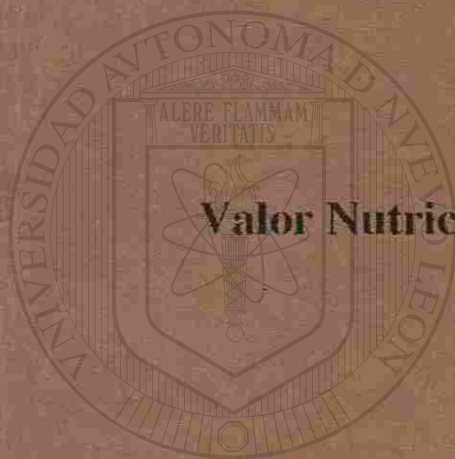


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



**Valor Nutricional Foliar de Tres Especies de Acacia**

**TESIS DE MAESTRÍA**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL**

**PARA OBTENER EL GRADO DE**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

**Por**

**MIGUEL ANGEL PÉREZ RODRÍGUEZ**

Linares, Nuevo León, México

Agosto 1997

TM

Z5991

FCF

1997

P4



1020120179



# UANL

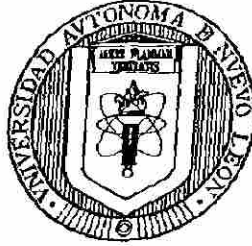
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**

**SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO**



**Valor Nutricional Foliar de Tres Especies de *Acacia***

**TESIS DE MAESTRÍA**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**PARA OBTENER EL GRADO DE  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS**

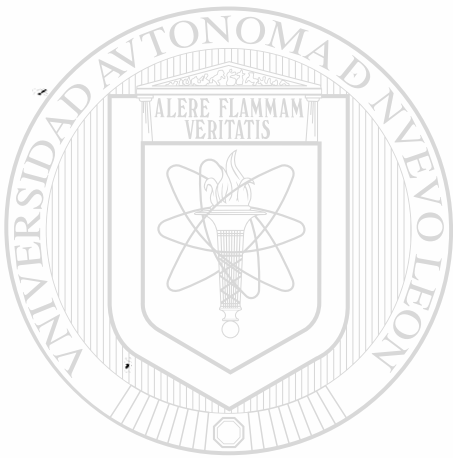
**MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

**Por**

**MIGUEL ANGEL PÉREZ RODRÍGUEZ**

Z5991  
FOT  
99+  
P4

0119 94860



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

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

**Valor Nutricional Foliar de Tres Especies de *Acacia***

**TESIS DE MAESTRÍA**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES  
Por**

**MIGUEL ANGEL PÉREZ RODRÍGUEZ**

**COMISIÓN DE TESIS**



Ph. D. Humberto González Rodríguez

Presidente



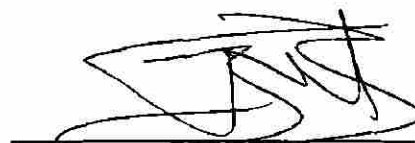
Ph. D. Roque Gonzalo Ramírez Lozano

Asesor Externo

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UANL



Dr. Alfonso Martínez Muñoz  
Secretario



Dr. Fernando González Saldivar  
Vocal



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

*Mantente al tanto de tus ovejas,  
preocúpate por tus rebaños,  
pues ni riquezas ni coronas duran eternamente.*

*Cuando el pasto aparezca, brote el verdor y  
se recoja la hierba de los montes,  
de tus corderos tendrás lana para vestirte,  
de tus cabritos dinero para comprar tierras  
y de tus cabras leche abundante para  
alimentarte tú y tu familia.*



Del Libro de Proverbios de Salomón

## DEDICATORIA

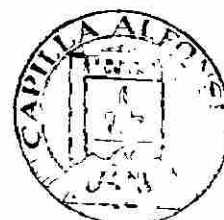
*A mi padre, el Sr. Homero Pérez Recéndez, hombre cumplido, trabajador y disciplinado, quien con su ejemplo de vida, me ha motivado a ser práctico, respetuoso y sencillo.*

*A mi madre, la Sra. Francisca Rodríguez Rodríguez, mujer humilde, amorosa y de profundo sentido espiritual, quien con su ejemplo de vida, me motiva a ser hombre de principios, de fe y esperanza.*

*A mi esposa, la Sra. Nancy Gutiérrez Garza, mujer inteligente, responsable y de gran ternura, quien con su apoyo incondicional y estilo de vida, me motiva a la superación personal y a vivir armoniosamente comprometido con los que me rodean.*

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



FONDO TESIS



# AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo otorgado para la realización de mis estudios de Maestría y para este trabajo por medio del proyecto clave 4074-N.

A la Universidad Autónoma de Nuevo León, que por medio de la Facultad de Ciencias Forestales, ha motivado en mí, el gusto por la superación académica y cultural.

A el Dr. Humberto González Rodríguez, director de este trabajo de investigación, por su constante apoyo y disponibilidad a través de todo el proceso de desarrollo de esta Tesis. Le agradezco el hecho de transmitirme sus experiencias prácticas y culturales vividas a lo largo de su formación académica, las cuales han sido de gran relevancia para la realización de esta investigación.

A el Dr. Roque Gonzalo Ramírez Lozano, jefe de la Unidad de Metabolismo y Fisiología Animal de La Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (UANL), por su valiosa colaboración en todo lo referente a análisis nutritivos y de digestibilidad. Le agradezco su gran disponibilidad, sus comentarios y acertadas sugerencias para la realización de esta investigación. Me siento muy orgulloso de haberme integrado al equipo de trabajo en su prestigiado Laboratorio.

A el Dr. Marco Vinicio Gómez Meza, catedrático de la Facultad de Economía (UANL), por su valiosa participación en los análisis estadísticos e interpretación de resultados referentes a este trabajo. Le agradezco su entera disposición y acertada asesoría para esta Tesis.

A el Dr. Fernando Noel González Saldivar, por su disponibilidad, asesoría y revisión de este escrito.

A el Dr. Alfonso Martínez Muñoz, por la revisión de este escrito y por sus sugerencias para el desarrollo de esta Tesis.

Agradezco también a el Dr. Enrique Jurado Ybarra por sus muy acertadas críticas y sugerencias, en lo referente a los seminarios y exposiciones orales de este tema de investigación, efectuados durante mi estancia en la Facultad de Ciencias Forestales.

Doy gracias a la Subdirección de Postgrado de la Facultad de Ciencias Forestales, por el apoyo otorgado para la adquisición de reactivos y material de laboratorio utilizados en este trabajo.

En esta Tesis colaboraron de manera muy significativa Luis Alejandro Pérez, Nancy Gutiérrez, Jorge Méndez, Elsa D. González, Laura B. Rodríguez, María del Refugio Bravo, Yadira Garza, Sanjuanita Doria, Hector G. Medrán, Don Lázaro Ramírez y Don Manuel Hernández, quienes me brindaron su apoyo en la colecta del material vegetal, análisis de laboratorio, análisis de suelos, análisis bromatológicos, análisis de digestibilidad *in situ* y captura de datos. Les doy mi más sincero agradecimiento.

También agradezco a mis compañeros de la cuarta generación de Maestría, en la Facultad de Ciencias Forestales: Feliciano Javier Heredia, Salvador Valenzuela, María Celeste Benítez, José Contreras, José Guadalupe Martínez y Jorge Méndez, por sus importantes aportaciones en los trabajos de grupo.

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue generar información básica sobre la disponibilidad, translocación y concentración de elementos minerales, energía metabolizable y parámetros de digestión ruminal del follaje en tres especies de *Acacia* (*A. rigidula*, *A. berlandieri* y *A. farnesiana*) con potencial forrajero y nativas de la región noreste de México. El tejido foliar maduro de cada especie fue colectado a partir de ocho plantas muestreadas a intervalos de tres semanas durante las estaciones de verano, otoño e invierno de 1995. Dicho tejido fue analizado para determinar la concentración ( $\mu\text{moles/gps}$ ) de macro (Ca, K y Mg) y micronutrientes (Cu, Fe, Mn y Zn), así como los contenidos porcentuales de materia seca, materia orgánica, cenizas, cenizas insolubles, nitrógeno, proteína cruda, fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutro (FDN), celulosa, hemicelulosa, lignina y taninos condensados. Adicionalmente, se realizaron pruebas de digestibilidad *in situ* y degradabilidad efectiva de la materia seca y proteína cruda de cada especie y cada estación utilizando borregos fistulados del rumen. Existen variaciones interespecíficas en la concentración foliar de macro y micronutrientes, y su acumulación en el tejido obedece a factores intrínsecos de cada especie y no a la disponibilidad nutricional de cada elemento o a otros factores edáficos, ya que las concentraciones de disponibilidad se mantuvieron relativamente constantes. En general, la mayor concentración foliar de Ca, K, Mg, Zn, Fe y Mn durante el periodo experimental fue observada en *A. farnesiana*, con niveles de 622, 222, 81, 0.29, 0.81 y 0.73  $\mu\text{moles/gps}$ , respectivamente; mientras la mayor concentración de Cu (0.16  $\mu\text{moles/gps}$ ) fue detectada en *A. rigidula*. Los niveles promedio de nitrógeno (2.81%), proteína cruda (17.58%), FDA (33.6%) y FDN (39.7%) observados en las tres especies vegetales durante las tres estaciones de crecimiento, satisfacen los requerimientos de estos nutrientes para el ganado en pastoreo. No obstante, los mayores contenidos de FDA (40.83), FDN (42.37), lignina (21.17) y taninos (9.32) observados en *A. rigidula* se correlacionaron negativamente ( $p < 0.001$ ) con la degradabilidad efectiva de la materia seca y proteína cruda. Los valores de degradabilidad ruminal más altos de la materia seca (56.35) y proteína cruda (35.20), fueron observados en *A. farnesiana* con respecto a los más bajos, que fueron detectados en *A. rigidula*, 9.34 y 8.23%, respectivamente. Se concluye que la especie *A. farnesiana* se puede considerar como una rica fuente suplementaria de nutrientes y energía, para cubrir los requerimientos alimenticios no únicamente del ganado en pastoreo, sino también para especies de la fauna silvestre.

# ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>i</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>ii</b>
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	<b>v</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>ix</b>
<b>ABREVIACIONES</b> .....	<b>xi</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Objetivos</b> .....	<b>5</b>
1.1.1 General .....	5
1.1.2 Específicos .....	5
<b>1.2 Hipótesis</b> .....	<b>5</b>
<b>2. LITERATURA REVISADA</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1 Generalidades sobre la función de nutrientes minerales</b> .....	<b>6</b>
2.1.1 Función de minerales en plantas .....	6
2.1.2 Función de minerales en animales .....	8
<b>2.2 Importancia de la vegetación arbustiva en la nutrición animal</b> .....	<b>10</b>
<b>2.3 Componentes que influyen en la digestibilidad del forraje de arbustivas</b> .....	<b>11</b>
2.3.1 Contenido de cenizas .....	11
2.3.2 Contenido de nitrógeno .....	12
2.3.3 Contenido de proteína cruda .....	12
2.3.4 Contenido de celulosa y hemicelulosa .....	13
2.3.5 Contenido de lignina .....	14
2.3.6 Contenido de fibra .....	15
2.3.7 Contenido de taninos .....	16
<b>2.4 Interacción tanino-proteína</b> .....	<b>18</b>
<b>2.5 Análisis de la digestibilidad <i>in situ</i></b> .....	<b>19</b>
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>20</b>
<b>3.1 Ambiente físico</b> .....	<b>20</b>

3.1.1 Localización y descripción del área de estudio.....	20
3.1.2 Vegetación.....	20
3.1.3 Clima .....	21
3.1.4 Suelo.....	21
<b>3.2 Material vegetal.....</b>	<b>24</b>
3.2.1 Descripción de las especies estudiadas .....	24
<b>3.3 Análisis químicos del tejido foliar.....</b>	<b>28</b>
3.3.1 Determinación de nutrientes minerales .....	28
3.3.2 Determinación de materia seca, materia orgánica y cenizas.....	30
3.3.3 Contenido de nitrógeno y proteína cruda.....	30
3.3.4 Análisis de celulosa, hemicelulosa y lignina.....	31
3.3.5 Contenido de taninos .....	32
<b>3.4 Digestibilidad <i>in situ</i> .....</b>	<b>33</b>
3.4.1 Estimación de la degradabilidad efectiva.....	34
<b>3.5 Diseño experimental y análisis estadísticos.....</b>	<b>35</b>
3.5.1 Concentración de macro y micronutrientes.....	35
3.5.2 Componentes bromatológicos y parámetros de digestibilidad .....	36
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>38</b>
<b>4.1 Concentración de macro y micronutrientes .....</b>	<b>38</b>
<b>4.2 Contenido de nutrientes y componentes bromatológicos.....</b>	<b>46</b>
<b>4.3 Variables que mostraron interacción significativa.....</b>	<b>51</b>
<b>4.4 Digestibilidad <i>in situ</i> .....</b>	<b>60</b>
4.4.1 Digestibilidad <i>in situ</i> de la materia seca.....	60
4.4.2 Digestibilidad <i>in situ</i> de la proteína cruda .....	60
<b>4.5 Parámetros no lineales de degradabilidad.....</b>	<b>63</b>
4.5.1 Parámetros no lineales de la degradabilidad efectiva de la materia seca .....	63
4.5.2 Parámetros no lineales de la degradabilidad efectiva de la proteína cruda.....	65
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>68</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>69</b>
<b>APÉNDICE .....</b>	<b>74</b>

