaCl<sub>3</sub> a una concentración final de 1000 ppm de La, y para el K se utilizó CsCl a una concentración final de 1000 ppm de Cs. Estos supresores de la ionización también fueron añadidos a las muestras que se analizaron. En el Anexo 5 se muestran los parámetros optimizados del espectrofotómetro que se emplearon para determinar la concentración de cada elemento.

### Técnica de digestibilidad *in situ* aplicada

La tasa y grado de desaparición de la MS, PC y FDN (de cada una de las 9 especies de plantas estudiadas) contenidas en bolsas nylon, fueron evaluadas usando 5 borregos raza Pelibuey canulados del rumen (con un peso aproximado de 45 Kg). Cuatro borregos, en cada estación, fueron usados para evaluar cada especie de planta. Los borregos fueron alimentados con alfalfa *ad libitum*. 4.0 g de material molido (cribados a 2 mm) fueron colocados en bolsas nylon (5 x 10 cm, con poros de 53 µm) y suspendidas en la parte ventral del rumen de cada borrego. Las bolsas fueron incubadas por 4, 8, 12, 24, 36 y 48 h. Después de ser removidas del rumen, las bolsas fueron lavadas en agua fría. El tiempo cero de desaparición del material fue obtenido por el lavado de las bolsas que no fueron incubadas en el rumen. Las bolsas se secaron a 60°C en una estufa. La pérdida de peso fue registrada como MS. La digestibilidad *in situ* de la MS, PC y FDN (DISPC) de cada periodo de incubación fue calculado como sigue (Ash, 1990):

$$\text{Digestibilidad } in \text{ situ } (\%) = \frac{[A - B]}{A} \times 100$$

Donde:

A = peso inicial de la muestra

B = peso final de la muestra

Para la obtención de los valores (%) de desaparición de la MS, PC y FDN en cada tiempo de incubación, se utilizó la ecuación de Ørskov y McDonald (1979):  $p = a + b(1 - e^{-ct})$ , donde  $p$  es el porcentaje de desaparición de la MS, PC o FDN en un tiempo  $t$ ,  $a$  es la fracción de la muestra que se pierde en el lavado,  $b$  es la fracción insoluble que es degradada lentamente en el rumen,  $c$  es una tasa constante de desaparición de la fracción  $b$ , y  $t$  es el tiempo de incubación. Los parámetros no lineales  $a$ ,  $b$  y  $c$  y la degradabilidad efectiva de la materia seca (DEMS), proteína cruda (DEPC) y fibra detergente neutro (DEFDN), fueron calculados, usando la ecuación de McDonald (1981), la cual se encuentra integrada en el programa Neway; la cual establece que la degradabilidad efectiva (DE) =  $(a+b)c/(c+k)(e^{-(c+k)t})$ , donde  $k$  es la tasa estimada del flujo fuera del rumen y  $t$  es el tiempo de retardo para que las bacterias inicien la degradación de la muestra en el rumen. La DEMS, DEPC y DEFND de las hojas de arbustivas y *M. sativa* fueron estimadas suponiendo una tasa de flujo ruminal de sólidos de  $2\% h^{-1}$ , la cual se considera como un ritmo de flujo lento (ARC, 1984).

### Análisis estadístico aplicado

Los valores relacionados con la variación estacional de los nutrientes y la digestibilidad *in situ* de la MS, PC y FDN de las plantas, fueron analizados utilizando un diseño de bloques al azar, donde los bloques fueron las estaciones y las plantas arbustivas los tratamientos. Para conocer si existían diferencias significativas entre los valores promedio de las estaciones en cada especie, se utilizó la prueba de comparación múltiple de Tukey. Además, los valores relacionados con el contenido estacional de nutrientes fueron correlacionados con los valores estacionales de degradabilidad efectiva de la MS, PC y FDN (Zar, 1996). Los análisis estadísticos fueron realizados usando el paquete SAS (1988).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### A) CONTENIDO ESTACIONAL DE NUTRIENTES EN EL FOLLAJE DE ARBUSTIVAS

#### Materia seca (MS)

En las cuatro estaciones evaluadas todas las especies de plantas arbustivas presentaron diferencias significativas ( $P < 0.001$ ) en su contenido de MS (Anexo 6), además las especies que durante el año tuvieron un contenido de MS superior a 50% fueron: *C. texana* (70.6%), *F. angustifolia* (54.3%), *L. tridentata* (55.4%) y *S. cuneifolia* (65.3%). Además, en invierno y otoño las arbustivas presentaron los niveles más altos de MS, mientras que en primavera y verano las especies de arbustivas presentaron un menor contenido de este nutriente, el cual puede ser atribuido, a que cuando se hizo la colecta de las plantas, sus tejidos se encontraban en estado de crecimiento, con un buen nivel de nitrógeno y con mayor humedad (Minson y Wilson, 1994), debido a que en estas dos estaciones se presentó la más alta precipitación pluvial. Debido a esta situación es probable que en otoño e invierno el consumo voluntario del follaje de estas arbustivas disminuya debido a que tienen un menor contenido de humedad (John y Ulyatt, 1987).

#### Materia orgánica (MO)

Durante el año de estudio todas las especies presentaron diferencias significativas ( $P < 0.001$ ) en su contenido de MO entre las estaciones (Anexo 7). La mayoría de las especies arbustivas evaluadas presentó su rango mayor en primavera y verano. La media anual de MO fue mayor en *C. texana* (91.6%), *F. angustifolia* (91.3%), *A. wrightii* (91.0%) y *B. celastrina* (91.2%). En cambio, *S. cuneifolia* (82.3%), fue la única especie que no presentó una media anual comparable o superior a *M. sativa* (86.7%). Sin embargo *S. cuneifolia* junto

con *K. humboldtiana*, *L. tridentata* y *Z. fagara* se pueden considerar como buenas fuentes de nutrientes minerales.

### Proteína cruda (PC)

El contenido de PC de las especies de plantas evaluadas varió significativamente ( $P < 0.01$ ) durante las estaciones del año (Cuadro 2), y en la mayoría de las especies de plantas arbustivas fue más alto en primavera, presentando los valores más altos en esta estación *K. humboldtiana* (25.9%), *Z. fagara* (25.8%), y *A. wrightii* (24.1%), las cuales superaron el nivel alcanzado por *M. sativa* (23.4%). La mayoría de los rangos menores se obtuvieron en otoño, y ninguna arbustiva alcanzó el nivel de *M. sativa* (19.0%), sin embargo los valores más altos fueron de *A. wrightii* (18.5%) y *Z. fagara* (18.8%). Con respecto a las medias anuales *A. wrightii* (21.8%), *K. humboldtiana* (20.7%) y *Z. fagara* (21.3%), tuvieron un contenido de PC superior a la alfalfa (19.3%).

**Cuadro 2. Variación estacional del contenido de proteína cruda (%) del follaje de las especies evaluadas.**

Especies	Estaciones				Medias $\pm$ EE Sig.
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	23.4 <sup>a</sup>	24.1 <sup>a</sup>	21.3 <sup>b</sup>	18.5 <sup>c</sup>	21.8 $\pm$ 0.6 ***
<i>B. celastrina</i>	18.3 <sup>a</sup>	18.2 <sup>a</sup>	15.4 <sup>c</sup>	16.7 <sup>b</sup>	17.2 $\pm$ 0.3 ***
<i>C. texana</i>	14.3 <sup>b</sup>	15.2 <sup>a b</sup>	16.2 <sup>a</sup>	14.3 <sup>b</sup>	15.0 $\pm$ 0.5 **
<i>F. angustifolia</i>	17.3 <sup>a</sup>	21.3 <sup>b</sup>	19.1 <sup>c</sup>	11.9 <sup>d</sup>	17.4 $\pm$ 0.5 ***
<i>K. humboldtiana</i>	20.8 <sup>b</sup>	25.9 <sup>a</sup>	18.4 <sup>c</sup>	17.5 <sup>c</sup>	20.7 $\pm$ 0.7 ***
<i>L. tridentata</i>	16.5 <sup>b</sup>	18.2 <sup>a</sup>	17.2 <sup>a b</sup>	17.6 <sup>a b</sup>	17.4 $\pm$ 0.4 **
<i>S. cuneifolia</i>	12.3 <sup>c</sup>	15.3 <sup>b</sup>	18.4 <sup>a</sup>	14.2 <sup>b</sup>	15.0 $\pm$ 0.5 ***
<i>Z. fagara</i>	19.6 <sup>c</sup>	25.8 <sup>a</sup>	21.0 <sup>b</sup>	18.8 <sup>c</sup>	21.3 $\pm$ 0.3 ***
<i>M. sativa</i>	18.2 <sup>b c</sup>	23.4 <sup>a</sup>	16.6 <sup>c</sup>	19.0 <sup>b</sup>	19.3 $\pm$ 0.6 ***

<sup>a b c d</sup> Base seca; \*\*( $P < 0.01$ ); \*\*\*( $P < 0.001$ ); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>a b c d</sup> Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

Se ha documentado que el contenido de PC de las plantas disminuye a medida que se incrementa la madurez de las plantas (Devasena *et al.*, 1994), sin embargo, la mayoría de las plantas evaluadas tuvo un mayor contenido de PC en invierno que en otoño debido a que todas las colectas se realizaron al final de cada estación. Cuando se hizo la colecta de invierno la mayoría de las arbustivas ya habían iniciado la renovación de su follaje. Durante la temporada de sequía, generalmente el forraje de árboles y arbustos tienen un alto contenido de PC en comparación a los zacates (Neira *et al.*, 1994), y el ramoneo de árboles y arbustos durante esta época es considerado como un suplemento proteico para rumiantes domésticos y de vida silvestre (Ramírez *et al.*, 1997). Además, el contenido de PC en las plantas arbustivas es alto comparado con los zacates, y es relativamente constante a través del año (Norton y Poppi, 1995).

### Fibra detergente neutro (FDN)

Como se muestra en el Cuadro 3, el contenido de FDN de las especies de arbustivas, varió significativamente ( $P < 0.01$ ) durante las cuatro estaciones del año. La mayoría de las plantas arbustivas alcanzaron los valores más altos de FDN en primavera, y las arbustivas que presentaron un valor superior a *M. sativa* (45.9%) fueron *F. angustifolia* (50.9%) y *S. cuneifolia* (47.6%). En otoño, la mayoría de las arbustivas tuvieron los rangos estacionales más bajos, los cuales fueron inferiores al de *M. sativa* (46.0%). La media anual de FDN de todas las arbustivas fue menor a *M. sativa* (49.2%), presentando los valores más bajos *L. tridentata* (21.9%) y *Z. fagara* (32.2%).

El hecho de que las arbustivas hayan tenido un mayor contenido de FDN en primavera y verano pudo deberse, en parte, a que en estas dos estaciones se presentaron las más altas temperaturas del año, llegándose a registrar temperaturas máximas por encima de 40°C (Figuras 5,6 y 7), por lo que esto pudiera estar relacionado con lo explicado por Buxton y Casler (1993).

**Cuadro 3. Dinámica estacional del contenido de fibra detergente neutro (%) del follaje de las arbustivas evaluadas.**

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias ± EE Sig.
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	50.3 <sup>a</sup>	41.8 <sup>a b</sup>	43.6 <sup>b</sup>	39.2 <sup>c</sup>	43.7 ± 1.0 <sup>***</sup>
<i>B. celastrina</i>	35.3 <sup>a</sup>	35.7 <sup>a</sup>	34.5 <sup>a</sup>	28.5 <sup>b</sup>	33.5 ± 0.9 <sup>***</sup>
<i>C. texana</i>	41.9 <sup>b</sup>	45.7 <sup>a</sup>	43.1 <sup>b</sup>	43.0 <sup>b</sup>	43.4 ± 0.7 <sup>***</sup>
<i>F. angustifolia</i>	40.6 <sup>b</sup>	50.9 <sup>a</sup>	40.3 <sup>b</sup>	34.8 <sup>c</sup>	41.6 ± 1.3 <sup>***</sup>
<i>K. humboldtiana</i>	34.9 <sup>b</sup>	39.8 <sup>a</sup>	37.3 <sup>a b</sup>	34.5 <sup>b</sup>	36.6 ± 1.3 <sup>**</sup>
<i>L. tridentata</i>	23.6 <sup>a</sup>	26.7 <sup>a</sup>	18.8 <sup>b</sup>	18.3 <sup>b</sup>	21.9 ± 1.0 <sup>***</sup>
<i>S. cuneifolia</i>	37.8 <sup>d</sup>	47.6 <sup>b</sup>	51.0 <sup>a</sup>	41.2 <sup>c</sup>	44.4 ± 0.8 <sup>***</sup>
<i>Z. fagara</i>	25.7 <sup>c</sup>	40.1 <sup>a</sup>	32.6 <sup>b</sup>	26.3 <sup>c</sup>	32.2 ± 1.0 <sup>***</sup>
<i>M. sativa</i>	53.4 <sup>a</sup>	45.9 <sup>b</sup>	51.5 <sup>a</sup>	46.0 <sup>b</sup>	49.2 ± 1.1 <sup>***</sup>

<sup>1</sup>Base seca; \*\* (P<0.01); \*\*\* (P<0.001); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

Las plantas arbustivas con bajo contenido de FDN tienen relativamente un mayor valor nutritivo en comparación con los zacates (Lowry *et al.*, 1992). Los forrajes en crecimiento vegetativo tienen menor contenido de FDN que cuando estos llegan a su madurez, y las hojas de leguminosas que crecen en pastizales son generalmente más digestibles que sus tallos (Minson, 1990). Como el contenido de FDN en todas las arbustivas fue inferior al de *M. sativa*, esto representa una ventaja para el rumiante ya que el follaje de las mismas pudiera ser digerido más fácilmente y en mayor cantidad.

### Fibra detergente ácido (FDA)

Con excepción de *C. texana*, el resto de las especies arbustivas presentó diferencias significativas (P<0.01) en las cuatro estaciones del año (Anexo 8). El contenido de FDA (ligno-celulosa) en las plantas arbustivas fue más alto en primavera, sin embargo el contenido de este tipo de fibra en *F. angustifolia* (23.2%), *K. humboldtiana* (25.3%), *L.*

*tridentata* (23.5%) y *Z. fagara* (21.8%) fue inferior al de *M. sativa* (28.2%); en cambio, en otoño las arbustivas tuvieron el menor contenido de FDA, presentando todas un nivel inferior a la alfalfa (33.8%) y también la media anual de FDA de todas las arbustivas fue inferior a *M. sativa* (33.7%). El hecho de que las arbustivas hayan mostrado un mayor contenido de FDA en primavera pudo deberse a que al final de la estación que es cuando se hizo la colecta, las plantas habían acumulado una mayor cantidad de días en esa estación recibiendo altas temperaturas, y se conoce que a temperaturas altas se incrementa la síntesis de FDA, celulosa y sílice (Nelson y Moser, 1994).

## Celulosa

De las especies de arbustivas evaluadas solamente *B. celastrina* y *K. humboldtiana* no presentaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en el contenido de celulosa en las cuatro estaciones del año (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Variación estacional del contenido de celulosa (%) de las especies evaluadas.**

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias ± EE Sig.
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	16.7 <sup>b,c</sup>	19.5 <sup>a</sup>	19.2 <sup>a,b</sup>	14.3 <sup>c</sup>	17.4 ± 0.8 ***
<i>B. celastrina</i>	15.9 <sup>a</sup>	13.9 <sup>a</sup>	14.6 <sup>a</sup>	14.2 <sup>a</sup>	14.6 ± 0.9 NS
<i>C. texana</i>	2.1 <sup>c</sup>	9.1 <sup>ab</sup>	14.1 <sup>a</sup>	8.2 <sup>b</sup>	8.4 ± 1.8 ***
<i>F. angustifolia</i>	4.6 <sup>c</sup>	9.9 <sup>a</sup>	7.5 <sup>b</sup>	5.4 <sup>c</sup>	6.9 ± 0.5 ***
<i>K. humboldtiana</i>	9.5 <sup>a</sup>	8.4 <sup>a</sup>	9.3 <sup>a</sup>	12.6 <sup>a</sup>	9.9 ± 1.7 NS
<i>L. tridentata</i>	7.8 <sup>a,b</sup>	8.9 <sup>a</sup>	5.3 <sup>b</sup>	6.3 <sup>b</sup>	7.1 ± 0.8 **
<i>S. cuneifolia</i>	12.1 <sup>c</sup>	9.3 <sup>c</sup>	23.1 <sup>a</sup>	17.1 <sup>b</sup>	15.4 ± 1.1 ***
<i>Z. fagara</i>	9.0 <sup>ab</sup>	11.1 <sup>a</sup>	6.9 <sup>b</sup>	6.9 <sup>b</sup>	8.5 ± 0.7 ***
<i>M. sativa</i>	20.2 <sup>b</sup>	14.7 <sup>c</sup>	26.6 <sup>a</sup>	25.0 <sup>ab</sup>	21.6 ± 1.6 ***

<sup>1</sup>Base seca; \*\*( $P < 0.01$ ), \*\*\*( $P < 0.001$ ); NS = diferencias no significativas ( $P > 0.05$ ); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abc</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

En la estación de verano las plantas arbustivas tuvieron un mayor contenido de celulosa, pero todas mostraron un nivel inferior al de la *M. sativa* (26.6%); en cambio, en invierno el contenido fue menor, pero todas tuvieron un nivel inferior al que se observó en *M. sativa* (20.2%), y las especies que durante las cuatro estaciones mostraron el menor contenido de celulosa fueron *L. tridentata* (7.1%), *F. angustifolia* (6.9%), *C. texana* (8.4%) y *Z. fagara* (8.5%), pero las que presentaron un mayor contenido fueron *A. wrightii* (17.4%) y *S. cuneifolia* (15.4%). Sin embargo, durante el año todas las arbustivas alcanzaron niveles de celulosa inferiores a la de *M. sativa* (21.6%), pudiendo representar esto una desventaja para los microorganismos del rumen (y para el rumiante), debido a que obtienen menos energía con la degradación de este nutriente de las arbustivas, que con el que obtienen de *M. sativa* (Moore y Hatfield, 1994).

### Hemicelulosa

Con excepción de *C. texana* y *K. humboldtiana*, el resto de las especies arbustivas mostró un contenido de hemicelulosa que varió significativamente ( $P < 0.05$ ) durante las cuatro estaciones del año (Cuadro 5). Las plantas arbustivas obtuvieron el nivel más alto de hemicelulosa en primavera, superando el nivel de *M. sativa* (17.7%), *F. angustifolia* (27.7%), *S. cuneifolia* (18.8%) y *Z. fagara* (18.4%). En otoño, las arbustivas tuvieron el menor contenido de hemicelulosa y las que presentaron un nivel equivalente o superior al de *M. sativa* (12.0%) fueron, *A. wrightii* (12.0%), *F. angustifolia* (19.4%), *K. humboldtiana* (14.0%) y *S. cuneifolia* (17.3%). Además, en relación al promedio anual, *F. angustifolia* (22.8%), *S. cuneifolia* (16.9%) y *K. humboldtiana* (15.2%), presentaron niveles de hemicelulosa superiores o comparables a *M. sativa* (15.4%), lo que significa que estas arbustivas pueden ser buenas fuentes potenciales de energía para los microorganismos del rumen, en cambio *B. celastrina* (3.7%) y *L. tridentata* (3.6%), por tener bajos niveles de este nutriente representan fuentes potenciales de baja energía.



**Cuadro 5. Oscilación estacional del contenido de hemicelulosa (%) del follaje de las arbustivas evaluadas.**

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias ± EE Sig.
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	16.5 <sup>a</sup>	9.5 <sup>b</sup>	13.0 <sup>ab</sup>	12.0 <sup>ab</sup>	12.7 ± 1.5 <sup>**</sup>
<i>B. celastrina</i>	5.6 <sup>a</sup>	2.3 <sup>b</sup>	4.0 <sup>ab</sup>	2.8 <sup>b</sup>	3.7 ± 0.8 <sup>**</sup>
<i>C. texana</i>	10.9 <sup>a</sup>	13.7 <sup>a</sup>	11.2 <sup>a</sup>	10.3 <sup>a</sup>	11.5 ± 1.3 <sup>NS</sup>
<i>F. angustifolia</i>	22.1 <sup>b</sup>	27.7 <sup>a</sup>	22.2 <sup>b</sup>	19.4 <sup>b</sup>	22.8 ± 1.3 <sup>***</sup>
<i>K. humboldtiana</i>	15.6 <sup>a</sup>	14.4 <sup>a</sup>	16.7 <sup>a</sup>	14.0 <sup>a</sup>	15.2 ± 2.2 <sup>NS</sup>
<i>L. tridentata</i>	5.7 <sup>a</sup>	3.2 <sup>ab</sup>	2.1 <sup>b</sup>	3.5 <sup>ab</sup>	3.6 ± 0.9 <sup>*</sup>
<i>S. cuneifolia</i>	12.6 <sup>b</sup>	18.8 <sup>a</sup>	19.2 <sup>a</sup>	17.3 <sup>a</sup>	16.9 ± 0.7 <sup>***</sup>
<i>Z. fagara</i>	8.2 <sup>b</sup>	18.4 <sup>a</sup>	17.1 <sup>a</sup>	10.8 <sup>b</sup>	13.6 ± 1.0 <sup>***</sup>
<i>M. sativa</i>	16.5 <sup>a</sup>	17.7 <sup>a</sup>	15.5 <sup>a</sup>	12.0 <sup>b</sup>	15.4 ± 1.0 <sup>**</sup>

<sup>1</sup>Base seca; \*(P<0.05), \*\*(P<0.01), \*\*\* (P<0.001); NS = diferencias no significativas (P>0.05); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

## Lignina

Con excepción de *Z. fagara*, el resto de las arbustivas presentó un contenido de lignina que varió significativamente (P<0.05) durante las cuatro estaciones del año (Cuadro 6). Además, el nivel más alto de lignina en las plantas arbustivas se presentó en primavera, donde solamente *A. wrightii* (12.8%), *L. tridentata* (12.6%), y *Z. fagara* (9.8%) tuvieron un nivel equiparable o inferior a *M. sativa* (12.8%). En otoño, las plantas arbustivas tuvieron los niveles más bajos de lignina, donde *K. humboldtiana* (7.5%), *L. tridentata* (7.8%), *S. cuneifolia* (6.6%) y *Z. fagara* (7.8%), mostraron niveles inferiores a *M. sativa* (9.0%). Además, *A. wrightii* (13.0%), *B. celastrina* (14.8%) y *C. texana* (22.5%), tuvieron una media anual de lignina más alta que la *M. sativa* (11.9%); significando lo anterior, que de las plantas evaluadas, cinco tuvieron niveles equiparables o inferiores de lignina que *M. sativa*. Se ha documentado que un alto contenido de lignina (como el mostrado por las plantas arbustivas estudiadas), ejerce un efecto negativo sobre la digestibilidad de la pared celular, ocasionando de este modo una disminución en el consumo del forraje (Jung y Allen, 1995).

**Cuadro 6. Dinámica estacional del contenido de lignina (%) de las arbustivas analizadas.**

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias ± EE Sig.
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	16.5 <sup>a</sup>	12.8 <sup>b</sup>	10.9 <sup>b</sup>	11.9 <sup>b</sup>	13.0 ± 0.9 <sup>***</sup>
<i>B. celastrina</i>	13.0 <sup>c</sup>	19.4 <sup>a</sup>	15.6 <sup>b</sup>	11.3 <sup>c</sup>	14.8 ± 0.8 <sup>***</sup>
<i>C. texana</i>	28.2 <sup>a</sup>	22.0 <sup>b</sup>	17.3 <sup>c</sup>	22.7 <sup>b</sup>	22.5 ± 1.4 <sup>***</sup>
<i>F. angustifolia</i>	13.2 <sup>a</sup>	13.0 <sup>ab</sup>	10.1 <sup>bc</sup>	9.6 <sup>c</sup>	11.5 ± 1.0 <sup>**</sup>
<i>K. humboldtiana</i>	9.6 <sup>b</sup>	16.9 <sup>a</sup>	9.9 <sup>b</sup>	7.5 <sup>b</sup>	11.0 ± 1.4 <sup>***</sup>
<i>L. tridentata</i>	10.0 <sup>ab</sup>	12.6 <sup>a</sup>	8.8 <sup>ab</sup>	7.8 <sup>b</sup>	9.8 ± 1.2 <sup>*</sup>
<i>S. cuneifolia</i>	12.5 <sup>b</sup>	18.9 <sup>a</sup>	8.6 <sup>bc</sup>	6.6 <sup>c</sup>	11.7 ± 1.6 <sup>***</sup>
<i>Z. fagara</i>	8.0 <sup>a</sup>	9.8 <sup>a</sup>	7.8 <sup>a</sup>	7.8 <sup>a</sup>	8.3 ± 1.0 <sup>NS</sup>
<i>M. sativa</i>	16.7 <sup>a</sup>	12.8 <sup>ab</sup>	9.1 <sup>b</sup>	9.0 <sup>b</sup>	11.9 ± 1.4 <sup>**</sup>

<sup>1</sup>Base seca; \* (P<0.05), \*\* (P<0.01), \*\*\* (P<0.001); NS = diferencias no significativas (P>0.05); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

## Cenizas

Todas las especies de arbustivas presentaron diferencias significativas (P<0.001) en su contenido de cenizas durante las cuatro estaciones del año (Anexo 9). En invierno y otoño las arbustivas mostraron los más altos niveles de cenizas. En invierno, solo *S. cuneifolia* (20.8%) superó el valor de *M. sativa* (15.7%) y en otoño *S. cuneifolia* (18.6%), *K. humboldtiana* (14.6%) y *Z. fagara* (12.5%), superaron el valor de *M. sativa* (12.3%). Las especies de arbustivas que tuvieron medias anuales superiores a *M. sativa* (13.3%), fueron *K. humboldtiana* (13.6%), *L. tridentata* (13.5%) y *S. cuneifolia* (17.7%), en cambio *C. texana* (8.4%) obtuvo el valor más bajo. De acuerdo con estos resultados se puede considerar que en conjunto las especies evaluadas son fuente potencial de minerales durante las cuatro estaciones del año.

## Cenizas insolubles

El contenido de cenizas insolubles de la mayoría de las arbustivas varió significativamente ( $P < 0.05$ ) durante las cuatro estaciones del año (Anexo 10). Además, en verano las arbustivas mostraron el mayor contenido de cenizas insolubles, y siete especies presentaron un contenido de cenizas equiparable o superior a *M. sativa* (0.4%), donde los valores más altos los alcanzaron *K. humboldtiana* (1.3%) y *L. tridentata* (2.7%). En invierno, las arbustivas tuvieron los niveles de cenizas insolubles más bajos, pero todas superaron el nivel de *M. sativa* (0.0%), donde el valor más alto correspondió a *B. celastrina* (0.9%). Por último, todas las arbustivas presentaron una media anual igual o superior a *M. sativa* (0.4%), y la especie que obtuvo el valor más alto fue *L. tridentata* (1.4%). El alto nivel de cenizas insolubles mostrado por *L. tridentata*, si se asocia con la lignina puede producir una disminución en la digestibilidad de la FDN (Van Soest y Jones, 1968).

## Taninos

De las ocho especies de plantas evaluadas durante el año, cinco presentaron taninos (Cuadro 7), cuya cantidad varió significativamente ( $P < 0.001$ ) durante las cuatro estaciones del año, obteniendo los valores más altos *B. celastrina* (2.1%) y *K. humboldtiana* (2.1%) y el más bajo *A. wrightii* (0.3%). Aunque las arbustivas evaluadas mostraron un bajo contenido de taninos; *C. texana*, *K. humboldtiana* y *L. tridentata* tienen un valor limitado como forraje tanto para rumiantes domésticos como de vida silvestre, porque además de los referidos taninos, contienen fenoles, principios activos o sustancias tóxicas (Ramírez, 1996; Mangione et al., 2000; González, 1989), por lo que estas arbustivas son consumidas en cierto grado solo en temporadas de sequía por rumiantes en pastoreo.

**Cuadro 7. Variación estacional del contenido de taninos (%) del follaje de las arbustivas evaluadas.**

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias $\pm$ EE Sig,
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	0.1 <sup>c</sup>	0.2b <sup>c</sup>	0.6 <sup>a</sup>	0.3 <sup>b</sup>	0.3 $\pm$ 0.1 ***
<i>B. celastrina</i>	4.2 <sup>a</sup>	ND <sup>d</sup>	1.6 <sup>c</sup>	2.7 <sup>b</sup>	2.1 $\pm$ 0.1 ***
<i>C. texana</i>	ND <sup>b</sup>	3.5 <sup>a</sup>	ND <sup>b</sup>	ND <sup>b</sup>	0.9 $\pm$ 0.0 ***
<i>F. angustifolia</i>	ND <sup>a</sup>	ND <sup>a</sup>	ND <sup>a</sup>	ND <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 NS
<i>K. humboldtiana</i>	2.6 <sup>b</sup>	1.2 <sup>d</sup>	3.0 <sup>a</sup>	1.8 <sup>c</sup>	2.1 $\pm$ 0.1 ***
<i>L. tridentata</i>	1.0 <sup>b</sup>	0.9 <sup>b</sup>	0.3 <sup>c</sup>	1.5 <sup>a</sup>	0.9 $\pm$ 0.1 ***
<i>S. cuneifolia</i>	ND <sup>a</sup>	ND <sup>a</sup>	ND <sup>a</sup>	ND <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 NS
<i>Z. fagara</i>	ND <sup>a</sup>	ND <sup>a</sup>	ND <sup>a</sup>	ND <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 NS
<i>M. sativa</i>	ND <sup>a</sup>	ND <sup>a</sup>	ND <sup>a</sup>	ND <sup>a</sup>	0.0 $\pm$ 0.0 NS

<sup>1</sup>Base seca; \*\*\*( $P < 0.001$ ); NS = diferencias no significativas ( $P > 0.05$ ); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales; ND = no detectados

### Energía bruta (EB)

El contenido de energía de las especies evaluadas presentó diferencias significativas ( $P < 0.001$ ) durante las cuatro estaciones del año (Anexo 11). En primavera y verano las arbustivas tuvieron los niveles más altos de energía. En primavera todas las arbustivas tuvieron niveles de energía superiores o equiparables a *M. sativa* (4.3 Mcal Kg<sup>-1</sup>), siendo más altos en *A. wrightii* (5.1 Mcal Kg<sup>-1</sup>) y *L. tridentata* (5.1 Mcal Kg<sup>-1</sup>). En verano también todas las arbustivas tuvieron niveles de energía superiores o equiparables a *M. sativa* (4.4 Mcal Kg<sup>-1</sup>), siendo más altos en *F. angustifolia* (5.3 Mcal Kg<sup>-1</sup>) y *A. wrightii* (5.1 Mcal Kg<sup>-1</sup>). También la media anual de energía fue superior o equiparable a la obtenida por *M. sativa* (4.4 Mcal Kg<sup>-1</sup>), obteniendo los valores más altos *F. angustifolia* (5.1 Mcal Kg<sup>-1</sup>) y *L. tridentata* (5.0 Mcal Kg<sup>-1</sup>).