## LISTA DE CUADROS

	<b>Página</b>
<b>Cuadro 1</b> Algunas propiedades químicas del suelo. Análisis efectuados en dos fechas y en dos profundidades donde las especies de <i>Acacia</i> se encuentran establecidas. ....	23
<b>Cuadro 2</b> Nombre común, nombre científico y familia de las especies estudiadas.....	24
<b>Cuadro 3</b> Parámetros optimizados del espectrofotómetro que se emplearon para determinar la concentración foliar de macro y micronutrientes. ....	29
<b>Cuadro 4.</b> Comparación entre el contenido foliar de macro y micronutrientes en las especies de <i>Acacia</i> reportados por Ramírez et al., (1994) y los registrados en este estudio.....	44
<b>Cuadro 5</b> Relación entre las concentraciones promedio de macro y micronutrientes en suelo (profundidad 0-60 cm) y tejido foliar. ....	46
<b>Cuadro 6</b> Media y desviación estándar ( $\pm$ DE) del porcentaje de nutrientes del follaje de <i>A. rigidula</i> en las tres estaciones del año 1995. ....	47
<b>Cuadro 7</b> Media y desviación estándar ( $\pm$ DE) del porcentaje de nutrientes del follaje de <i>A. berlandieri</i> en las tres estaciones del año 1995. ....	47
<b>Cuadro 8</b> Media y desviación estándar ( $\pm$ DE) del porcentaje de nutrientes del follaje de <i>A. farnesiana</i> en las tres estaciones del año 1995. ....	48
<b>Cuadro 9</b> Valores promedio (n=9) de variables bromatológicas y de digestibilidad <i>in situ</i> por especie vegetal y estación de crecimiento. ....	49
<b>Cuadro 10</b> Valores promedio (n=9) de variables bromatológicas en las que no se detectó interacción significativa pero en sus efectos principales sí. ....	50
<b>Cuadro 11</b> Medias y desviación estándar (n=3) de los parámetros de la digestibilidad <i>in situ</i> y degradabilidad efectiva de la materia seca.....	64
<b>Cuadro 12</b> Medias y desviación estándar ( $\pm$ DE) (n=3) de los parámetros de la digestibilidad <i>in situ</i> y degradabilidad efectiva de la proteína cruda. ....	66
<b>Cuadro A 1</b> Estadísticas básicas que describen la concentración de macro y micronutrientes en tejido foliar. ....	75

<b>Cuadro A 2</b> Resumen del análisis de varianza considerando el diseño completamente al azar para describir la concentración iónica foliar en las especies de <i>Acacia</i> en nueve muestreos.....	76
<b>Cuadro A 3</b> Comparación de medias de la concentración iónica foliar en las especies de <i>Acacia</i> en nueve muestreos.....	78
<b>Cuadro A 4</b> Estadísticas básicas que describen el perfil nutricional forrajero en base a variables bromatológicas, digestibilidad <i>in situ</i> , y parámetros no lineales de degradabilidad.....	80
<b>Cuadro A 5</b> Análisis de varianza de variables bromatológicas, digestibilidad <i>in situ</i> , y parámetros no lineales de degradabilidad para describir el valor forrajero de las especies de <i>Acacia</i> evaluadas en tres estaciones de crecimiento.....	81
<b>Cuadro A 6</b> Valores promedio (n=3) de variables bromatológicas en las que se detectó interacción significativa.....	84
<b>Cuadro A 7</b> Análisis de varianza de variables bromatológicas, digestibilidad <i>in situ</i> , y parámetros no lineales de degradabilidad que mostraron interacción significativa; Especie x Estación.....	85
<b>Cuadro A 8</b> Valores promedio (n=3) del % de la degradabilidad <i>in situ</i> de la materia seca (DISMS) y proteína cruda (DISPC) en diferentes horas de incubación en las especies de <i>Acacia</i> evaluadas en tres estaciones de crecimiento.....	87
<b>Cuadro A 9</b> Comparación de medias del contenido de materia orgánica en las especies de <i>Acacia</i> evaluadas en tres estaciones de crecimiento.....	88
<b>Cuadro A 10</b> Comparación de medias del contenido de cenizas en las especies de <i>Acacia</i> evaluadas en tres estaciones de crecimiento.....	88
<b>Cuadro A 11</b> Comparación de medias del contenido de nitrógeno en las especies de <i>Acacia</i> evaluadas en tres estaciones de crecimiento.....	89
<b>Cuadro A 12</b> Comparación de medias del contenido de proteína cruda en las especies de <i>Acacia</i> evaluadas en tres estaciones de crecimiento.....	89
<b>Cuadro A 13</b> Comparación de medias del contenido de celulosa en las especies de <i>Acacia</i> evaluadas en tres estaciones de crecimiento.....	89

<b>Cuadro A 14</b> Comparación de medias del contenido de hemicelulosa en las especies de <i>Acacia</i> evaluadas en tres estaciones de crecimiento.....	<b>90</b>
<b>Cuadro A 15</b> Comparación de medias del contenido de lignina en las especies de <i>Acacia</i> evaluadas en tres estaciones de crecimiento.....	<b>90</b>
<b>Cuadro A 16</b> Comparación de medias del contenido de FDA en las especies de <i>Acacia</i> evaluadas en tres estaciones de crecimiento.....	<b>90</b>
<b>Cuadro A 17</b> Comparación de medias del contenido de FDN en las especies de <i>Acacia</i> evaluadas en tres estaciones de crecimiento.....	<b>91</b>
<b>Cuadro A 18</b> Comparación de medias del contenido de taninos en las especies de <i>Acacia</i> evaluadas en tres estaciones de crecimiento.....	<b>91</b>
<b>Cuadro A 19</b> Comparación de medias de a (MS) en las especies de <i>Acacia</i> evaluadas en tres estaciones de crecimiento.....	<b>91</b>
<b>Cuadro A 20</b> Comparación de medias del T de R (MS) en las especies de <i>Acacia</i> evaluadas en tres estaciones de crecimiento.....	<b>92</b>
<b>Cuadro A 21</b> Comparación de medias de la digestibilidad efectiva de la materia seca (2) en las especies de <i>Acacia</i> evaluadas en tres estaciones de crecimiento.....	<b>92</b>
<b>Cuadro A 22</b> Comparación de medias de la digestibilidad efectiva de la materia seca (5) en las especies de <i>Acacia</i> evaluadas en tres estaciones de crecimiento.....	<b>92</b>
<b>Cuadro A 23</b> Comparación de medias de la digestibilidad efectiva de la materia seca (8) en las especies de <i>Acacia</i> evaluadas en tres estaciones de crecimiento.....	<b>93</b>
<b>Cuadro A 24</b> Comparación de medias de la digestibilidad efectiva de la proteína cruda en las especies de <i>Acacia</i> evaluadas en tres estaciones de crecimiento.....	<b>93</b>
<b>Cuadro A 25</b> Comparación de medias de a + b (PC) en las especies de <i>Acacia</i> evaluadas en tres estaciones de crecimiento.....	<b>93</b>
<b>Cuadro A 26</b> Comparación de medias de la digestibilidad efectiva de proteína cruda (2) en las especies de <i>Acacia</i> evaluadas en tres estaciones de crecimiento.....	<b>94</b>
<b>Cuadro A 27</b> Comparación de medias de la digestibilidad efectiva de proteína cruda (5) en las especies de <i>Acacia</i> evaluadas en tres estaciones de crecimiento.....	<b>94</b>
<b>Cuadro A 28</b> Comparación de medias de la digestibilidad efectiva de proteína cruda (8) en las especies de <i>Acacia</i> evaluadas en tres estaciones de crecimiento.....	<b>94</b>



<b>Cuadro A 29</b> Matriz de coeficientes de correlación general de Spearman para los componentes bromatológicos y parámetros de digestibilidad <i>in situ</i> (n=27). .....	<b>95</b>
<b>Cuadro A 30</b> Matriz de coeficientes de correlación (Spearman) de la <i>A. rigidula</i> para los componentes bromatológicos y parámetros de digestibilidad <i>in situ</i> (n=9). .....	<b>96</b>
<b>Cuadro A 31</b> Matriz de coeficientes de correlación (Spearman) de la <i>A. berlandieri</i> para los componentes bromatológicos y parámetros de digestibilidad <i>in situ</i> (n=9). .....	<b>97</b>
<b>Cuadro A 32</b> Matriz de coeficientes de correlación (Spearman) de la <i>A. farnesiana</i> para los componentes bromatológicos y parámetros de digestibilidad <i>in situ</i> (n=9). .....	<b>98</b>



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



## LISTA DE FIGURAS

	Pagina
<b>Figura 1</b> Precipitación y temperaturas (máximas y mínimas) registradas durante el año 1995. ..	22
<b>Figura 2</b> Características morfológicas de la especie <i>A. berlandieri</i> . .....	25
<b>Figura 3</b> Características morfológicas de la especie <i>A. rigidula</i> . .....	26
<b>Figura 4</b> Características morfológicas de la especie <i>A. farnesiana</i> . .....	27
<b>Figura 5</b> Concentración foliar de Ca en las especies de <i>Acacia</i> en nueve fechas durante el año de 1995. ....	39
<b>Figura 6</b> Concentración foliar de K en las especies de <i>Acacia</i> en nueve fechas durante el año de 1995. ....	40
<b>Figura 7</b> Concentración foliar de Mg en las especies de <i>Acacia</i> en nueve fechas durante el año de 1995. ....	40
<b>Figura 8</b> Concentración foliar de Cu en las especies de <i>Acacia</i> en nueve fechas durante el año de 1995. ....	41
<b>Figura 9</b> Concentración foliar de Fe en las especies de <i>Acacia</i> en nueve fechas durante el año de 1995. ....	42
<b>Figura 10</b> Concentración foliar de Mn en las especies de <i>Acacia</i> en nueve fechas durante el año de 1995. ....	42
<b>Figura 11</b> Concentración foliar de Zn en las especies de <i>Acacia</i> en nueve fechas durante el año de 1995. ....	43
<b>Figura 12</b> Porcentajes de materia orgánica en tejido foliar de <i>A. rigidula</i> , <i>A. berlandieri</i> y <i>A. farnesiana</i> detectados en tres estaciones de crecimiento. ....	52
<b>Figura 13</b> Porcentajes de cenizas en tejido foliar de <i>A. rigidula</i> , <i>A. berlandieri</i> y <i>A. farnesiana</i> detectados en tres estaciones de crecimiento. ....	53
<b>Figura 14</b> Porcentajes de nitrógeno en tejido foliar de <i>A. rigidula</i> , <i>A. berlandieri</i> y <i>A. farnesiana</i> detectados en tres estaciones de crecimiento. ....	53
<b>Figura 15</b> Porcentajes de proteína cruda en tejido foliar de <i>A. rigidula</i> , <i>A. berlandieri</i> y <i>A. farnesiana</i> detectados en tres estaciones de crecimiento. ....	54

<b>Figura 16</b> Porcentajes de celulosa en tejido foliar de <i>A. rigidula</i> , <i>A. berlandieri</i> y <i>A. farnesiana</i> detectados en tres estaciones de crecimiento. ....	<b>54</b>
<b>Figura 17</b> Porcentajes de hemicelulosa en tejido foliar de <i>A. rigidula</i> , <i>A. berlandieri</i> y <i>A. farnesiana</i> detectados en tres estaciones de crecimiento. ....	<b>55</b>
<b>Figura 18</b> Porcentajes de lignina en tejido foliar de <i>A. rigidula</i> , <i>A. berlandieri</i> y <i>A. farnesiana</i> detectados en tres estaciones de crecimiento. ....	<b>56</b>
<b>Figura 19</b> Porcentajes de FDA en tejido foliar de <i>A. rigidula</i> , <i>A. berlandieri</i> y <i>A. farnesiana</i> detectados en tres estaciones de crecimiento. ....	<b>56</b>
<b>Figura 20</b> Porcentajes de FDN en tejido foliar de <i>A. rigidula</i> , <i>A. berlandieri</i> y <i>A. farnesiana</i> detectados en tres estaciones de crecimiento. ....	<b>57</b>
<b>Figura 21</b> Porcentajes de taninos condensados en tejido foliar de <i>A. rigidula</i> , <i>A. berlandieri</i> y <i>A. farnesiana</i> detectados en tres estaciones de crecimiento. ....	<b>58</b>
<b>Figura 22</b> Cinética de la digestibilidad <i>in situ</i> de la materia seca de <i>A. rigidula</i> , <i>A. berlandieri</i> y <i>A. farnesiana</i> en tres estaciones de crecimiento. ....	<b>61</b>
<b>Figura 23</b> Cinética de la digestibilidad <i>in situ</i> de la proteína cruda de <i>A. rigidula</i> , <i>A. berlandieri</i> y <i>A. farnesiana</i> en tres estaciones de crecimiento. ....	<b>62</b>

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



## ABREVIACIONES

Abreviatura	Significado	Abreviatura	Significado
a (MS)	% de la materia seca perdida durante el lavado	DEPC 2, 5, 8	Degradabilidad efectiva de la proteína cruda con tasas de recambio ruminal (%/hora) considerando consumos bajo (2), medio (5), y alto (8).
a (PC)	% de la proteína cruda perdida durante el lavado	EAA	Espectrofotómetro de absorción atómica
a+b (MS)	% de la materia seca potencialmente degradada	FDA	Fibra detergente ácido
a+b (PC)	% de la proteína cruda potencialmente degradada	FDN	Fibra detergente neutro
Ab I	<i>Acacia berlandieri</i> - invierno	Fe	Hierro
Ab O	<i>Acacia berlandieri</i> - otoño	g	gramo
Ab V	<i>Acacia berlandieri</i> - verano	gl	Grados de libertad
Af I	<i>Acacia farnesiana</i> - invierno	h	Hora
Af O	<i>Acacia farnesiana</i> - otoño	K	Potasio
Af V	<i>Acacia farnesiana</i> - verano	Kg	Kilogramo
Ar I	<i>Acacia rigidula</i> - invierno	km <sup>2</sup>	Kilómetros cuadrados
Ar O	<i>Acacia rigidula</i> - otoño	Mg	Magnesio
Ar V	<i>Acacia rigidula</i> - verano	mg	Miligramo
b (MS)	% de la materia seca degradada	µg	Microgramo
b (PC)	% de la proteína cruda degradada	ml	Mililitro
bco	Blanco	mm	Milímetros
c (MS)	Tasa de degradación de la materia seca (%/hr)	µmoles/gps	Micromoles por gramo de peso seco
c (PC)	Tasa de degradación de la proteína cruda (%/hr)	Mn	Manganeso
Ca	Calcio	MO	Materia orgánica
cm	Centímetro	MS	Materia seca
CME	Cuadrado medio del error	msnm	Metros sobre el nivel del mar
Cs	Cesio	mtra	Muestra
Cu	Cobre	P (Valor)	Significancia
CV	Coefficiente de variación	PC	Proteína cruda
DEMS	Degradabilidad efectiva de la materia seca	pH	Potencial de iones hidrógeno
DEMS 2, 5, 8	Degradabilidad efectiva de la materia seca con tasas de recambio ruminal (%/hora) considerando consumos bajo (2), medio (5), y alto (8).	ppm	Partes por millón
		rpm	Revoluciones por minuto
		T de R	Tiempo de retardo en horas para que las bacterias inicien la degradación de la MS o PC
		v	Volumen
		Zn	Zinc

# 1. INTRODUCCIÓN

En México existe una gran diversidad de plantas, las cuales son indispensables para sus habitantes *independientemente del lugar* en que vivan. La vegetación proporciona al hombre alimentos, medicinas, material para construcción, herramientas, sustento para sus animales, entre otros. Debido a esto, es de gran importancia conocer las propiedades de la vegetación nativa de cada región. Conforme se avance en este conocimiento, será mayor la obtención de productos o bienes que le permitan al hombre tener una vida más confortable y satisfactoria. Adicionalmente, dicho conocimiento le permitirá utilizar métodos óptimos y apropiados para la obtención de tales bienes sin causar una sobre utilización del recurso primario.

La energía solar es almacenada en las plantas en forma de carbohidratos, lípidos y proteínas a través del proceso de la fotosíntesis. Esta energía química almacenada se torna utilizable por el hombre y los animales en la medida de su capacidad para ingerir y digerir los vegetales. Por lo tanto, esta forma de energía es la que tiene un mayor significado en la nutrición (Maynard et al., 1981).

La energía solar es de muy poca utilidad a la vida animal, pero transformada por el reino vegetal, ésta se transforma en energía orgánica, en materia que podemos utilizar para mantener y producir la vida animal. De ésta manera, la energía del trabajo animal, del crecimiento y de la producción de alimentos que utiliza el hombre, se derivan originalmente de la energía solar, de la cual, el primer receptor en éste proceso es el tejido vegetal, que a través del proceso fotosintético da origen a los compuestos orgánicos de donde se derivan los alimentos (De Alba, 1971).

La mayor parte de los agostaderos de México están formados principalmente por una vegetación arbustiva, que es utilizada como alimento para animales herbívoros como el ganado bovino, ovino, caprino y cervido. Además, existe una amplia diversidad de zacates nativos y una gran variedad de plantas herbáceas que están presentes durante la época húmeda. Este grupo de plantas también contribuyen como fuente de forraje a la demanda nutricional de los diferentes animales que habitan el agostadero (Ramírez, 1995).

Diversos estudios realizados en el noreste de México, relacionados con la caracterización de las dietas de caprinos, ovinos y fauna silvestre, entre los que destaca el venado cola blanca, mencionan que estas especies de rumiantes son ramoneadores casi exclusivamente de arbustivas nativas, las cuales, contienen nutrientes en cantidades suficientes durante la mayor parte del año, y así satisfacen las demandas nutricionales de dichas especies animales. Además, durante las épocas secas, estas plantas se encuentran verdes y pueden ser usadas por el ganado doméstico como fuentes suplementarias de proteínas, energía, vitaminas y minerales (Ramírez, 1989 y Ramírez, et al., 1994).

Los animales aumentan la disponibilidad de alimento para el hombre mediante el consumo de fuentes que de otra forma tendrían muy baja o ninguna contribución en la alimentación de la humanidad. Estas fuentes incluyen forrajes de praderas y agostaderos, subproductos vegetales, remanentes celulósicos, residuos de cosechas y arbustos, todos ellos inconvertibles para el hombre en energía útil (Maynard et al., 1981).

Las arbustivas de mayor valor forrajero, al igual que las gramíneas, están expuestas a una sobre utilización con la consiguiente reducción de su potencial productivo, por lo que es necesario un manejo adecuado de los recursos vegetales y animales. Para lograr esto, se requiere del conocimiento, de la disponibilidad y producción del recurso primario (Quiñones et al., 1989).

La vegetación del estado de Nuevo León, está constituida por plantas de matorral Tamaulipeco espinoso de la Planicie Costera del Golfo Norte. Dicha vegetación cubre cerca de 200,000 km<sup>2</sup> de la región noreste de México y del sur de Texas (Reid et al., 1988).

Las clases de vegetación predominantes en el estado de Nuevo León son el matorral alto subinermes, el matorral alto espinoso, y el matorral mediano subinermes, que cubren aproximadamente el 80 % de la superficie estatal. La gran diversidad de plantas nativas encontradas en dichas comunidades son utilizadas para tres propósitos fundamentales: a) plantaciones y programas de reforestación para proteger el suelo de la erosión y aumentar su capacidad de retención de agua, b) como fuente de material para la construcción, alimentación humana y medicina tradicional, y c) como forraje para la ganadería del tipo extensivo.

La amplia diversidad de plantas nativas del estado de Nuevo León con potencial forrajero y forestal es un indicador de la gran plasticidad en la respuesta a factores físico químicos extremos, lo cual les ha permitido sobrevivir a lo largo de su estación de crecimiento y ciclo de vida a condiciones limitantes de humedad y nutrición, mientras que bajo éstas condiciones, las especies agrícolas con importancia económica no podrían prosperar.

Ramírez et al., (1994), evaluaron la calidad forrajera en términos de micro y macronutrientes, fibra, proteína cruda, digestibilidad, contenido de taninos y degradabilidad efectiva de plantas arbustivas del noreste de México en pequeños y grandes rumiantes. En dicho estudio, se observó que las plantas nativas *Cercyidium macrum*, *Celltis palida*, *Condolia obovata*, *Leucaena leucocephala*, *Cordia boisierii*, *Acacia greggii* y *Ziziphus obtusifolia* presentan una excelente calidad forrajera, comparable con el heno de alfalfa (*Medicago sativa*). Inclusive, algunas especies son superiores en su contenido y disponibilidad de nutrientes, durante todo el año. En el mismo estudio se observó que las especies vegetales *Acacia rigidula*, *A. berlandieri*, *A. farnesiana*, entre otras, en algunas temporadas del año superan o igualan al heno de alfalfa en ciertos nutrientes como proteína cruda, nitrógeno y fibra. En base a los resultados reportados, ellos recomiendan que las especies arbustivas deben ser consideradas para permanecer en los agostaderos, evitar su erradicación promoviendo desmontes selectivos y servir así como alimento de excelente calidad nutritiva para el ganado doméstico y la fauna silvestre, además de refugio a esta última.

Ramírez y García (1996), investigaron la digestibilidad, la calidad nutricional y el balance de nitrógeno de las arbustivas *Leucaena leucocephala* y *Acacia berlandieri*. Ellos reportan contenidos de 25 y 21.8%, respectivamente, de proteína cruda. Estos contenidos superan a los de la mayoría de los forrajes agrícolas y de pastos. Sin embargo, el forraje de estas dos especies presentan contenidos de taninos muy elevadas (4.5 y 10.9%, respectivamente) comparadas con los niveles de los forrajes tradicionales. La digestibilidad de la materia seca en estas especies se ve favorecida cuando ellas son consideradas como fuente suplementaria en las dietas de rumiantes.

La digestibilidad es el parámetro más importante en la evaluación del valor nutritivo del forraje ya que determina el grado de utilización digestiva de un alimento y representa la fracción

de sustancias digeridas que no son excretadas en las heces. Al conocer la digestibilidad de un forraje se puede determinar su valor energético. Por ejemplo, un kilogramo de nutrientes digestibles totales (1 Kg NDT), equivale a 3.6155 Megacalorías de energía metabolizable (Fierro y Fierro, 1987).

De León (1995), evaluó los contenidos de pared celular (fibra detergente neutro) y ligno-celulosa (fibra detergente ácido), en plantas arbustivas del noreste de México en las cuatro estaciones del año. En dicho estudio se encontraron diferencias estadísticas en la composición de FDN entre plantas en todas las estaciones. Los valores medios observados fueron 39.2, 40.1, 39.7 y 37.3% para las estaciones de verano, otoño, invierno y primavera, respectivamente. El contenido de FDA también fue variable entre plantas dentro de cada estación. Valores de 26.7, 24.1, 22.2 y 24.7% de FDA fueron observados para verano, otoño, invierno y primavera, respectivamente. Este estudio indica que las condiciones climáticas características de una estación, influyen positiva o negativamente en el contenido y retención foliar de los componentes de la pared celular.

Con los antecedentes citados es importante realizar esta clase de estudios, porque el recurso natural nativo de la región, en este caso las arbustivas del matorral, tiene un amplio potencial ecológico, económico, agroforestal y forrajero para beneficio de los asentamientos humanos y del ecosistema en general. Además, es de gran importancia desarrollar temas de investigación que proporcionen amplia información acerca de las características, propiedades, métodos de regeneración y propagación, dinámicas de desarrollo, perfiles nutritivos, capacidad de carga, influencia sobre el medio, entre otros, de las especies nativas del ecosistema matorral espinoso, ya que existe poca información disponible comparada con la que se tiene sobre otros sistemas naturales de producción. Al aumentar el conocimiento sobre los ecosistemas del matorral, se optimizará el uso de dicho recurso. En base a lo anterior se plantean los siguientes objetivos:



## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 General

Generar información básica sobre la disponibilidad, translocación y concentración de los elementos minerales, la energía metabolizable y parámetros de digestión ruminal en el follaje de tres especies de *Acacia*, durante las estaciones de verano, otoño e invierno.

### 1.1.2 Específicos

- a) Describir y determinar el perfil químico de elementos minerales con respecto a la disponibilidad, absorción, y translocación durante la estación de crecimiento de especies vegetales nativas.
- b) Determinar el valor nutricional forrajero en base a parámetros bromatológicos.
- c) Estimar y comparar el grado de digestión ruminal de los nutrientes contenidos en el follaje de las tres especies de *Acacia*.
- d) Asociar la calidad forrajera de las especies nativas, en base al contenido de los elementos nutricionales, a los requerimientos de especies rumiantes.

## 1.2 Hipótesis

Los objetivos mencionados surgieron de la hipótesis de que el follaje de las especies *A. rigidula*, *A. berlandieri*, y *A. farnesiana* contienen nutrientes en cantidad y disponibilidad suficientes para ser utilizados como fuentes minerales y proteicas e incluirlas así en los sistemas de alimentación de rumiantes en pastoreo.

## 2. LITERATURA REVISADA

### 2.1 Generalidades sobre la función de nutrientes minerales

#### 2.1.1 Función de minerales en plantas

Existen diversos elementos minerales que son esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. A continuación se exponen algunas de sus propiedades y funciones.

En general, el Ca es el catión de intercambio más importante que existe en los suelos fértiles. Sin embargo, la mayor proporción de Ca del suelo se encuentra en forma no intercambiable, unida químicamente a minerales primarios del tipo de la anortita. Con el proceso de meteorización, el Ca puede pasar a forma asimilable. El Ca puede ser absorbido por la planta según el grado de solubilidad de la sal y el grado de alcalinidad (Devlin, 1982). Este elemento se encuentra en la pared celular formando pectato de calcio, que da rigidez a la célula, y su contenido aumenta con la edad. También es cofactor de muchas enzimas en la hidrólisis del ATP y fosfolípidos (Rojas, 1993).

El Mg se encuentra en el suelo en forma hidrosoluble, intercambiable y fija. Al igual que el Ca, es un catión intercambiable. La gran cantidad de Mg que hay en el suelo se encuentra en forma de silicatos magnésicos, formas no absorbibles para las plantas hasta el momento en que la meteorización haya provocado la liberación del Mg en forma soluble o absorbible (Devlin, 1982). El Mg es absolutamente esencial, pues forma parte del núcleo de la clorofila, se almacena como fitina y es cofactor de las fosfotransferasas (Rojas, 1993).

El K se encuentra en el suelo en tres formas, no intercambiable o fijo, intercambiable y soluble. Aunque el contenido total de este elemento en el suelo es relativamente elevado, la mayor parte es no intercambiable, y por ello, no puede ser aprovechado por la planta. Sin embargo, la disponibilidad del K contenido en los minerales ricos en el, se hace posible a través de los procesos normales de meteorización absorbible (Devlin, 1982). El K se encuentra

formando parte de enzimas activas durante la fosforilación oxidativa y tiene influencia en la síntesis proteica (Rojas, 1993).

Los suelos por lo general no presentan deficiencias de Fe, pero en ellos pueden escasear las formas intercambiables y solubles de dicho elemento. Este mineral es más fácil de absorber por las plantas en su forma ferrosa ( $\text{Fe}^{2+}$ ), pero también pueden ser absorbidas cantidades significativas de ion férrico ( $\text{Fe}^{3+}$ ). La disponibilidad de Fe para la planta va estrechamente ligada al pH del suelo. Los suelos ácidos favorecen la absorción de tal mineral por las plantas (Devlin, 1982). El Fe forma parte del núcleo del citocromo y al pasar de  $\text{Fe}^{2+} \leftrightarrow \text{Fe}^{3+}$  induce la oxidorreducción al final del proceso de la respiración. Asimismo, tiene un papel muy importante en la fotosíntesis, pues forma parte de la ferredoxina (Rojas, 1993).

En la solución del suelo se encuentra muy poco Cu en forma disuelta. El catión Cu bivalente es adsorbido con mucha fuerza por los coloides y las sustancias orgánicas del suelo (Devlin, 1982). El Cu se necesita sólo en ínfima cantidad, pero es esencial dado que forma parte de diversas enzimas, en especial la citocromo-oxidasa, que permite la oxidación respiratoria final (Rojas, 1993).