Aunque la mayoría de las arbustivas mostraron niveles de energía bruta superiores a *M. sativa*, esto no significa que su aporte de energía a los rumiantes vaya a ser superior a *M.*

*sativa*, ya que falta por conocer cuanta de esa energía contenida en las plantas será aprovechada por los rumiantes (Church *et al.*, 1987)

## B) DIGESTIBILIDAD RUMINAL

### Parámetros no lineales de digestibilidad ruminal de la materia seca

Con excepción de *B. celastrina*, el resto de las especies arbustivas presentó diferencias significativas ( $P < 0.001$ ) en la fracción **a** de la MS, durante las cuatro estaciones del año. La mayoría de las plantas arbustivas tuvieron los valores más altos en la fracción **a** de la MS en invierno y otoño (Anexo 12), siendo mayores en invierno en *F. angustifolia* (48.4%), *K. humboldtiana* (41.4%) y *L. tridentata* (40.7%); y en otoño en *F. angustifolia* (43.7%) y *Z. fagara* (42.8%). De las ocho arbustivas evaluadas solo *F. angustifolia* presentó una media anual (41.8%) que resultó superior a *M. sativa* (38.9%). El hecho de que *F. angustifolia* haya tenido una media anual alta en la fracción **a** de la MS, representa una ventaja para el rumiante, en relación con las otras especies evaluadas, porque esta fracción por ser soluble en el líquido ruminal, fue rápidamente degradada por las bacterias del rumen.

Con excepción de *S. cuneifolia*, el resto de las especies evaluadas presentó diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) en la fracción **b** de la MS durante las cuatro estaciones del año. La fracción **b** de la MS fue más degradada en primavera y verano (Anexo 13), obteniendo los valores más altos *K. humboldtiana* (61.5%), *F. angustifolia* (60.3%) y *Z. fagara* (55.5%). La mayoría de los rangos menores se obtuvieron en otoño, siendo más bajos en *B. celastrina* (27.3%) y *A. wrightii* (28.1%). Durante el año, la fracción **b** fue más degradada en *K. humboldtiana* (49.8%), *Z. fagara* (49.6%) y *F. angustifolia* (47.4%), que en *M. sativa* (43.5%).

Con excepción de *Z. fagara*, la degradabilidad potencial (**a+b**) de la MS de las especies arbustivas, presentó diferencias significativas durante las cuatro estaciones del año (Anexo 14). La degradabilidad potencial de la materia seca fue más alta en verano, presentando *F. Angustifolia* (93.3%), *L. Tridentata* (89.9%) y *Z. Fagara* (88.5%) una degradabilidad superior

a *M. sativa* (80.9%). En otoño las arbustivas tuvieron la degradabilidad potencial más baja, superando solamente *Z. Fagara* (84%) el valor de *M. sativa* (83.7%). Con relación a la media anual solamente *F. Angustifolia* (89.2%) y *Z. Fagara* (84%) superaron el valor de *M. sativa* (82.4%). El hecho de que el promedio más alto de degradabilidad potencial de la MS lo obtuvieran *F. angustifolia* y *Z. fagara*, pudo deberse a que durante el año de estudio estas dos especies presentaron bajos niveles de FDA y no se les detectaron taninos; por lo que se considera que estas dos especies son importantes para ser ramoneadas.

De las especies evaluadas solamente *C. texana*, *S. cuneifolia* y *Z. fagara* tuvieron una tasa de degradación (c) de la MS, que fluctuó significativamente ( $P < 0.01$ ) durante las cuatro estaciones del año (Anexo 15). La tasa de degradación de la fracción c fue más alta en invierno, siendo mayor en *S. cuneifolia* ( $13\% \text{ h}^{-1}$ ), *Z. fagara* ( $12.5\% \text{ h}^{-1}$ ), *C. texana* ( $9.1\% \text{ h}^{-1}$ ) y *A. wrightii* ( $7.2\% \text{ h}^{-1}$ ). La fracción insoluble de la materia seca fue más lentamente degradada en otoño, presentando el valor más bajo en esta estación *C. texana* ( $3.2\% \text{ h}^{-1}$ ). De las arbustivas evaluadas, siete obtuvieron una tasa de degradación anual equivalente o superior a *M. sativa* ( $5.4\% \text{ h}^{-1}$ ).

Durante las cuatro estaciones del año solamente *A. wrightii*, *F. angustifolia*, *L. tridentata* y *S. cuneifolia*, presentaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en sus tiempos de retardo (t) (Anexo 16). El tiempo de retardo fue menor en invierno y más alto en verano, obteniendo los valores más bajos en invierno *L. tridentata* (1.9 h) y *A. wrightii* (3.2 h), y en verano, fueron más altos en *K. humboldtiana* (4.7 h) y *L. tridentata* (4.7 h). *A. wrightii* (3.6 h), *B. celastrina* (3.4 h), y *L. tridentata* (3.5 h) registraron medias anuales de tiempos de retardo inferiores a *M. sativa* (3.7 h).

Todas las especies de arbustivas presentaron diferencias significativas ( $P < 0.001$ ) en su degradabilidad efectiva de la MS durante las cuatro estaciones del año (Cuadro 8). Con relación a esta degradabilidad, la materia seca fue más degradada en invierno y menos degradada en otoño, presentando los valores más altos en invierno *F. angustifolia* (76.3%) y *K. humboldtiana* (70.7%), y en otoño, los valores más bajos correspondieron a *B. celastrina* (45.7%) y *L. tridentata* (52.8%). De las arbustivas evaluadas, solamente *F. angustifolia* (72.3%) y *Z. fagara* (68.1%) tuvieron una media anual superior o equiparable a *M. sativa*

(67.6%), y el valor más bajo se registró en *B. celastrina* (51%). Aunque en contenido de FDN y taninos en las plantas evaluadas fue bajo, el hecho de que la mayoría de las arbustivas presentaran una DEMS inferior a *M. sativa*, pudo deberse principalmente al contenido de lignina, ya que *F. angustifolia* y *Z. fagara* que tuvieron una DEMS más alta que *M. sativa*, mostraron un contenido de lignina inferior a esta planta testigo, en cambio, *B. celastrina* por tener taninos y un alto contenido de lignina tuvo una DEMS baja. Esta misma tendencia en la DEMS con relación a los taninos y lignina, se obtuvieron en estudios complementarios realizados por Moya (1997) y Castillo (1997) con 10 especies arbustivas nativas del noreste de México.

**Cuadro 8. Degradabilidad efectiva (%) de la materia seca a una tasa de recambio ruminal de 2% h<sup>-1</sup> en las cuatro estaciones del año.**

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias ± EE Sig.
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	50.8 <sup>d</sup>	58.2 <sup>b</sup>	61.0 <sup>a</sup>	54.2 <sup>c</sup>	56.0 ± 0.8 ***
<i>B. celastrina</i>	53.8 <sup>b</sup>	47.1 <sup>c</sup>	56.9 <sup>a</sup>	45.7 <sup>c</sup>	51.0 ± 0.9 ***
<i>C. texana</i>	62.9 <sup>a</sup>	64.4 <sup>a</sup>	62.6 <sup>a</sup>	59.0 <sup>b</sup>	62.2 ± 0.6 ***
<i>F. angustifolia</i>	76.3 <sup>a</sup>	70.4 <sup>b</sup>	74.1 <sup>a</sup>	68.6 <sup>b</sup>	72.3 ± 0.8 ***
<i>K. humboldtiana</i>	70.7 <sup>a</sup>	62.7 <sup>b</sup>	52.8 <sup>c</sup>	55.5 <sup>c</sup>	60.4 ± 1.2 ***
<i>L. tridentata</i>	62.4 <sup>b</sup>	58.5 <sup>bc</sup>	72.4 <sup>a</sup>	52.8 <sup>c</sup>	61.5 ± 2.9 ***
<i>S. cuneifolia</i>	66.9 <sup>a</sup>	59.3 <sup>b</sup>	54.6 <sup>c</sup>	61.4 <sup>b</sup>	60.5 ± 0.8 ***
<i>Z. fagara</i>	71.4 <sup>a</sup>	60.7 <sup>b</sup>	71.8 <sup>a</sup>	68.8 <sup>a</sup>	68.1 ± 1.7 ***
<i>M. sativa</i>	63.2 <sup>b</sup>	75.0 <sup>a</sup>	65.0 <sup>b</sup>	67.2 <sup>b</sup>	67.6 ± 1.5 ***

<sup>1</sup>Base seca; \*\*\* (P<0.001); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

## Parámetros no lineales de digestibilidad ruminal de la proteína cruda

La fracción a de la PC del follaje de las especies evaluadas fue más degradada en invierno y menos degradada en otoño (Anexo 17). Además todas las especies presentaron diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) en la degradabilidad de la fracción a durante las cuatro estaciones del año. Durante el año, en la mayoría de las arbustivas esta fracción fue más degradada que *M. sativa* (40.7%), obteniendo los valores más altos *S. cuneifolia* (58.1%), *A. wrightii* (48.7%) y *K. humboldtiana* (46%), en cambio *Z. fagara* (36.5%) registró el nivel más bajo de todas las arbustivas. Como la media estacional de la fracción a fue más alta en invierno, esto pudiera significar que en esta estación, las arbustivas presentaron mayor cantidad de proteína soluble (fracción a), la cual fue degradada rápidamente por los microorganismos del rumen, o que pasó por el mismo solubilizada en agua o en mezclas acuosas de ácidos (Orskov *et al.*, 1980; Maynard *et al.*, 1989).

Con excepción de *B. celastrina*, el resto de las especies arbustivas presentó diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) en la degradabilidad de la fracción b de la PC, durante las cuatro estaciones del año (Anexo 18). La fracción b de la PC fue más degradada en verano y menos degradada en primavera, además durante el año solo *Z. fagara* (52%) tuvo un nivel de degradabilidad superior a *M. sativa* (46.5%). por otra parte *B. celastrina* (28.4%) y *L. tridentata* (28.3%) presentaron los niveles más bajos. El hecho de que la media estacional de la fracción b haya sido más alta en verano, que en las demás estaciones, pudo deberse a una menor proporción de lignina y taninos de las arbustivas durante esta estación, lo cual indica que se trata en buena medida de PC insoluble no ligada a la pared celular, la cual puede ser digerida en mayor grado, cuando el follaje tiene un menor contenido de taninos (Kumar y D'Mello, 1995; Ramírez *et al.*, 1997).

La degradabilidad potencial (a+b) de la PC, fue más alta en invierno y más baja en otoño (Anexo 19). Además solo *F. angustifolia*, *K. humboldtiana*, *L. tridentata* y *Z. fagara*, fueron las únicas especies que presentaron diferencias significativas ( $P < 0.001$ ) en la degradabilidad potencial de la PC durante las cuatro estaciones del año. Durante el año esta degradabilidad potencial fue más alta que *M. sativa* (87.2%) en *S. cuneifolia* (92%), *Z. fagara* (88.1%) y *C. texana* (87.5%). *L. tridentata* presentó el nivel más bajo (68.7%) de todas las arbustivas.



La tasa de degradación (c) de la PC fue más alta en invierno y lo contrario ocurrió en otoño (Anexo 20). Además *A. wrightii*, *C. texana*, *S. cuneifolia* y *Z. fagara*, fueron las únicas especies que presentaron diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) en la tasa de degradación de la PC durante las cuatro estaciones del año. La PC de todas las arbustivas fue degradada a menor velocidad que *M. sativa* ( $8.4\% h^{-1}$ ), alcanzando el valor más alto *S. cuneifolia* ( $8\% h^{-1}$ ) y el más bajo *F. angustifolia* ( $5\% h^{-1}$ ).

Con excepción de *F. angustifolia* y *K. humboldtiana*, el resto de las especies arbustivas presentó diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) en sus tiempos de retardo (t), durante las cuatro estaciones del año (Anexo 21). El tiempo de retardo (t) de las bacterias para iniciar la degradabilidad ruminal de la PC, fue más alto en verano y primavera, teniendo en verano la mayoría de las arbustivas valores equivalentes a *M. sativa* (4.4 h) y en primavera cinco arbustivas mostraron valores superiores a *M. sativa* (3.7 h), siendo mayor en *S. cuneifolia* (4.7 h). El hecho de que los tiempos de retardo hayan sido más altos en estas dos estaciones pudiera coincidir con el contenido de celulosa, ya que también fue alto en estas dos estaciones, lo que pudiera indicar que una parte de la proteína cruda está enlazada a la celulosa, produciendo por ello un tiempo de retardo mayor en las bacterias.

Todas las especies de arbustivas evaluadas presentaron diferencias significativas ( $P < 0.001$ ) en la DEPC durante las cuatro estaciones del año (Cuadro 9). La DEPC fue más alta en invierno y menor en otoño. De las arbustivas evaluadas, solo *S. cuneifolia* (82%) presentó una DEPC anual superior a *M. sativa* (75.1%), mientras que del resto de las arbustivas el nivel de digestibilidad ruminal fue menor en *B. celastrina* (59.3%). El buen nivel de hemicelulosa mostrado por *F. angustifolia*, *S. cuneifolia*, *Z. fagara*, *K. humboldtiana*, *A. wrightii* y *C. texana*, probablemente ejerció un efecto positivo sobre la DEPC, llevándola hasta niveles aceptables y convirtiéndose de esta manera en fuente de energía para favorecer la actividad de los microorganismos del rumen (Fahey y Berger, 1988).

**Cuadro 9. Variación estacional de degradabilidad efectiva (%) de la proteína cruda a una tasa de recambio ruminal de 2% h<sup>-1</sup>.**

<sup>1</sup> Especies	Estaciones				Medias ± EE Sig.
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	73.3 <sup>b</sup>	76.7 <sup>ab</sup>	77.8 <sup>a</sup>	60.7 <sup>c</sup>	72.1 ± 1.4 ***
<i>B. celastrina</i>	66.1 <sup>a</sup>	62.0 <sup>ab</sup>	59.0 <sup>b</sup>	49.9 <sup>c</sup>	59.3 ± 1.8 ***
<i>C. texana</i>	78.3 <sup>a</sup>	79.8 <sup>a</sup>	68.9 <sup>b</sup>	65.4 <sup>b</sup>	73.1 ± 1.5 ***
<i>F. angustifolia</i>	79.2 <sup>a</sup>	74.3 <sup>b</sup>	77.1 <sup>ab</sup>	46.6 <sup>c</sup>	69.3 ± 1.3 ***
<i>K. humboldtiana</i>	80.1 <sup>a</sup>	74.4 <sup>b</sup>	67.3 <sup>c</sup>	57.1 <sup>d</sup>	69.7 ± 0.9 ***
<i>L. tridentata</i>	76.9 <sup>a</sup>	61.8 <sup>b</sup>	51.3 <sup>c</sup>	50.8 <sup>c</sup>	60.2 ± 1.5 ***
<i>S. cuneifolia</i>	86.1 <sup>a</sup>	81.4 <sup>bc</sup>	82.2 <sup>b</sup>	80.5 <sup>c</sup>	82.5 ± 0.5 ***
<i>Z. fagara</i>	84.0 <sup>a</sup>	66.4 <sup>c</sup>	72.9 <sup>b</sup>	68.1 <sup>bc</sup>	72.8 ± 1.8 ***
<i>M. sativa</i>	74.1 <sup>b</sup>	81.2 <sup>a</sup>	71.5 <sup>b</sup>	73.7 <sup>b</sup>	75.1 ± 1.7 ***

<sup>1</sup>Base seca; \*\*\* (P<0.001); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

También hay que agregar que la DEPC de las arbustivas evaluadas, tuvo diferencias significativas (P<0.001) entre las cuatro estaciones del año. Es probable que la baja DEPC mostrada por *B. celastrina* y *L. tridentata* pudo deberse principalmente al bajo contenido de hemicelulosa (además del nivel de taninos) alcanzado por estas plantas durante el año, ya que las bacterias del rumen necesitan de una fuente de energía para realizar sus actividades metabólicas relacionadas con la degradación de nutrientes de los forrajes (Orskov, 1982), y por otra parte, los taninos inhiben la digestibilidad de la proteína, porque no solamente forman enlaces con la proteína de la dieta, sino también con las enzimas de los microorganismos del rumen, afectando de esta manera su actividad metabólica (Kumar y D' Mello, 1995).

## Parámetros no lineales de digestibilidad ruminal de la fibra detergente neutro

Con excepción de *S. cuneifolia*, el resto de las especies de arbustivas presentó diferencias significativas ( $P < 0.001$ ) en la degradabilidad ruminal de la fracción a de la FDN durante las cuatro estaciones del año (Anexo 22). El nivel de la fracción a de la FDN de las arbustivas evaluadas fue más alto en invierno y más bajo en otoño. Durante el año los valores más altos se presentaron en *F. angustifolia* (28.6%) y *K. humboldtiana* (23.7%), los cuales superaron el valor de *M. sativa* (22.6%), el valor más bajo lo obtuvo *Z. fagara* (3.2%).

Durante las cuatro estaciones del año todas las plantas evaluadas presentaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en la degradabilidad ruminal de la fracción b de la FDN (Anexo 23). La fracción b de la FDN fue más degradada en verano y menos degradada en invierno, y durante el año esta fracción fue más degradada en *F. angustifolia* (58.6%), *K. humboldtiana* (56.3%), *A. wrightii* (54.6%) y *C. texana* (51.3%), y solamente *L. tridentata* (40.0%) y *S. cuneifolia* (42.8%) no superaron el valor de *M. sativa* (43.6%).

La degradabilidad potencial (a+b) de la FDN de las especies de arbustivas, presentó diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) durante las cuatro estaciones del año (Anexo 24). La degradabilidad potencial de la fibra fue más alta en *F. angustifolia* (87.3%), *K. humboldtiana* (79.9%), *Z. fagara* (70.3%), *C. texana* (68.5%), y *A. wrightii* (68.4%), superando estos valores al de *M. sativa* (66.3%), en cambio, *L. tridentata* fue la arbustiva con el valor más bajo (56.8%). La fibra fue más degradada en verano y otoño, y en todas las especies hubo diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre las medias estacionales.

Con excepción de *K. humboldtiana* y *Z. fagara*, el resto de las especies de arbustivas presentó diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en la tasa de degradación ruminal (c) de la FDN durante las cuatro estaciones del año (Anexo 25). La tasa de degradación ruminal de la FDN fue más alta en invierno y más baja en otoño. De las arbustivas evaluadas, solamente la FDN de *S. cuneifolia* ( $5.3\% \text{ h}^{-1}$ ) fue más rápidamente degradada durante el año que *M. sativa* ( $4.9\% \text{ h}^{-1}$ ), y del resto de las arbustivas el nivel más bajo lo obtuvo *B. celastrina* ( $2.8\% \text{ h}^{-1}$ ).

Con excepción de *B. celastrina* y *F. angustifolia*, el tiempo de retardo (*t*) de las bacterias para iniciar la degradabilidad de la FDN, varió significativamente ( $P < 0.05$ ) durante las cuatro estaciones del año (Anexo 26). En invierno y otoño las bacterias tardaron menos tiempo en iniciar la degradabilidad ruminal de la FDN. Además durante el año, las bacterias tardaron menos tiempo en iniciar la degradabilidad de la FDN en *L. tridentata* (2.7 h) y *A. wrightii* (3.0 h), y más tiempo en *K. humboldtiana* (4.4 h) y *S. cuneifolia* (3.9 h).

La DEFDN de las especies evaluadas, varió significativamente ( $P < 0.05$ ) durante las cuatro estaciones del año (Cuadro 10). La DEFDN de las especies de arbustivas fue más alta en primavera y verano. En primavera solamente *F. angustifolia* (66.3%) superó el nivel de *M. sativa* (64.1%) y en verano *F. angustifolia* (66%), *K. humboldtiana* (55.2) y *Z. fagara* (55.2%) superaron el nivel alcanzado por *M. sativa* (53%). Además, durante el año la fibra de *F. angustifolia* (61.3%) y *K. humboldtiana* (54.2%) fue más degradada que la de *M. sativa* (53.7%), mientras que la fibra del resto de las arbustivas fue menos degradada, siendo menor en *B. celastrina* (34.0%). Con relación a estos resultados es probable que el nivel con que degradada la FDN tanto en forma estacional como a nivel de especie, esté relacionado con el contenido de hemicelulosa de las arbustivas, porque en primavera y verano, que fue cuando se degradó mayor cantidad de FDN, las arbustivas mostraron en esas dos estaciones mayor cantidad de hemicelulosa. Además, existe el hecho de que las arbustivas *F. angustifolia*, *K. humboldtiana*, *S. cuneifolia* y *Z. fagara*, tuvieron el mayor contenido de hemicelulosa de las especies evaluadas, y las mismas también mostraron la más alta DEFDN a largo del año, en cambio *B. celastrina* y *L. tridentata*, que mostraron el menor nivel de hemicelulosa tuvieron la menor DEFDN.

De acuerdo con lo anterior, es probable que el efecto positivo que ejerció la hemicelulosa sobre la DEFDN, pudo deberse a que la xilosa o algún otro componente de la hemicelulosa fue más digestible que la celulosa y probablemente solo una pequeña porción de estos componentes de la hemicelulosa estuvieron ligados a la lignina (Buxton y Brasche, 1991).

**Cuadro 10. Degradabilidad efectiva (%) de la fibra detergente neutro de las arbustivas a una tasa de recambio ruminal de 2% h<sup>-1</sup>.**

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias ± EE Sig,
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	48.2 <sup>a</sup>	43.2 <sup>a b</sup>	43.1 <sup>b</sup>	29.9 <sup>c</sup>	41.1 ± 1.6 ***
<i>B. celastrina</i>	36.0 <sup>a</sup>	36.0 <sup>a</sup>	39.2 <sup>a</sup>	24.7 <sup>b</sup>	34.0 ± 1.7 ***
<i>C. texana</i>	39.4 <sup>b</sup>	54.2 <sup>a</sup>	39.7 <sup>b</sup>	38.4 <sup>b</sup>	42.4 ± 1.3 ***
<i>F. angustifolia</i>	66.4 <sup>a</sup>	66.3 <sup>a</sup>	66.0 <sup>a</sup>	46.5 <sup>b</sup>	61.3 ± 1.5 ***
<i>K. humboldtiana</i>	60.9 <sup>a</sup>	61.3 <sup>a</sup>	55.2 <sup>b</sup>	39.6 <sup>c</sup>	54.2 ± 1.3 ***
<i>L. tridentata</i>	48.3 <sup>a</sup>	35.7 <sup>b</sup>	52.1 <sup>a</sup>	27.4 <sup>c</sup>	40.9 ± 2.4 ***
<i>S. cuneifolia</i>	49.0 <sup>a</sup>	48.6 <sup>a</sup>	47.7 <sup>a b</sup>	46.4 <sup>b</sup>	47.9 ± 0.7 *
<i>Z. fagara</i>	33.8 <sup>c</sup>	40.7 <sup>b</sup>	55.2 <sup>a</sup>	40.9 <sup>b</sup>	42.7 ± 1.3 ***
<i>M. sativa</i>	50.1 <sup>c</sup>	64.1 <sup>a</sup>	53.0 <sup>b</sup>	47.5 <sup>c</sup>	53.7 ± 0.9 ***

<sup>1</sup>Base seca; \*(P<0.05), \*\*\*(P<0.001); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

Con relación a estos resultados se puede decir que primavera y verano son las estaciones más propicias para que los microorganismos del rumen de pequeños rumiantes en pastoreo, puedan degradar la FDN del follaje de las arbustivas evaluadas y apropiarse de esta manera, de cierta cantidad de energía para sus funciones vitales.

### C) ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

Los datos relacionados con el valor nutritivo fueron correlacionados con los parámetros de digestibilidad de la MS, PC y FDN para ver la forma en que era afectados estos últimos. El cuadro 11 muestra que la MO ( $r = -0.18$ ;  $P < 0.05$ ), la FDA ( $r = -0.38$ ;  $P < 0.001$ ), la celulosa ( $r = -0.28$ ;  $P < 0.001$ ), la lignina ( $r = -0.17$ ;  $P < 0.05$ ) y el contenido de taninos ( $r = -0.35$ ;  $P < 0.001$ )

afectaron negativamente la DEMS; en cambio, la hemicelulosa ( $r = 0.42$ ;  $P < 0.001$ ), y las cenizas ( $r = 0.18$ ;  $P < 0.05$ ) lo hicieron en forma positiva.

**Cuadro 11. Análisis de correlación simple entre las variables de degradabilidad ruminal de la materia seca (MS) y el valor nutritivo de las plantas evaluadas.**

	MS	MO	PC	FDN	FDA	CEL	HEM	LIG	CEN	CIA	TAN	ENE
<b>a</b>	-0.05	-0.03	-0.23**	-0.09	-0.28***	-0.24**	0.17*	-0.10	0.03	0.12	-0.21*	0.10
<b>b</b>	-0.21*	-0.11	0.38***	0.13	-0.20*	-0.13	0.40***	-0.11	0.11	-0.001	-0.10	0.02
<b>DPMS</b>	-0.21*	-0.11	0.19*	0.06	-0.34***	-0.25**	0.44***	-0.16	0.11	0.07	-0.22**	0.07
<b>c</b>	0.13	-0.29***	-0.17*	-0.04	-0.02	-0.04	-0.04	0.01	0.29***	0.04	-0.22**	-0.23**
<b>t</b>	-0.03	-0.22**	0.01	-0.08	-0.20*	-0.11	0.11	-0.17*	0.22**	0.21*	0.04	-0.23**
<b>DEMS</b>	-0.17*	-0.18*	0.04	0.02	-0.38***	-0.28***	0.42***	-0.17*	0.18*	0.11	-0.35***	0.04

\*( $P < 0.05$ ); \*\*( $P < 0.01$ ); \*\*\*( $P < 0.001$ ); MS = materia seca; MO = materia orgánica; PC = proteína cruda; FDN = fibra detergente neutro; FDA = fibra detergente ácido; CEL = celulosa; HEM = hemicelulosa; LIG = lignina; CEN = cenizas; CIA = cenizas insolubles ácidas; TAN = taninos; ENE = energía bruta; a = fracción soluble; b = fracción insoluble; DPMS = degradabilidad potencial de MS (a+b); c = tasa de degradación de la fracción insoluble; t = tiempo de retardo para que las bacterias inicien la degradación de la MS; DEMS = degradabilidad efectiva de la MS.

En el cuadro 12 se observa que la MO ( $r = -0.24$ ;  $P < 0.01$ ), las cenizas insolubles ( $r = -0.29$ ;  $P < 0.001$ ) y el contenido de taninos ( $r = -0.21$ ;  $P < 0.01$ ) afectaron negativamente la DEPC; en cambio la proteína cruda ( $r = 0.18$ ;  $P < 0.05$ ), la FDN ( $r = 0.49$ ;  $P < 0.001$ ), la FDA ( $r = 0.23$ ;  $P < 0.01$ ), la celulosa ( $r = 0.17$ ;  $P < 0.05$ ), hemicelulosa ( $r = 0.45$ ;  $P < 0.001$ ), y las cenizas ( $r = 0.24$ ;  $P < 0.01$ ) lo hicieron en forma positiva.

**Cuadro 12. Análisis de correlación simple entre las variables de degradabilidad ruminal de la proteína cruda (PC) y el valor nutritivo de las arbustivas evaluadas.**

	MS	MO	PC	FDN	FDA	CEL	HEM	LIG	CEN	CIA	TAN	ENE
<b>a</b>	0.15	-0.21*	0.12	0.33***	0.30	0.20*	0.15	0.19*	0.21*	-0.27**	0.09	0.10
<b>b</b>	-0.18*	0.10	0.07	0.18*	-0.12	-0.08	0.38***	-0.08	-0.10	0.01	-0.29***	0.02
<b>DPPC</b>	-0.04	-0.10	0.19*	0.50***	0.15	0.11	0.53***	0.11	0.10	-0.25**	-0.21*	0.07
<b>c</b>	-0.17*	-0.35***	-0.03	-0.003	0.09	0.09	-0.09	0.03	0.35***	-0.07	-0.25**	-0.23**
<b>t</b>	0.16*	-0.12	-0.04	0.17*	-0.07	-0.16	0.31***	0.09	0.12	-0.08	-0.15	-0.23**
<b>DEPC</b>	-0.04	-0.24**	0.18*	0.49***	0.23**	0.17*	0.45***	0.15	0.24**	-0.29***	-0.21**	0.04

\*( $P < 0.05$ ); \*\*( $P < 0.01$ ); \*\*\*( $P < 0.001$ ); MS = materia seca; MO = materia orgánica; PC = proteína cruda; FDN = fibra detergente neutro; FDA = fibra detergente ácido; CEL = celulosa; HEM = hemicelulosa; LIG = lignina; CEN = cenizas; CIA = cenizas insolubles ácidas; TAN = taninos; ENE = energía bruta; a = fracción soluble; b = fracción insoluble; DPPC = degradabilidad potencial de PC (a+b); c = tasa de degradación de la fracción insoluble; t = tiempo de retardo para que las bacterias inicien la degradación de la PC; DEPC = degradabilidad efectiva de la PC.

El cuadro 13 muestra que la MO, la FDA, la celulosa, la lignina, las cenizas insolubles y los taninos ejercieron un efecto negativo sobre la DEFDN, pero sin llegar a ser significativo ( $P > 0.05$ ); en cambio el efecto positivo en forma significativa sobre la digestibilidad de la fibra, lo ejercieron la PC ( $r = 0.24$ ;  $P < 0.01$ ), la FDN ( $r = 0.39$ ;  $P < 0.001$ ) y la hemicelulosa ( $r = 0.68$ ;  $P < 0.001$ ).

**Cuadro 13. Análisis de correlación simple entre las variables de degradabilidad ruminal de la fibra detergente neutro (FDN) y el valor nutritivo de las arbustivas evaluadas.**

	MS	MO	PC	FDN	FDA	CEL	HEM	LIG	CEN	CIA	TAN	ENE
<b>a</b>	-0.12	-0.09	0.03	0.43 ***	0.12	-0.02	0.47 ***	0.19 *	0.09	-0.08	-0.02	0.09
<b>b</b>	0.02	0.17 *	0.08	-0.10	-0.28 ***	-0.13	0.16	-0.23 **	-0.17 *	-0.03	0.02	0.08
<b>DPFDN</b>	-0.10	0.13	0.10	0.16	-0.22 **	-0.15	0.46 ***	-0.12	-0.13	-0.08	0.01	0.13
<b>c</b>	-0.05	-0.28 ***	-0.002	0.11	0.04	-0.12	0.11	0.19 *	0.28 ***	0.08	-0.23 **	-0.04
<b>t</b>	-0.05	-0.17 *	0.15	0.19 *	0.03	-0.05	0.24 **	0.11	0.17 *	-0.14	0.04	-0.05
<b>DEFDN</b>	-0.28 ***	-0.11	0.24 **	0.39 ***	-0.13	-0.09	0.68 ***	-0.05	0.11	-0.07	-0.13	0.09

\*( $P < 0.05$ ); \*\*( $P < 0.01$ ); \*\*\*( $P < 0.001$ ); MS = materia seca; MO = materia orgánica; PC = proteína cruda; FDN = fibra detergente neutro; FDA = fibra detergente ácido; CEL = celulosa; HEM = hemicelulosa; LIG = lignina; CEN = cenizas; CIA = cenizas insolubles ácidas; TAN = taninos; ENE = energía bruta; a = fracción soluble; b = fracción insoluble; DPFDN = degradabilidad potencial de FDN (a+b); c = tasa de degradación de la fracción insoluble; t = tiempo de retardo para que las bacterias inicien la degradación de la FDN; DEFDN = degradabilidad efectiva de la FDN.

El efecto negativo de la lignina sobre la DEMS fue más significativo que el ejercido sobre la DEFDN, en este sentido, actualmente se conoce que cuando en los forrajes hay altos niveles de lignina ocurre una disminución en la digestibilidad de la MS y FDN (Jung y Vogel, 1992; Van Soest, 1993), ocasionando con esto una disminución en el consumo del forraje debido al efecto de llenado del intestino (Glenn *et al*, 1993). Ramírez *et al* (2000) y Foroughbakhch *et al* (1998), reportaron que altos niveles de lignina afectaron la DEFDN del forraje de arbustivas del noreste de México. El efecto negativo de las cenizas insolubles fue más alto sobre la DEPC que sobre la DEFDN; por lo que esto se relaciona con el hecho de que altos niveles de sílice en los forrajes disminuyen la digestibilidad de la FDN y este efecto puede ser mayor cuando interactúa con la lignina (Van Soest y Jones, 1968). El efecto negativo que ejercieron los taninos sobre la DEPC y la DEFDN pudo deberse a que los taninos pudieron formar enlaces con las proteínas y la fibra, haciéndolas indigestibles (Vaithyanathan y Kumar, 1993). En relación con las proteínas, los taninos pueden formar

complejos tanto con la proteínas de las dietas como con las endógenas, incluyendo las enzimas. Por esta razón cuando estas proteínas se enlazan con los taninos es difícil que experimenten un metabolismo normal. Además la interacción taninos-enzimas pueden inhibir la actividad enzimática ruminal (Kumar y D'Mello, 1995). También se conoce que aquellas especies arbustivas con alto contenido de fenoles/taninos, influyen negativamente en el estado nutricional de las cabras, reduciendo el consumo de forraje, la digestibilidad del mismo y la retención de nitrógeno (Holechek *et al.*, 1990). Con respecto al efecto negativo que ejerció la MO sobre la digestibilidad de la MS, PC y FDN, pudo deberse principalmente al contenido de taninos como es el caso de *B. celastrina*, o que aparte de este factor antinutricional contengan principios activos o sustancias tóxicas como son los casos de *C. texana*, *K. humboldtiana* y *L. tridentata* (González, 1989; Bermúdez *et al.*, 1995; Ramírez, 1996 y Mangione *et al.*, 2000), los cuales se incrementan con la madurez de las plantas (como en la estación de otoño), y una vez que son consumidas por pequeños rumiantes, pueden disminuir la actividad enzimática de los microorganismos del rumen o inactivar las enzimas digestivas del rumen o del tracto digestivo, por lo que se reduce el consumo de forraje y la utilización de proteínas de las plantas (Ramírez y Lara, 1998).

El efecto positivo que ejerció la FDN sobre la DEMS, la DEPC y la DEFND, probablemente se debió a que la mayoría de las plantas evaluadas (*C. texana*, *F. angustifolia*, *K. humboldtiana*, *S. cuneifolia* y *Z. fagara*), tuvieron un mayor contenido de hemicelulosa que de celulosa; además, tres de ellas (*F. angustifolia*, *K. humboldtiana* y *S. cuneifolia*) presentaron niveles equivalentes o superiores de este nutriente que el de *M. sativa*, y también cinco de las especies evaluadas (*F. angustifolia*, *K. humboldtiana*, *L. tridentata*, *S. cuneifolia* y *Z. fagara*) tuvieron niveles inferiores de lignina que *M. sativa*.

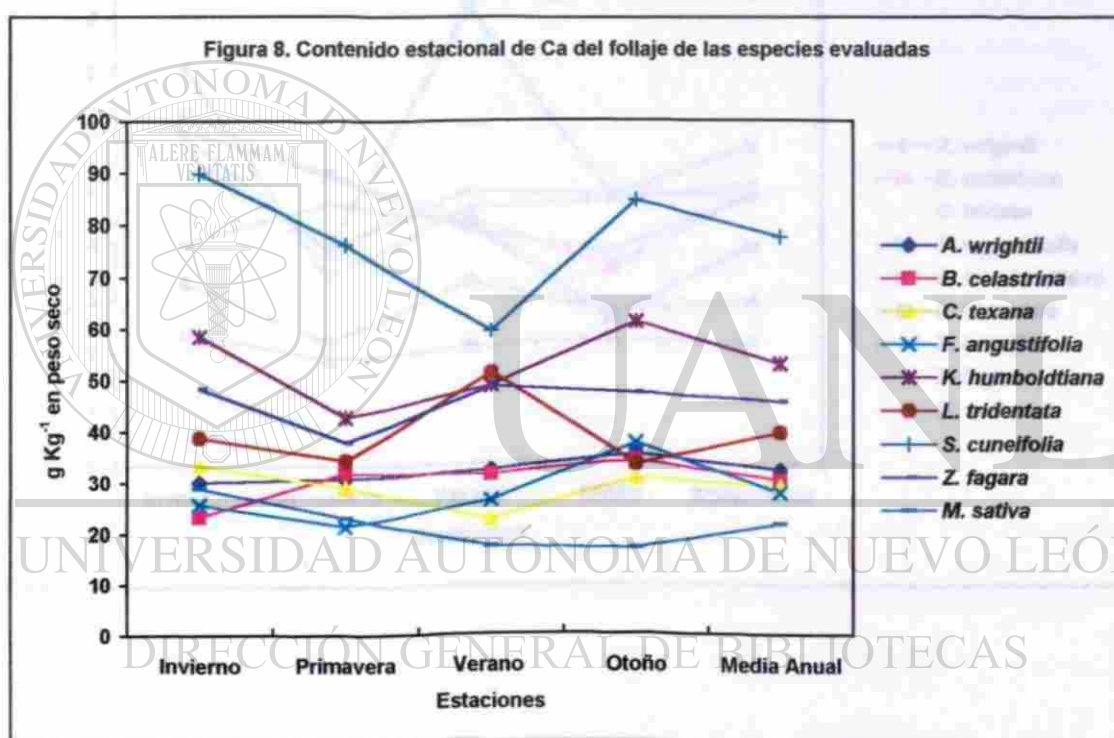
## D) NUTRIMENTOS MINERALES EN LAS PLANTAS EVALUADAS

### Macronutrientes

El contenido de Ca varió estacionalmente ( $P < 0.001$ ) en las plantas evaluadas (Figura 8 y Anexo 27). Durante el invierno y otoño las plantas resultaron con mayor contenido de Ca. *S. cuneifolia* fue la que registró la media anual más alta (77.3 g Kg<sup>-1</sup>) y la más baja fue

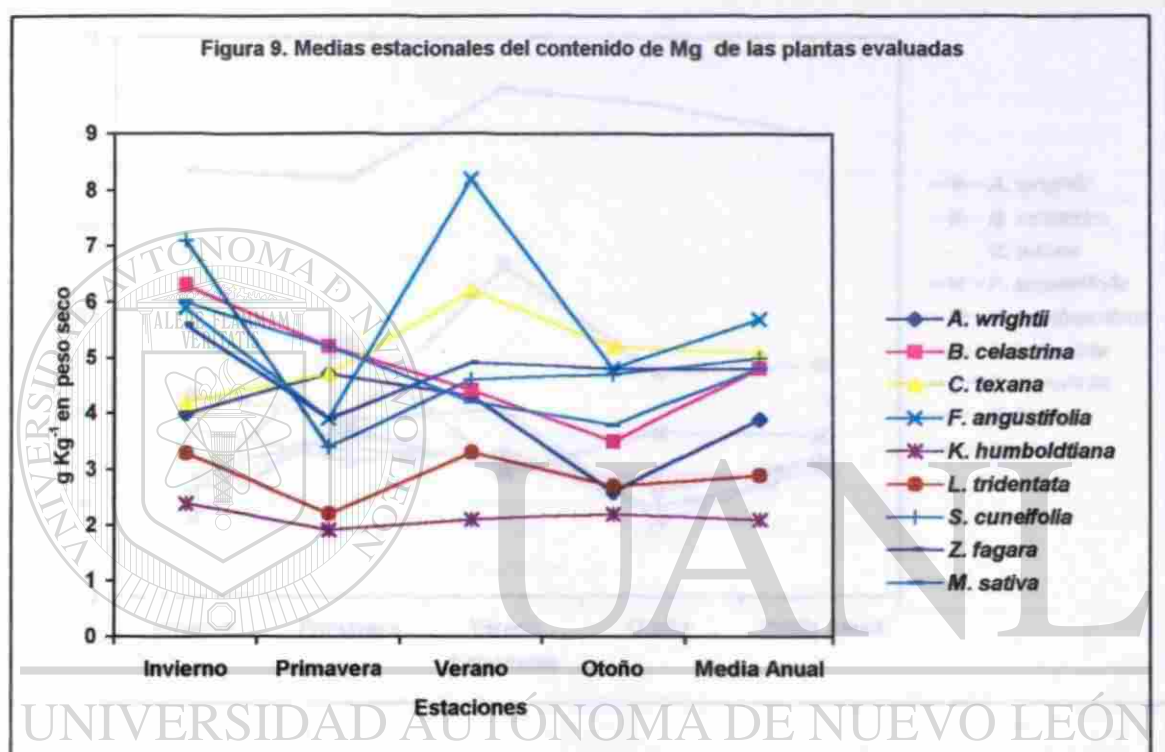


obtenida por *F. angustifolia* ( $27.6 \text{ g Kg}^{-1}$ ). Aun cuando el contenido de Ca fue variable en las plantas, éste fue suficiente para cubrir el nivel requerido en la dieta de una cabra adulta que es de  $1.8$  a  $3.3 \text{ g Kg}^{-1}$  de MS del forraje (NRC, 1981; Kessler, 1991). Sin excepción, todas las plantas, en todas las estaciones mostraron más Ca que *M. sativa*. Aparentemente las plantas arbustivas que crecen en las regiones semiáridas (Barnes *et al.*, 1990; Ramírez *et al.*, 2001) y tropicales (Norton *et al.*, 1995), tienen suficiente Ca para el desarrollo óptimo de los rumiantes que pastorean en esas áreas.



El contenido de Mg de todas las arbustivas varió significativamente entre estaciones (Figura 9 y Anexo 28). Sin embargo, las arbustivas mostraron contenidos por encima del nivel requerido en la dieta de las cabras adultas, que varía de  $0.8$  a  $2.5 \text{ g Kg}^{-1}$  de MS del forraje (NRC, 1981). También se encontró que el promedio anual más alto ( $5.7 \text{ g Kg}^{-1}$ ) de Mg se presentó en *F. angustifolia* y el más bajo ( $2.1 \text{ g Kg}^{-1}$ ) en *K. humboldtiana*. Se ha reportado

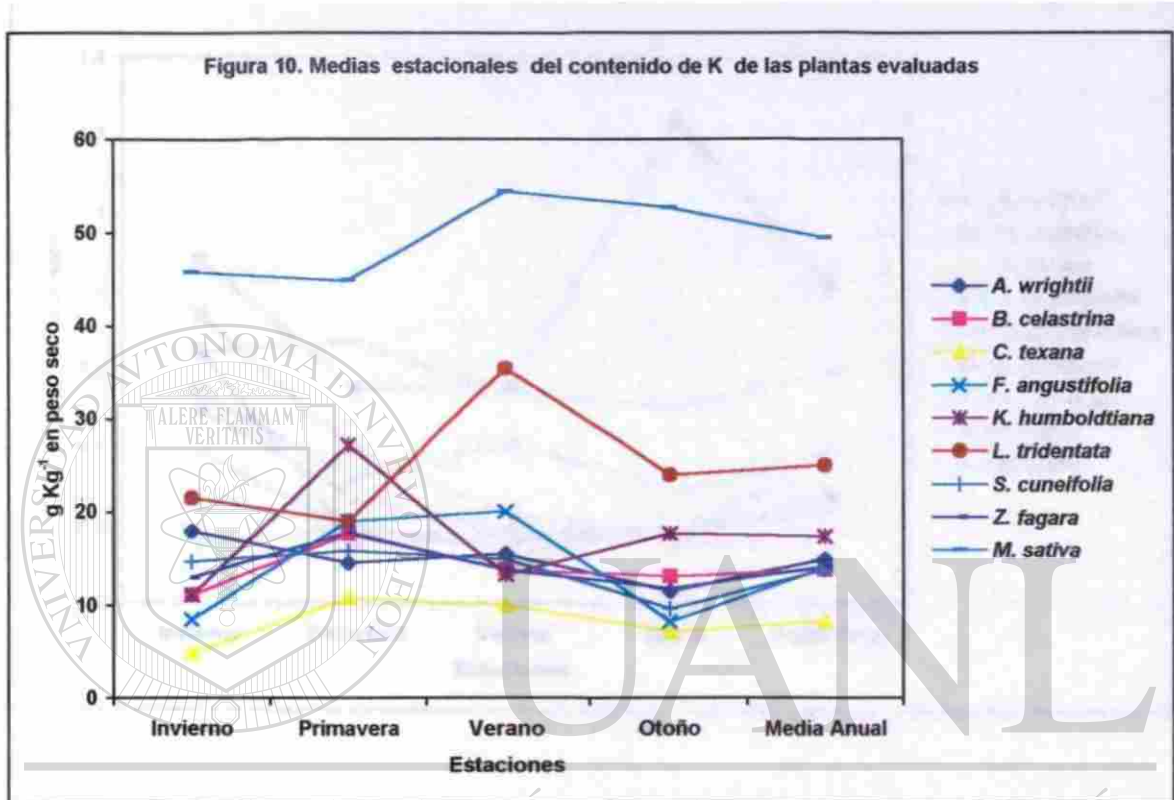
que arbustivas de regiones semiáridas (Everitt *et al.*, 1981; Barnes *et al.*, 1990; Ramírez *et al.*, 2001) contienen niveles aceptables de Mg para la dieta de las cabras y también se conoce que algunas leguminosas tropicales edibles, comúnmente tienen concentraciones de Mg que satisfacen los requerimientos de los rumiantes (Norton *et al.*, 1995).



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

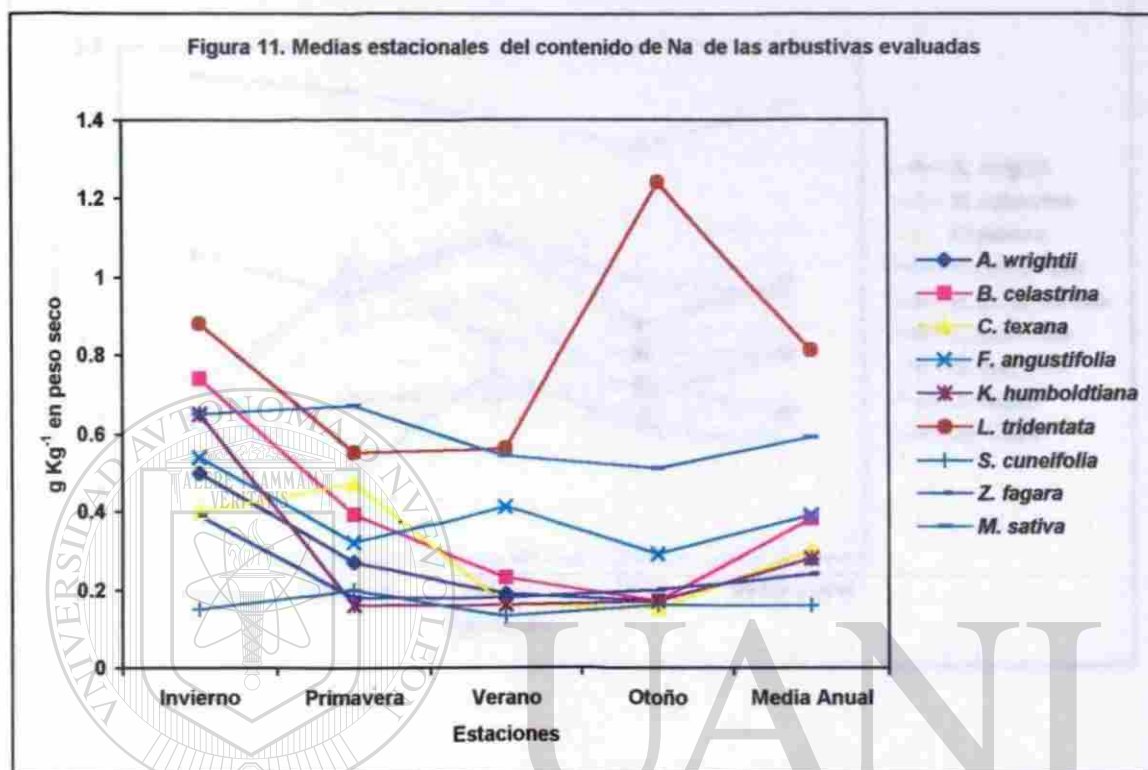
La media anual más alta de K se observó en *L. tridentata* y *K. humboldtiana*, presentando la primera su nivel más alto en verano y la segunda en primavera (35 y 27 g Kg<sup>-1</sup> respectivamente), en cambio el nivel más bajo lo registró *C. texana* (5.0 g Kg<sup>-1</sup>) en invierno (Fig. 10 y Anexo 29). Aun cuando el contenido de K en todas las arbustivas varió significativamente entre estaciones, el nivel de K estuvo por encima del requerido en la dieta de las cabras adultas, que varía de 1.8 a 2.5 g Kg<sup>-1</sup> de MS del forraje (NRC, 1981). Se tienen referencias de que las especies arbustivas de regiones semiáridas de Texas, EUA (Everitt *et al.*, 1981; Barnes *et al.*, 1990) y de Nuevo León, México (Ramírez *et al.*, 2001), así

como también algunas leguminosas tropicales (Spears, 1994), contienen niveles adecuados de K para cubrir los requerimientos de las cabras en pastoreo.



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Con excepción de *L. tridentata*, todas las arbustivas evaluadas mostraron contenidos de Na inferiores al de *M. sativa* ( $0.6 \text{ g Kg}^{-1}$ ). La mayoría de las arbustivas presentaron el nivel más alto de Na en invierno y el más bajo en otoño (Figura 11 y Anexo 30), pero solo *L. tridentata* en las cuatro estaciones tuvo niveles suficientes para cubrir los requerimientos de la dieta de las cabras adultas que varía de  $0.6$  a  $1.0 \text{ g Kg}^{-1}$  de MS del forraje (NRC, 1981; NRC, 1984). También se ha encontrado deficiencia de Na durante las cuatro estaciones del año en arbustivas que se estudiaron al sur de Texas, EUA. (Everitt *et al.*, 1981), y además hay reportes donde se establece que las leguminosas tropicales contienen bajos niveles de este mineral (Norton *et al.*, 1995).

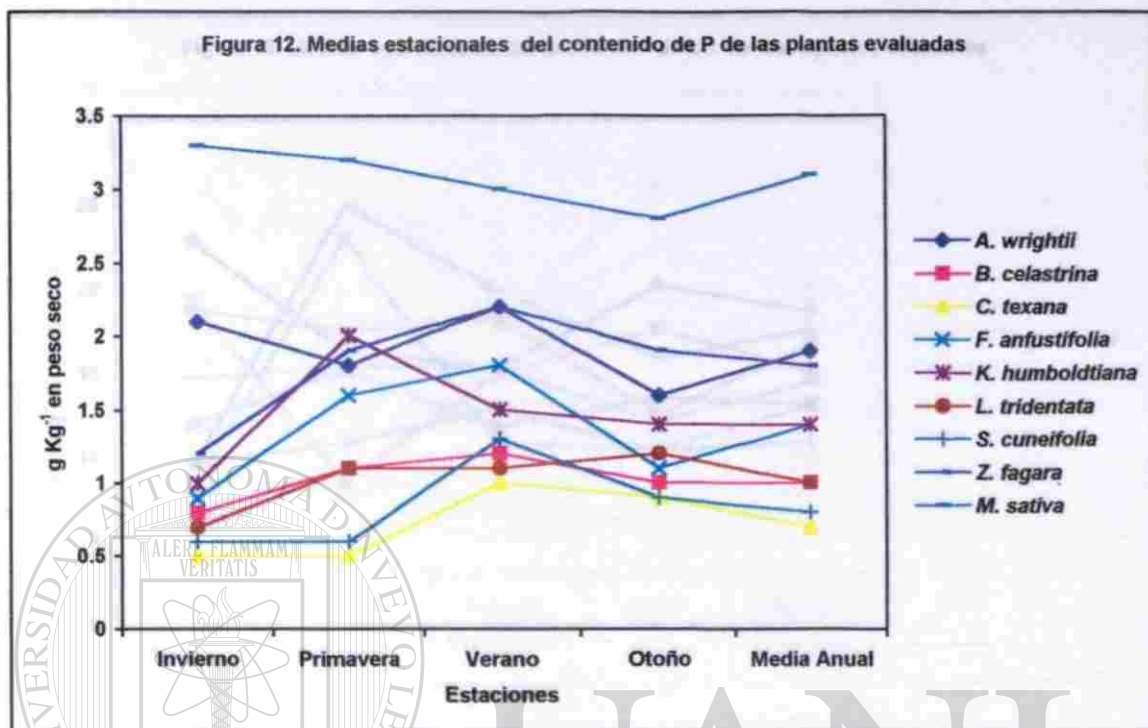


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

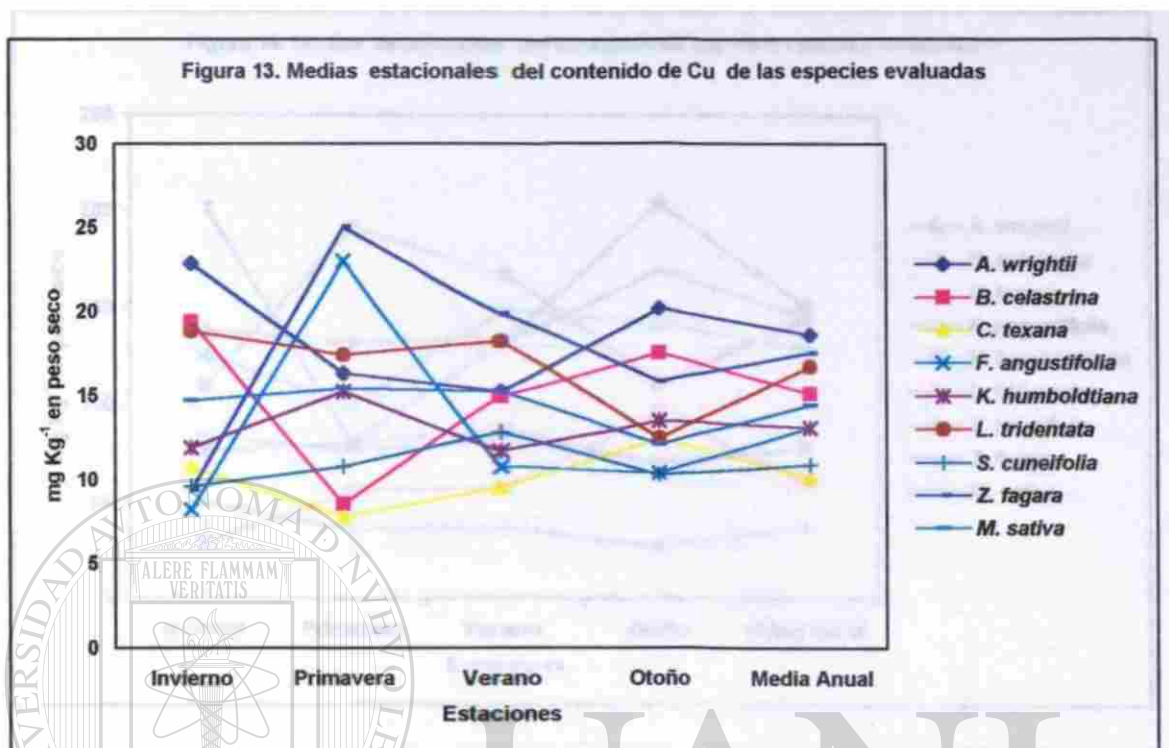
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

El contenido de P en todas las arbustivas varió significativamente entre estaciones (Figura 12 y Anexo 31), siendo mayores en *A. wrightii* y *Z. fagara*, y menor en *C. texana*. Ninguna de las plantas evaluadas tuvo niveles de P similares a *M. sativa* (media anual de 3.1 g Kg<sup>-1</sup>). Sin embargo, con la excepción de *A. wrightii* (1.9 g Kg<sup>-1</sup> de media anual) y *Z. fagara* (1.8 g Kg<sup>-1</sup> de media anual), que obtuvieron niveles de P para satisfacer los requerimientos de cabras adultas, el resto de las arbustivas presentaron niveles de P por debajo del requerido en la dieta de las cabras que varía de 1.6 a 3.8 g Kg<sup>-1</sup> de MS del follaje (NRC, 1981; Kessler, 1991). La deficiencia en P también ha sido reportada en arbustivas de regiones semiáridas (Barnes *et al.*, 1990; Ramírez *et al.*, 2001), principalmente en las estaciones de verano, otoño e invierno.