El Mn del suelo puede encontrarse en forma bivalente, trivalente y en forma tetravalente. El ion bivalente puede encontrarse disuelto en la solución del suelo o en forma de ion intercambiable adsorbido sobre los coloides del suelo. Estas dos formas pueden ser tomadas por las plantas (Devlin, 1982). El Mn induce la síntesis de la clorofila, es cofactor para las deshidrogenasas, oxidasas y carboxilasas y se requiere para la producción de  $\text{O}_2$  en la fotosíntesis (Rojas, 1993).

El Zn se encuentra en minerales ferromagnésicos. La meteorización de estos minerales libera Zn en forma bivalente, que con facilidad queda adsorbida sobre las partículas del suelo y la materia orgánica, en forma intercambiable. Uno de los factores que influyen sobre la disponibilidad de Zn es el pH del suelo. La disponibilidad de este mineral disminuye al aumentar el pH (Devlin, 1982). El Zn es un componente importante de las deshidrogenasas, está involucrado en la síntesis de la hormona del crecimiento auxina, su deficiencia deja las plantas en forma de roseta (Rojas, 1993).

### 2.1.2 Función de minerales en animales

En el organismo animal, los minerales esenciales tienen diversas funciones. Como constituyentes de los huesos y dientes, además, proveen rigidez a las diversas estructuras del esqueleto. También forman parte de los compuestos orgánicos (proteínas y lípidos) que componen los músculos, órganos, células sanguíneas y otros tejidos suaves del cuerpo. Son importantes en la activación de varias enzimas. Además, intervienen en una serie de funciones como sales solubles en la sangre y otros fluidos corporales. A ellos también se debe el mantenimiento de las relaciones osmóticas y del equilibrio ácido-básico, ejerciendo efectos característicos en la irritabilidad de músculos y nervios. Algunas funciones vitales de los minerales se deben a una interrelación iónica que se conoce bajo las denominaciones acción antagonista y solución balanceada (Maynard et al., 1981). Se ha sugerido que aproximadamente 40 elementos trazas tienen funciones metabólicas en los tejidos de los mamíferos. Afortunadamente, muchos de estos elementos trazas son requeridos en pequeñas concentraciones y están ampliamente distribuidos, por lo cual, es muy raro que se presenten deficiencias bajo condiciones normales. Las deficiencias de minerales pueden involucrar a varios minerales así como a otros factores predisponentes. El efecto de la ausencia de un solo elemento mineral puede provocar una falla reproductiva, alterar cualquier otro proceso productivo y reducir la actividad inmunológica del animal para enfrentarse a enfermedades (McDonald et al., 1988, citado por Kawas, 1996).

Aproximadamente el 99% del Ca del cuerpo se encuentra en los huesos y dientes. El 1% del Ca que se encuentra fuera de los huesos está distribuido en los tejidos del organismo y posee funciones muy importantes. El Ca es necesario para la coagulación normal de la sangre. Es necesario para la contracción del músculo esquelético y la función del músculo cardíaco, la excitabilidad neuromuscular, la activación de diversas enzimas y la secreción de varias hormonas y factores de liberación hormonal. El nivel de Ca en el alimento afecta su propia absorción, y en raciones que lo contienen en concentraciones elevadas disminuye la eficiencia de su asimilación (Maynard et al., 1981).

El Mg está íntimamente asociado al Ca. Aproximadamente el 70% del Mg que contiene el cuerpo se encuentra en el esqueleto. La cantidad restante aparece ampliamente distribuida en los

líquidos y en los tejidos blandos del cuerpo. Aproximadamente la tercera parte del contenido de Mg en los huesos está disponible para ser movilizada hacia los tejidos blandos cuando la ingesta es inadecuada. Este elemento es activador de diversas enzimas, en particular activa todas las que transfieren el grupo fosfato del ATP. El Mg también actúa como cofactor en reacciones de descarboxilación de algunas peptidasas y de las fosfatasas alcalina y ácida (Maynard et al., 1981).

El K desempeña un papel importante dentro de los músculos. Este elemento tiene gran influencia en el músculo cardíaco y en riñones (Maynard et al., 1981).

El contenido de Fe no es mayor de 0.004%, sin embargo, desempeña un papel central dentro de los procesos vitales. En vista de que es el constituyente principal de la hemoglobina, el Fe es fundamental para el funcionamiento de todos los órganos y tejidos del cuerpo. Es constituyente de los transportadores de oxígeno y de los catalizadores o enzimas oxidantes. Cerca del 50% del Fe presente en el cuerpo se encuentra en la hemoglobina. Está presente también en otra proteína, la mioglobina. Un tanto de este elemento se acumula también en el hígado, bazo y riñones (Maynard et al., 1981).

El Cu tiene influencia en el transporte de oxígeno. Este mineral desempeña un importante papel en la síntesis de hemoglobina y en la maduración de los glóbulos rojos de la sangre. Es parte integral de algunas metalo-enzimas como el citocromo C oxidasa, tiroxinasa, lisil-oxidasa y diamino-oxidasa. También es importante para la formación normal de los huesos y su presencia es fundamental en la actividad osteoblástica, así como para la formación del colágeno y de la elastina. Aproximadamente el 50% del total de Cu encontrado en el cuerpo se localiza en las masas musculares. También hay reservas en la médula ósea y el hígado (Maynard et al., 1981).

El Mn se encuentra principalmente en el hígado, aunque hay cantidades importantes en otros tejidos como la piel, los músculos y los huesos. La deficiencia de este elemento puede ocasionar una gran variedad de síntomas dentro de los que se incluyen: reducción en la tasa de crecimiento, retraso en la madurez sexual, ovulación irregular, coagulación sanguínea defectuosa y deformaciones de esqueleto (Maynard et al., 1981).

El contenido de Zn en el cuerpo es menor que los elementos anteriores. Las mayores concentraciones de Zn se encuentran en piel, pelo y lana, aunque existen pequeñas cantidades en

los huesos, los músculos, la sangre, y otros órganos. Se encuentra también en la leche y sobre todo en los calostros (Maynard et al., 1981).

## 2.2 Importancia de la vegetación arbustiva en la nutrición animal

Las leguminosas contienen usualmente altas concentraciones de proteína y otros nutrientes que por lo general son bajas en los pastos o en las dietas de baja calidad para los rumiantes, y consecuentemente tienen un mejor papel como suplementos de estos alimentos (Norton y Poppi 1995). Ellos mismos, mencionan que las leguminosas tropicales han recibido mucho menos atención que los pastos y las leguminosas de climas templados. Además, concluyen que las leguminosas arbóreas tropicales pueden proveer ricas fuentes de nutrientes, particularmente macro y micro elementos. El alto contenido proteico y la digestibilidad son características que por lo regular se buscan en la selección de leguminosas para complementar a las dietas de pastos tropicales como fuentes de alta calidad forrajera para animales de pastoreo. Las leguminosas proveen de proteína cruda a las dietas de pastos tropicales, pero se necesita promover estudios en aquellos vegetales que contengan alto valor nutritivo y que sean de alta digestibilidad. Algunos de estos estudios pueden incluir el contenido de taninos en tales especies y su relación con la digestibilidad. El consumo de leguminosas por herbívoros se localiza en todas las áreas geográficas, pero es más común en áreas abiertas, extensas y ecosistemas áridos. El pastoreo en zonas áridas y semiáridas se ha incrementado ya que la disponibilidad de alimentos en estas zonas son la principal limitante para la sobrevivencia y producción de los animales. En muchas situaciones, estas zonas forman parte de las complejas interacciones entre plantas, animales y cosechas, lográndose así una interacción sustentable positiva que permite balancear la relación planta-animal-suelo (Devendra, 1995). En regiones áridas y semiáridas las plantas ramoneables son especialmente importantes dentro de los recursos naturales; dichas plantas están adaptadas a ambientes críticos debido a que presentan características tales como raíces profundas, baja transpiración, follaje xerofítico y una anatomía vegetal que favorece la absorción y almacenamiento del agua. Para los animales, estas mismas plantas proveen la principal fuente de alimentos. Entre éstas, las leguminosas arbóreas son importantes y valiosas debido a su habilidad para enriquecer el suelo mediante la fijación de nitrógeno y porque proveen alimentos para los animales (Devendra, 1995).

En el estado de Nuevo León, los arbustos y pequeños árboles espinosos dominan la vegetación natural, pero también es común observar los zacates y plantas herbáceas suculentas. El pastoreo del matorral espinoso en dicho estado se ha llevado a cabo por los rumiantes por más de tres siglos. Esta es la forma más difundida del uso de tierra en la región (Reid et al., 1988).

Ramírez (1989), explica que la vegetación nativa en los pastizales es uno de los recursos más importantes, ya que conserva el agua y el suelo, provee alimento para el ganado doméstico y animales silvestres, además de ser refugio para la fauna silvestre. Las hojas de los arbustos y plantas herbáceas son importantes componentes de las dietas de estos animales, especialmente cuando las gramíneas están en período de lento crecimiento.

## 2.3 Componentes que influyen en la digestibilidad del forraje de arbustivas

La cantidad de material foliar consumido por herbívoros depende de una diversidad de factores intrínsecos de la especie animal y vegetal. Los forrajes son usualmente fibrosos y por lo general contienen taninos, aceites esenciales u otros componentes que disminuyen la palatabilidad (Jones y Wilson, 1987). Diversos factores están implicados en el efecto que presentan los microorganismos del rumen al digerir o colonizar el material vegetal que consume el animal. Por ejemplo, la configuración de la pared celular o fibra, influye positiva o negativamente en el proceso de digestión de las especies rumiantes (Cheng et al., 1984; citado por Larbi et al., 1996).

### 2.3.1 Contenido de cenizas

Los elementos minerales, en conjunto, son determinados en el alimento o tejidos animales por la incineración de la materia orgánica; el residuo se pesa y es lo que se conoce como ceniza. Una determinación de cenizas no revela los elementos específicos presentes. Los elementos presentes en la ceniza pueden ser determinados, pero debe considerarse que un análisis de las cenizas no aclara las combinaciones en que se encuentra un mineral determinado, ya sea en el tejido corporal o en el alimento. Cuando la materia orgánica se oxida, los minerales presentes en las combinaciones orgánicas se convierten en compuestos inorgánicos. Muchos de los minerales en el cuerpo actúan primariamente como combinaciones orgánicas o inorgánicas. También en el

caso de los alimentos, la combinación es importante para comprobar la utilidad de ciertos elementos (Maynard et al., 1981).

Ramírez et al., (1994), al evaluar el forraje de arbustivas del noreste de México durante las cuatro estaciones del año, reportan los siguientes promedios anuales de cenizas: *Acacia rigidula*, 7.5; *A. berlandieri*, 9.15; *A. farnesiana*, 7.43; *A. greggi*, 10.65; *Cercidium macrum*, 9.95; *Portieria angustifolia*, 16; *Celtis pallida*, 22; *Leucaena leucocephala*, 8.98; *Leucophyllum texanum*, 8.3; *Desmanthus virgatus*, 13.35; *Cordia boissieri*, 13.75; *Condalia abovata*, 19.4; *Ziziphus obtusifolia*, 9.68 y *Prosopis glandulosa*, 9.88%. Marías (1997), reporta contenidos de cenizas de 9.0 y 8.8% para el forraje de *Parquinsonia aculeata* y *Pithecellobium pallens*, respectivamente. Ramírez y García (1996), reportan 10.6% de cenizas en el follaje de *Leucaena leucocephala* y 6.5% en *Acacia berlandieri*.

### 2.3.2 Contenido de nitrógeno

El nitrógeno de las plantas se divide en dos categorías: proteico y no proteico. Las proteínas contienen de 16 a 17% del nitrógeno proteico encontrado en la planta, el restante puede ser nitrógeno no proteico soluble y una pequeña cantidad de nitrógeno lignificado (Van Soest, 1982). La cantidad de nitrógeno en la dieta que se libera de las fermentaciones en el rumen y pasa hacia el bajo tracto digestivo, puede ser una cantidad considerable que puede modificar significativamente la eficiencia de los rumiantes (Melchor, 1992).

Ramírez y García (1996), al evaluar el contenido de nitrógeno en el forraje de dos arbustivas encontraron que la *Leucaena leucocephala* posee un 4% y la *Acacia berlandieri* un 3.5% del mencionado elemento.

### 2.3.3 Contenido de proteína cruda

La proteína es principalmente un constituyente de los tejidos activos, por lo tanto las hojas son más ricas en este nutriente que los tallos. Los heno de las leguminosas con muchas hojas siempre contienen más proteína que el heno de gramíneas (Maynard et al., 1981).



Marías (1997), analizó el contenido proteico en tenaza (*Pithecellobium pallens*) y retama (*Parkinsonia aculeata*). En este estudio se encontró que los contenidos porcentuales de proteína cruda en *Parquinsonia aculeata* y *Pithecellobium pallens* fueron 22.0 y 19.0 %, respectivamente. Mientras que el contenido en el heno de alfalfa fue de 17%. Ramírez et al., (1994), evaluaron el forraje de arbustivas del noreste de México durante las cuatro estaciones del año y reportan los siguientes promedios anuales (% de proteína cruda): *Acacia rigidula*, 15.23; *A. berlandieri*, 21.55; *A. farnesiana*, 21.03; *A. greggi*, 20.9; *Cercidium macrum*, 22.28; *Portieria angustifolia*, 17.68; *Celtis pallida*, 22.85; *Leucaena leucocephala*, 23.45; *Leucophyllum texanum*, 12.33; *Desmanthus virgatus*, 21.03; *Cordia boissieri*, 14.75; *Condalia abovata*, 15.08; *Ziziphus obtusifolia*, 16.33 y *Prosopis glandulosa* 19.6%. Ramírez y García (1996), reportan 25% de proteína cruda en el follaje de *Leucaena leucocephala* y 21.8% en *Acacia berlandieri*.

#### 2.3.4 Contenido de celulosa y hemicelulosa

La celulosa es el componente fibrilar presente en las paredes celulares de todas las plantas superiores (Azcon y Talon, 1993). Las moléculas de celulosa dentro de la pared celular de la planta esta organizada en unidades estructurales biológicas conocidas como microfibrillas (Goodwin y Mercer, 1988). Este polisacárido es el principal componente de la pared celular de las plantas. La celulosa es esencialmente insoluble y extremadamente resistente a la degradación enzimática. Puede ser hidrolizada a glucosa por ácidos fuertes. Puede o no estar combinada con lignina. Si bien ninguna de las enzimas de los mamíferos la desdobla, los hongos y bacterias si pueden hacerlo (Maynard et al., 1981). Los rumiantes y algunos roedores tienen bacterias simbióticas en sus tractos digestivos que les permite degradar y utilizar la celulosa (Scott y Eagleson, 1988). La importancia de los rumiantes en la cadena alimenticia está fundamentada en la habilidad de estos para convertir una gran cantidad de material vegetal, alto en celulosa, en alimentos de origen animal para consumo humano. Esto se inicia a través de un proceso fermentativo en el rumen, y debido a que las dietas de los rumiantes contienen altas proporciones de celulosa, la eficiencia y productividad de éstos dependerá en gran medida de la digestibilidad de este carbohidrato estructural. En este proceso fermentativo se involucran bacterias, protozoarios y hongos. La diversidad de la población microbiana, su actividad y habilidad de colonizar la fibra vegetal afectará el grado y extensión de la digestión de la materia orgánica, y

por lo tanto, la energía digestible obtenida del forraje (Williams, 1987; citado por Kawas, 1996). La celulosa es el compuesto orgánico más abundante de la Tierra (Salisbury y Ross, 1985).

La hemicelulosa es otro de los carbohidratos estructurales indigestibles de la dieta (Van Soest, 1982). Por lo general, está constituida por polisacáridos neutros que presentan una cadena lineal relativamente larga con ramificaciones cortas. Los principales polisacáridos hemicelulósicos son glucosa, xilosa, manosa, arabinosa, galactosa, xiloglucano, glucano mixto arabinoxilanos, calosa y mananosa. Estos polisacáridos pueden unirse mediante puentes de hidrógeno a las cadenas de  $\beta(1\rightarrow4)$ -D-glucano de la celulosa (Azcon y Talon, 1993).

Mariás (1997), evaluó el contenido de celulosa del follaje de las arbustivas *Pithecellobium pallens* y *Parkinsonia aculeata*, las cuales presentaron niveles de 10.8 y 27.7%, respectivamente. En cuanto al contenido de hemicelulosa, encontró que el forraje de *Pithecellobium pallens* contenía 9.7% y el de *Parkinsonia aculeata* 11.9%. En otro estudio realizado por De León (1995), se reportan los contenidos de hemicelulosa para las cuatro estaciones del año del forraje de arbustivas representativas del noreste de México. Entre los porcentajes reportados destacan la *Leucaena leucocephala* con 26.2; *Prosopis leavigata*, 9.6; *Condalia hookeri*, 26; *Celtis pallida*, 14.1; *Acacia rigidula*, 11.8; *A. berlandieri*, 12.4; *A. farnesiana*, 13.6 y *Cordia boisieri*, 6.5%. Ramírez y García (1996), encontraron contenidos de 70.7 y 18.1% de celulosa en el forraje de *Leucaena leucocephala* y *Acacia berlandieri*, respectivamente. Mientras que en relación al contenido de hemicelulosa reportan 10.5 y 19.1% para el forraje de *Leucaena leucocephala* y *Acacia berlandieri*, respectivamente.

### 2.3.5 Contenido de lignina

La lignina es el compuesto químico de la pared celular comúnmente más asociado con la reducción de la digestibilidad de la fibra (Van Soest, 1982). El mismo autor reporta que la calidad de la pared celular denominada también fibra detergente neutro, está dada por la proporción de lignina: a mayor lignina, menor calidad.

La lignina es un polímero constituido por restos fenilpropanoides derivados casi exclusivamente de los ácidos *p*-cumárico, coniferílico y sinapílico, unidos entre sí por enlaces

éter o carbono-carbono. Se acumula en las paredes celulares como resultado del crecimiento secundario. Debido a su interacción hidrofóbica, aumenta su resistencia química como física, así como la rigidez de las mismas (Azcon y Talon, 1993). La lignina no sólo es indigestible por sí misma, sino que disminuye la digestibilidad de la celulosa y otros carbohidratos complejos. El contenido de la lignina aumenta conforme la planta madura y sus ligaduras químicas con hemicelulosa y celulosa, reducen en forma notable la digestibilidad de esta última. En el forraje de gramíneas, esta ligadura es un éster, mientras que en los forrajes de leguminosas es un éter. Ninguno de ellos puede ser atacado por las enzimas de mamíferos ni por enzimas microbianas elaboradas por organismos anaeróbicos. No obstante, los organismos aeróbicos y los hongos pueden romper las ligaduras, lo que produce la putrefacción del forraje (Maynard et al., 1981). La lignina es considerada como el segundo compuesto orgánico más abundante de la Tierra (Salisbury y Ross, 1985).

Estudios recientes relacionados con el contenido de lignina en el forraje de arbustivas, reportan valores de 10 y 3.9% para la retama (*Parquinsonia aculeata*) y la tenaza (*Pithecellobium pallens*), respectivamente (Marías, 1997). Ramírez y García (1996) reportan contenidos foliares de 2.4% en *Leucaena leucocephala* y 3.6% de lignina en *Acacia berlandieri*.

### 2.3.6 Contenido de fibra

El contenido de la fibra cruda de las leguminosas se incrementa conforme aumenta la madurez de la planta, pero esto disminuye la digestibilidad de la materia seca. Por lo tanto, el contenido foliar de fibra cruda proporciona un indicador de la digestibilidad del material alimenticio (Devendra, 1995).

La compleja estructura de la pared celular de la planta está compuesta de lignina, celulosa, hemicelulosa (fibra detergente neutro), pectina, algo de proteínas, sustancias de nitrógeno lignificado, ceras, cutina y componentes minerales. Estos componentes son los que constituyen a la fibra, la cual confiere propiedades físicas al alimento. Su composición es nutricionalmente significativa y varía de pared a pared celular de la planta (Melchor, 1992). La celulosa y la lignina se unen fuertemente y forman lo que comúnmente se llama fibra detergente ácido. Esta unión le proporciona gran rigidez a los tejidos vegetales, en especial a las estructuras leñosas. A ello se

debe la alta resistencia a las fuerzas de tensión y compresión de las plantas leñosas (Salisbury y Ross, 1985).

Para los no rumiantes, el aspecto más importante es que la fibra está relacionada con la indigestibilidad, en cambio, para los rumiantes la fibra representa aquella fracción que una vez que pasa al rumen puede perder la mayor parte de oportunidad de utilización. Por lo tanto, existe una tendencia para usar los métodos de fibra como un índice de calidad (Van Soest, 1982).

Las diferencias en el grado de digestión de las fibra por las diversas especies animales, se explica en forma parcial sobre la base de las diferentes oportunidades que se presentan para la acción de los microorganismos. Los rumiantes son capaces de digerir por lo menos el 50% de la fibra de la mayoría de los alimentos, otros herbívoros lo pueden hacer tan bien como éstos. En contraste, los omnívoros tienen sólo una limitada capacidad para digerir los polisacáridos complejos (Maynard et al., 1981).

De León, (1995) al evaluar la concentración de ligno-celulosa o fibra detergente ácido del forraje de diversas especies arbustivas nativas del matorral tamaulipeco en las cuatro estaciones del año, encontró los siguientes promedios anuales (% de fibra detergente ácido): *Acacia rigidula*, 31.9; *A. berlandieri*, 25.7; *A. farnesiana*, 22.7; *A. greggi*, 32.1; *Cercidium macrum*, 14.8; *Portieria angustifolia*, 28; *Celtis pallida*, 16.4; *Leucaena leucocephala*, 15.5; *Leucophyllum texanum*, 33.1; *Desmanthus virgatus*, 25.8; *Cordia boissieri*, 30.2; *Condalia abovuta*, 13.5; *Ziziphus obtusifolia*, 16.9 y *Prosopis glandulosa* 32.4%. Por su parte, Marías (1997) encontró contenidos foliares de 35.8 y 32.6% para *Parquinsonia aculeata* y *Pithecellobium pallens*, respectivamente. Por otra parte, Ramírez y García (1996), al evaluar el contenido de ligno-celulosa en el forraje de dos arbustivas, reportan que la *Leucaena leucocephala* posee un 13.2% y la *Acacia berlandieri* un 21.8%.

### 2.3.7 Contenido de taninos

Aún cuando no todos los animales se ven afectados por el consumo de forrajes de arbustos, las caprinos y los cervidos, por ejemplo, han mostrado habilidad para utilizar el forraje de plantas con alto contenido de taninos, sin disminuir su actividad química (Van Soest, 1982).

Los taninos son compuestos fenólicos de plantas, solubles en agua y con un peso molecular de 500 a 3000 y con la habilidad de precipitar gelatinas y proteínas de solución acuosa. Los taninos hidrolizables y los taninos condensados son dos clases de grupos, los cuales pueden ser diferenciados por su estructura y reacción hacia reactivos hidrolíticos. Los taninos hidrolizables consisten de un carbohidrato con una porción en la cual los grupos hidroxil están esterificados a ácido gálico o ácido m-digálico (galotaninos) o ácido hexahidroxidifénico. Esta clase de taninos son fácilmente hidrolizados por ácidos, bases o por enzimas. El ácido tánico es un ejemplo muy bien conocido de este grupo y contiene de 8 a 10 moles de ácido gálico por cada mol de glucosa (Goodwin y Mercer, 1988). Los taninos hidrolizables son abundantes en hojas, frutos, vainas y agallas de dicotiledóneas, pero no han sido detectadas en monocotiledóneas (Lewis et al., 1989, citado en Kumar et al., 1995). En contraste, los taninos condensados están más esparcidos y típicamente producen antocianidinas sobre la degradación de ácidos, lo que provoca muy baja digestibilidad de las proteínas en el rumen. Todos estos compuestos contienen el esqueleto familiar de los flavonoides (Kumar et al., 1995).

En estudios realizados para determinar el contenido de taninos hidrolizables, se reportan valores de 45% del peso seco en semillas de Algarobilla (*Caesalpinia brevifolia* y *C. coriaria*) y en el tejido foliar de *Rhus semialata* se encontraron contenidos hasta de 64% (Goodwin y Mercer, 1988). Ramírez y García (1996), utilizando la técnica de digestibilidad *in situ*, evaluaron las especies vegetales *Leucaena leucocephala* y *Acacia berlandieri*, las cuales fueron comparadas con el heno de alfalfa (*Medicago sativa*). En este estudio se observó que *A. berlandieri*, debido a su elevado contenido de taninos, 11%, tuvo una digestibilidad *in situ* de la materia seca y proteína cruda más baja comparada con *Leucaena leucocephala* y el heno de alfalfa. Al evaluar la digestibilidad *in situ* de la proteína cruda del forraje de tres arbustos *Sesbania grandiflora*, *Albizia chinensis* y *Gliricidia sepium* con diferentes niveles en su contenido de taninos condensados, Ash (1990) encontró que aquellos arbustos con más alto contenido foliar de taninos exhibieron los más bajos valores de digestibilidad ruminal.

En otro estudio realizado por Ramírez et al., (1994) en el que se evalúa la calidad forrajera de 15 arbustivas del noreste de México, se reporta a los forrajes de *Acacia berlandieri* y *Acacia rigidula* como los de más alta concentración de taninos durante las cuatro estaciones del año. En

este estudio se reporta que la *A. berlandieri* y *A. rigidula* están ampliamente distribuidas en el centro y norte de los estados de Nuevo León y Tamaulipas, comparadas con la distribución de otras especies arbustivas que contienen menores concentraciones de taninos. Agregan que es probable que la amplia distribución de estas plantas se deba a que los bovinos que pastorean estas áreas, no las utilizan como alimento, debido a que esta especie animal no tiene medios para controlar el efecto tóxico de los taninos. Para el caso de los caprinos y cervidos, el comportamiento hacia estas arbustivas es distinto, ya que por el alto porcentaje de preferencia que tienen por estas plantas, se puede inferir que han desarrollado mecanismos de defensa tóxica en contra de los taninos contenidos en el forraje.

## 2.4 Interacción tanino-proteína

La importancia de las interacciones tanino-proteína en nutrición animal ha sido reconocida por mucho tiempo, pero el conocimiento detallado de las interacciones se ha reportado recientemente. Los complejos tanino-proteína están formados normalmente por hidrógeno enlazado entre grupos fenólicos de taninos y los grupos acetonaamida de la proteína, y por interacciones hidrofóbicas entre las estructuras aromáticas de los taninos y las regiones hidrofóbicas de las proteínas. El proceso de formación del complejo es normalmente reversible, y ambos, proteína y tanino pueden, en principio, ser recuperados sin alteración del complejo. Las interacciones tanino-proteína son proteína dependiente y tanino dependiente. Los factores que determinan las afinidades relativas de proteína para taninos son las dimensiones de la molécula de proteína. El alto contenido de prolina de las proteínas imparten a éstas una estructura abierta, la cual contiene sitios fácilmente accesibles para la formación del enlace hidrógeno-taninos (Kumar et al., 1995).

Se ha observado que la afinidad de taninos para proteínas se incrementa regularmente con el aumento en el tamaño molecular de los taninos. Sin embargo, cuando el peso molecular es absolutamente grande, los taninos vienen a ser insolubles y pierden su afinidad con las proteínas (Kumar et al., 1995). Los complejos que se forman entre taninos y proteínas pueden ser solubles o insolubles. Si el tanino está presente en exceso, toda la proteína disponible es precipitada, no obstante, cuando la proteína está presente en exceso, los complejos tanino-proteína resultan

solubles. La precipitación es también dependiente del pH. El pH óptimo para precipitación es usualmente alrededor del pH isoelectrico de la proteína. La dependencia del pH de las interacciones tanino-proteína pueden ser realmente importantes en consideración al papel que juegan los taninos en la digestibilidad y nutrición, puesto que las diferentes regiones del sistema digestivo presentan diferentes valores de pH, llegando a encontrarse desde el ácido hasta el alcalino (Kumar et al., 1995).