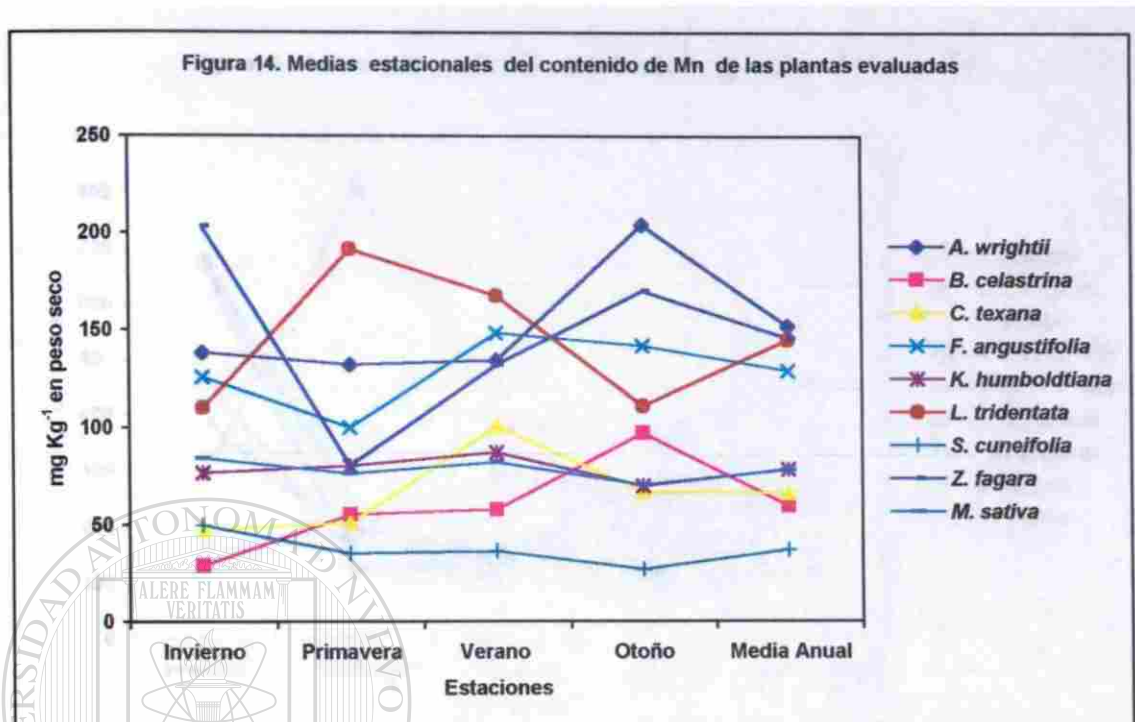


## Micronutrientos

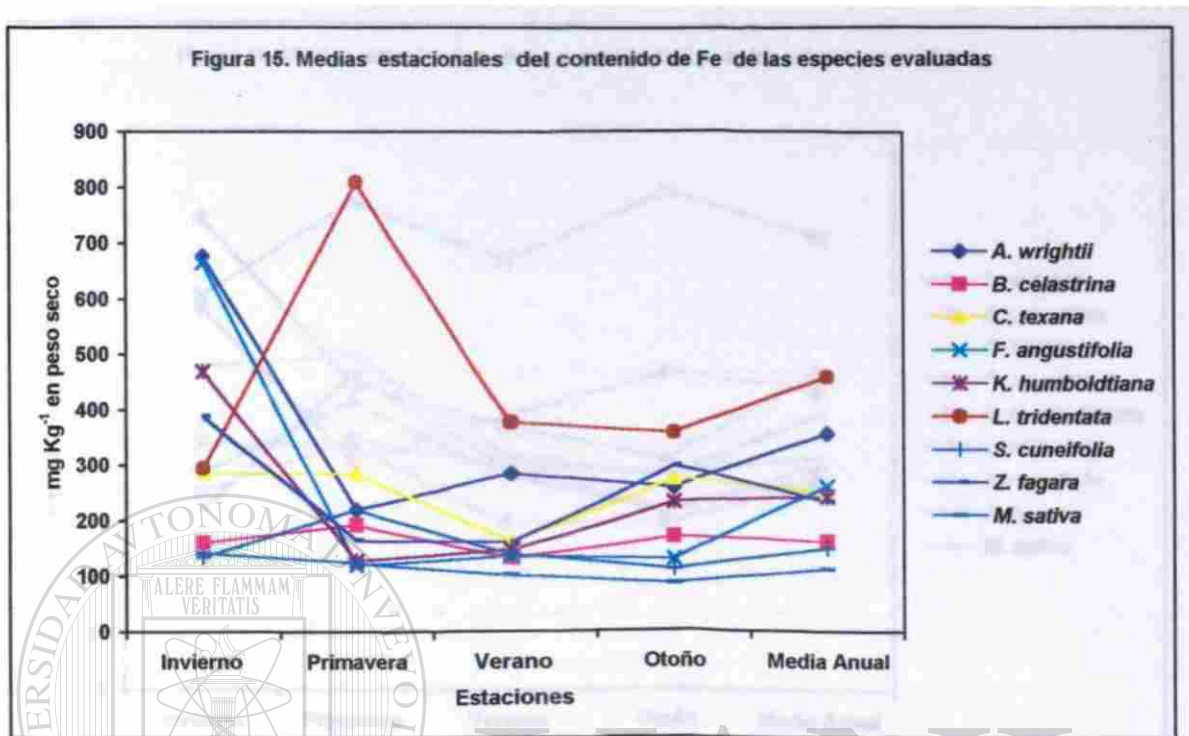
El contenido de Cu de todas las arbustivas varió significativamente entre estaciones (Figura 13 y Anexo 32). Por lo general, todas las plantas mostraron contenidos de Cu marginalmente superiores al nivel requerido en la dieta de las cabras adultas que varía de 8 a 10 mg Kg<sup>-1</sup> de MS del forraje (Kessler, 1991). La información disponible sobre el contenido de Cu en arbustivas de regiones semiáridas de Texas, EUA y Nuevo León, México, ha reportado valores anuales de 6.6 mg Kg<sup>-1</sup> y 5.6 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente (Barnes *et al.*, 1990; Ramírez *et al.*, 2001), lo que indica que muchas de esas arbustivas presentaron un bajo contenido de este mineral. Así mismo, leguminosas tropicales que contienen alrededor de 10 mg Kg<sup>-1</sup> de Cu solamente se les considera como fuentes marginales, en cambio aquellos forrajes que contienen cantidades de 20 a 50 mg Kg<sup>-1</sup> de este mineral se les considera potencialmente tóxicos (Norton y Poppi, 1995).



En este estudio, todas las arbustivas mostraron niveles adecuados de Mn, durante el año (Figura 14 y Anexo 33), con excepción de *B. celastrina* (invierno) y *S. cuneifolia* (otoño) que presentaron contenidos de Mn por debajo del requerido en la dieta de las cabras adultas que varía de 30 a 40 mg Kg<sup>-1</sup> de MS del forraje (Kessler, 1991). Se tienen reportes de 18 arbustivas del sur de Texas, EUA, con cantidades suficientes de Mn (media anual de 38.0 mg Kg<sup>-1</sup>) para cubrir los requerimientos de la dieta del venado cola blanca (Barnes *et al.*, 1990). En cambio, en otro reporte (Ramírez *et al.*, 2001) se menciona, que de 14 arbustivas del noreste de México que se investigaron, solo 5 obtuvieron niveles adecuados de este mineral.

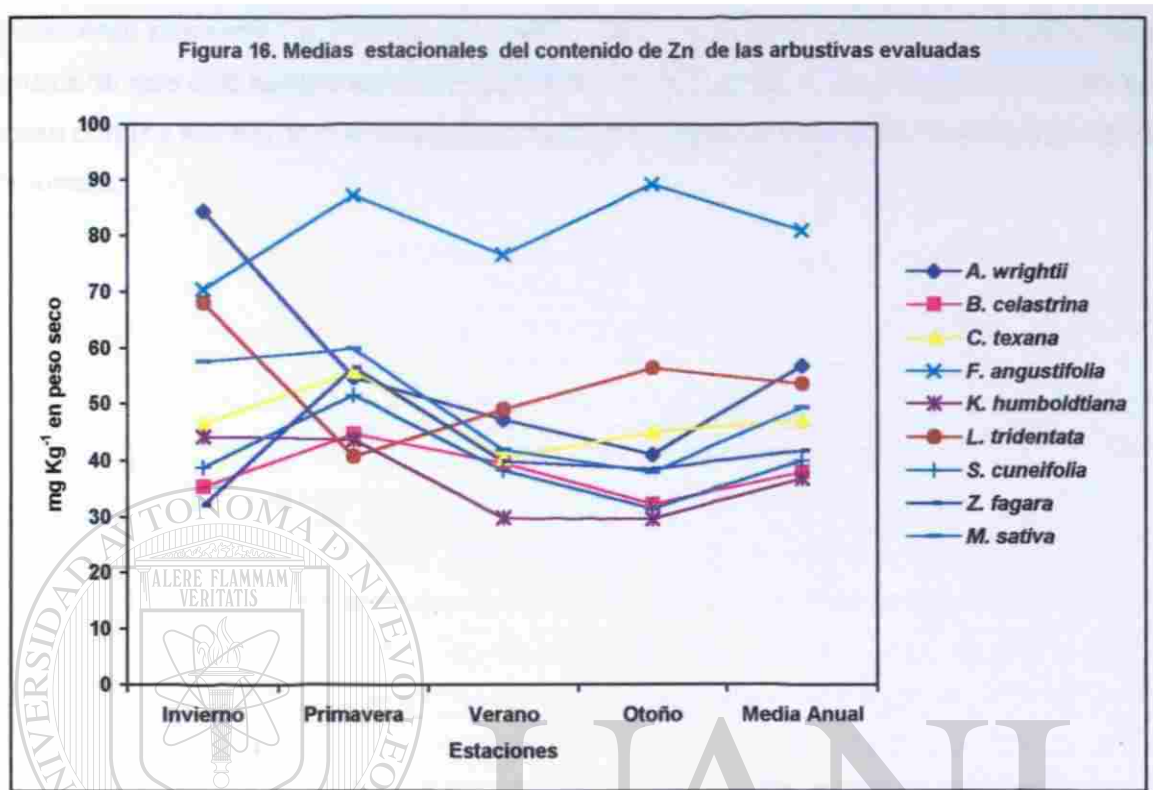


El contenido de Fe en todas las plantas evaluadas fue diferente entre estaciones (Figura 15 y Anexo 34). Sin embargo todas las arbustivas en todas las estaciones tuvieron mayor contenido de Fe que *M. sativa* y además en cantidades adecuadas para satisfacer los requerimientos de las cabras adultas que varía de 30 a 40 mg Kg<sup>-1</sup> de MS del forraje (Kessler, 1991). Aparentemente la mayoría de las arbustivas de las regiones semiáridas de Texas, EUA y Nuevo León, México, contienen niveles de este mineral que están muy por encima del requerido en la dieta de las cabras adultas (Barnes *et al.*, 1990; Ramírez *et al.*, 2001). Además, se sabe que las arbustivas usualmente contienen concentraciones de Fe que exceden los requerimientos de los rumiantes (Spears, 1994).



Aparentemente las plantas evaluadas en este estudio contienen niveles aceptables de Zn para satisfacer las necesidades de este mineral en los rumiantes (Figura 16 y Anexo 35), ya que de las ocho arbustivas evaluadas solo *B. celastrina* y *K. humboldtiana* no mostraron contenidos aceptables de Zn para satisfacer lo requerido en la dieta de las cabras adultas que varía de 40 a 50 mg Kg<sup>-1</sup> de MS del forraje (Kessler, 1991). Se ha reportado que algunas especies arbustivas de las regiones semiáridas de Texas, EUA y Nuevo León, México, no contienen niveles de Zn en cantidades suficientes para satisfacer los requerimientos nutricionales de los rumiantes que pastan en esas áreas (Barnes *et al.*, 1990; Ramírez *et al.*, 2001).

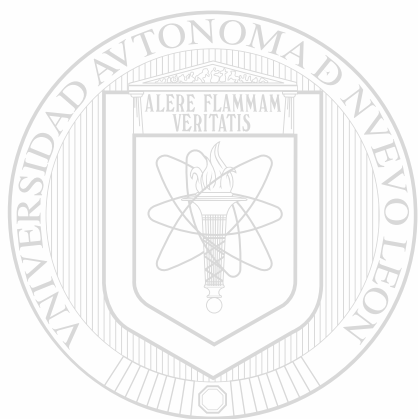




### Consumo potencial estacional de nutrimentos minerales por las cabras

El Anexo 36 muestra la variación estacional de la disponibilidad de minerales en las hojas de las arbustivas evaluadas en el presente estudio. Durante la primavera la especie que consistentemente mostró mayor contenido de Na, Mn y Fe fue *L. tridentata*; con P y K fue *K. humboldtiana*. En verano la especie que presentó mayor contenido de K, Na, Mn y Fe fue *L. tridentata*; P y Cu *Z. fagara*; y en Mg y Zn *F. angustifolia*. En otoño, *L. tridentata* obtuvo los niveles más altos de K, Na y Fe; también *A. wrightii* repitió con mayor contenido de Cu y Mn. En invierno las arbustivas que tuvieron mayor contenido de minerales fueron *A. wrightii* con P, Cu, Fe y Zn; *S. cuneifolia* con Ca y Mg; y *L. tridentata* con K y Na. El Anexo 37 muestra el rango más alto en el contenido de minerales de ciertas especies durante las cuatro estaciones y el consumo potencial de minerales por las cabras utilizando las hojas de 8 especies arbustivas. Suponiendo que las cabras tienen un peso vivo de 50 Kg y que

diariamente consumen 2.0 Kg de MS (NRC, 1981) de esas arbustivas, entonces se puede considerar que solo satisfacen sus requerimientos de Ca, Mg, K, Cu, Mn, Fe y Zn; pero no logran con P y Na. Por lo que existe la necesidad de suplementar estos nutrimentos vía otros alimentos.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la mayoría de las especies de arbustivas evaluadas, el contenido de nutrientes varió en forma significativa ( $P < 0.05$ ) durante las cuatro estaciones del año. Primavera y verano fueron las estaciones donde las especies evaluadas presentaron el más alto nivel de PC, por lo que se considera, que el follaje de estas dos estaciones son la fuente principal de PC, tanto para los microorganismos del rumen, como para pequeños rumiantes en pastoreo. Además, todas las especies de arbustivas presentaron un buen nivel de PC, capaz de proporcionar un buen crecimiento y desarrollo en pequeños rumiantes.

La media anual de celulosa de las especies de arbustivas (11.02%), presentó un nivel inferior a *M. sativa* (21.6%); mientras que la media anual de hemicelulosa (12.5%), también fue inferior a *M. sativa* (15.4%); en cambio la media anual de lignina (12.8%), fue superior a *M. sativa* (11.9%). Además, las especies de plantas evaluadas mostraron el nivel más alto de celulosa y hemicelulosa en primavera y verano, por lo que es probable que el follaje de estas dos estaciones represente la fuente principal de energía para los microorganismos del rumen; dependiendo el aporte de dicha energía, con el grado en que se encuentren enlazados estos nutrientes a la lignina. De acuerdo con los resultados obtenidos en relación con la hemicelulosa, se considera al follaje de *F. angustifolia* (22.8%), *K. humboldtiana* (15.2%), *S. cuneifolia* (16.9%) y *Z. fagara* (13.6%), como las principales fuentes potenciales de energía de las especies evaluadas. Pero como en las cuatro estaciones, el contenido de celulosa y hemicelulosa en las plantas evaluadas, fue inferior a *M. sativa*; se debe promover la existencia de hierbas y gramíneas en los agostaderos de los pequeños rumiantes, para que los mismos puedan completar su dieta de energía o ser suplementados con otro tipo de alimentos.

Con relación al contenido de taninos en las especies evaluadas, se encontró que este factor antinutricional, fue más alto en invierno y otoño, por lo que se considera que estas dos estaciones son las menos favorables para que los pequeños rumiantes consuman el follaje de las arbustivas evaluadas, debido a que se afecta la DEMS, la DEPC y la DEFDN.

Con respecto a la DEMS se considera que la estación de otoño es la menos favorable para el consumo de MS por parte de los rumiantes, debido a que en esta estación se registró la más baja DEMS, probablemente debido a la presencia de taninos y otros principios activos, los cuales en la fecha de colecta, habían formado fuertes enlaces con la pared celular de las plantas, dificultando de este modo su digestibilidad. De acuerdo con los resultados obtenidos sobre la DEMS, se considera que *F. angustifolia* (72.3%) y *Z. fagara* (68.1%), por tener una DEMS superior a *M. sativa* (67.6%), junto con *C. texana* (62.2%), *L. tridentata* (61.5%), *S. cuneifolia* (60.5%), *K. humboldtiana* (60.4%) y *A. wrightii* (56.0%), si bien es cierto que no alcanzaron el nivel de degradabilidad de *M. sativa*, si presentaron una degradabilidad de la MS por encima del 55%, por tal razón se les puede considerar como buenas fuentes potenciales de carbohidratos, proteínas, lípidos, vitaminas y minerales.

Por tener una DEPC superior o muy cercana a la mostrada por *M. sativa* (75.1%), se considera que el follaje de *S. cuneifolia* (82.5%), *C. texana* (73.1%), *Z. fagara* (72.8%) y *A. wrightii* (72.1%), puede utilizarse como un buen suplemento proteico, tanto para rumiantes en pastoreo como para animales de vida silvestre, sobre todo durante la escasez de forraje en época de estiaje. Además, la DEPC del follaje de las demás arbustivas si bien es cierto que no alcanzó el nivel mostrado por *M. sativa*, es probable que contenga una buena cantidad de proteína de paso, la cual se considera que es de mejor calidad que la proteína microbiana del rumen, y que la misma puede ser solubilizada y desdoblada en el bajo tracto digestivo en forma de aminoácidos, los cuales pueden ser finalmente absorbidos en el intestino delgado (Neira, 1994).

De las arbustivas evaluadas solo *F. angustifolia* (61.3%) y *K. humboldtiana* (54.2%) tuvieron niveles superiores de DEFDN que el obtenido por *M. sativa* (53.7%), mientras que el resto de las arbustivas presentó niveles inferiores. Aunque todas las especies evaluadas tuvieron niveles de ligno-celulosa inferiores a *M. sativa*, es probable que el bajo nivel

mostrado en la DEF DN de la mayoría de las plantas arbustivas, sea debido a la formación de enlaces entre celulosa, lignina y taninos (Van Soest *et al.*, 1986), además del efecto que pudieron haber causado las sustancias tóxicas y principios activos de algunas arbustivas. Por lo tanto, si la digestibilidad de la fibra fue inhibida en la mayoría de las arbustivas, esto significa que no puedan aportar la cantidad adecuada de energía metabolizable para que las bacterias del rumen formen la cantidad necesaria de ácidos grasos para ser metabolizados (Kumar y D'Mello, 1995).

Debido principalmente a los cambios estacionales, las plantas evaluadas tuvieron variación significativa ( $P < 0.05$ ) en los contenidos de minerales. Además durante todo el año, la mayoría de las arbustivas tuvieron un contenido adecuado de Ca, Mg, K, Cu, Mn, Fe, y Zn, para cubrir los requerimientos nutricionales de las cabras adultas en pastoreo, además la mayoría de las arbustivas tuvo un contenido deficiente de P y Na durante todo el año, haciéndose más notoria esta deficiencia en otoño e invierno en lo que respecta al P y en primavera, verano y otoño en relación al Na, por esta razón, el cálculo sobre el consumo potencial de estos dos últimos minerales fue bajo en cabras con un peso vivo de 50 Kg y consumiendo 2.0 Kg de MS de follaje por día, por lo que se considera que para solucionar en parte este problema se deberá complementar a las cabras con P y Na durante todo el año.

Por su alto contenido de hemicelulosa, bajo contenido de lignina, por no tener taninos y por una degradabilidad efectiva de MS, PC y FDN superior, o equivalente a *M. sativa* y por su buen contenido de minerales, se puede considerar que de las arbustivas evaluadas, *F. angustifolia* es la planta que reúne las mejores cualidades para formar parte de los sistemas de alimentación, los cuales pueden ser utilizados como fuente de nutrientes y energía por los pequeños rumiantes. En segundo lugar merecen ser consideradas *A. wrightii*, *S. cuneifolia*, *C. texana* y *Z. fagara* por tener un contenido de hemicelulosa superior o equivalente a *M. sativa*, por un contenido de lignina inferior o equivalente a *M. sativa*, por estar libres o casi libres de taninos, por el buen contenido de la mayoría de los minerales y por tener una buena o regular degradabilidad efectiva de MS, PC y FDN. Aunque la fibra de *B. celastrina* fue la menos digerida se le puede considerar como una fuente última de proteínas.

Aunque *K. humboldtiana* tuvo una digestibilidad de la fibra superior a *M. sativa* y una buena DEMS y DEPC, también hay que mencionar que esta especie junto con *L. tridentata* (que tuvo una regular digestibilidad ruminal de MS y PC) por contener fenoles, taninos, sustancias tóxicas, principios activos o altos niveles de lignina, solo son ramoneadas por las cabras en temporadas de sequía, pero pudieran ser de más utilidad para animales de vida silvestre.

Este tipo de estudios y otros similares deben complementarse con ensayos de digestibilidad *in vivo* para conocer el balance energético y de nitrógeno en cabras lactantes o que estén en crecimiento, para conocer la producción de leche y la ganancia de peso. También es importante conocer el consumo diario del follaje de cada especie leñosa, para determinar el aporte de nutrientes de estas plantas, en términos de materia seca. Además de evaluar la presencia de taninos, también se debe conocer la existencia de otros polifenoles, o de alcaloides, cumarinas y principios activos, para interpretar mejor los resultados relacionados con el contenido de nutrientes y su variación durante las estaciones del año y sus efectos en la digestibilidad *in situ* e *in vivo* del follaje de las especies leñosas, durante las mismas etapas del año.

Esta clase de estudios constituyen solo una pequeña parte, de los muchos que se necesitan, si se quieren establecer sistemas de alimentación para cabras en pastoreo, los cuales son indispensables para mejorar la dieta basal de estos pequeños rumiantes y lograr con ello una mejor producción animal en nuestra región.

## VI. LITERATURA CITADA

- Alanís, F.G.J., González, A.M., Guzmán, L.M.A. y Cano, C.G. (1995). Flora representativa de Chipinque. Arboles y arbustos. Primera parte. Folleto editado por la Universidad Autónoma de Nuevo León. 40 p.
- AOAC, (1960). Official Methods of Analysis (9th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. 832 p.
- AOAC, (1965). Official Methods of Analysis (10th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. 957 p.
- AOAC, (1990). Official Methods of Analysis (15th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. 1094 p.
- Arbiza, S. I. (1986). Producción de caprinos, Editorial A. G. T. Editor, S. A. México. 695 p.
- ARC. (1984). Agricultural Research Council. The nutrient requirement of ruminant livestock. Supplement No. 1. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal England. 45p.
- Ash, A. (1990). El effect of supplementation with leaves from the leguminous trees *Sesbania grandiflora*, *Albizia chinensis* and *Gliricidia sepium* on the intake and digestibility of Guinea grass hay by goats. *Animal Feed Sci. and Tech.* 28 : 225 - 232 .
- Barnes, T.G., Varner, L.W., Blankenship, L. H., Fillinger, T.J. and Heineman, S.C. (1990). Macro and trace mineral content of selected south Texas deers forages. *Journal of Range Management.* 43 : 200–223.
- Barry, T.N. and Duncan, S.J. (1984). The role of tannins on the nutritional value of *Lotus pedunculatus* for sheep: I. Voluntary intake. *British Journal of Nutrition*, 51 : 485–491.

- Bell, F.R. and Lawn, A.M. (1957). The pattern of rumination behaviour in housed goats. *Brit. J. Anim. Behav.* 5 : 85.
- Benavides, G.J.E. (1991). Integración de árboles y arbustos en los sistemas de alimentación para cabras, en América Central. Un enfoque agroforestal. "El Chasqui", Boletín informativo sobre recursos naturales renovables. Año 8, No. 25. Costa Rica. 35 p.
- Bermúdez, M.V., Lozano, M.F.E., Támez, R.V.A., Díaz, C.G. y Piñeiro, L.A. (1995). Frecuencia de intoxicación con *K. humboldtiana* en México. *Salud Pública de México.* Volúmen 37, No. 1. pp. 57-62.
- Bidwell, R.G.S. (1990). Fisiología vegetal. Primera edición en español. Editorial AGT Editor S.A., México. 784 p.
- Blair, G.J. (1990). The diversity and potential value of shrubs and tree fodder. In: Devendra C. editor, *Shrubs and Tree Fodders for Farm Animals. Proceedings of a Workshop in Denpasar, Indonesia, International Development Research Center (IDRC) 276*, Ottawa, Canada. pp. 2-11.
- 
- Buxton, D.R. and Casler, M.D. (1993). Environmental and genetic effects on cell wall composition and digestibility. In: Jung, H.G., Buxton, D.R., Hatfield, R.D. and Ralph J.(eds.) *Forage Cell Wall Structure and Digestibility. International symposium on forage cell wall structure and digestibility. Madison, Wisconsin, USA.* pp. 685-714.
- Buxton, D.R. and Fales, S.L. (1994). Plant environment and quality. In: Fahey, C.G. Jr. Editor. *Forage Quality, Evaluation, and Utilization. National Conference on Forage Quality. University of Nebraska, Lincoln, Nebraska, USA.* pp. 155-199.
- Burns, R.E. (1971). Method for estimation of tannins in sorghum. *Agron. J.* 63 : 511-515.



Carlos, R.J.L. (1994). Determinación de la composición botánica, valor nutritivo y digestibilidad de la dieta seleccionada por el ganado caprino en un agostadero de Marín, N.L. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía, UANL. 102 p.

Castillo, M.N. (1997). Perfil nutricional de 10 especies arbustivas de zonas semiáridas del sureste de Nuevo León. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. 53 p.

CETENAL (1977). Carta edafológica. Hualahuises, G14C57. Escala 1: 50,000.

CETENAL (1977). Carta edafológica. Hidalgo, G14C15. Escala 1: 50,000.

CETENAL (1977). Carta uso del suelo y vegetación. Hidalgo, G14C15. Escala 1: 50,000.

Church, D.C. y Pond, W.G. (1987). Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Editorial Limusa, México. 438 p.

DETENAL (1978). Carta uso del suelo y vegetación. Hualahuises, G14C57. Escala 1: 50,000.

Devasena, B., Krishna, N., Prasad, J.R. and Reddy, D.V. (1994). Effect of stage of growth on chemical composition and in sacco dry matter degradability of colonial grass. *Indian Journal of Animal Sciences* 64(10): 1108-1110.

Dietz, D. R. and Cook, C.W. (1972). Nutritive value of shrubs. *International Symposium Utha. State University, Logan, Utha, USA.* 14 p.

Everitt, J.H. and Drawe D.L. (1993). *Trees, Shrubs, and Cacti of South Texas.* Texas Tech Univ. Press, Lubbock, Texas, USA. 213 p.

Everitt, J.H. and Gonzalez, C.L. (1981). Seasonal nutrient content in food plants of white-tailed deer on the south Texas plains. *Journal of Range Management*, 34: (6) 506-510.

Fahey, G.C. and Berger, L.L. (1988). **Carbohydrate nutrition of ruminants. In The ruminant animal, digestive, physiology and nutrition.** Editor: D.C. Church. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA. 564 p.

Fasley, J.F., Mc Call, J.T., Davis, G.K. and Shirley, R.L. (1965). **Analytical methods for feed and tissues.** Nutrition Laboratory. Department of Animal Science. University of Florida, USA.

Fierro, L.C. y Foroughbakhch P.R. (1989). **Nutrición de caprinos en el matorral tamaulipeco del este de Nuevo León. Reporte científico No. 13.** Facultad de Ciencias Forestales, UANL, Linares, N.L., México. 48 p.

Foroughbakhch, R. y Háuad, L. A. (1989). **Valor nutritivo de algunas especies del matorral como fuente alimenticia del venado cola blanca en noreste de México. Primer simposio de venado cola blanca en México.** Facultad de Ciencias Forestales, UANL, Linares, N.L., México. pp. 65-74.

Foroughbakhch, R. y Tellez, R. (1990). **Plantas aprovechadas por el ganado caprino en una zona de matorral mediano espinoso del noreste de México. Reporte científico número 21.** Facultad de Ciencias Forestales, UANL, Linares, N.L., México. 42 p.

Foroughbakhch, R., Ramírez, R.G., Háuad, L.A. y Moya-Rodríguez, J. (1998). **Características de la digestión ruminal de la pared celular de las hojas de 10 arbustivas nativas del noreste de México. International Journal of Experimental Botany** 16 : 113-118.

Gleen, B.P. and Waldo, D.R. (1993). **Cell wall degradation in the ruminant session synopsis.** In: Jung, H.G., Buxton, D.R., Hatfield, R.D., Ralph, J. Editors. **Forage Cell Wall Structure and Digestibility. International symposium on forage cell wall structure and digestibility.** Madison, Wisconsin, USA. 794 p.

- Goering, H.K. and Van Soest, P.J. (1970). Forage fiber analysis (apparatus reagents procedures and some applications). Agric. Handbook No. 379 ARS, USDA. Washington, D C., pp. 1-20.
- González, S.A. (1989). Plantas tóxicas para el ganado. Editorial Limusa, México. 269 p.
- Halim, R.A., Buxton, D.R., Hattendorf, J.J. and Carlson, R.E. (1989 a). Water stress effects on alfalfa quality after adjustment for maturity differences. *Agronomy Journal* 81 : 189-194.
- Harris, L.E. (1970). Nutrition Techniques for Domestic and Wild Animals. Vol. 1. pp. 1901-1903.
- Haslam, E. (1989). Plant polyphenols. Vegetable tannins revisited. Cambridge University Press, Cambridge.
- Holechek, J.L., Munshikpu, A.V., Saiwana, L., Nuñez-Hernández, G., Valdez, R., Wallace, J.D. and Cardenas, M. (1990). Influences of six shrub diets varying in phenol content on intake and nitrogen retention by goats. *Tropical Grasslands*. 24 : 93-98.
- INEGI (1982). Carta uso del suelo y vegetación. Mina, G14A85. Escala 1: 50,000.
- INEGI (1983). Carta edafológica. Mina, G14A85. Escala 1: 50,000.
- INEGI (1986). Síntesis Geográfica del Estado de Nuevo León. Secretaria de programación y presupuesto. México, D.F. 170 p .
- INEGI (1987). Carta de efectos climáticos. Linares, G14-11. Escala 1: 250,000.
- INEGI (1990). Carta de efectos climáticos. Monterrey, G14-7. Escala 1: 250,000.

- 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.
- John, A. and Ulyatt, M.J. (1987). Importance of dry matter content to voluntary intake of fresh grass forages. *Proceedings of the New Zealand Society Animal Production.* 47 : 13-16.
- Jung, H.G. and Allen, M.S. (1995) Characteristics of plants cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *Journal of Animal Science.* 73: 2774–2790.
- Jung, H.G. and Vogel, K.P. (1992). Lignification of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) and bigbluestem (*Andropogon gerardii* V.) plant parts during maturation and its effect on fibre degradability. *Journal of the Science Food and Agriculture.* 59: 769-776.
- Kessler, J. (1991). Mineral nutrition of goats. In: P. Morand-Feher (Ed.) *Goat Nutrition*, vol. 46. EAAP Publication. pp. 104–119.
- Kumar, R. and D'Mello, J.P.F. (1995). Anti-nutritional factors in forage legumes. In *Tropical legumes in animal nutrition*. Edited by J.P.F. D' Mello and C. Devendra, CAB International, pp. 95–125.
- Kumar, R. and Horigome, T. (1986). Fractionation, characterization and protein precipitating capacity of the condensed tannins from *Robinia pseudoacacia* L. leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 34: 487-489.
- Lewis, N.G. and Yamamoto, E. (1989). Tannins: their place in plant metabolism. In: Hemingway, R.W. and J.J. Karchesy (eds) *Chemistry and significance of Condensed Tannins*. Plenum Press, New York, pp. 23-46.
- Lowry, B.J., Petherman, J.R. and Tangenjaja, B. (1992). Plants fed to village ruminants in Indonesia. ACIAR, Technical Report No. 22, Canberra, p. 60.

- Mangione, A.M., Dearing, M.D. and Karasov, W.H. (2000). Interpopulation differences in tolerance to creosote bush resin in desert woodrats (*Neotoma lepida*). *Ecology*, 81 : 2067-2076.
- Maynard, L.A., Loosli, J.K., Hintz, H.F. y Warner, R.G. (1989). *Nutrición animal* . Cuarta edición en español. Editorial McGraw-Hill de México. 640 p.
- McDonald, I. (1981). A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 96 : 251-252.
- McDonald, P., Edwards, R. y Greenhalgh, J.F.D. (1988). *Nutrición Animal*. Cuarta edición en español. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, España. 571 p.
- McSweeney, C.S., Kennedy, P.M. and John, A. (1988). Effect of ingestion of hydrolyzable tannins in *Terminalia oblongata* on digestion in sheep fed *Stylosanthes hamata*. *Australian Journal of Agricultural Research* 39 : 235-244.
- Mehrez, A.Z. and Ørskov, E.R. (1977). A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feed in the rumen. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 88 : 645-650.
- Minson, D.R. (1990). *Forage in Ruminant Nutrition*. Published by Academic Press, London. p. 483.
- Minson, D.J. and Wilson, J.R. (1994). Prediction of intake as an element of forage quality. In: Fahey, G.C. Jr. Editor. *Forage quality, evaluation, and utilization*. National conference on forage quality, evaluation, and utilization. University of Nebraska. pp 533-563.
- Mitjavila, S., Lacombe, C., Carrera, G. and Derache, R. (1977). Tannic acid and oxidized tannic acid on the functional state of rat intestinal epithelium. *Journal of Nutrition* 107 : 2113-2120.

- Moore, K.J. and Hatfield, R.D. (1994). Carbohydrates and forage quality. In: Fahey, G.C. Jr.(ed.) Forage Quality, Evaluation, and Utilization. National conference on forage quality, evaluation, and utilization. University of Nebraska. pp. 229-280.
- Moya, R.J.G. (1977). *Dinámica estacional de la degradabilidad ruminal de los nutrientes contenidos en hojas de diez especies arbustivas nativas del noreste de México*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. pp. 92.
- Murdiati, T.B., McSweeney, C.S. and Lowry, J.B. (1987). *Hydrolyzable tannins in forages: Metabolism in sheep*. In: Rose, M. (ed) *Herbivore Nutrition Research*. Occasional Publication, Australian Society of Animal Production, Brisbane, pp. 41-42.
- Neira, R. R. (1994). *Composición química y digestibilidad in situ de la proteína de 15 arbustos nativos del noreste de México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UANL.
- Neira, R.R., Ramírez, R.G., Ledezma, R.A. and Garibaldi, C. (1994). *Ruminal degradation of dry matter, crude protein and cell wall of various shrub forages*. *National Conference on Forage Quality, Evaluation and Utilization*, University of Nebraska, Lincoln Nebraska. p. 41.
- Nelson, C.J. and 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. 115-154.
- Norton, B.W. and Poppi, D.P. (1995). *Composition and nutritional attributes of pasture legumes*. In: D'Mello, J.P.F., and Devendra, C. Editors. *Tropical Legumes in Animal Nutrition*. CAB. International, Wallingford. pp 23 – 48.
- NRC. (1981). *Nutrient Requirements of Goats: Angora, Dairy and Meat Goats in Temperate and Tropical Countries*. National Academy Press. Washington, DC. p 23.

NRC. (1984). *Nutrient of Beef Cattle*, 6th Edition. National Academy Press. Washington, DC. p 17.

Ørskov, E.R. and McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 92 : 499-503.

Orskov, E., F. Hovell y F. Mould . (1980) . Uso de la técnica de la bolsa nylon para la valuación de los alimentos . 1980 . *Producción animal tropical* . 5 : 213 - 233 .

Ørskov, E.R. (1982). *Protein nutrition in ruminants*. Editorial Academic Press, London, England. 178 p.

Price, M.L., Van Scoyoc, S. and Butler, L.G. (1978). A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannins in sorghum grain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 26 : 1214-1220.

Puente, G. A. (1986). *Composición botánica y nutritiva de la dieta de caprinos en un matorral micrófilo con y sin resiembra en la región de Ocampo Coahuila, México*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México .

Quintanilla, G.J. (1989). *Determinación de la composición botánica de la dieta seleccionada por el venado cola blanca ( *Odocoileus virginianus texanus* ) en el norte del Estado de Nuevo León*. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N. L., México. 87 p.

Ramírez, M.J.H. (1996). *Plantas mixtecas y sus aplicaciones*. Resumen de ponencias del primer congreso nacional de plantas medicinales de México. Tlaxcala, Tlaxcala. pp. 84-85.

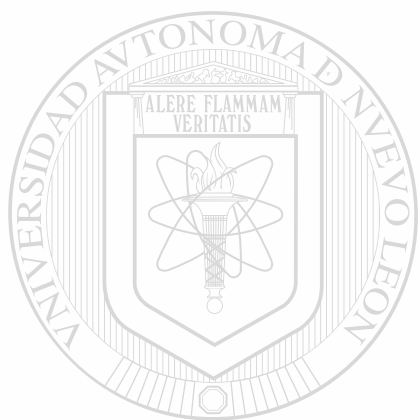
Ramírez, R.G. (1989). *Estudios nutricionales de las cabras en el noreste de México: primera parte*. Cuaderno de investigación No. 6. Dirección General de Estudios de Postgrado, UANL. San Nicolás de los Garza, N.L., México. 56 P.

- Ramírez, R.G., Mireles, E., Huerta J.M. and Aranda, J. (1995 a). Forage selection by range sheep on a buffelgrass (*Cenchrus ciliaris*) pasture. *Small Ruminant Research*, 17 : 129-135.
- Ramírez, R.G., Alonso, D.S., Hernández, G., and Ramírez, B. (1995 b). Nutrient intake of range sheep on a buffelgrass (*Cenchrus ciliaris*) pasture. *Small Ruminant Research* 17 : 136-143.
- Ramírez, R.G., Foroughbakhch, R., Háuad, L.A., Castillo-Morales, N.E. and Moya-Rodríguez, J. (1997). Seasonal dynamics on nutrient profile of leaves from 10 native shrubs in northeastern Mexico. *Forest, Farm, and Community Tree Network*. 2 : 8-12.
- Ramírez, R.G. and Lara, J.A. (1998). Influence of native shrubs *Acacia rigidula*, *Cercidium macrum* and *Acacia farnesiana* on digestibility and nitrogen utilization by sheep. *Small Ruminant Research* 28 : 39-45.
- Ramírez, R.G. (1999). Feed resources and feeding techniques of small ruminants under extensive management systems. *Small Ruminant Research* 34:215-230.
- Ramírez, R.G. (2000). Valor nutricional del forraje de árboles y arbustos. *Ciencia, UANL* III : 303-311.
- Ramírez, R.G., Neira-Morales, R.R., Ledezma-Torres, R.A. and Garibaldy-González, C.A. (2000). Ruminal digestion characteristics and effective degradability of cell wall of browse species from northeastern Mexico. *Small Ruminant Research* 36 : 49-55.
- Ramírez, R.G., Haenlein, G.F.W. and Núñez-González, M.A. (2001). Seasonal variation of macro and trace mineral contents in 14 browse species that grow in northeastern Mexico. *Small Ruminant Research* 39 : 153-159.



- SAS. (1988). SAS User's Guide Statistics. 6a Edition. Statistical Analysis Systems Institute, Inc., Cary, NC.
- Scales, F.M. and Harrison, A.P. (1920). Boric acid modification of the Kjeldahl method for crop and soil analysis. *J. Ind. Eng. Chem.* 12 : 350-352.
- Short, H.L., Blair, R.M. and Segelquist, Ch.A. (1974). Fiber composition and forage digestibility by small ruminants . *Journal of Wildlife Manage* 38 : 197.
- Spears, J.W. (1994). Minerals in forages. In: Fahey Jr., G.C. (Editor – in Chief ). National conference on forage quality, evaluation and utilization. University of Nebraska, Lincoln, N.E. pp. 281–317.
- Stewart, C.D. and Marshall, C.J. (1970). Manual of the vascular plants of Texas. Published by Texas Research Foundation. 1881 p.
- Taylor, R.B., Rutledge, J. and Herrera, J.G. (1999). A field guide to common south Texas Shrubs. Texas Park and Wildlife. 106 p.
- Upadhyaya, R.S. (1985). Some nutritional and clinical observations in sheep fed Khejri (*Prosopis cineraria*) tree leaves. *Indian Journal of Animal Nutrition* 2 : 47-48.
- Van Dyke, N.J. (1998). Interpreting a forage analysis. *Animal and Dairy Science*. Publication No. ANR-890. Auburn University, USA. 12 p.
- Van Soest, P.J. (1963). Use of detergent in the analysis of fibrous feed. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *Journal of Association Official Agriculture Chemists* 46(5) : 829.
- Van Soest, P.J. (1965). Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: Voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. *Journal of Animal Science* 24 : 834-843 .

- Van Soest, P.J. and Wine, R.D. (1967). Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. The determination of plant cell wall constituents. *Journal Association Official Analytical Chemists* 30 : 50-55.
- Van Soest, P.J. and Jones, L.H.P. (1968). Effect of silica in forages upon digestibility. *Journal of Dairy Science* 51 : 1644-1648.
- Van Soest, P.J., Conklin, N.L. and Horvath, P.J. (1986). Tannins in food and feeds. *Proceedings of the Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers*, pp. 115-122.
- Van Soest, P.J. (1993). Cell wall matrix interactions and degradation-session synopsis. In: Jung, H.G, Buxton, D.R., Hatfield, R.D., and Ralph, J. (Eds) *Forage Cell Wall Structure and Digestibility*. p 377-395. ASA. CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
- Vargas, L.S. y López, T.R. (1991). *Investigaciones en caprinos en el norte de México*. UAAN., Saltillo, Coahuila. 146 p.
- Vega, Z.J.S. (1986). Determinación de la composición botánica de la dieta de las cabras. Tesis. Facultad de Agronomía, UANL. Marín, N. L., México.
- Vines, R. A. (1976). *Shrubs and woody vines of the southwest*. 1976. University of Texas Press. Texas, USA. 1104 p.
- Wilson, J.R. (1982). Environmental and nutritional factors affecting herbaje quality. In J.B. Hacker (ed) *Nutritional limits to animal production from pastures*. CAB, Farnham, U.K. p. 111-131.
- Wilson, P.N. (1957). Studies of the browsing and reproductive behavior of east African dwarf goat. *East African Agriculture Journal* 23:138.
- Zar, J.H. (1996). *Biostatistical Análisis*. 3ª. Edición. Editorial Prentice-Hall Inc., New Jersey Cliff. Englewood 668 p.



**ANEXOS**

UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## Anexo 1.

**Algunas propiedades fisico-químicas del suelo localizado en el municipio de Mina, donde se colectó *Larrea tridentata*,**

Profundidad 0–30 cm		
Determinación	Resultados	Clasificación Agronómica
Textura: (%)		
Arena f <sup>1</sup> , m <sup>2</sup> , g <sup>3</sup> .	26.5, 6.8, 3.3	Franco
Limo f <sup>1</sup> , m <sup>2</sup> , g <sup>3</sup> .	9.5, 16, 23	
Arcilla	14.9	
Materia orgánica: (%)	0.9670	Escasa
Nitrógeno total: (%)	0.0644	Bajo
Reacción del suelo: (pH)	7.78	Alcalino
Conductividad eléctrica: ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	161.2	Muy escasa
Potasio: (ppm)	295.7	Alto
Fósforo: (ppm)	26.3083	Alto
Profundidad 30–60 cm		
Determinación	Resultados	Clasificación Agronómica
Textura: (%)		
Arena f <sup>1</sup> , m <sup>2</sup> , g <sup>3</sup> .	26.3, 5.82, 1.32	Franco
Limo f <sup>1</sup> , m <sup>2</sup> , g <sup>3</sup> .	5, 17.5, 22	
Arcilla	22.1	
Materia orgánica: (%)	0.9401	Escasa
Nitrógeno total: (%)	0.0655	Bajo
Reacción del suelo: (pH)	7.84	Alcalino
Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	295	Muy escasa
Potasio: (ppm)	191.36	Alto
Fósforo: (ppm)	5.0433	Bajo

f<sup>1</sup> = fina, m<sup>2</sup> = mediana; g<sup>3</sup> = gruesa

## Anexo 2.

Algunas propiedades físico-químicas del suelo localizado en el municipio de Carmen, donde se colectaron *Castela texana* y *Schaefferia cuneifolia*.

Profundidad 0-30 cm		
Determinación	Resultados	Clasificación Agronómica
Textura: (%)		
Arena f <sup>1</sup> , m <sup>2</sup> , g <sup>3</sup> .	8.45, 2.1, 5.93	Franco-limoso
Limo f <sup>1</sup> , m <sup>2</sup> , g <sup>3</sup> .	19, 22.5, 11	
Arcilla	31.02	
Materia orgánica: (%)	2.4711	Mediano
Nitrógeno total: (%)	0.1254	Adecuado
Reacción del suelo: (pH)	7.49	Alcalino
Conductividad eléctrica: ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	330	Muy escasa
Potasio: (ppm)	84.402	Deficiente
Fósforo: (ppm)	1.7556	Deficiente
Profundidad 30-60 cm		
Determinación	Resultados	Clasificación Agronómica
Textura: (%)		
Arena f <sup>1</sup> , m <sup>2</sup> , g <sup>3</sup> .	7.0, 2.1, 5.9	Franco-arcilloso-limoso
Limo f <sup>1</sup> , m <sup>2</sup> , g <sup>3</sup> .	18.5, 16, 14	
Arcilla	36.5	
Materia orgánica: (%)	1.5579	Mediano
Nitrógeno total: (%)	0.0963	Adecuado
Reacción del suelo: (pH)	7.53	Alcalino
Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	607	Muy escasa
Potasio: (ppm)	84.656	Deficiente
Fósforo: (ppm)	4.3270	Deficiente

f<sup>1</sup> = fina, m<sup>2</sup> = mediana; g<sup>3</sup> = gruesa

## Anexo 3.

**Algunas propiedades físico-químicas del suelo (sitio 1) localizado en el municipio de Hualahuises, donde se colectaron *Bumelia celastrina*, *Forestiera angustifolia*, *Acacia wrightii* y *Zanthoxylum fagara*.**

Profundidad 0–30 cm		
Determinación	Resultados	Clasificación Agrónomica
Textura: (%)		
Arena f <sup>1</sup> , m <sup>2</sup> , g <sup>3</sup> .	1.83, 1.42, 0.75	Arcillo – limoso
Limo f <sup>1</sup> , m <sup>2</sup> , g <sup>3</sup> .	20, 19.5, 5	
Arcilla	51.5	
Materia orgánica: (%)	2.4979	Mediano
Nitrógeno total: (%)	0.1473	Adecuado
Reacción del suelo: (pH)	6.95	Neutro
Conductividad eléctrica: (μS cm <sup>-1</sup> )	137.6	Muy escasa
Potasio: (ppm)	90.798	Bajo
Fósforo: (ppm)	10.1987	Bajo
Profundidad 30–60 cm		
Determinación	Resultados	Clasificación Agrónomica
Textura: (%)		
Arena f <sup>1</sup> , m <sup>2</sup> , g <sup>3</sup> .	2.58, 0.83, 1.6	Arcillo - limoso
Limo f <sup>1</sup> , m <sup>2</sup> , g <sup>3</sup> .	21, 15, 4	
Arcilla	55	
Materia orgánica: (%)	2.3368	Mediano
Nitrógeno total: (%)	0.1053	Adecuado
Reacción del suelo: (pH)	7.68	Alcalino
Conductividad eléctrica (μS cm <sup>-1</sup> )	221	Muy escasa
Potasio: (ppm)	67.11	Deficiente
Fósforo: (ppm)	15.6980	Adecuado

f<sup>1</sup> = fina, m<sup>2</sup> = mediana; g<sup>3</sup> = gruesa

## Anexo 4.

Algunas propiedades físico-químicas del suelo (sitio 2) localizado en el municipio de Hualahuis, donde se colectaron *Karwinskia humboldtiana* y *Forestiera angustifolia*.

Profundidad 0–30 cm		
Determinación	Resultados	Clasificación Agronómica
Textura: (%)		
Arena f <sup>1</sup> , m <sup>2</sup> , g <sup>3</sup> .	5.4, 4.6, 8.0	Franco-arcilloso-limoso
Limo f <sup>1</sup> , m <sup>2</sup> , g <sup>3</sup> .	23.4, 24, 7	
Arcilla	27.6	
Materia orgánica: (%)	2.5517	Mediano
Nitrógeno total: (%)	0.2022	Alto
Reacción del suelo: (pH)	7.72	Alcalino
Conductividad eléctrica: ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	87.8	Muy escasa
Potasio: (ppm)	39.484	Deficiente
Fósforo: (ppm)	1.5256	Deficiente
Profundidad 30–60 cm		
Determinación	Resultados	Clasificación Agronómica
Textura: (%)		
Arena f <sup>1</sup> , m <sup>2</sup> , g <sup>3</sup> .	7.23, 8.95, 15.3	Franco-limoso
Limo f <sup>1</sup> , m <sup>2</sup> , g <sup>3</sup> .	16.5, 30, 7	
Arcilla	15	
Materia orgánica: (%)	1.2893	Mediano
Nitrógeno total: (%)	0.1350	Adecuado
Reacción del suelo: (pH)	7.58	Alcalino
Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	78.2	Muy escasa
Potasio: (ppm)	224.8	Alto
Fósforo: (ppm)	22.4278	Alto

f<sup>1</sup> = fina, m<sup>2</sup> = mediana; g<sup>3</sup> = gruesa

## Anexo 5.

Parámetros optimizados del espectrofotómetro que se utilizaron para determinar el contenido foliar de macro y micronutrientes.

Elemento mineral	Longitud de onda (nm)	Corriente de lámpara <sup>1</sup> (mA)	Ancho de ranura (nm)	Flujo (L min <sup>-1</sup> )		Estequiometría de la flama
				combustible <sup>2</sup>	oxidante <sup>3</sup>	
Ca	239.9	10.0	0.2	6.35	11.0	reductora
K	440.4	5.0	0.5	2.00	13.5	oxidante
Mg	202.6	4.0	0.1	2.00	13.5	oxidante
Na	330.2	5.0	0.5	2.00	13.5	oxidante
Cu	324.7	4.0	0.5	2.00	13.5	oxidante
Mn	279.5	5.0	0.2	2.00	13.5	oxidante
Fe	248.3	5.0	0.2	2.00	13.5	oxidante
Zn	213.9	5.0	1.0	2.00	13.5	oxidante

<sup>1</sup>Lámpara de cátodo hueco; <sup>2</sup>Acetileno (grado absorción atómica, AA); <sup>3</sup>Oxido nitroso (para Ca) y aire (para K, Mg, Na, Cu, Mn, Fe y Zn); nm = nanómetros, mA = miliamperes; L/min = litros/minuto.

## Anexo 6.

Dinámica estacional del contenido de materia seca total (%) del follaje de las especies evaluadas.

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias ± EE Sig.
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	48.3 <sup>b</sup>	44.2 <sup>c</sup>	42.5 <sup>d</sup>	58.6 <sup>a</sup>	48.4 ± 0.3 ***
<i>B. celastrina</i>	52.7 <sup>a</sup>	51.3 <sup>b</sup>	45.5 <sup>d</sup>	50.5 <sup>c</sup>	50.0 ± 0.2 ***
<i>C. texana</i>	71.1 <sup>b</sup>	68.4 <sup>c</sup>	64.6 <sup>d</sup>	78.2 <sup>a</sup>	70.6 ± 0.1 ***
<i>F. angustifolia</i>	61.2 <sup>a</sup>	47.4 <sup>c</sup>	52.7 <sup>b</sup>	56.0 <sup>b</sup>	54.3 ± 1.3 ***
<i>K. humboldtiana</i>	50.4 <sup>a</sup>	30.5 <sup>c</sup>	37.0 <sup>b</sup>	48.4 <sup>a</sup>	41.6 ± 0.9 ***
<i>L. tridentata</i>	59.2 <sup>b</sup>	48.4 <sup>d</sup>	53.3 <sup>c</sup>	60.6 <sup>a</sup>	55.4 ± 0.4 ***
<i>S. cuneifolia</i>	65.7 <sup>c</sup>	66.9 <sup>b</sup>	60.8 <sup>d</sup>	67.9 <sup>a</sup>	65.3 ± 0.3 ***
<i>Z. fagara</i>	55.6 <sup>a</sup>	36.6 <sup>d</sup>	44.0 <sup>c</sup>	48.0 <sup>b</sup>	46.1 ± 0.5 ***

<sup>1</sup>Base seca; \*\*\*( $P < 0.001$ ); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.



## Anexo 7.

## Variación estacional del contenido de materia orgánica (%) del follaje de las plantas evaluadas

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias ± EE Sig.
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	92.2 <sup>a</sup>	91.3 <sup>a b</sup>	90.0 <sup>c</sup>	90.5 <sup>b c</sup>	91.0 ± 0.4 ***
<i>B. celastrina</i>	92.5 <sup>a</sup>	91.2 <sup>b</sup>	90.9 <sup>b</sup>	90.2 <sup>c</sup>	91.2 ± 0.1 ***
<i>C. texana</i>	90.5 <sup>d</sup>	91.8 <sup>b</sup>	92.8 <sup>a</sup>	91.3 <sup>c</sup>	91.6 ± 0.1 ***
<i>F. angustifolia</i>	90.9 <sup>c</sup>	92.7 <sup>a</sup>	91.1 <sup>b</sup>	90.6 <sup>d</sup>	91.3 ± 0.1 ***
<i>K. humboldtiana</i>	86.3 <sup>c</sup>	86.8 <sup>b</sup>	87.1 <sup>a</sup>	85.4 <sup>d</sup>	86.4 ± 0.1 ***
<i>L. tridentata</i>	88.6 <sup>a</sup>	85.8 <sup>b</sup>	83.5 <sup>c</sup>	88.3 <sup>a</sup>	86.5 ± 0.1 ***
<i>S. cuneifolia</i>	79.2 <sup>d</sup>	82.8 <sup>b</sup>	85.8 <sup>a</sup>	81.4 <sup>c</sup>	82.3 ± 0.1 ***
<i>Z. fagara</i>	86.3 <sup>c</sup>	89.1 <sup>a</sup>	87.8 <sup>b</sup>	87.5 <sup>b</sup>	87.7 ± 0.2 ***
<i>M. sativa</i>	84.4 <sup>d</sup>	86.1 <sup>c</sup>	88.7 <sup>a</sup>	87.7 <sup>b</sup>	86.7 ± 0.1 ***

<sup>1</sup>Base seca; \*\*\*( $P < 0.001$ ); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

## Anexo 8.

## Variación estacional del contenido de fibra detergente ácido (%) de las arbustivas evaluadas.

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias ± EE Sig.
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	33.8 <sup>a</sup>	32.4 <sup>a b</sup>	30.5 <sup>b</sup>	27.2 <sup>c</sup>	31.0 ± 0.6 ***
<i>B. celastrina</i>	29.7 <sup>b</sup>	33.5 <sup>a</sup>	30.6 <sup>b</sup>	25.7 <sup>c</sup>	29.9 ± 0.6 ***
<i>C. texana</i>	30.9 <sup>a</sup>	32.0 <sup>a</sup>	31.9 <sup>a</sup>	32.6 <sup>a</sup>	31.8 ± 0.8 NS
<i>F. angustifolia</i>	18.6 <sup>b</sup>	23.2 <sup>a</sup>	18.1 <sup>b</sup>	15.3 <sup>c</sup>	18.8 ± 0.8 ***
<i>K. humboldtiana</i>	18.8 <sup>b</sup>	25.3 <sup>a</sup>	20.6 <sup>b</sup>	20.5 <sup>b</sup>	21.3 ± 1.6 **
<i>L. tridentata</i>	17.7 <sup>b</sup>	23.5 <sup>a</sup>	16.8 <sup>a b</sup>	14.8 <sup>c</sup>	18.2 ± 0.9 ***
<i>S. cuneifolia</i>	25.2 <sup>c</sup>	28.8 <sup>b</sup>	31.8 <sup>a</sup>	23.9 <sup>c</sup>	27.4 ± 0.7 ***
<i>Z. fagara</i>	17.5 <sup>b</sup>	21.8 <sup>a</sup>	15.6 <sup>c</sup>	15.5 <sup>c</sup>	17.6 ± 0.2 ***
<i>M. sativa</i>	36.7 <sup>a</sup>	28.2 <sup>c</sup>	36.1 <sup>a</sup>	33.8 <sup>b</sup>	33.7 ± 0.3 ***

<sup>1</sup>Base seca; \*\*( $P < 0.01$ ), \*\*\*( $P < 0.001$ ); NS = diferencias no significativas ( $P > 0.05$ ); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

## Anexo 9.

## Dinámica estacional del contenido de cenizas (%) de las especies de plantas evaluadas.

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias ± EE Sig.
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	7.9 <sup>c</sup>	8.8 <sup>bc</sup>	10.0 <sup>a</sup>	9.5 <sup>ab</sup>	9.0 ± 0.4 ***
<i>B. celastrina</i>	7.4 <sup>c</sup>	8.8 <sup>b</sup>	9.1 <sup>b</sup>	9.8 <sup>a</sup>	8.8 ± 0.1 ***
<i>C. texana</i>	9.5 <sup>a</sup>	8.2 <sup>c</sup>	7.2 <sup>d</sup>	8.7 <sup>b</sup>	8.4 ± 0.1 ***
<i>F. angustifolia</i>	9.2 <sup>b</sup>	7.3 <sup>d</sup>	8.9 <sup>c</sup>	9.4 <sup>a</sup>	8.7 ± 0.1 ***
<i>K. humboldtiana</i>	13.7 <sup>b</sup>	13.3 <sup>c</sup>	12.9 <sup>d</sup>	14.6 <sup>a</sup>	13.6 ± 0.1 ***
<i>L. tridentata</i>	11.4 <sup>c</sup>	14.3 <sup>b</sup>	16.5 <sup>a</sup>	11.7 <sup>c</sup>	13.5 ± 0.1 ***
<i>S. cuneifolia</i>	20.8 <sup>a</sup>	17.2 <sup>c</sup>	14.2 <sup>d</sup>	18.6 <sup>b</sup>	17.7 ± 0.1 ***
<i>Z. fagara</i>	13.7 <sup>a</sup>	11.0 <sup>c</sup>	12.3 <sup>b</sup>	12.5 <sup>b</sup>	12.4 ± 0.2 ***
<i>M. sativa</i>	15.7 <sup>a</sup>	14.0 <sup>b</sup>	11.3 <sup>d</sup>	12.3 <sup>c</sup>	13.3 ± 0.1 ***

<sup>1</sup>Base seca; \*\*\*( $P < 0.001$ ); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

## Anexo 10.

## Variación estacional del contenido de cenizas insolubles (%) de las especies arbustivas evaluadas.

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias ± EE Sig.
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	0.6 <sup>ab</sup>	0.1 <sup>b</sup>	0.4 <sup>ab</sup>	1.0 <sup>a</sup>	0.5 ± 0.3 *
<i>B. celastrina</i>	0.9 <sup>a</sup>	0.1 <sup>b</sup>	0.4 <sup>ab</sup>	0.1 <sup>b</sup>	0.4 ± 0.2 **
<i>C. texana</i>	0.6 <sup>c</sup>	0.7 <sup>ab</sup>	0.6 <sup>b</sup>	1.4 <sup>a</sup>	0.8 ± 0.2 *
<i>F. angustifolia</i>	0.7 <sup>a</sup>	0.4 <sup>a</sup>	0.4 <sup>a</sup>	0.3 <sup>a</sup>	0.5 ± 0.2 NS
<i>K. humboldtiana</i>	0.3 <sup>c</sup>	0.2 <sup>b</sup>	1.3 <sup>a</sup>	0.4 <sup>b</sup>	0.5 ± 0.2 **
<i>L. tridentata</i>	0.1 <sup>c</sup>	2.3 <sup>a</sup>	2.7 <sup>a</sup>	0.7 <sup>b</sup>	1.4 ± 0.2 ***
<i>S. cuneifolia</i>	0.6 <sup>ab</sup>	0.7 <sup>a</sup>	0.1 <sup>b</sup>	0.2 <sup>ab</sup>	0.4 ± 0.2 *
<i>Z. fagara</i>	0.6 <sup>a</sup>	0.8 <sup>a</sup>	0.9 <sup>a</sup>	0.7 <sup>a</sup>	0.8 ± 0.3 NS
<i>M. sativa</i>	0.0 <sup>a</sup>	0.6 <sup>a</sup>	0.4 <sup>a</sup>	0.7 <sup>a</sup>	0.4 ± 0.3 NS

<sup>1</sup>Base seca; \*( $P < 0.05$ ), \*\*( $P < 0.01$ ), \*\*\*( $P < 0.001$ ); NS = diferencias no significativas ( $P > 0.05$ ); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

## Anexo 11.

Dinámica estacional del contenido de energía (Mcal Kg<sup>-1</sup>) del follaje de las especies evaluadas.

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias ± EE Sig.
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	4.8 <sup>c</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.1 <sup>b</sup>	4.7 <sup>d</sup>	4.9 ± 0.0 ***
<i>B. celastrina</i>	4.8 <sup>c</sup>	4.9 <sup>b</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.6 <sup>d</sup>	4.8 ± 0.0 ***
<i>C. texana</i>	4.7 <sup>c</sup>	4.9 <sup>b</sup>	5.0 <sup>a</sup>	4.6 <sup>d</sup>	4.8 ± 0.0 ***
<i>F. angustifolia</i>	5.0 <sup>c</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.3 <sup>b</sup>	4.6 <sup>d</sup>	5.1 ± 0.0 ***
<i>K. humboldtiana</i>	4.6 <sup>b</sup>	4.6 <sup>b</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.2 <sup>c</sup>	4.5 ± 0.0 ***
<i>L. tridentata</i>	5.2 <sup>a</sup>	5.1 <sup>b</sup>	4.8 <sup>d</sup>	4.9 <sup>c</sup>	5.0 ± 0.0 ***
<i>S. cuneifolia</i>	4.0 <sup>c</sup>	4.3 <sup>b</sup>	4.4 <sup>a</sup>	3.9 <sup>d</sup>	4.2 ± 0.0 ***
<i>Z. fagara</i>	4.7 <sup>b</sup>	4.7 <sup>b</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.6 <sup>c</sup>	4.7 ± 0.0 ***
<i>M. sativa</i>	4.4 <sup>a</sup>	4.3 <sup>b</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.3 <sup>b</sup>	4.4 ± 0.0 ***

<sup>1</sup>Base seca; \*\*\*( $P < 0.001$ ); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

## Anexo 12.

Variación estacional de la fracción materia seca (a) que se degrada (%) rápidamente en el rumen.