## 2.5 Análisis de la digestibilidad *in situ*

El desarrollo y amplia distribución en el pastizal de ciertas especies de plantas, implica una adaptación a las condiciones ambientales de la región. Sin embargo, el aporte de nutrientes de las plantas y su disponibilidad para el animal que las consume, es necesario que sean estudiados a través de pruebas de digestibilidad, como es el caso de la técnica de digestibilidad *in situ* (bolsa nylon). Esta técnica consiste en suspender en el rumen de un animal fistulado, bolsas nylon conteniendo una muestra de la planta que se desea estudiar. Después de un período de tiempo determinado, se cuantifican los nutrientes (materia seca, proteína cruda y fibra) no digeridos que quedaron en el interior de la bolsa y por diferencia se estima su degradabilidad ruminal. Con este método se puede estimar también la velocidad de digestión y disponibilidad de los nutrientes de las plantas (Orscov et al., 1980, citado por Ramírez et al., 1994).

Larbi et al., (1996) estudiaron la digestibilidad *in situ* de materia seca y proteína cruda a diversos periodos de incubación del forraje de 20 arbustivas nativas de Africa en bovinos fistulados del rumen. Ellos reportan porcentajes de degradación de materia seca de 20 a 49% y de 44 a 67% de degradabilidad de proteína cruda.

En otro estudio realizado por Ramírez et al., (1994) en el que se analizó la digestibilidad *in situ* de la materia seca y proteína cruda del forraje de plantas arbustivas del matorral espinoso en borregos, se reporta que algunas especies, como *Acacia farnesiana*, *Leucaena leucocephala*, *Cordia hoisieri* y *Prosopis glandulosa*, tienen porcentajes de digestibilidad muy similares o mayores a los porcentajes de digestibilidad de la alfalfa (*Medicago sativa*).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Ambiente físico

##### 3.1.1 Localización y descripción del área de estudio

El área experimental de estudio donde se llevó a cabo la presente investigación se encuentra ubicada dentro de la Estación Experimental de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Dicha Estación se encuentra localizada a 8 km al sur de Linares, Nuevo León, México, dentro de las coordenadas geográficas 24° 47' latitud norte, 99° 32' longitud oeste, con una elevación de 350 msnm, en el noreste de México (SPP-INEGI, 1986).

##### 3.1.2 Vegetación

El tipo de vegetación más común de la Planicie Costera del Golfo Norte, en donde el área de estudio se encuentra ubicada, es el denominado matorral espinoso tamaulipeco o matorral alto espinoso (SPP-INEGI, 1986). Dicha área está constituida por una gran diversidad de comunidades vegetales la cual incluye especies arbustivas, herbáceas y arbóreas. Entre las especies vegetales dominantes en el área de estudio donde se realizó esta investigación destacan *Acacia rigidula* (chaparro prieto), *A. berlandieri* (guajillo), *A. farnesiana* (huizache), *A. greggi* (uña de gato), *Fraxinus greggi* (barretilla), *Sargentia greggi* (chapote amarillo), *Celtis palida* (granjeno), *Condalia hookeri* (brasil), *Cordia boissieri* (anacahuita), *Diospyros palmeri* (chapote manzano), *Forestiera angustifolia* (panalero), *Helieta parvifolia* (barreta), *Leucophyllum texanum* (cenizo), *Mimosa biuncifera* (chascarrillo), *Eysenhardtia polystachya* (vara dulce), *Pithecellobium pallens* (tenaza), *P. ebano* (ebano), *Prosopis leavigata* (mezquite), *Porlieria angustifolia* (guayacan), *Scaefferia cuneifolia* (panalero) y *Zanthoxylum fagara* (colima), entre otras. Estas especies se pueden encontrar en forma asociada entre si o incluso en pequeñas áreas con una sola especie. En el estrato herbáceo predominan las gramíneas *Bouteloua trifida*, *B. filiformis*, *Tridens texanum*, *Setaria macrostachya*, *S. geniculata*, *Hilaria belangeri*, *Eragrostis oxilepis*, *Leptochloa dubia*, *Leptoloma cognatum*, y *L. divaricata* (Alanís, 1991).



### 3.1.3 Clima

El clima de ésta región es típicamente semiseco muy cálido con lluvia en verano. Las temperaturas medias oscilan entre 14.7°C en el mes de Enero y 22.3°C en el mes de Agosto. Los meses más cálidos son Junio, Julio y Agosto, con una temperatura media mensual que oscila entre 27 y 28°C y el mes más frío es Enero, con una temperatura media menor de 15°C. Sin embargo, es común observar en el verano (Junio a Agosto) temperaturas durante el día de 40°C, y en invierno (Enero a Marzo) que llegan a los -5°C. La precipitación anual de ésta región fluctúa de 500 a 700 mm. El máximo régimen pluvial, de 160 a 170 mm, se registra en Septiembre y el mínimo, de 10 y 15 mm se presenta en Marzo (SPP-INEGI. 1986).

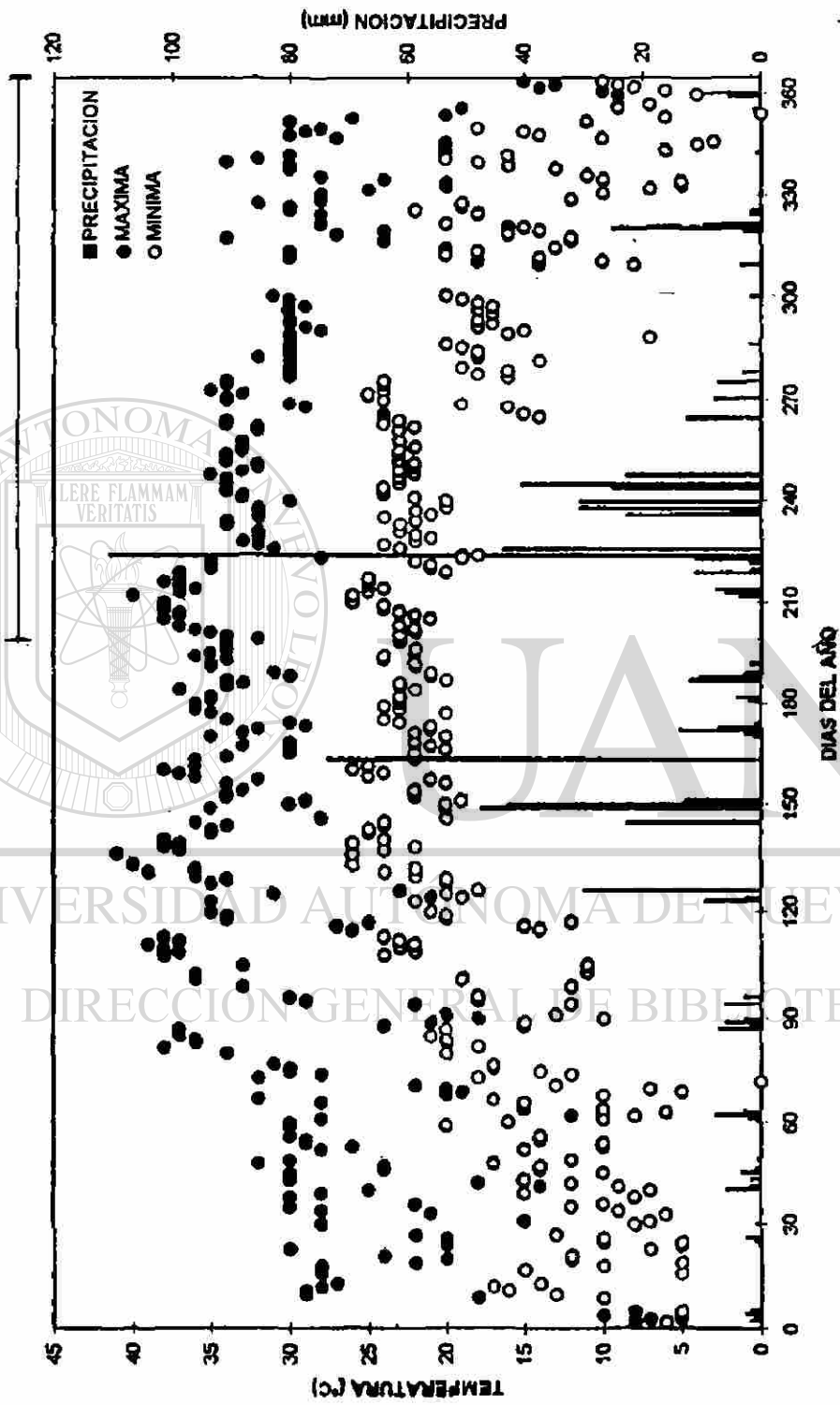
Las condiciones ambientales diarias de precipitación y temperaturas (máximas y mínimas) registradas durante el periodo experimental de esta investigación se ilustran en la Figura 1.

### 3.1.4 Suelo

El tipo de suelo es un Vertisol de origen aluvio-coluvial, muy profundo, de textura arcillo limosa y de color oscuro, que presenta valores muy altos de materia orgánica en el horizonte superior, disminuyendo estos valores con la profundidad. El pH de esta clase de suelo es alcalino (Heiseke y Foroughbakhch, 1985).

El Cuadro 1 muestra las características químicas del suelo determinadas a dos profundidades en análisis realizados en dos fechas durante el periodo experimental.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

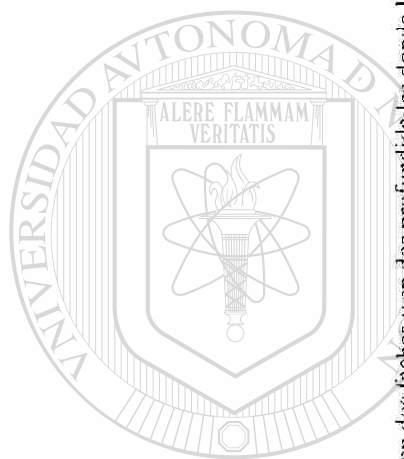


**Figura 1** Precipitación y temperaturas (máximas y mínimas) registradas durante el año 1995. La barra denota las condiciones ambientales prevalecientes durante el desarrollo (11 de Julio a 26 de Diciembre).

Cuadro 1 Algunas propiedades químicas del suelo. Análisis efectuados en dos fechas y en dos profundidades donde las especies de *Acacia* se encuentran establecidas.

Fecha	Prof. (cm)	Especie	pH	%MO	%CO	Ca <sup>1</sup>	K <sup>1</sup>	Mg <sup>1</sup>	Mn <sup>2</sup>	Cu <sup>2</sup>	Fe <sup>2</sup>	Zn <sup>2</sup>
11/Julio/95	0-30	<i>A. rigidula</i>	7.80	2.572	1.496	308.28	7.420	7.520	190.3	14.1	84.0	4.2
	0-30	<i>A. berlandieri</i>	7.50	2.995	1.737	333.75	8.450	9.710	178.2	13.9	104.5	8.4
	0-30	<i>A. farnesiana</i>	7.35	2.276	1.321	303.56	4.990	5.210	146.1	11.4	72.0	4.6
	30-60	<i>A. rigidula</i>	7.80	2.084	1.215	341.35	5.700	7.780	151.0	15.2	111.0	3.2
	30-60	<i>A. berlandieri</i>	7.70	1.343	0.779	323.82	4.170	8.200	126.7	10.7	102.0	2.8
	30-60	<i>A. farnesiana</i>	7.35	2.122	1.231	294.81	5.240	5.780	131.1	12.5	78.0	3.9
26/Diciembre/95	0-30	<i>A. rigidula</i>	ND <sup>1</sup>	3.090	1.590	319.66	7.761	8.342	135.0	14.6	170.6	3.4
	0-30	<i>A. berlandieri</i>	ND	ND	ND	312.47	6.826	8.483	169.2	13.3	159.5	5.4
	0-30	<i>A. farnesiana</i>	ND	2.740	1.790	302.40	7.098	6.617	189.8	12.0	120.7	5.3
	30-60	<i>A. rigidula</i>	ND	1.990	1.150	315.23	5.704	7.695	194.3	15.7	171.1	6.9
	30-60	<i>A. berlandieri</i>	ND	ND	ND	294.75	3.954	7.167	121.8	14.9	136.2	2.9
	30-60	<i>A. farnesiana</i>	ND	2.180	1.260	304.06	6.556	6.103	152.2	12.6	159.5	3.6

<sup>1</sup> Concentración promedio en  $\mu\text{moles/gpss.}$  <sup>2</sup> Concentración promedio en  $\text{mmoles/gpss.}$  <sup>3</sup> No determinado.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



## 3.2 Material vegetal

Las tres especies vegetales que se estudiaron en la presente investigación (Cuadro 2) se establecieron hace 14 años en parcelas experimentales contiguas “del tipo monocultivo”. Cada parcela experimental tiene una dimensión de 8m x 8m con un espaciamento entre plantas de 2 m. La parcela útil estuvo conformada por nueve plantas centrales bajo competencia completa.

Cuadro 2 Nombre común, nombre científico y familia de las especies estudiadas.

Nombre Común	Nombre Científico	Familia
Guajillo	<i>Acacia berlandieri</i> Benth.	Leguminosae
Chaparro prieto	<i>Acacia rigidula</i> Benth.	Leguminosae
Huizache	<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	Leguminosae

Estas especies son representativas de la población vegetal nativa del norte, este, noreste y centro del estado de Nuevo León, y se destacan por su elevado potencial forrajero.

### 3.2.1 Descripción de las especies estudiadas

A continuación se describen generalidades morfológicas y rangos de distribución para cada una de las especies estudiadas (Estrada y Marroquín, 1990).

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### 3.2.1.1 *Acacia berlandieri* Benth.