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias ± EE Sig.
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	23.8 <sup>c</sup>	31.8 <sup>d</sup>	34.5 <sup>a</sup>	34.5 <sup>a</sup>	31.2 ± 0.7 ***
<i>B. celastrina</i>	28.0 <sup>a</sup>	27.8 <sup>a</sup>	26.0 <sup>a</sup>	27.1 <sup>a</sup>	27.2 ± 0.9 NS
<i>C. texana</i>	33.2 <sup>b</sup>	43.1 <sup>a</sup>	41.2 <sup>a</sup>	31.5 <sup>b</sup>	37.2 ± 0.8 ***
<i>F. angustifolia</i>	48.4 <sup>a</sup>	33.8 <sup>c</sup>	41.2 <sup>b</sup>	43.7 <sup>b</sup>	41.8 ± 1.1 ***
<i>K. humboldtiana</i>	41.4 <sup>a</sup>	26.7 <sup>c</sup>	23.5 <sup>d</sup>	30.1 <sup>b</sup>	30.4 ± 0.5 ***
<i>L. tridentata</i>	40.7 <sup>a</sup>	36.9 <sup>b</sup>	41.1 <sup>a</sup>	31.1 <sup>c</sup>	37.5 ± 0.6 ***
<i>S. cuneifolia</i>	35.7 <sup>a</sup>	29.9 <sup>bc</sup>	26.1 <sup>c</sup>	33.4 <sup>ab</sup>	31.2 ± 1.4 ***
<i>Z. fagara</i>	32.7 <sup>b</sup>	27.1 <sup>c</sup>	35.3 <sup>b</sup>	42.8 <sup>a</sup>	34.5 ± 0.9 ***
<i>M. sativa</i>	37.4 <sup>bc</sup>	42.6 <sup>a</sup>	35.9 <sup>c</sup>	39.9 <sup>ab</sup>	38.9 ± 0.9 ***

<sup>1</sup>Base seca; \*\*\*( $P < 0.001$ ); NS = diferencias no significativas ( $P > 0.05$ ); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

## Anexo 13.

Variabilidad estacional de la fracción (b) de la materia seca que se degrada en el rumen (%) a una tasa medible.

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias ± EE Sig.
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	37.8 <sup>a</sup>	38.2 <sup>a</sup>	39.0 <sup>a</sup>	28.1 <sup>d</sup>	35.7 ± 1.4 <sup>***</sup>
<i>B. celastrina</i>	43.5 <sup>ab</sup>	31.1 <sup>b<sup>c</sup></sup>	46.1 <sup>a</sup>	27.3 <sup>c</sup>	37.0 ± 4.7 <sup>**</sup>
<i>C. texana</i>	39.4 <sup>b</sup>	34.1 <sup>b<sup>c</sup></sup>	31.8 <sup>c</sup>	49.1 <sup>a</sup>	38.6 ± 1.9 <sup>***</sup>
<i>F. angustifolia</i>	39.7 <sup>c</sup>	60.3 <sup>a</sup>	52.1 <sup>b</sup>	37.6 <sup>c</sup>	47.4 ± 2.6 <sup>***</sup>
<i>K. humboldtiana</i>	52.9 <sup>b</sup>	61.5 <sup>a</sup>	44.4 <sup>c</sup>	40.4 <sup>c</sup>	49.8 ± 2.5 <sup>***</sup>
<i>L. tridentata</i>	34.7 <sup>ab</sup>	30.8 <sup>d</sup>	48.7 <sup>a</sup>	34.2 <sup>ab</sup>	37.1 ± 4.8 <sup>*</sup>
<i>S. cuneifolia</i>	39.8 <sup>a</sup>	43.4 <sup>b</sup>	40.3 <sup>a</sup>	42.5 <sup>a</sup>	41.5 ± 3.2 <sup>NS</sup>
<i>Z. fagara</i>	48.4 <sup>ab</sup>	55.5 <sup>a</sup>	53.2 <sup>a</sup>	41.2 <sup>d</sup>	49.6 ± 2.9 <sup>**</sup>
<i>M. sativa</i>	39.6 <sup>a</sup>	45.6 <sup>a</sup>	45.0 <sup>a</sup>	43.8 <sup>a</sup>	43.5 ± 2.3 <sup>NS</sup>

<sup>1</sup>Base seca; \*(P<0.05), \*\*\*(P<0.001); NS = diferencias no significativas (P>0.05); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

## Anexo 14.

Valores (%) de degradabilidad potencial (a+b) de la materia seca de las plantas evaluadas.

<sup>1</sup> Especies	Estaciones				Medias ± EE Sig,
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	61.5 <sup>b</sup>	70.0 <sup>a</sup>	73.5 <sup>a</sup>	62.7 <sup>b</sup>	67.0 ± 1.4 <sup>***</sup>
<i>B. celastrina</i>	71.4 <sup>a</sup>	58.9 <sup>ab</sup>	72.1 <sup>a</sup>	54.4 <sup>d</sup>	64.2 ± 5.0 <sup>**</sup>
<i>C. texana</i>	72.5 <sup>b</sup>	77.2 <sup>ab</sup>	73.0 <sup>b</sup>	80.6 <sup>a</sup>	75.8 ± 2.1 <sup>**</sup>
<i>F. angustifolia</i>	88.1 <sup>d</sup>	94.1 <sup>a</sup>	93.3 <sup>ab</sup>	81.3 <sup>c</sup>	89.2 ± 1.9 <sup>***</sup>
<i>K. humboldtiana</i>	94.3 <sup>a</sup>	88.2 <sup>b</sup>	67.9 <sup>d</sup>	70.4 <sup>b</sup>	80.2 ± 2.4 <sup>***</sup>
<i>L. tridentata</i>	75.4 <sup>ab</sup>	67.7 <sup>d</sup>	89.9 <sup>a</sup>	65.3 <sup>d</sup>	74.6 ± 5.0 <sup>**</sup>
<i>S. cuneifolia</i>	75.5 <sup>a</sup>	73.3 <sup>a</sup>	66.4 <sup>d</sup>	75.8 <sup>a</sup>	72.7 ± 2.1 <sup>**</sup>
<i>Z. fagara</i>	81.1 <sup>a</sup>	82.5 <sup>a</sup>	88.5 <sup>a</sup>	84.0 <sup>a</sup>	84.0 ± 2.6 <sup>NS</sup>
<i>M. sativa</i>	76.9 <sup>c</sup>	88.1 <sup>a</sup>	80.9 <sup>b<sup>c</sup></sup>	83.7 <sup>ab</sup>	82.4 ± 1.9 <sup>**</sup>

<sup>1</sup>Base seca; \*\*\*(P<0.001), \*\*\*(P<0.001); NS = diferencias no significativas (P>0.05); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

## Anexo 15.

Valores (% h<sup>-1</sup>) de la tasa de degradación (c) de la materia seca de las arbustivas durante las cuatro estaciones del año.

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias ± EE Sig.
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	7.2 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	6.2 ± 1.1 <sup>NS</sup>
<i>B. celastrina</i>	4.6 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.0 ± 0.9 <sup>NS</sup>
<i>C. texana</i>	9.1 <sup>a</sup>	4.3 <sup>b</sup>	5.4 <sup>b</sup>	3.2 <sup>b</sup>	5.5 ± 1.2 <sup>**</sup>
<i>F. angustifolia</i>	6.7 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.1 ± 1.1 <sup>NS</sup>
<i>K. humboldtiana</i>	3.1 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.2 ± 0.8 <sup>NS</sup>
<i>L. tridentata</i>	4.3 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.0 ± 0.8 <sup>NS</sup>
<i>S. cuneifolia</i>	13.0 <sup>a</sup>	5.7 <sup>b</sup>	6.3 <sup>b</sup>	5.6 <sup>b</sup>	7.7 ± 1.9 <sup>**</sup>
<i>Z. fagara</i>	12.5 <sup>a</sup>	3.9 <sup>b</sup>	5.9 <sup>b</sup>	4.5 <sup>b</sup>	6.7 ± 0.7 <sup>***</sup>
<i>M. sativa</i>	5.5 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	5.4 ± 1.4 <sup>NS</sup>

<sup>1</sup>Base seca; \*\* (P<0.01), \*\*\* (P<0.001); NS = diferencias no significativas (P>0.05); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

## Anexo 16.

Variación estacional del tiempo (h) en que las bacterias tardan en iniciar la degradabilidad ruminal de la materia seca de las plantas evaluadas.

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias ± EE Sig.
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	3.2 <sup>b</sup>	3.7 <sup>ab</sup>	4.0 <sup>a</sup>	3.4 <sup>ab</sup>	3.6 ± 0.2 <sup>*</sup>
<i>B. celastrina</i>	3.4 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	3.4 ± 0.4 <sup>NS</sup>
<i>C. texana</i>	3.6 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	3.8 ± 0.3 <sup>NS</sup>
<i>F. angustifolia</i>	4.0 <sup>ab</sup>	2.8 <sup>b</sup>	4.4 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a,b</sup>	3.8 ± 0.4 <sup>*</sup>
<i>K. humboldtiana</i>	3.8 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.3 ± 0.4 <sup>NS</sup>
<i>L. tridentata</i>	1.9 <sup>b</sup>	3.6 <sup>ab</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.1 <sup>ab</sup>	3.5 ± 0.8 <sup>*</sup>
<i>S. cuneifolia</i>	4.0 <sup>ab</sup>	4.3 <sup>a</sup>	3.5 <sup>b</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.0 ± 0.2 <sup>*</sup>
<i>Z. fagara</i>	3.6 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.1 ± 0.3 <sup>NS</sup>
<i>M. sativa</i>	2.8 <sup>b</sup>	4.2 <sup>ab</sup>	4.5 <sup>a</sup>	3.5 <sup>ab</sup>	3.7 ± 0.5 <sup>*</sup>

<sup>1</sup>Base seca; \* (P<0.05); NS = diferencias no significativas (P>0.05); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

## Anexo 17.

Valores estacionales (%) de la fracción (a) de la proteína cruda que se degrada rápidamente en el rumen.

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias ± EE Sig,
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	54.0 <sup>a</sup>	55.1 <sup>a</sup>	54.1 <sup>a</sup>	31.4 <sup>b</sup>	48.7 ± 1.0 <sup>***</sup>
<i>B. celastrina</i>	52.2 <sup>a</sup>	49.6 <sup>a</sup>	32.3 <sup>b</sup>	32.9 <sup>b</sup>	41.7 ± 1.1 <sup>***</sup>
<i>C. texana</i>	50.1 <sup>b</sup>	54.1 <sup>a</sup>	28.1 <sup>d</sup>	37.1 <sup>c</sup>	42.3 ± 0.9 <sup>***</sup>
<i>F. angustifolia</i>	49.8 <sup>a</sup>	39.5 <sup>b</sup>	48.3 <sup>a</sup>	23.4 <sup>c</sup>	40.2 ± 0.9 <sup>***</sup>
<i>K. humboldtiana</i>	57.1 <sup>a</sup>	49.7 <sup>b</sup>	39.7 <sup>c</sup>	37.3 <sup>c</sup>	46.0 ± 1.2 <sup>***</sup>
<i>L. tridentata</i>	53.6 <sup>a</sup>	49.5 <sup>b</sup>	24.6 <sup>d</sup>	34.2 <sup>c</sup>	40.5 ± 1.0 <sup>***</sup>
<i>S. cuneifolia</i>	63.3 <sup>a</sup>	53.8 <sup>c</sup>	60.1 <sup>b</sup>	55.3 <sup>c</sup>	58.1 ± 0.8 <sup>***</sup>
<i>Z. fagara</i>	49.5 <sup>a</sup>	45.7 <sup>b</sup>	29.0 <sup>c</sup>	21.7 <sup>d</sup>	36.5 ± 0.9 <sup>***</sup>
<i>M. sativa</i>	45.7 <sup>a</sup>	39.3 <sup>b</sup>	39.1 <sup>b</sup>	38.8 <sup>b</sup>	40.7 ± 1.5 <sup>**</sup>

<sup>1</sup>Base seca; \*\* (P<0.01), \*\*\* (P<0.001); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

## Anexo 18.

Variabilidad estacional de la fracción (b) de la proteína cruda que se degrada (%) en el rumen a una tasa medible.

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias ± EE Sig,
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	26.0 <sup>b</sup>	30.3 <sup>b</sup>	34.8 <sup>b</sup>	52.1 <sup>a</sup>	35.6 ± 4.1 <sup>***</sup>
<i>B. celastrina</i>	24.2 <sup>a</sup>	17.2 <sup>a</sup>	38.5 <sup>a</sup>	33.8 <sup>a</sup>	28.4 ± 7.6 <sup>NS</sup>
<i>C. texana</i>	38.7 <sup>b</sup>	37.8 <sup>b</sup>	58.6 <sup>a</sup>	45.6 <sup>b</sup>	45.2 ± 2.7 <sup>***</sup>
<i>F. angustifolia</i>	43.6 <sup>b</sup>	55.7 <sup>a</sup>	44.3 <sup>b</sup>	35.3 <sup>c</sup>	44.7 ± 2.1 <sup>***</sup>
<i>K. humboldtiana</i>	33.1 <sup>b</sup>	37.1 <sup>a,b</sup>	42.1 <sup>a</sup>	31.3 <sup>b</sup>	35.9 ± 2.4 <sup>**</sup>
<i>L. tridentata</i>	33.9 <sup>a</sup>	17.3 <sup>b</sup>	37.2 <sup>a</sup>	24.7 <sup>b</sup>	28.3 ± 2.4 <sup>***</sup>
<i>S. cuneifolia</i>	29.0 <sup>c</sup>	40.1 <sup>a</sup>	31.0 <sup>c</sup>	35.6 <sup>b</sup>	33.9 ± 1.4 <sup>***</sup>
<i>Z. fagara</i>	46.0 <sup>b</sup>	35.7 <sup>c</sup>	66.0 <sup>a</sup>	58.9 <sup>a</sup>	51.6 ± 3.1 <sup>***</sup>
<i>M. sativa</i>	38.9 <sup>c</sup>	53.2 <sup>a</sup>	47.5 <sup>b</sup>	46.6 <sup>b</sup>	46.5 ± 1.6 <sup>***</sup>

<sup>1</sup>Base seca; \*\* (P<0.01), \*\*\* (P<0.001); NS = diferencias no significativas (P>0.05); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

## Anexo 19.

Variación estacional (%) de degradabilidad potencial (a+b) de la proteína cruda del follaje de las especies evaluadas.

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias ± EE Sig,
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	80.0 <sup>a</sup>	85.4 <sup>a</sup>	88.9 <sup>a</sup>	82.6 <sup>a</sup>	84.2 ± 4.1 <sup>NS</sup>
<i>B. celastrina</i>	76.4 <sup>a</sup>	66.7 <sup>a</sup>	70.8 <sup>a</sup>	66.7 <sup>a</sup>	70.1 ± 7.7 <sup>NS</sup>
<i>C. texana</i>	88.8 <sup>a</sup>	91.9 <sup>a</sup>	86.7 <sup>a</sup>	82.7 <sup>a</sup>	87.5 ± 3.1 <sup>NS</sup>
<i>F. angustifolia</i>	93.4 <sup>a</sup>	95.2 <sup>a</sup>	92.6 <sup>a</sup>	58.7 <sup>b</sup>	84.9 ± 2.4 <sup>***</sup>
<i>K. humboldtiana</i>	90.2 <sup>a</sup>	86.8 <sup>ab</sup>	81.8 <sup>b</sup>	68.6 <sup>c</sup>	81.9 ± 2.3 <sup>***</sup>
<i>L. tridentata</i>	87.4 <sup>a</sup>	66.8 <sup>b</sup>	61.8 <sup>b</sup>	58.9 <sup>b</sup>	68.7 ± 2.8 <sup>***</sup>
<i>S. cuneifolia</i>	92.3 <sup>a</sup>	93.9 <sup>a</sup>	91.1 <sup>a</sup>	90.9 <sup>a</sup>	92.0 ± 1.2 <sup>NS</sup>
<i>Z. fagara</i>	95.5 <sup>a</sup>	81.4 <sup>b</sup>	95.0 <sup>a</sup>	80.6 <sup>b</sup>	88.1 ± 2.9 <sup>***</sup>
<i>M. sativa</i>	84.5 <sup>a</sup>	92.5 <sup>b</sup>	86.6 <sup>b</sup>	85.4 <sup>b</sup>	87.2 ± 1.4 <sup>***</sup>

<sup>1</sup>Base seca; \*\*\*( $P < 0.001$ ); NS = diferencias no significativas ( $P > 0.05$ ); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

## Anexo 20.

Valores (% h<sup>-1</sup>) de la tasa de degradación ruminal (c) de la proteína cruda de las arbustivas durante las cuatro estaciones del año.

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias ± EE Sig,
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	8.2 <sup>a</sup>	7.0 <sup>ab</sup>	5.8 <sup>b</sup>	3.2 <sup>c</sup>	6.0 ± 0.6 <sup>***</sup>
<i>B. celastrina</i>	4.1 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	5.8 ± 2.7 <sup>NS</sup>
<i>C. texana</i>	7.6 <sup>a</sup>	5.7 <sup>ab</sup>	6.3 <sup>ab</sup>	4.3 <sup>b</sup>	6.0 ± 0.7 <sup>**</sup>
<i>F. angustifolia</i>	5.7 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	5.0 ± 0.5 <sup>NS</sup>
<i>K. humboldtiana</i>	6.5 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	5.4 ± 1.0 <sup>NS</sup>
<i>L. tridentata</i>	6.1 <sup>a</sup>	7.2 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	6.6 ± 1.5 <sup>NS</sup>
<i>S. cuneifolia</i>	11.5 <sup>a</sup>	6.3 <sup>b</sup>	7.1 <sup>b</sup>	6.9 <sup>b</sup>	8.0 ± 0.8 <sup>***</sup>
<i>Z. fagara</i>	8.3 <sup>a</sup>	3.5 <sup>b</sup>	5.4 <sup>ab</sup>	9.6 <sup>a</sup>	6.7 ± 1.4 <sup>**</sup>
<i>M. sativa</i>	7.6 <sup>a</sup>	11.4 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	8.5 <sup>a</sup>	8.4 ± 2.4 <sup>NS</sup>

<sup>1</sup>Base seca; \*\*( $P < 0.01$ ), \*\*\*( $P < 0.001$ ); NS = diferencias no significativas ( $P > 0.05$ ); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

## Anexo 21.

Variación estacional del tiempo (*h*) en que las bacterias tardan en iniciar la degradabilidad ruminal de la proteína cruda.

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias ± EE Sig,
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	3.7 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	0.7 <sup>b</sup>	3.2 ± 0.3 <sup>***</sup>
<i>B. celastrina</i>	3.2 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	3.5 <sup>a</sup>	1.2 <sup>b</sup>	2.8 ± 0.6 <sup>**</sup>
<i>C. texana</i>	4.1 <sup>ab</sup>	3.6 <sup>b</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.1 ± 0.2 <sup>**</sup>
<i>F. angustifolia</i>	4.3 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.2 ± 0.3 <sup>NS</sup>
<i>K. humboldtiana</i>	3.9 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.0 ± 0.4 <sup>NS</sup>
<i>L. tridentata</i>	4.6 <sup>a</sup>	3.1 <sup>b</sup>	4.1 <sup>ab</sup>	4.0 <sup>ab</sup>	3.9 ± 0.3 <sup>**</sup>
<i>S. cuneifolia</i>	3.9 <sup>c</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.3 <sup>b</sup>	4.5 <sup>ab</sup>	4.3 ± 0.1 <sup>***</sup>
<i>Z. fagara</i>	3.5 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	1.4 <sup>b</sup>	3.4 ± 0.6 <sup>**</sup>
<i>M. sativa</i>	3.8 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	1.4 <sup>b</sup>	3.3 ± 0.5 <sup>***</sup>

<sup>1</sup>Base seca; \*\*\*( $P < 0.01$ ), \*\*\*\*( $P < 0.001$ ); NS = diferencias no significativas ( $P > 0.05$ ); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

## Anexo 22.

Valores estacionales (%) de la fracción (a) de la fibra detergente neutro que se degrada rápidamente en el rumen.

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias ± EE Sig,
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	23.9 <sup>a</sup>	13.6 <sup>c</sup>	17.8 <sup>b</sup>	0.1 <sup>d</sup>	13.8 ± 0.9 <sup>***</sup>
<i>B. celastrina</i>	17.8 <sup>a</sup>	17.3 <sup>a</sup>	12.1 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	11.8 ± 2.1 <sup>***</sup>
<i>C. texana</i>	21.7 <sup>a</sup>	21.6 <sup>a</sup>	14.6 <sup>b</sup>	11.0 <sup>c</sup>	17.2 ± 1.0 <sup>***</sup>
<i>F. angustifolia</i>	34.0 <sup>a</sup>	34.1 <sup>a</sup>	28.0 <sup>b</sup>	18.5 <sup>c</sup>	28.6 ± 1.8 <sup>***</sup>
<i>K. humboldtiana</i>	32.0 <sup>a</sup>	25.1 <sup>b</sup>	20.8 <sup>c</sup>	16.8 <sup>d</sup>	23.7 ± 0.9 <sup>***</sup>
<i>L. tridentata</i>	25.0 <sup>a</sup>	26.2 <sup>a</sup>	16.1 <sup>b</sup>	0 <sup>c</sup>	16.8 ± 1.3 <sup>***</sup>
<i>S. cuneifolia</i>	20.1 <sup>a</sup>	21.8 <sup>a</sup>	23.2 <sup>a</sup>	21.2 <sup>a</sup>	21.7 ± 1.1 <sup>NS</sup>
<i>Z. fagara</i>	1.7 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	11.1 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	3.2 ± 1.1 <sup>***</sup>
<i>M. sativa</i>	23.1 <sup>b</sup>	38.0 <sup>a</sup>	21.7 <sup>b</sup>	9.8 <sup>c</sup>	22.6 ± 0.9 <sup>***</sup>

<sup>1</sup>Base seca; \*\*\*( $P < 0.001$ ); NS = diferencias no significativas ( $P > 0.05$ ); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.



## Anexo 23.

Dinámica estacional de la fracción (b) de la fibra detergente neutro que se degrada (%) en el rumen a una tasa medible.

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias ± EE Sig,
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	41.6 <sup>b</sup>	51.7 <sup>ab</sup>	68.1 <sup>a</sup>	57.0 <sup>ab</sup>	54.6 ± 7.8 *
<i>B. celastrina</i>	33.6 <sup>b</sup>	28.4 <sup>b</sup>	68.5 <sup>a</sup>	66.8 <sup>a</sup>	49.3 ± 10.4 **
<i>C. texana</i>	23.5 <sup>c</sup>	52.9 <sup>b</sup>	52.5 <sup>b</sup>	76.4 <sup>a</sup>	51.3 ± 4.8 ***
<i>F. angustifolia</i>	49.8 <sup>b</sup>	43.5 <sup>b</sup>	66.9 <sup>a</sup>	74.5 <sup>a</sup>	58.6 ± 4.3 ***
<i>K. humboldtiana</i>	49.9 <sup>c</sup>	61.6 <sup>b</sup>	73.5 <sup>a</sup>	40.1 <sup>c</sup>	56.3 ± 3.7 ***
<i>L. tridentata</i>	44.8 <sup>a</sup>	13.0 <sup>b</sup>	56.1 <sup>a</sup>	46.0 <sup>a</sup>	40.0 ± 9.1 **
<i>S. cuneifolia</i>	36.3 <sup>b</sup>	41.0 <sup>b</sup>	42.7 <sup>b</sup>	51.3 <sup>a</sup>	42.8 ± 2.4 ***
<i>Z. fagara</i>	48.4 <sup>b</sup>	75.4 <sup>a</sup>	67.2 <sup>ab</sup>	77.6 <sup>a</sup>	67.1 ± 8.4 *
<i>M. sativa</i>	42.2 <sup>a</sup>	40.7 <sup>a</sup>	45.8 <sup>a</sup>	45.8 <sup>a</sup>	43.6 ± 4.2 NS

<sup>1</sup> Base seca; \*(P<0.05), \*\*(P<0.01), \*\*\* (P<0.001); NS = diferencias no significativas (P>0.05); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

## Anexo 24.

Variación estacional de degradabilidad potencial (a+b) de la fibra detergente neutro (%) en el rumen de borregos fistulados.

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias ± EE Sig,
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	65.5 <sup>ab</sup>	65.3 <sup>ab</sup>	86.0 <sup>a</sup>	57.0 <sup>b</sup>	68.4 ± 8.4 *
<i>B. celastrina</i>	51.4 <sup>b</sup>	45.7 <sup>b</sup>	80.6 <sup>a</sup>	66.8 <sup>ab</sup>	61.1 ± 9.3 *
<i>C. texana</i>	45.2 <sup>c</sup>	74.5 <sup>ab</sup>	67.1 <sup>b</sup>	87.4 <sup>a</sup>	68.5 ± 4.9 ***
<i>F. angustifolia</i>	83.8 <sup>ab</sup>	77.6 <sup>b</sup>	94.9 <sup>a</sup>	92.9 <sup>a</sup>	87.3 ± 4.0 **
<i>K. humboldtiana</i>	81.9 <sup>b</sup>	86.7 <sup>ab</sup>	94.3 <sup>a</sup>	56.9 <sup>c</sup>	79.9 ± 3.3 ***
<i>L. tridentata</i>	69.8 <sup>a</sup>	39.2 <sup>b</sup>	72.2 <sup>a</sup>	46.0 <sup>ab</sup>	56.8 ± 8.5 **
<i>S. cuneifolia</i>	57.1 <sup>c</sup>	62.8 <sup>b</sup>	65.9 <sup>b</sup>	72.5 <sup>a</sup>	64.6 ± 2.0 ***
<i>Z. fagara</i>	50.0 <sup>b</sup>	75.4 <sup>a</sup>	78.3 <sup>a</sup>	77.6 <sup>a</sup>	70.3 ± 7.7 **
<i>M. sativa</i>	65.2 <sup>bc</sup>	76.7 <sup>a</sup>	67.6 <sup>ab</sup>	55.7 <sup>c</sup>	66.3 ± 3.6 **

<sup>1</sup> Base seca; \*(P<0.05), \*\*(P<0.01), \*\*\* (P<0.001); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

## Anexo 25.

Variación estacional de la tasa (c) de degradación ruminal (% h<sup>-1</sup>) de la fibra detergente neutro del follaje de las arbustivas evaluadas.

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias ± EE Sig,
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	4.9 <sup>a</sup>	3.6 <sup>ab</sup>	1.4 <sup>b</sup>	2.5 <sup>ab</sup>	3.1 ± 0.9 <sup>*</sup>
<i>B. celastrina</i>	3.6 <sup>ab</sup>	4.9 <sup>a</sup>	1.5 <sup>b</sup>	1.4 <sup>b</sup>	2.8 ± 0.8 <sup>**</sup>
<i>C. texana</i>	8.1 <sup>a</sup>	4.2 <sup>b</sup>	2.1 <sup>c</sup>	1.2 <sup>c</sup>	3.9 ± 0.5 <sup>***</sup>
<i>F. angustifolia</i>	5.1 <sup>b</sup>	8.5 <sup>a</sup>	3.1 <sup>c</sup>	1.4 <sup>c</sup>	4.5 ± 0.8 <sup>***</sup>
<i>K. humboldtiana</i>	3.8 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>	2.1 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>	3.3 ± 0.6 <sup>NS</sup>
<i>L. tridentata</i>	3.9 <sup>b</sup>	7.4 <sup>a</sup>	4.4 <sup>ab</sup>	3.2 <sup>b</sup>	4.7 ± 1.0 <sup>**</sup>
<i>S. cuneifolia</i>	10.7 <sup>a</sup>	5.1 <sup>b</sup>	3.2 <sup>c</sup>	2.3 <sup>c</sup>	5.3 ± 0.4 <sup>***</sup>
<i>Z. fagara</i>	5.7 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	4.1 ± 1.1 <sup>NS</sup>
<i>M. sativa</i>	4.9 <sup>ab</sup>	6.1 <sup>a</sup>	5.6 <sup>ab</sup>	3.2 <sup>b</sup>	4.9 ± 0.9 <sup>*</sup>

<sup>1</sup>Base seca; \* (P<0.05), \*\* (P<0.01), \*\*\* (P<0.001); NS = diferencias no significativas (P>0.05); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

## Anexo 26.

Variación estacional del tiempo (h) en que las bacterias tardan en iniciar la degradabilidad ruminal de la fibra detergente neutro.

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias ± EE Sig,
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	2.0 <sup>ab</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	0.8 <sup>b</sup>	3.0 ± 0.9 <sup>**</sup>
<i>B. celastrina</i>	2.6 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>	3.1 ± 0.6 <sup>NS</sup>
<i>C. texana</i>	3.1 <sup>ab</sup>	4.6 <sup>a</sup>	2.8 <sup>b</sup>	3.4 <sup>ab</sup>	3.5 ± 0.6 <sup>*</sup>
<i>F. angustifolia</i>	3.5 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>	3.5 <sup>a</sup>	3.6 ± 0.8 <sup>NS</sup>
<i>K. humboldtiana</i>	3.8 <sup>ab</sup>	5.6 <sup>a</sup>	3.8 <sup>b</sup>	4.5 <sup>ab</sup>	4.4 ± 0.6 <sup>*</sup>
<i>L. tridentata</i>	3.2 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>	0.8 <sup>b</sup>	2.7 ± 0.5 <sup>***</sup>
<i>S. cuneifolia</i>	4.1 <sup>ab</sup>	4.3 <sup>a</sup>	3.5 <sup>b</sup>	3.7 <sup>ab</sup>	3.9 ± 0.2 <sup>**</sup>
<i>Z. fagara</i>	3.5 <sup>ab</sup>	4.9 <sup>a</sup>	2.7 <sup>b</sup>	3.0 <sup>b</sup>	3.5 ± 0.6 <sup>*</sup>
<i>M. sativa</i>	3.7 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	1.3 <sup>b</sup>	3.2 ± 0.3 <sup>***</sup>

<sup>1</sup>Base seca; \* (P<0.05), \*\* (P<0.01), \*\*\* (P<0.001); NS = diferencias no significativas (P>0.05); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

## Anexo 27.

Dinámica estacional del contenido de calcio (g Kg<sup>-1</sup>) del follaje de las arbustivas evaluadas.

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias ± EE Sig,
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	30.2 <sup>b</sup>	30.8 <sup>b</sup>	32.0 <sup>b</sup>	34.9 <sup>a</sup>	32.0 ± 0.9 ***
<i>B. celastrina</i>	23.4 <sup>b</sup>	31.9 <sup>a</sup>	31.1 <sup>e</sup>	33.6 <sup>a</sup>	30.0 ± 1.3 ***
<i>C. texana</i>	33.4 <sup>a</sup>	29.1 <sup>a</sup>	22.4 <sup>b</sup>	30.2 <sup>a</sup>	28.8 ± 1.4 ***
<i>F. angustifolia</i>	25.7 <sup>b</sup>	21.5 <sup>b</sup>	26.1 <sup>b</sup>	37.0 <sup>a</sup>	27.6 ± 1.9 ***
<i>K. humboldtiana</i>	58.5 <sup>a</sup>	42.8 <sup>b</sup>	48.3 <sup>b</sup>	60.4 <sup>a</sup>	52.5 ± 2.6 ***
<i>L. tridentata</i>	38.8 <sup>b</sup>	34.4 <sup>bc</sup>	50.8 <sup>a</sup>	32.9 <sup>c</sup>	39.2 ± 1.7 ***
<i>S. cuneifolia</i>	89.9 <sup>a</sup>	76.3 <sup>b</sup>	58.9 <sup>c</sup>	84.2 <sup>a</sup>	77.3 ± 2.0 ***
<i>Z. fagara</i>	48.3 <sup>a</sup>	37.9 <sup>b</sup>	48.1 <sup>a</sup>	46.6 <sup>a</sup>	45.2 ± 1.2 ***
<i>M. sativa</i>	28.9 <sup>a</sup>	23.1 <sup>b</sup>	17.2 <sup>c</sup>	16.7 <sup>c</sup>	21.5 ± 0.7 ***

<sup>1</sup>Base seca; \*\*\*( $P < 0.001$ ); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>1</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

## Anexo 28.

Dinámica estacional del contenido de magnesio (g Kg<sup>-1</sup>) del follaje de las arbustivas evaluadas.

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias ± EE Sig,
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	4.0 <sup>b</sup>	4.7 <sup>b</sup>	4.3 <sup>b</sup>	2.6 <sup>c</sup>	3.9 ± 0.1 ***
<i>B. celastrina</i>	6.3 <sup>a</sup>	5.2 <sup>b</sup>	4.4 <sup>c</sup>	3.5 <sup>d</sup>	4.8 ± 0.2 ***
<i>C. texana</i>	4.2 <sup>c</sup>	4.7 <sup>bc</sup>	6.2 <sup>a</sup>	5.2 <sup>b</sup>	5.1 ± 0.2 ***
<i>F. angustifolia</i>	5.9 <sup>b</sup>	3.9 <sup>d</sup>	8.2 <sup>a</sup>	4.8 <sup>c</sup>	5.7 ± 0.3 ***
<i>K. humboldtiana</i>	2.4 <sup>a</sup>	1.9 <sup>b</sup>	2.1 <sup>b</sup>	2.2 <sup>ab</sup>	2.1 ± 0.1 **
<i>L. tridentata</i>	3.3 <sup>a</sup>	2.2 <sup>c</sup>	3.3 <sup>a</sup>	2.7 <sup>b</sup>	2.9 ± 0.1 ***
<i>S. cuneifolia</i>	7.1 <sup>a</sup>	3.4 <sup>c</sup>	4.6 <sup>b</sup>	4.7 <sup>b</sup>	5.0 ± 0.2 ***
<i>Z. fagara</i>	5.6 <sup>a</sup>	3.9 <sup>c</sup>	4.9 <sup>b</sup>	4.8 <sup>b</sup>	4.8 ± 0.2 ***
<i>M. sativa</i>	6.0 <sup>a</sup>	5.2 <sup>b</sup>	4.2 <sup>c</sup>	3.8 <sup>c</sup>	4.8 ± 0.1 ***

<sup>1</sup>Base seca; \*\*( $P < 0.01$ ); \*\*\*( $P < 0.001$ ); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>1</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

## Anexo 29.

Dinámica estacional del contenido de potasio ( $\text{g Kg}^{-1}$ ) del follaje de las arbustivas evaluadas.

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias $\pm$ EE Sig,
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	18.0 <sup>a</sup>	14.5 <sup>b</sup>	15.4 <sup>b</sup>	11.4 <sup>c</sup>	14.8 $\pm$ 0.6 ***
<i>B. celastrina</i>	11.1 <sup>b</sup>	17.6 <sup>a</sup>	13.7 <sup>b</sup>	13.0 <sup>b</sup>	13.7 $\pm$ 0.9 ***
<i>C. texana</i>	4.9 <sup>c</sup>	10.7 <sup>a</sup>	9.9 <sup>a</sup>	7.1 <sup>b</sup>	8.2 $\pm$ 0.5 ***
<i>F. angustifolia</i>	8.5 <sup>b</sup>	19.0 <sup>a</sup>	20.0 <sup>a</sup>	8.2 <sup>b</sup>	13.9 $\pm$ 0.6 ***
<i>K. humboldtiana</i>	11.1 <sup>a</sup>	27.1 <sup>a</sup>	13.2 <sup>c</sup>	17.6 <sup>b</sup>	17.3 $\pm$ 0.7 ***
<i>L. tridentata</i>	21.5 <sup>bc</sup>	19.0 <sup>c</sup>	35.4 <sup>a</sup>	23.9 <sup>b</sup>	24.9 $\pm$ 1.3 ***
<i>S. cuneifolia</i>	14.6 <sup>a</sup>	15.8 <sup>a</sup>	14.8 <sup>a</sup>	9.6 <sup>b</sup>	13.7 $\pm$ 1.1 **
<i>Z. fagara</i>	12.9 <sup>b</sup>	17.8 <sup>a</sup>	13.7 <sup>b</sup>	11.7 <sup>b</sup>	14.0 $\pm$ 1.0 ***
<i>M. sativa</i>	45.8 <sup>b</sup>	44.8 <sup>b</sup>	54.4 <sup>a</sup>	52.7 <sup>a</sup>	49.4 $\pm$ 1.4 ***

<sup>1</sup>Base seca; \*\*( $P < 0.01$ ), \*\*\*( $P < 0.001$ ); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

## Anexo 30.

Dinámica estacional del contenido de sodio ( $\text{g Kg}^{-1}$ ) del follaje de las especies evaluadas.

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias $\pm$ EE Sig,
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	0.50 <sup>a</sup>	0.27 <sup>b</sup>	0.19 <sup>bc</sup>	0.17 <sup>c</sup>	0.28 $\pm$ 0.0 ***
<i>B. celastrina</i>	0.74 <sup>a</sup>	0.39 <sup>b</sup>	0.23 <sup>c</sup>	0.17 <sup>c</sup>	0.38 $\pm$ 0.0 ***
<i>C. texana</i>	0.40 <sup>b</sup>	0.47 <sup>a</sup>	0.16 <sup>c</sup>	0.15 <sup>c</sup>	0.30 $\pm$ 0.0 ***
<i>F. angustifolia</i>	0.54 <sup>a</sup>	0.32 <sup>bc</sup>	0.41 <sup>b</sup>	0.29 <sup>c</sup>	0.39 $\pm$ 0.0 ***
<i>K. humboldtiana</i>	0.65 <sup>a</sup>	0.16 <sup>b</sup>	0.16 <sup>b</sup>	0.17 <sup>b</sup>	0.28 $\pm$ 0.0 ***
<i>L. tridentata</i>	0.88 <sup>b</sup>	0.55 <sup>c</sup>	0.56 <sup>c</sup>	1.24 <sup>a</sup>	0.81 $\pm$ 0.1 ***
<i>S. cuneifolia</i>	0.15 <sup>ab</sup>	0.20 <sup>a</sup>	0.13 <sup>b</sup>	0.16 <sup>bc</sup>	0.16 $\pm$ 0.0 *
<i>Z. fagara</i>	0.39 <sup>a</sup>	0.18 <sup>b</sup>	0.18 <sup>b</sup>	0.20 <sup>b</sup>	0.24 $\pm$ 0.0 ***
<i>M. sativa</i>	0.65 <sup>a</sup>	0.67 <sup>a</sup>	0.54 <sup>b</sup>	0.51 <sup>b</sup>	0.59 $\pm$ 0.0 ***

<sup>1</sup>Base seca; \*( $P < 0.05$ ), \*\*\*( $P < 0.001$ ); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

## Anexo 31.

Variación estacional del contenido de fósforo (g Kg<sup>-1</sup>) en el follaje de las especies evaluadas.

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias ± EE Sig,
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	2.1 <sup>ab</sup>	1.8 <sup>ab</sup>	2.2 <sup>a</sup>	1.6 <sup>b</sup>	1.9 ± 0.2 *
<i>B. celastrina</i>	0.8 <sup>c</sup>	1.1 <sup>ab</sup>	1.2 <sup>a</sup>	1.0 <sup>b</sup>	1.0 ± 0.1 ***
<i>C. texana</i>	0.5 <sup>b</sup>	0.5 <sup>b</sup>	1.0 <sup>a</sup>	0.9 <sup>a</sup>	0.7 ± 0.1 ***
<i>F. angustifolia</i>	0.9 <sup>c</sup>	1.6 <sup>ab</sup>	1.8 <sup>a</sup>	1.1 <sup>bc</sup>	1.4 ± 0.2 ***
<i>K. humboldtiana</i>	1.0 <sup>c</sup>	2.0 <sup>a</sup>	1.5 <sup>b</sup>	1.4 <sup>b</sup>	1.4 ± 0.1 ***
<i>L. tridentata</i>	0.7 <sup>b</sup>	1.1 <sup>a</sup>	1.1 <sup>a</sup>	1.2 <sup>a</sup>	1.0 ± 0.1 ***
<i>S. cuneifolia</i>	0.6 <sup>c</sup>	0.6 <sup>c</sup>	1.3 <sup>a</sup>	0.9 <sup>b</sup>	0.8 ± 0.1 ***
<i>Z. fagara</i>	1.2 <sup>c</sup>	1.9 <sup>b</sup>	2.2 <sup>a</sup>	1.9 <sup>b</sup>	1.8 ± 0.1 ***
<i>M. sativa</i>	3.3 <sup>a</sup>	3.2 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	2.8 <sup>a</sup>	3.1 ± 0.4 NS

<sup>1</sup>Base seca; \*(P<0.05), \*\*\*(P<0.001); NS = diferencias no significativas (P>0.05); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

## Anexo 32.

Variación estacional del contenido de cobre (mg Kg<sup>-1</sup>) en el follaje de las arbustivas evaluadas.

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias ± EE Sig,
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	22.9 <sup>a</sup>	16.3 <sup>c</sup>	15.2 <sup>c</sup>	20.2 <sup>b</sup>	18.6 ± 0.8 ***
<i>B. celastrina</i>	19.4 <sup>a</sup>	8.5 <sup>d</sup>	14.9 <sup>c</sup>	17.5 <sup>b</sup>	15.1 ± 0.6 ***
<i>C. texana</i>	10.8 <sup>b</sup>	7.7 <sup>d</sup>	9.5 <sup>c</sup>	12.5 <sup>a</sup>	10.1 ± 0.4 ***
<i>F. angustifolia</i>	8.2 <sup>c</sup>	23.0 <sup>a</sup>	10.8 <sup>b</sup>	10.4 <sup>b</sup>	13.1 ± 0.5 ***
<i>K. humboldtiana</i>	11.9 <sup>bc</sup>	15.2 <sup>a</sup>	11.7 <sup>c</sup>	13.5 <sup>b</sup>	13.1 ± 0.5 ***
<i>L. tridentata</i>	18.8 <sup>a</sup>	17.4 <sup>a</sup>	18.2 <sup>a</sup>	12.5 <sup>b</sup>	16.7 ± 1.0 ***
<i>S. cuneifolia</i>	9.6 <sup>b</sup>	10.8 <sup>b</sup>	12.8 <sup>a</sup>	10.3 <sup>b</sup>	10.9 ± 0.6 **
<i>Z. fagara</i>	9.4 <sup>d</sup>	25.0 <sup>a</sup>	19.9 <sup>b</sup>	15.8 <sup>c</sup>	17.5 ± 0.7 ***
<i>M. sativa</i>	14.7 <sup>a</sup>	15.4 <sup>a</sup>	15.2 <sup>a</sup>	12.1 <sup>b</sup>	14.4 ± 0.6 **

<sup>1</sup>Base seca; \*\*\*(P<0.001), \*\*\*(P<0.001); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

## Anexo 33.

Variación estacional del contenido de manganeso ( $\text{mg Kg}^{-1}$ ) en el follaje de las especies evaluadas.

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias $\pm$ EE Sig,
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	138.2 <sup>b</sup>	131.9 <sup>b</sup>	134.5 <sup>b</sup>	204.4 <sup>a</sup>	152.2 $\pm$ 2.9 ***
<i>B. celastrina</i>	29.0 <sup>c</sup>	55.3 <sup>b</sup>	57.9 <sup>b</sup>	97.3 <sup>a</sup>	59.9 $\pm$ 1.7 ***
<i>C. texana</i>	47.2 <sup>c</sup>	50.9 <sup>c</sup>	100.5 <sup>b</sup>	66.9 <sup>d</sup>	66.4 $\pm$ 1.6 ***
<i>F. angustifolia</i>	125.8 <sup>b</sup>	99.9 <sup>c</sup>	148.5 <sup>a</sup>	141.8 <sup>a</sup>	129.0 $\pm$ 2.5 ***
<i>K. humboldtiana</i>	76.4 <sup>b</sup>	80.3 <sup>b</sup>	87.1 <sup>a</sup>	70.0 <sup>c</sup>	78.4 $\pm$ 1.8 ***
<i>L. tridentata</i>	110.0 <sup>c</sup>	191.6 <sup>a</sup>	167.6 <sup>b</sup>	110.9 <sup>c</sup>	145.0 $\pm$ 1.3 ***
<i>S. cuneifolia</i>	49.5 <sup>a</sup>	35.2 <sup>b</sup>	36.4 <sup>b</sup>	26.9 <sup>c</sup>	37.0 $\pm$ 0.6 ***
<i>Z. fagara</i>	203.4 <sup>a</sup>	80.6 <sup>d</sup>	132.2 <sup>c</sup>	170.1 <sup>b</sup>	146.6 $\pm$ 3.0 ***
<i>M. sativa</i>	84.1 <sup>a</sup>	76.2 <sup>b</sup>	82.0 <sup>a</sup>	70.6 <sup>c</sup>	78.2 $\pm$ 1.6 ***

<sup>1</sup>Base seca; \*\*\*( $P < 0.001$ ); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

## Anexo 34.

Variación estacional del contenido de hierro ( $\text{mg Kg}^{-1}$ ) en el follaje de las especies evaluadas.

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias $\pm$ EE Sig,
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	677.2 <sup>a</sup>	219.1 <sup>b</sup>	282.7 <sup>b</sup>	255.9 <sup>b</sup>	358.7 $\pm$ 20.6 ***
<i>B. celastrina</i>	160.6 <sup>b</sup>	191.7 <sup>a</sup>	132.2 <sup>c</sup>	167.0 <sup>b</sup>	162.9 $\pm$ 2.4 ***
<i>C. texana</i>	287.0 <sup>a</sup>	284.2 <sup>a</sup>	161.1 <sup>d</sup>	271.5 <sup>a</sup>	250.9 $\pm$ 5.2 ***
<i>F. angustifolia</i>	666.0 <sup>a</sup>	118.7 <sup>b</sup>	135.4 <sup>b</sup>	128.7 <sup>b</sup>	262.2 $\pm$ 13.4 ***
<i>K. humboldtiana</i>	469.0 <sup>a</sup>	127.3 <sup>d</sup>	146.9 <sup>c</sup>	229.5 <sup>b</sup>	243.2 $\pm$ 5.8 ***
<i>L. tridentata</i>	295.2 <sup>c</sup>	809.7 <sup>a</sup>	376.1 <sup>b</sup>	354.2 <sup>b</sup>	459.6 $\pm$ 11.2 ***
<i>S. cuneifolia</i>	134.5 <sup>b</sup>	219.3 <sup>a</sup>	139.0 <sup>b</sup>	109.5 <sup>c</sup>	150.6 $\pm$ 3.4 ***
<i>Z. fagara</i>	390.0 <sup>a</sup>	163.7 <sup>c</sup>	160.5 <sup>c</sup>	294.2 <sup>b</sup>	234.6 $\pm$ 4.2 ***
<i>M. sativa</i>	140.9 <sup>a</sup>	122.9 <sup>b</sup>	101.3 <sup>c</sup>	84.3 <sup>d</sup>	112.4 $\pm$ 3.2 ***

<sup>1</sup>Base seca; \*\*\*( $P < 0.001$ ); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

## Anexo 35.

Variación estacional del contenido de zinc ( $\text{mg Kg}^{-1}$ ) en el follaje de las especies evaluadas.

Especies	Estaciones				<sup>1</sup> Medias $\pm$ EE Sig,
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
<i>A. wrightii</i>	84.3 <sup>a</sup>	54.8 <sup>b</sup>	47.2 <sup>c</sup>	41.1 <sup>d</sup>	56.9 $\pm$ 1.5 ***
<i>B. celastrina</i>	35.3 <sup>c</sup>	44.7 <sup>a</sup>	39.5 <sup>b</sup>	32.2 <sup>c</sup>	37.9 $\pm$ 1.3 ***
<i>C. texana</i>	46.4 <sup>b</sup>	56.0 <sup>a</sup>	40.4 <sup>c</sup>	45.1 <sup>b</sup>	47.0 $\pm$ 1.3 ***
<i>F. angustifolia</i>	70.5 <sup>b</sup>	87.3 <sup>a</sup>	76.7 <sup>b</sup>	89.2 <sup>a</sup>	80.9 $\pm$ 2.1 ***
<i>K. humboldtiana</i>	44.1 <sup>a</sup>	43.7 <sup>a</sup>	29.9 <sup>b</sup>	29.6 <sup>b</sup>	36.8 $\pm$ 1.5 ***
<i>L. tridentata</i>	68.1 <sup>a</sup>	40.7 <sup>d</sup>	49.0 <sup>c</sup>	56.5 <sup>b</sup>	53.6 $\pm$ 1.1 ***
<i>S. cuneifolia</i>	38.7 <sup>b</sup>	51.6 <sup>a</sup>	38.2 <sup>b</sup>	31.4 <sup>c</sup>	40.0 $\pm$ 0.7 ***
<i>Z. fagara</i>	32.0 <sup>c</sup>	56.6 <sup>a</sup>	39.8 <sup>b</sup>	38.5 <sup>b</sup>	41.7 $\pm$ 0.7 ***
<i>M. sativa</i>	57.7 <sup>b</sup>	59.9 <sup>a</sup>	41.9 <sup>c</sup>	37.9 <sup>d</sup>	49.3 $\pm$ 0.6 ***

<sup>1</sup>Base seca; \*\*\*( $P < 0.001$ ); EE = error estándar; Sig. = significancia; <sup>abcd</sup>Medias estacionales de las hileras con letras diferentes no son iguales.

## Anexo 36

Variación estacional de posibles suplementos minerales \* en base a hojas de especies arbustivas nativas del noreste de México.

Nutrientes minerales	Primavera		Verano		Otoño		Invierno	
	Especie	Aporte	Especie	Aporte	Especie	Aporte	Especie	Aporte
Ca ( $\text{g Kg}^{-1}$ )	<i>S. cuneifolia</i>	76	<i>S. cuneifolia</i>	59	<i>S. cuneifolia</i>	84	<i>S. cuneifolia</i>	90
P ( $\text{g Kg}^{-1}$ )	<i>K. humboldtiana</i>	2	<i>Z. fagara</i> y <i>A. wrightii</i>	2.2	<i>Z. fagara</i>	1.9	<i>A. wrightii</i>	2.1
Mg ( $\text{g Kg}^{-1}$ )	<i>A. wrightii</i> y <i>C. texana</i>	4.7	<i>F. angustifolia</i>	8.2	<i>C. texana</i>	5.2	<i>S. cuneifolia</i>	7.1
K ( $\text{g Kg}^{-1}$ )	<i>K. humboldtiana</i>	27	<i>L. tridentata</i>	35.4	<i>L. tridentata</i>	23.9	<i>L. tridentata</i>	21.5
Na ( $\text{g Kg}^{-1}$ )	<i>L. tridentata</i>	0.55	<i>L. tridentata</i>	0.58	<i>L. tridentata</i>	1.24	<i>L. tridentata</i>	0.88
Cu ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	<i>Z. fagara</i>	25	<i>Z. fagara</i>	19.9	<i>A. wrightii</i>	20.2	<i>A. wrightii</i>	22.9
Mn ( $\text{mg Kg}^{-1}$ )	<i>L. tridentata</i>	191.6	<i>L. tridentata</i>	168	<i>A. wrightii</i>	204	<i>Z. fagara</i>	203.4
Fe ( $\text{mg Kg}^{-1}$ )	<i>L. tridentata</i>	809.7	<i>L. tridentata</i>	376	<i>L. tridentata</i>	354	<i>A. wrightii</i>	877.2
Zn ( $\text{mg Kg}^{-1}$ )	<i>F. angustifolia</i>	87.3	<i>F. angustifolia</i>	76.7	<i>F. angustifolia</i>	89.2	<i>A. wrightii</i>	84.3

\* Especies identificadas con alto contenido de minerales

## Anexo 37

## Consumo potencial de nutrimentos minerales que pueden tener las cabras utilizando las hojas de ocho especies arbustivas del noreste de México

Nutrimentos minerales	Rangos de nutrimentos minerales disponibles <sup>a</sup>	Consumo potencial de nutrimentos minerales por día <sup>b</sup>	Requerimientos de nutrimentos minerales diarios <sup>c</sup>
Ca (g Kg <sup>-1</sup> )	59 - 90	118- 180	6
P (g Kg <sup>-1</sup> )	1.9 - 2.2	3.8 - 4.4	4.2
Mg (g Kg <sup>-1</sup> )	4.7 - 8.2	9.4 - 16.4	2
K (g Kg <sup>-1</sup> )	21.5 - 35.4	43 - 70.8	4.2
Na (g Kg <sup>-1</sup> )	0.55 - 1.24	1.1 - 2.48	1.7
Cu (mg Kg <sup>-1</sup> )	19.9 - 25.0	39.8 - 50.0	18
Mn (mg Kg <sup>-1</sup> )	167.6 - 204.4	335.2 - 408.8	70
Fe (mg Kg <sup>-1</sup> )	354.2 - 809.7	708.4 - 1619.4	70
Zn (mg Kg <sup>-1</sup> )	76.7 - 89.2	153.4 - 178.4	90

<sup>a</sup> Especies con mayor contenido de minerales durante las cuatro estaciones.

<sup>b</sup> Suponiendo que las cabras tienen un peso corporal de 50 Kg y considerando un consumo diario de 2.0 Kg de MS.

<sup>c</sup> Promedio de requerimientos recomendados por NRC (1981, 1984), Underwood (1981) y Kessler (1991).

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS





## CURRICULUM VITAE DE JOSÉ GUADALUPE MOYA RODRÍGUEZ

Fecha de nacimiento: \_\_\_\_\_ 1<sup>o</sup> de Junio de 1940.

Lugar de nacimiento: \_\_\_\_\_ Hualahuises, Nuevo León, México.

Escuela donde hizo su Licenciatura y Maestría: \_\_\_\_\_ Facultad de Ciencias Biológicas. UANL.

Tiempo dedicado a la docencia: \_\_\_\_\_ 24 años.

Institución donde trabaja: \_\_\_\_\_ Universidad Autónoma de Nuevo León.

### Artículos publicados en revistas científicas:

1997. Seasonal dynamics on nutrient profile of leaves from 10 native shrubs in northeastern Mexico. *Forest, Farm, and Community Tree Research Reports*, 2: 46-50.

1998. Extent and rate of digestion of the dry matter in leaves of 10 native shrubs from northeastern Mexico. *Phyton*, 62 (1/2): 175-180.

1998. Variación estacional de la degradabilidad ruminal de nutrientes de 10 arbustos nativos del noreste de México. *Phyton*, 63 (1/2): 179-186.

2002. Variación estacional de minerales en las hojas de ocho especies arbustivas. *Ciencia*, Universidad Autónoma de Nuevo León. V: 1.

2002. Seasonal changes in cell wall digestion of eight browse species from northeastern Mexico. *Livestock Research for Rural Development*, 14: 1.

2002. Variación estacional de nutrientes y digestibilidad *in situ* de materia seca, de hojas de

arbustivas del noreste de México. *Phyton*, 2002: 121-127.

2002. Nutritional value and effective degradability of crude protein in browse species from northeastern Mexico. *Journal of Applied Animal Research* (in press).

### Artículos publicados en memorias:

1997. Dinámica estacional de la degradabilidad efectiva de 10 especies arbustivas forrajeras del sureste del estado de Nuevo León. CONACYT, II Simposio de Ciencia y tecnología.

1997. Dinámica estacional de la degradabilidad ruminal potencial y efectiva de 10 especies arbustivas nativas del noreste de México. Simposium Internacional, VI Reunión de Nutrición Animal, Facultad de Agronomía, UANL.

1997. Dinámica estacional de la degradabilidad ruminal potencial y efectiva de 10 especies arbustivas nativas del noreste de México. Primer Congreso Nacional para el Aprovechamiento Integral de Recursos de Zonas Áridas, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo.

2000. *Digestibilidad in situ* de materia seca, proteína cruda y fibra detergente neutro, de las hojas de diez especies arbustivas nativas del noreste de México. Décima Conferencia de los Estados Fronterizos México / E.U.A., Consejo Estatal Flora y Fauna de Nuevo León, SEMARNAP y Universidad Autónoma de Nuevo León.

2000. Evaluación de tres componentes del perfil nutritivo del follaje de ocho arbustivas nativas del estado de Nuevo León. V Simposio de Ciencia y Tecnología, CONACYT.

2001. Variación estacional de macro y microminerales contenidos en las hojas de ocho especies arbustivas nativas de la flora del noreste de México. VI Simposio de Ciencia y Tecnología, CONACYT.

---

R. Foroughbakhch<sup>1</sup>, R.G. Ramirez<sup>2</sup>, L.A. Haad<sup>1</sup>, N.E. Castillo-Morales<sup>1</sup>, and J. Moya-Rodriguez<sup>1</sup>. <sup>1</sup>Facultad de Ciencias Biológicas and <sup>2</sup>Facultad de Medicina Veterinaria Zootecnia, Universidad Autónoma de Nuevo León. A.P. F-2, San Nicolás de los Garza, N.L. 66451, Mexico.

## Seasonal dynamics of the leaf nutrient profile of 10 native shrubs of northeastern Mexico

### Introduction

The nutritive value of forage is determined by its chemical composition and digestibility, but chemical composition is determined by the nature of the plant (Buxton and Fales 1994). Plant tissues contain nitrogen (N) in the form of soluble and insoluble proteins, free amino acids, amides, ureides, nitrates, and ammonia, although proteins are the major N component (Norton and Poppi 1995). Primary cell walls (CW) consist mainly of cellulose microfibrils interlaid with hemicelluloses (xylans, arabans) and separated from adjoining cells by a middle lamella. Cell walls vary in digestibility but usually are only partially available, whereas the cell contents within them are nearly completely digestible. Lignification also restricts availability of CW to animals that consume them (Buxton and Fales 1994). This study was conducted with the objective to determine and compare, during the four seasons, the chemical composition of 10 native shrubs that grow in northeastern Mexico.

### Materials and methods

Branches from legume plants such as *Pithecellobium pallens* (Benth.) Standl., *Parkinsonia aculeata* L., *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg., *Pithecellobium ebano* (Berl.) Muller, *Caesalpinia mexicana* A. Gray, and *Celtis pallida* Torr. (Ulmaceae), *Bernardia myricaefolia* (Scheele) Wats. (Euphorbiaceae), *Helietta parvifolia* (Gray) Benth. (Rutaceae), *Gymnosperma glutinosum* (Spreng.) Less. (Compositae), and *Diospyos texana* Scheele. (Ebenaceae) were collected in summer (September 12, 1995), in fall (December 1, 1995), in winter (January 22 and 30, 1996), and in spring (May 31 and June 9, 1996). The collection area corresponded to the Tamaulipan shrubland (125,000 km<sup>2</sup>) that occurs in the state of Nuevo León, extending from the coastal plain of the Gulf of Mexico to the southern rim of Texas, USA. The climate is semiarid, and the mean annual precipitation is about 750 mm. Mean annual temperature is 22.3°C. Most soils of the region are a rocky type of Upper Cretaceous calcite and dolomite. The dominant soils are deep, dark grey, lime-clay vertisols which are the result of alluvial and colluvial processes. They are characterized by high clay and calcium carbonate contents (pH 7.5 to 8.5) and low organic matter content (Foroughbakhch 1992).

For about 20 days, branches from at least five different plants of each shrub were allowed to dry under a shed. Leaves were removed manually, and partial dry matter (DM) was recorded. Leaves then were ground in a Wiley mill (2-mm screen). Dry matter, crude protein (CP), ash (AOAC 1990), CW, acid detergent fiber (ADF), acid detergent lignin (Goering and Van Soest 1970), and condensed tannins (Burns 1981, modified by Price et al. 1978) were determined in leaves from the plants.

The significance of plant effects on the nutrient profile was determined by analysis of variance using a completely randomized block design. The general linear models procedure of SAS (1988) was used. The seasons were used as blocks and plants were the treatments.

## Extent and rate of digestion of the dry matter in leaves of 10 native shrubs from northeastern México

R. G. Ramírez\*, L. A. Háud\*, R. Foroughbackhch\*,  
J. Moya-Rodríguez\*

**Abstract.** This study analyses seasonal chemical composition and effective degradability of dry matter (EDDM) of foliage from 10 shrubby Mexican species. Rumen cannulated Pelibuey sheep, fed *Medicago sativa* hay, were used to incubate nylon bags containing ground leaves samples (4 g) from each shrub and *M. sativa* hay. Only *Celtis pallida* and *Helietta parvifolia* resulted with higher EDDM than *M. sativa*. These three plants also had relatively low lignin content. Cell wall and its components limited the extent and rate of DM degradation of most evaluated plants.