Arbusto de 1-2.5 m de alto, ramificado desde la base con numerosos tallos, espinas pequeñas y rectas de 2 mm de largo; hojas compuestas, bipinnadas de 7-12 cm de largo; peciolo de 1.5-2 cm de largo; pinnas de 6-9 pares por hoja de 3-4.9 cm de largo; folíolos de 26-30 pares por pinna. Las inflorescencias están dispuestas en cabezuelas amarillas de 1-1.3 cm de diámetro; pedúnculos de 9-13 mm de largo. El fruto es una vaina de 7-12 cm de largo, oblonga recta o ligeramente curvada con dehiscencia longitudinal, explosiva el fruto queda largo tiempo adherido a las infrutescencias. Se distribuye en áreas de matorral en la planicie, común en matorral submontano y en bosques de encino, en alturas de 360-1500 msnm. En la Figura 2 se ilustran las características morfológicas de esta especie (Vines, 1984).



Figura 2 Características morfológicas de la especie *A. berlandieri*.

### 3.2.1.2 *Acacia rigidula* Benth.

Arbusto intrincadamente ramificado, con una altura que fluctúa entre 0.7-6 m; las ramas están provistas con espinas rectas, pareadas con longitud de 1.5-4.5 cm de largo. Hojas alternas, bipinnado compuestas de 1.5-3.8 cm de largo; pecíolo de 1.5-3 mm de largo; pinnas 1 par por hoja de 0.9-2.5 cm de largo; folíolos de 2-4 pares por pinna; oblongo - ovalados de 0.7-14 mm de largo y con una base ligeramente atenuada o asimétrica. La inflorescencia está dispuesta en racimos espigados, agrupados en conjuntos de 3-6, de 2-3.5 cm de largo. El fruto es una vaina linear de 4-9.5 cm de largo y de 4.5-5.5 mm de ancho, curvado, café oscuro o negruzca. Su distribución abarca desde 360-580 msnm, y se encuentra asociada frecuentemente con *Acacia farnesiana* y *Pithecellobium pallens*. En la Figura 3 se ilustran las características morfológicas de esta especie (Vines, 1984).



Figura 3 Características morfológicas de la especie *A. rigidula*.

### 3.2.1.3 *Acacia farnesiana* (L.) Willd.

Arbusto de 3-6 m de alto, con el fuste bien definido o bien ramificado desde la base con numerosos tallos; estipulas espinosas, rectas, pareadas de 3-30 mm de largo, hojas alternas, bipinnado compuestas, 2-3 cm de largo, pinnas 2-3-4 (5) pares por hoja, 10-12 mm de largo, folíolos 11-14 pares por pinna de 1.8-2.1 mm de largo, y de 0.4-0.7 mm de ancho, glabros o ligeramente ciliados; glándulas 1-2 pequeñas circulares o elípticas insertas entre los pares de pinnas proximal y distal (en ocasiones la glándula proximal se encuentra en el pecíolo), pecíolo de 2.5 mm de largo pulverulento; brácteas anchas, subrómicas u obovadas subteniendo inmediatamente a la cabezuela, color café rojizo con tonos amarillos, ciliados dorsalmente, bracteolas diminutas de 1.2 mm de largo con la base subulada y el limbo rómbico, ciliadas; inflorescencias dispuestas en cabezuelas esféricas de 1 cm de diámetro, aromáticas; pedúnculos de 6 mm de largo; cáliz campanulado, papiráceo de 1.8 mm de largo, y de 1.1 mm de ancho, abierto de un lado casi hasta la base, lóbulos 4-5 diminutos, pulverulentos; corola actinomorfa, amarillenta de 2.3 mm de largo, y de 1 mm de ancho, lóbulos 5, diminutos de 0.3 mm de largo cónicos; estambres numerosos amarillentos con las tecas amarillo fuerte; fruto una vaina subcilíndrica de 4-6 cm de largo, negra, aguda en la base y en el ápice, valvas coriáceas, fuertes, lisas, tardíamente dehiscente. Esta planta es considerada como un buen forraje de invierno para ganado y el polen que produce sus flores provee de alimento a las abejas. Su floración es en Febrero y Marzo. En la Figura 4 se ilustran las características morfológicas de esta especie (Vines, 1984).

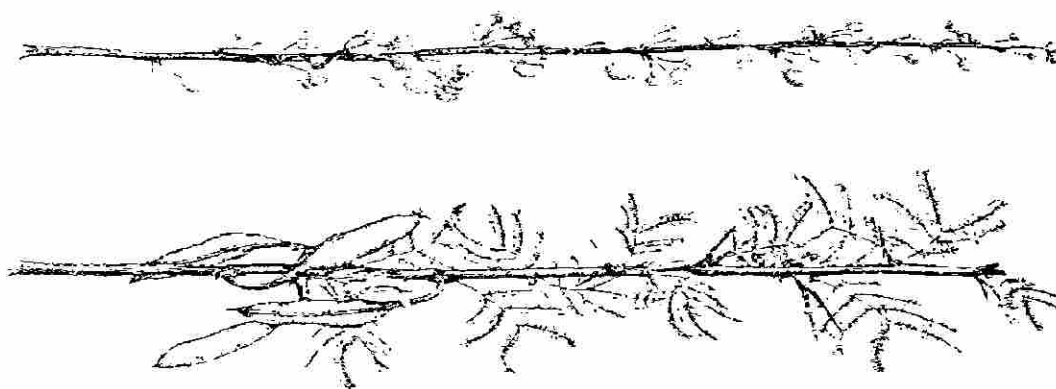


Figura 4 Características morfológicas de la especie *A. farnesiana*.

### 3.3 Análisis químicos del tejido foliar

El tejido foliar maduro de *Acacia rigidula*, *A. berlandieri* y *A. farnesiana* fue analizado para determinar la concentración de macro y micronutrientes y los contenidos porcentuales de variables bromatológicas tal como materia seca, materia orgánica, celulosa, hemicelulosa, lignina, cenizas, ceniza insoluble, taninos, nitrógeno y proteína cruda. Estas variables son consideradas como indicadoras de la calidad de un forraje (Van Soest, 1982).

El tejido foliar de cada especie fue colectado de ocho plantas (repeticiones) previamente etiquetadas de la parcela útil (plantas con competencia completa). Durante el periodo de estudio (11/Julio/1995 - 26/Diciembre/1995) se realizaron nueve muestreos a intervalos de tres semanas.

Para cuantificar los contenidos porcentuales de las variables bromatológicas se realizó una mezcla homogénea del tejido foliar procesado en base a cantidad (aproximadamente 8 g) de todos aquellos muestreos que representaban la estación de verano, otoño e invierno. De esta manera, la estación de verano estuvo constituida por los muestreos 1, 2, 3 y 4, la de otoño por 5, 6, 7 y 8 y la de invierno por la colecta 9. Una vez realizado este procedimiento, se fraccionó la mezcla de cada especie y estación en tres repeticiones. Las principales razones que sustentan el haber efectuado esta mezcla fueron reducir el costo económico de reactivos, así como representar y evaluar la calidad forrajera de cada especie en diferentes estaciones del año.

#### 3.3.1 Determinación de nutrientes minerales

Los análisis de macro (Ca, Mg y K) y micronutrientes (Cu, Fe, Mn y Zn) en tejido foliar se obtuvo a partir de una digestión en húmedo. El método anterior consiste en lo siguiente: una vez que se colectó el tejido foliar correspondiente a cada especie vegetal, repetición y muestreo, este fue secado por dos días a temperatura ambiente y posteriormente en una estufa de secado a 65°C por 48 h. En seguida se procesó el tejido en un molino Thomas Willey (Thomas Scientific Aparatus) usando una malla No. 60 (1x1 mm) y se colectó el material molido en un frasco previamente etiquetado. Posteriormente, dicho material se colocó en la estufa para ser secado a 65°C durante 24 h. A continuación se retiró el material de la estufa y se colocó en un desecador para ser enfriado. Después se pesaron 500 mg de muestra y se transfirió a un tubo de ensayo de



25 x 175 mm previamente lavado con HCl al 20% (v/v) y enjuagado con agua bidestilada. A dicho tubo se le agregaron 10 ml de HNO<sub>3</sub> al 50% (v/v) y se dejó reposar el extracto a temperatura ambiente durante 1 h bajo la campana de extracción de humos. Una vez finalizado este periodo, se mantuvo el extracto en un baño de agua por 15 minutos a 80°C bajo la campana de humos. Posteriormente, se dejó enfriar el extracto y se le agregó a cada tubo 10 ml de agua bidestilada. Luego de enfriada la muestra se filtró el extracto usando papel filtro Whatman No. 1. En seguida, se lavó con agua bidestilada las paredes del papel, embudo y del tubo donde se encontraba el extracto y se colectó el líquido en un matraz volumétrico de 50 ml, el cual fue aforado con agua bidestilada. Una vez concluido este procedimiento, las muestras se conservaron en refrigeración a 4°C hasta que se realizaron los análisis cuantitativos de cada elemento. Para determinar la concentración nutricional foliar de cada elemento (en micromoles por gramo de peso seco;  $\mu\text{moles/gps}$ ) se utilizó un Espectrofotómetro de Absorción Atómica (marca Varian; modelo SpectrAA-200). Partiendo de estándares comerciales de cada elemento se obtuvo una curva estándar para cuantificar la concentración de dicho elemento en la solución de cada especie, repetición y muestreo realizado. Para el caso de los estándares de Ca y Mg se añadió K a una concentración final de 1000  $\mu\text{g/ml}$  de solución para contrarrestar el efecto ionizante. Con la misma finalidad se añadió Cs a una concentración final de 1000  $\mu\text{g/ml}$  de solución a los estándares de K. Ambos supresores de la ionización también fueron añadidos a las muestras. Cabe mencionar que los estándares utilizados presentaron la misma concentración final de HNO<sub>3</sub> que las muestras digeridas. En el Cuadro 3 se ilustran los parámetros optimizados del Espectrofotómetro que se utilizaron para cuantificar cada elemento.

**Cuadro 3** Parámetros optimizados del espectrofotómetro que se emplearon para determinar la concentración foliar de macro y micronutrientes.

Elemento mineral	Longitud de onda, $\lambda$ (nm)	Corriente de lámpara <sup>1</sup> (mA)	Ancho de ranura (nm)	Flujo (L/min)		Estequiometría de la flama
				combustible <sup>2</sup>	oxidante <sup>3</sup>	
Ca	422.7	10.0	0.5	6.3	11.0	reductora
K	766.5	5.0	1.0	2.0	13.5	oxidante
Mg	285.2	4.0	0.5	2.0	13.5	oxidante
Cu	327.4	4.0	0.2	2.0	13.5	oxidante
Fe	372.0	5.0	0.2	2.0	13.5	oxidante
Mn	403.1	5.0	0.2	2.0	13.5	oxidante
Zn	213.9	5.0	0.2	2.0	13.5	oxidante

<sup>1</sup> Lámpara de cátodo hueco. <sup>2</sup> Acetileno (grado absorción atómica, AA). <sup>3</sup> Oxido nitroso (Ca) y aire (K, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn).

### 3.3.2 Determinación de materia seca, materia orgánica y cenizas

Se pesó por triplicado 1 g de tejido foliar de cada especie, repetición y estación para colocarse luego en recipientes de aluminio previamente lavados, secados y pesados. Estos recipientes permanecieron en una estufa durante 12 h a 105°C. Después de este tiempo, se retiraron de la estufa y se dejaron enfriar en un desecador durante 45 minutos. Inmediatamente después fueron registrados sus pesos respectivos. Se calculó el % de materia seca (MS) por la siguiente ecuación (AOAC, 1960):

$$\%MS = \frac{\text{Peso del recipiente} + \text{Peso de la muestra seca} - \text{Peso del recipiente}}{\text{Peso de la muestra antes de secado}} \times 100 \quad (3.1)$$

Luego de retirar los recipientes de la balanza analítica, fueron colocados en la mufla a una temperatura de 550°C durante 2 h para determinar el % de cenizas. Este se calculó mediante la siguiente ecuación (AOAC, 1960):

$$\%Cenizas = \frac{\text{Peso de la Ceniza}}{\text{Peso de la muestra antes de secado}} \times 100 \quad (3.2)$$

Para determinar el % de materia orgánica (MO) se realizó la sustracción entre la MS y la Ceniza (AOAC, 1960):

$$\%MO = \%MS - \%Ceniza \quad (3.3)$$

### 3.3.3 Contenido de nitrógeno y proteína cruda

Para este análisis se pesó 0.2 g de muestra de cada especie, repetición y estación. De igual manera se pesó también 0.2 g de muestra del material que quedó del proceso de la *digestión in situ* (sección 3.4).

Cada una de estas muestras fue colocada en matraces de micro - Kjeldhal de 100 ml, a los que se les agregó 1 g de muestra reactiva de selenio. En seguida se procedió a colocar los matraces en los calentadores del aparato de micro - Kjeldhal (marca Labconco) en grupos de 6, para lograr su adecuada digestión. Luego de que la mezcla se tornó líquida y sin espuma, se retiraron los matraces del calentador y se dejaron enfriar. Antes de que se solidificara el residuo

digerido, se le agregaron 20 ml de agua destilada y en seguida se le adicionaron 20 ml de una solución hidróxido de sodio (NaOH) al 45% (v/v) y tiosulfato de sodio (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) al 8% (v/v). Después se colocaron en un vaso de precipitado 20 ml de ácido bórico (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) con tres gotas de indicador mixto para proteína (rojo de metilo - verde de bromocresol). Los vasos se colocaron bajo los condensadores del aparato destilador, hasta que se colectó un volumen de 50 ml. Una vez efectuado el proceso de destilación, se retiró el vaso y se tituló el amoniaco condensado con una solución estándar de ácido clorhídrico (HCl) 0.1 N, hasta virar el color a rosa tenue. Esto proporcionó las cifras requeridas para la determinación de nitrógeno y proteína, las cuales se obtuvieron mediante las ecuaciones siguientes (Scales y Harrison, 1920):

$$\%N = \frac{[(\text{ml HCl en titulación de muestra} - \text{ml HCl en titulación de bco}) \times \text{Normalidad HCl} \times 0.014]}{\text{Peso seco de muestra (g)}} \times 100 \quad (3.4)$$

$$\% \text{ Proteína Cruda} = \%N \times 6.25 \quad (3.5)$$

### 3.3.4 Análisis de celulosa, hemicelulosa y lignina

Los contenidos porcentuales de celulosa, hemicelulosa y lignina (fibra detergente ácido y fibra detergente neutro) fueron determinados de acuerdo al método de Goering y Van Soest (1970).