**Resumen.** En este estudio se evalúa estacionalmente la composición química y la degradabilidad efectiva de la materia seca (EDDM) del follaje de 10 especies arbustivas nativas del noreste de México: Borregos Pelibuey con cánulas ruminales, alimentados con heno de *Medicago sativa*, fueron usados para incubar bolsas de nylon, conteniendo 4 g de muestra molida de cada arbusto y de heno de *M. sativa*. Solamente *Celtis pallida* y *Helietta parvifolia* resultaron con valores de EDDM mayores a los del heno de *M. sativa*. Estas tres plantas también tuvieron bajo nivel de lignina, comparadas con los otros siete arbustos. En los ocho arbustos restantes el contenido de pared celular y sus componentes limitaron el grado y velocidad de digestión de la materia seca.

In northeastern México shrubby vegetation represents a significant proportion of the feed available to ruminants and often the only source of energy, protein, vitamins and minerals. The importance of shrub fodders as a feed resource is well understood in Asia (9) and America (8). The usefulness of forage in the animal diet is

\*Facultades de Medicina Veterinaria y Zootenia y de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nueva León. Apartado Postal 142, Suc. F San Nicolás de los Garza, N.L. 66451, México.

Received 18/10/97, accepted 15/12/1997

## Variación estacional de la degradabilidad ruminal de nutrientes de 10 arbustos nativos del noreste de México

Foroughbachkeh R., R.G. Ramírez, L.A. Háud y  
J.G. Moya-Rodríguez

**Resumen.** Se estimó y comparó estacionalmente el grado y velocidad de digestión de la pared celular (PC) de hojas de 10 arbustos nativos del noreste de México colectados en 1995/96. Se usó la técnica *in situ* para estimar los parámetros no lineales: a) PC ya solubilizada al inicio de la incubación, b) PC lentamente degradada en el rumen, c) tasa de degradación de PC en fase lag (tiempo que las bacterias tardan en iniciar la degradación) y la degradabilidad efectiva de la PC (DEPC). Se usaron 12 borregos machos Pelibuey fistulados del rumen, para incubar bolsas de nylon, conteniendo 3 g de muestra de hojas molidas. En invierno los parámetros no lineales de degradabilidad fueron más altos que en las otras estaciones. Las DEPC de *Pithecellobium pallens*, *Celtis pallida*, *Bernardia myricaefolia*, *Helietta parvifolia*, *Eysenhardtia polystachya*, *Gymnosperma glutinosum*, *Diospyros texana*, *Caesalpinia mexicana*, *Pithecellobium ebano* y *Parkinsonia aculeata* fueron significativamente diferentes ( $P < 0.01$ ) entre estaciones y dentro de cada estación del año. Salvo *P. ebano* y *P. aculeata*, todos los arbustos resultaron con valores superiores a los de *Medicago sativa*. Elevados niveles de lignina en *P. ebano* y *P. aculeata* pudieron haber influido en los bajos porcentajes de sus DEPC. La mayoría de los arbustos resultaron con componentes de la PC más disponibles al ataque microbial en el rumen que los de *M. sativa*; esto indicaría que los arbustos tienen alto valor forrajero durante casi todo el año, salvo en otoño, cuando sus DEPC se tornan muy bajos.

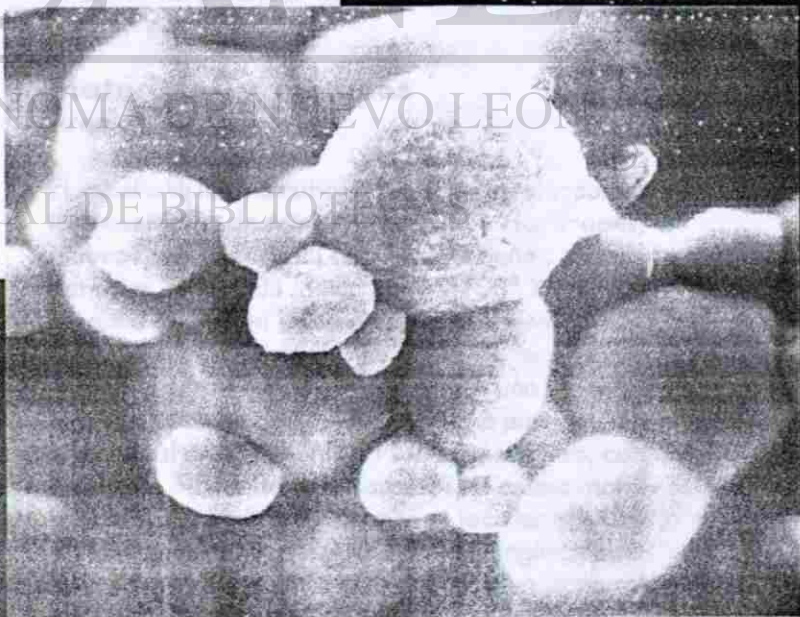
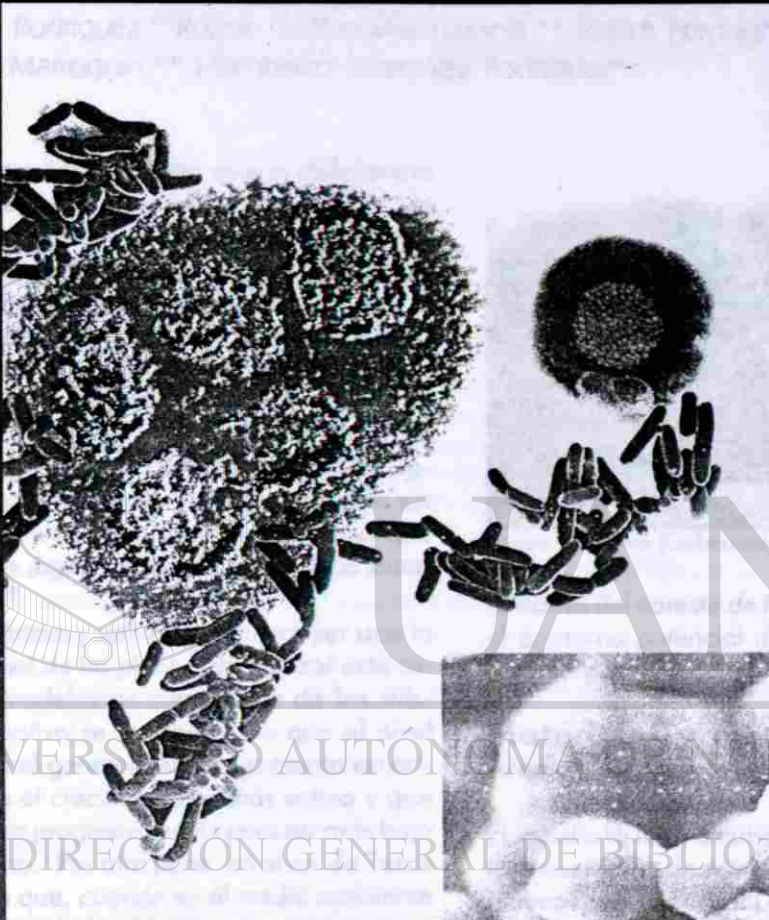
**Abstract.** Leaves from 10 native shrubs from NE Mexico were collected in 1995/6 to estimate and compare seasonally, the extent and rate of cell wall (PC) degradation in the rumen of fistulated Pelibuey sheep. The *in situ* technique was used to estimate the non linear parameters: a) soluble PC fraction; b) PC fraction slowly degraded in the

V.1

Volumen V  
Número 1  
Ene. - Mar.  
2002

# CIENCIAUANL

Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León



**Armas biológicas / Terapia génica /  
Compatibilidad de poliamidas /  
Floruros de plomo y estaño /  
Grietas en materiales heterogéneos**

ISSN:  
1405-9477

00

\$ 20.00

# Variación estacional de minerales en las hojas de ocho especies arbustivas

José G. Moya Rodríguez,\* Roque G. Ramírez Lozano,\*\* Rahim Foroughbakhch P,\*\* Leticia Háuad Marroquín,\*\* Humberto González Rodríguez\*

**E**n la actualidad se sabe que la deficiencia de minerales en las cabras en pastoreo de muchas regiones es causada, ya sea por el bajo contenido o por la variabilidad de los mismos en las dietas, y esto se debe básicamente a cambios estacionales, a la madurez y baja digestibilidad de las plantas. También se conoce que el abastecimiento de minerales está influenciado por el clima y el suelo sobre el cual crecen las plantas.<sup>1</sup> Es importante que los forrajes consumidos por los rumiantes tengan cierto número de minerales para ser utilizados por los microorganismos del rúmen, ya que esto les facilita la digestibilidad de la fibra y la síntesis de proteínas.<sup>2</sup>

En regiones áridas y semiáridas parece ser que la calidad nutricional de las plantas de pastizal está relacionada con modelos de crecimiento de las mismas, por este motivo se ha observado que el nivel máximo de calidad generalmente se presenta en primavera, cuando el crecimiento es más activo y que dicho nivel declina progresivamente para ser más bajo durante el invierno.<sup>3</sup> Por otra parte, en el sur de Texas se ha observado que, cuando en el medio ambiente hay suficiente humedad y el invierno se presenta con una temperatura moderada, aumenta la concentración de macro y microminerales (con excepción del fósforo) en las plantas de los pastizales utilizadas por los rumiantes.<sup>4</sup> En otros estudios, que se han hecho sobre plantas consumidas por los rumiantes de regiones semiáridas de Texas y Nuevo León, se ha encontrado que, cuando en dichas áreas hay suficiente humedad, acompañada de temperaturas moderadas durante el invierno, la calidad del forraje sigue un modelo bimodal con la formación de picos óptimos de calidad en primavera e invierno.<sup>5,6</sup> Este estudio se llevó a cabo con el objetivo de estimar y comparar estacionalmente el contenido de macro y microminerales en las hojas de ocho especies de la flo-



*Larrea tridentata* (Gobernadora)

ra nativa del noreste de México. Asimismo se estimó el consumo potencial de dichos minerales por cabras en pastoreo.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en tres sitios localizados en los municipios de Mina, El Carmen y Huamantla, Nuevo León, México. El sitio de Mina tiene las coordenadas 26° 03' de latitud norte y 100° 35' 30" de longitud oeste y en dicha área está presente un matorral desértico micrófilo. Su clima es muy seco y semicálido, con lluvias en verano, con una temperatura media anual de 21.4 °C y con una precipitación total anual de 277.7 mm. El suelo es calicheo, con un pH de 7.8, de textura franca y con escasa materia orgánica. El sitio del Carmen se localiza entre los 25° 57' de latitud norte y 100° 20' de longitud oeste. Este sitio se encuentra cubierto por un matorral

\* Facultad de Ciencias Forestales UANL.  
E-mail: humberto@fcf.uanl.mx

\*\* Facultad de Ciencias Biológicas UANL.  
E-mail: rogramir@fcb.uanl.mx

## Seasonal changes in cell wall digestion of eight browse species from northeastern Mexico

J G Moya-Rodríguez, R G Ramírez and R Foroughbakhch

Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Apartado Postal 142, Sucursal F, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, 66451, México.

[roqramir@fcb.uanl.mx](mailto:roqramir@fcb.uanl.mx)

### Abstract

Leaves from *Acacia wrightii*, *Bumelia celastrina*, *Castela texana*, *Forestiera angustifolia*, *Karwinskia humboldtiana*, *Larrea tridentata*, *Schaefferia cuneifolia* and *Zanthoxylum fagara* were evaluated to estimate the seasonal dynamics of the *in situ* digestibility of the cell wall (CW). Nylon bags (5 x 10 cm; 53 µm of pore size) with 4 g of sample of each species were incubated in rumen fistulated sheep, which were fed *Medicago sativa* hay. In all plants, the soluble fraction of the CW (a, %), the insoluble fraction of the CW (b, %) and the effective degradability of the cell wall (EDCW, %) were higher in winter than in other seasons. Only *F. angustifolia* (63.8) and *K. humboldtiana* (59.3) had annual mean EDCW values higher than *M. sativa* hay (51.7). *Bumelia celastrina* (34.0) was lowest in EDCW. The hemicellulose content in evaluated browse species was positively correlated with EDCW; however, lignin was negatively correlated with the ruminal digestion of the CW.

From the results obtained in this study, plants such as *F. angustifolia* and *K. humboldtiana* can be considered as good feeds for grazing ruminants during all seasons of the year, and *C. texana*, *L. tridentata* and *Z. fagara* as appropriate during winter.

**Keywords:** Browse plants, cell wall degradability, northeastern Mexico

### Introduction

In general, the quality of a diet for grazing ruminants depends upon the species present in the range, the amount of forage available, and the nutritional quality of the plant species. The type of species present in the range depends on their adaptation for survival (Nelson and Mosler 1994). The selectivity of the plant species by grazing animals may be affected by the presence of some anti-nutritional compounds found in the foliage. The most common compounds are lignin and condensed tannins. Generally, lignin is high in browse plants and has a negative effect upon the total organic matter digestibility (Van Soest 1993). The condensed tannins negatively affect the nutritional status of ruminants consuming forage with high content of browse plants, reducing the ruminal digestion of protein and cell wall (Holechek et al 1990). Studies carried out with browse plants from northeastern Mexico have shown that the amount of cell wall present in those plants is similar or inferior to that of *Medicago sativa* hay which is considered an excellent feed for ruminants (Foroughbakhch et al 1997; Ramirez et al 2000).

This study was carried out with the objectives to estimate and compare seasonally the non linear parameters of digestion and effective degradability of cell wall of eight native shrubs that grow in



## Variación estacional de nutrientes y digestibilidad *in situ* de materia seca, de hojas de arbustivas del Noreste de México

(con 3 tablas)

Moya-Rodríguez\* JG; R Foroughbakhch\*; RG Ramírez\*

**Resumen.** El contenido de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), taninos y degradabilidad efectiva de la materia seca (DEMS), fue determinado en el follaje de *Acacia wrightii*, *Bumelia celastrina*, *Castela texana*, *Forestiera angustifolia*, *Karwinskia humboldtiana*, *Larrea tridentata*, *Schaefferia cuneifolia*, y *Zanthoxylum sagara*. El contenido de MS fue mayor en *C. texana* (71%) y menor en *K. humboldtiana* (42%). A excepción de *S. cuneifolia*, el resto de las arbustivas presentaron un nivel de MO equiparable o superior a *Medicago sativa* (87%). El contenido de PC entre las especies varió de 15 a 22%. El contenido de FDN fue inferior al de alfalfa (49%). El contenido de taninos fue bajo para la mayoría de las especies (<2.1%). La menor DEMS fue en *B. celastrina* (51%) y la mayor en *F. angustifolia* (72%). Según los resultados obtenidos, *Acacia wrightii*, *Bumelia celastrina*, *Forestiera angustifolia*, *Schaefferia cuneifolia* y *Zanthoxylum sagara*, son las arbustivas más frecuentemente ramoneadas por animales y son consideradas una buena fuente de proteínas para pequeños rumiantes, principalmente durante la latencia de hierbas y zacates.

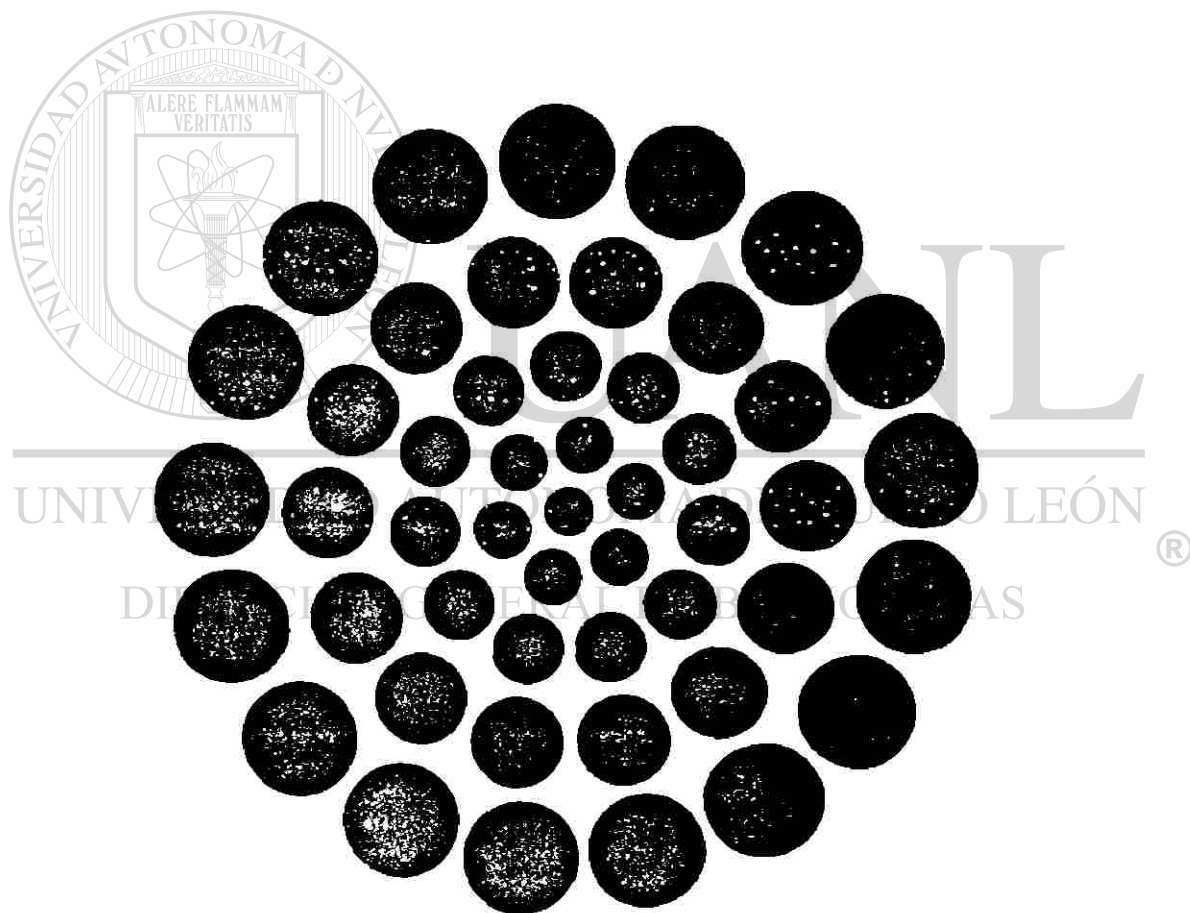
**Palabras claves:** zonas áridas, arbustivas, degradabilidad, materia orgánica, proteína

El valor nutritivo de un forraje es determinado por su composición química y digestibilidad. La composición química es determinada por la naturaleza de la planta. La digestibilidad de un forraje es una medida del total de nutrientes disponibles, usualmente expresado en términos de desaparición de materia seca u orgánica,

\* Facultad de Ciencias Biológicas, UANL, A.P. F-2, 66451 San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México. E. Mail: rahimforo@hotmail.com y rforough@ccr.dsi.uanl.mx / Telfax (52-81)83521142

Recibido 21.XI.2001; aceptado 27.XII.2001

# II SIMPOSIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

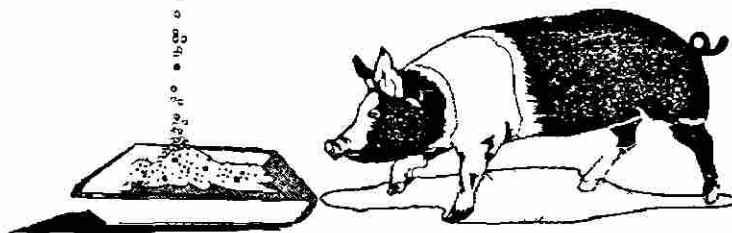
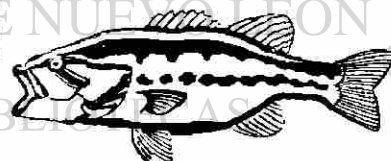
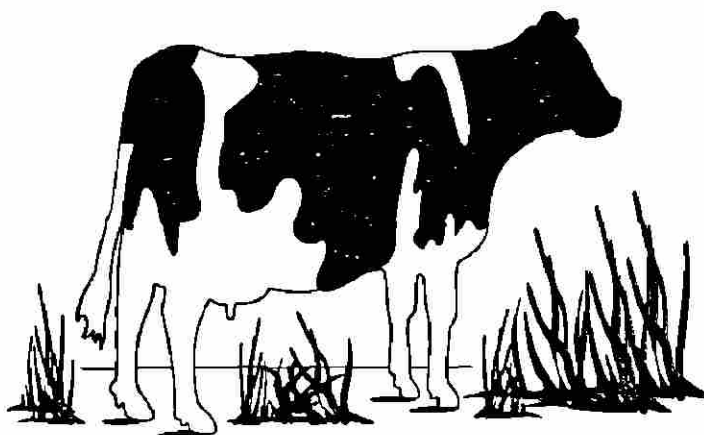
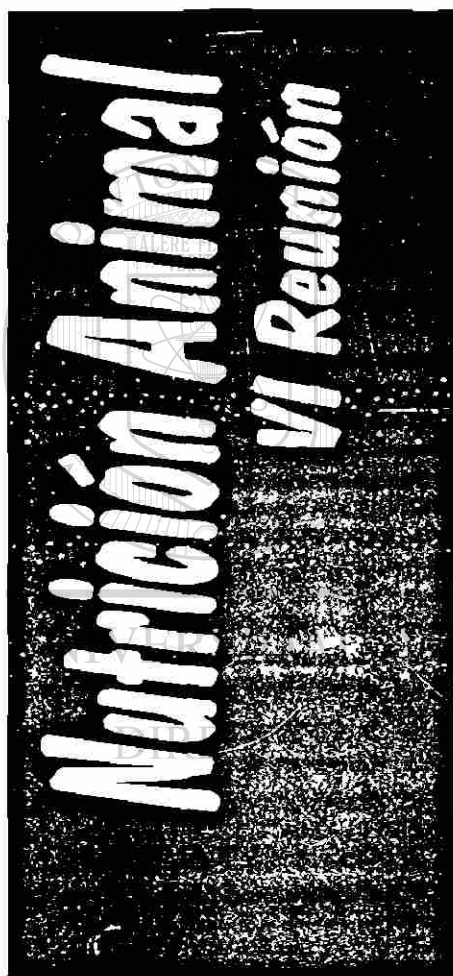


# CONACYT

# MEMORIAS

Universidad Autónoma de Nuevo León  
Facultad de Agronomía

SIMPOSIUM  
INTERNACIONAL



Marín, N.L. México  
22 - 24 de Octubre 1997



UANL



FAUANL



UAAAN



GNMNA

# DINAMICA ESTACIONAL DE LA DEGRADABILIDAD RUMINAL POTENCIAL Y EFECTIVA DE 10 ESPECIES ARBUSTIVAS NATIVAS DEL NORESTE DE MEXICO

Moya R.J., L.A. Háuad, R.G. Ramírez<sup>1</sup> y R. Foroughbackhch<sup>2</sup>

## Introducción

El material alimenticio de arbustos y árboles de forraje en los países en desarrollo es enorme; sin embargo, solamente algunos recursos alimenticios pueden ser incorporados en los sistemas de alimentación para rumiantes.

En la actualidad existen muy pocos estudios estacionales sobre degradabilidad ruminal de MS, PC, y FDN de arbustivas nativas del noreste de México que ayuden a conocer su potencial forrajero y su disponibilidad durante las estaciones del año. Por lo tanto, el objetivo principal de este trabajo es el de evaluar y comparar la degradabilidad ruminal potencial y efectiva de MS, PC, y FDN de 10 arbustivas nativas en las cuatro estaciones del año.

## Materiales y Métodos

El material vegetal de 10 arbustivas forrajeras: *Pithecellobium pallens* (tenaza), *Parkinsonia aculeata* (retama), *Eysenhardtia polystachya* (vara dulce), *Pithecellobium ebanum* (ébanum), *Caesalpinia mexicana* (hierba del potro), *Celtis pallida* (granjeno), *Bernardia myricaefolia* (oreja de ratón), *Helieta parvifolia* (barreta), *Gymnosperma glutinosum* (tatalencho), y *Diospyros texana* (chapote prieto), fueron colectadas en cuatro estaciones del año (1995-1996). El área de estudio comprende los municipios de Santiago, Montemorelos, Linares e Iturbide en el estado de Nuevo León.

Se efectuó un muestreo aleatorio simple donde se colectó en material vegetal (hojas) de plantas por especie. El proceso de secado tuvo una duración de 20 días a la sombra, después de este tiempo las hojas fueron removidas manualmente y trituradas en un molino Wiley provisto de una malla de 2 mm. Del material triturado se tomaron 5 g por especie de planta los cuales, se vaciaron en bolsas nylon (5x10 cm con poros de 53 micras). El heno de alfalfa (*Medicago sativa*) sirvió como alimento de testigo. Las bolsas se incubaron en el rumen de 15 borregos (Pelibuey) fistulados. El tiempo de incubación de bolsas en el rumen fueron: 0, 4, 8, 12, 24, 36 y 48 horas. Del material no degradado de las bolsas incubadas, se tomaron submuestras para determinar proteína cruda (AOAC, 1990) y fibra detergente neutro (Goering y Van Soest, 1970). La degradabilidad de materia seca (DEMS), de proteína cruda (DEPC) y de fibra detergente neutro (DEFDN) se determinaron por la ecuación de Mc Donald (1981), tomándose en cuenta una tasa de pasaje ruminal (K) de 5%/h. El análisis estadístico sobre los datos cuantitativos se efectuó mediante un análisis de varianza para las especies y las estaciones del año (SAS, 1988).

<sup>1</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UANL A.P. F-2, 66450 San Nicolás de los Garza Nuevo León

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Biológicas



SOMAIRZA, A. C.

MEMORIAS

DEL

*1er. Congreso Nacional*

PARA EL APROVECHAMIENTO INTEGRAL

DE RECURSOS DE

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

ZONAS ÁRIDAS

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIDAD REGIONAL UNIVERSITARIA DE ZONAS ÁRIDAS

*Universidad Autónoma Chapingo*

*Bermejillo, Dgo.,*

*Octubre de 1997.*

# ECOSISTEMAS SIN FRONTERAS ESCUCHA Y PARTICIPA

**10a. Conferencia de los Estados Fronterizos México/E.U.A.  
Sobre Recreación, Áreas Protegidas y Vida Silvestre.  
10th. U.S./Mexico Border States Conference  
on Recreation, Parks and Wildlife.**

## PROGRAMA DE CONFERENCIAS



### Comité Organizador

Ing. Julián de la Garza Castro  
Lic. Arturo Alcocer Lujambio  
Ing. Jorge Garza Esparza  
Ing. José Francisco Martínez P.  
M.C. Antonio Guzman Velasco  
Dr. José A. Guevara Gz.  
Dr. Mauricio Cotera Correa

Gobierno del estado de Nuevo León  
SEMARNAP-N.L.  
Parque Ecológico "Chipinque"  
CEMEX  
UANL  
UANL  
Pronatura Noreste

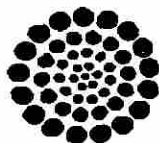
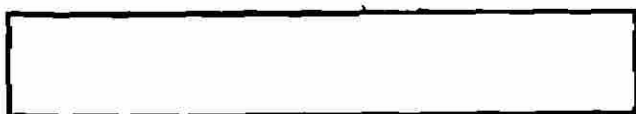




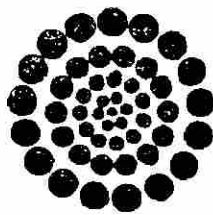
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

®



ED CONACYT



**Moya Rodríguez, J.G**

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

**Presente:**

**Nos permitimos informarle que su ponencia: VARIACIÓN ESTACIONAL DE MACRO Y MICROMINERALES CONTENIDOS EN LAS HOJAS DE OCHO ESPECIES ARBUSTIVAS NATIVAS DE LA FLORA DEL NORESTE DE MÉXICO**

Ha sido aceptada para participar en el **VI Simposio de Ciencia y Tecnología** que se celebrará los días 24 y 25 de mayo a partir de las 8:00 a.m., habiéndose asignado el número 57 del área **DESARROLLO AGROPECUARIO**, mismo que servirá para señalar el panel correspondiente para la exposición de su cartel, en dicho panel habrá un sobre conteniendo cinta para fijar el cartel a la superficie del mismo.

**Solicitamos a usted seguir las instrucciones para la elaboración de su cartel:**

- Cada autor dispondrá de un espacio de 1.00 m de ancho por 2.00 m de alto para colocarlo.
- El título deberá ir al centro del cartel; el título profesional, nombre(s) y apellidos de los autores, subrayando el del autor que hará la presentación (debiendo de permanecer cerca de su panel el día 24 de mayo hasta las 13:00 horas), así como las instituciones donde laboran, se escribirá en la esquina superior derecha.
- Los autores deberán montar su cartel 1 hora antes del inicio del Simposio y se retirarán media hora después de concluido.
- Todas las instituciones y gráficas deberán ser preparadas con anticipación pues no se dispondrá de material para este fin en el lugar de la exposición.
- El material debe leerse a una distancia de 1.50m., las letras de las instituciones deberán ser grandes y legibles, el material se presentará en una secuencia lógica: introducción, objetivos, metodología, resultados, conclusiones y discusiones fichas bibliográficas.
- Utilice el material lo mas ligero posible para facilitar su soporte.

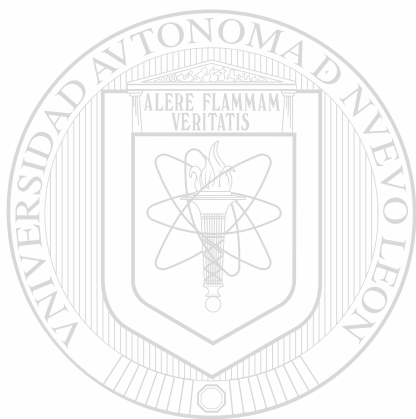
**Atentamente,**

P.A.

  
**Dr. Héctor Menchaca Solís**

**Delegado regional del Noreste**





# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