Para realizar este proceso se pesó 1 g de la muestra procesada y se le depositó en un vaso de Berzelius de 600 ml previamente lavado con agua destilada. Al vaso con la muestra se le agregaron 100 ml de la solución neutra de detergente (FDN). Esta solución se preparó como sigue: por cada litro de agua destilada se añaden 30 g de sulfato lauril sódico (C<sub>12</sub>H<sub>25</sub>O<sub>4</sub>SNa), 18.61 g de etilenodiamino tetra-acetato disódico dihidratado (C<sub>10</sub>H<sub>14</sub>N<sub>2</sub>O<sub>8</sub>Na<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O), 6.81 g de borato de sodio decahidratado (Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>·10H<sub>2</sub>O), 4.56 g de fosfato disódico anhidro (Hna<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) y 10 ml de etileno glicol éter monoetílico (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>O<sub>2</sub>). A cada litro de esta solución se le agregaron 20 ml de decahidronaftaleno (C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>·10H<sub>2</sub>O) y 50 g de sulfito de sodio anhidro (Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>). La muestra con la solución de FDN, se calentó en un digestor de fibra hasta hervir durante 10

minutos y al comenzar a bullir se redujo la temperatura para evitar la formación de espuma. La temperatura se ajustó para que hirviera a un nivel constante y se mantuviera en reflujo durante 60 minutos, tiempo que se empezó a tomar desde el instante en que comenzó a hervir la solución. Al termino, se filtró la muestra con vacío a través de un crisol de vidrio de poro grueso, previamente tarado. En seguida se lavó el vaso con la muestra utilizando agua destilada a 80°C. La muestra fue lavada también con acetona para eliminar el efecto detergente y se enjuagó nuevamente al vacío con agua destilada, para luego someter los crisoles con la muestra a una temperatura de 105°C durante 12 h. Después de este tiempo, se enfriaron los crisoles en un desecador y se les registró su peso. El residuo de fibra recuperada se cuantificó en términos de paredes celulares, calculando su contenido con operaciones de sustracción.

Para los análisis de FDA se siguió el mismo procedimiento de laboratorio que en los de FDN, con la diferencia de que la solución utilizada fue una solución detergente ácida, la cual se preparó con ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), grado reactivo, estandarizado 1 N; a éste se le agregan 20 g de cetyl-trimetil-bromuro de amonio ( $C_{19}H_{42}NBr$ ) por cada litro de solución 1 N de ( $H_2SO_4$ ); y por cada litro se añadieron 20 ml de decahidronaftaleno ( $C_{10}H_8 \cdot 10H_2O$ ).

### 3.3.5 Contenido de taninos

El contenido de taninos condensados se evaluó a través de la técnica de la Vainillina-HCl (Burns, 1971) modificado por Price et al., (1978).

Se pesaron las muestras del material vegetal (de las tres especies para cada estación) por duplicado (500 mg), los cuales fueron colocados en tubos de ensayo plásticos de 15 ml. A estos tubos se les agregó 10 ml de 1% ácido clorhídrico (HCl) (v/v), en metanol, y se agitaron manualmente para la extracción por 20 minutos para después centrifugarse a 1,000 rpm por 10 minutos. En matraces volumétricos de 10 ml se agregaron 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 4.0 ml del estándar de catequina ( $C_{15}H_{14}O_6$ ), para luego aforarse con metanol. En seguida se pipeteó por separado 1 ml de cada muestra y cada estándar a tubos de ensayo de 20 ml (por duplicado, uno sirvió de blanco o factor de corrección). A estos tubos, que contienen el extracto (problema y blanco) se les sometió a baño de agua (30°C) durante 20 minutos. De estos dos grupos de tubos, al ser retirados del baño de agua, se les adicionó, a cada tubo del primer grupo (el de la muestra

vegetal), 5 ml del reactivo vainillina-HCl; y a los del factor de corrección o blanco se les añadió 5 ml de HCl al 4% (v/v) en metanol. Luego de otros 20 minutos en baño de agua a 30°C, se agitaron mecánicamente usando un vortex y se determinó la absorbancia a una longitud de onda de 500 nm utilizando un Espectrofotómetro (marca Sequoia, modelo Turner 690). El contenido de taninos en las muestras foliares se calculó tomando en cuenta el peso de la muestra y su dilución, así como la diferencia entre la absorbancia del problema y la absorbancia del blanco. Por medio de una regresión lineal entre los valores de la concentración (valores en la abscisa) y los de la absorbancia de la misma (valores en la ordenada), se obtuvieron el intercepto y la pendiente. Utilizando estos parámetros y los valores de las absorbancias de las muestras, se estimó el contenido (%) de taninos en el tejido foliar.

### 3.4 Digestibilidad *in situ*

Las muestras vegetales fueron evaluadas para determinar la digestibilidad *in situ* de la materia seca y proteína cruda, en la Unidad de Metabolismo de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad Autónoma de Nuevo León, mediante la técnica de la bolsa de nylon, la cual tiene dimensiones de 5 x 10 cm con un tamaño de poro de 53 µm. Dicha técnica consiste en suspender tales bolsas en el rumen de un animal fistulado conteniendo una muestra del tejido vegetal que se desea estudiar. Después de un tiempo de incubación previamente determinado, se cuantifican los nutrientes no digeridos que permanecieron en el interior de la bolsa y por diferencia se estima la digestibilidad. Con esta técnica se estima también la velocidad de digestión y disponibilidad de los nutrientes (Orscov et al., 1980; citado por Ramírez et al., 1994). Se colocaron en las bolsas 2.0 g de tejido foliar previamente procesado en el molino Willey. Para la prueba de digestibilidad *in situ*, se usaron 12 borregos (Pelibuey x Rambouillet) maduros (la edad fluctúa entre 2 y 3 años), machos, castrados y fistulados del rumen con un peso vivo promedio de  $45.5 \pm 5.3$  Kg. Las bolsas fueron incubadas en la parte inferior ventral del rumen, excepto la bolsa de la hora 0. La incubación se efectuó en orden regresivo, iniciando con las bolsas de la hora 48, 36, 24, 12, 8 y 4. Con este orden se facilita el proceso de extracción de cada bolsa. Las bolsas fueron removidas del rumen y se lavaron con agua circulante a baja presión hasta que el agua fluyó cristalina. Esto se realizó con el propósito de que las mismas quedaran libres de todo el material digerido. La bolsa correspondiente a la

hora 0 fue lavada con agua fría (Ash, 1990). Posteriormente, las bolsas se secaron en una estufa a 60°C durante 48 h. Una vez transcurrido este tiempo se determinó su peso. Del material que se encontraba en la bolsa se obtuvieron submuestras para el análisis de proteína cruda, usando los procedimientos antes descritos. La digestibilidad *in situ* de la materia seca y proteína cruda de cada tiempo de incubación, se calculó con la siguiente ecuación (Ash, 1990):

$$\% \text{ Digestibilidad } in \text{ situ} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100 \quad (3.6)$$

### 3.4.1 Estimación de la degradabilidad efectiva

Los parámetros no lineales de degradabilidad ruminal fueron estimados por medio de la siguiente ecuación de regresión no lineal (Orscov y McDonald, 1979):

$$P = a + b(e^{-ct}) \quad (3.7)$$

donde:

**P**, es la velocidad de desaparición de los nutrientes a un tiempo *t*.

**a**, representa el intercepto de la porción de la materia seca o la proteína cruda, según sea el caso, solubilizada al inicio de la incubación (hora 0).

**b**, es la fracción de la materia seca o proteína cruda potencialmente degradable en el rumen.

**e**, es una constante; es el valor cuando el  $\ln = 1$ ;  $e = 2.7182$ .

**c**, es la velocidad o tasa de degradación de la fracción *b*.

**t**, es el tiempo de incubación en horas.

Las fracciones *a*, *b*, *a+b*, *c*, tiempo de retardo (TR), degradabilidad efectiva de la materia seca (DEMS) y degradabilidad efectiva de la proteína cruda (DEPC), fueron estimadas usando el paquete computacional Neway (McDonald, 1981) el cual se basa en la siguiente ecuación:

$$DE = \frac{(a+b)c(e^{-ct})T}{(c+k)} \quad (3.8)$$

donde:

**k**, es la tasa de pasaje ruminal de sólidos (%/h).

**T**, es el tiempo de retardo en horas.

**a**, **b**, **c** y **t**, son los parámetros mencionados anteriormente (Ecuación 3.7).

**e**, es una constante; es el valor cuando el  $\ln = 1$ ;  $e = 2.7182$ .

La DEMS y la DEPC fueron estimadas para cada muestra asumiendo tasas de pasaje ruminal de sólidos de 2, 5 y 8 %/hora, los cuales representaron niveles de consumo animal bajo, medio y elevado, respectivamente (ARC, 1984).

### 3.5 Diseño experimental y análisis estadísticos

#### 3.5.1 Concentración de macro y micronutrientes

El diseño experimental que se utilizó para llevar a cabo el análisis estadístico de los datos de concentración foliar de macro y micronutrientes fue de un completamente al azar con ocho repeticiones. El modelo estadístico que se usó en este estudio fue (Steel y Torrie, 1980):

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad (3.9)$$

$$i = 1, 2, \dots, t = 3;$$

$$j = 1, 2, \dots, r = 3.$$

donde:

$Y_{ij}$ , representa la concentración de la especie  $i$  en la repetición  $j$ .

$\mu$ , representa la concentración media global.

$\tau_i$ , representa el efecto de la especie  $i$ .

$\varepsilon_{ij}$ , representa el error experimental (o componente aleatorio) asociado a la observación  $ij$ . Los errores son independientes, y están normalmente distribuidos con media 0 y varianza  $\sigma^2$ , es decir  $\varepsilon_{ij} \sim NI(0, \sigma^2)$ .

Las concentraciones foliares minerales por elemento, especie y muestreo fueron sometidas a un análisis de varianza usando el paquete estadístico SPSS, versión 5.01, 1992.

El procedimiento estadístico de Tukey, el cual se basa en la distribución de rango estudentizado, fue la prueba estadística que se empleo para detectar diferencias entre las especies de *Acacia* (tratamientos) para un elemento y muestreo dado. El procedimiento consiste en calcular el valor crítico y compararlo a una diferencia de pares de medias con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$  (Steel y Torrie, 1980).

### 3.5.2 Componentes bromatológicos y parámetros de digestibilidad

El diseño experimental que se empleó para llevar a cabo el análisis estadístico de los componentes bromatológicos (PC, MS, MO, cenizas, ceniza insoluble, N, FDN, FDA, celulosa, hemicelulosa, lignina, taninos) y parámetros de digestibilidad (a, b, c, a+b, T de R, DEMS y DEPC) del follaje de las tres especies de *Acacia* en cada estación de muestreo fue de un completamente al azar con arreglo factorial con tres repeticiones. Los factores considerados fueron las especies de *Acacia* y estaciones del año con tres y tres niveles cada uno. El modelo estadístico que se usó en dicho estudio fue (Steel y Torrie, 1980):

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \tau\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (3.10)$$

$$i = 1, 2, \dots, t = 3$$

$$j = 1, 2, \dots, t = 3$$

$$k = 1, 2, \dots, t = 3$$

donde:

$Y_{ijk}$ , representa el valor de la variable en estudio para la especie  $i$  en la estación  $j$  en la repetición  $k$ .

$\mu$ , representa la media global.

$\tau_i$ , representa el efecto principal correspondiente al nivel  $i$  del factor A (especie).

$\beta_j$ , representa el efecto principal correspondiente al nivel  $j$  del factor B (estación).

$\tau\beta_{ij}$ , representa los efectos de interacción correspondiente al nivel  $i$  del factor A y nivel  $j$  del factor B.

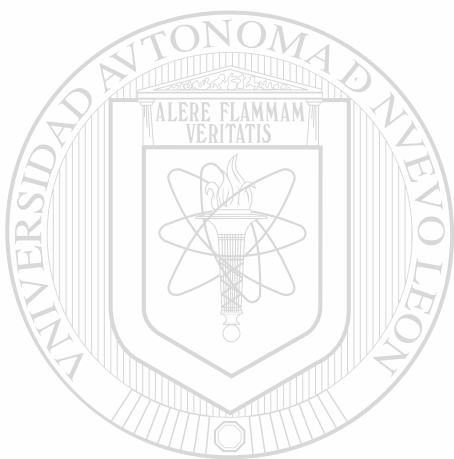
$\varepsilon_{ijk}$ , representa el error experimental (o componente aleatorio) asociado a la unidad  $ijk$ , Los errores son independientes, y están normalmente distribuidos con media 0 y varianza  $\sigma^2$ , es decir  $\varepsilon_{ij} \sim NI(0, \sigma^2)$ .

Los datos de parámetros bromatológicos y de digestibilidad fueron sometidos a un análisis de varianza usando el paquete estadístico SPSS, versión 5.01, 1992.

El procedimiento estadístico de Tukey (Steel y Torrie, 1980), fue la prueba estadística que se empleó para detectar diferencias de los efectos principales de cada factor y de interacción con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ .



Adicionalmente, se efectuaron análisis de correlación múltiple (utilizando los coeficientes de Spearman, ya que determina cualquier tipo de asociación y su aplicación se recomienda cuando al menos una de las variables en cuestión es medida en escala ordinal; Steel y Torrie, 1980) general y por especie, con el propósito de detectar asociación significativa (positiva o negativa) entre las variables estudiadas.



# UANL

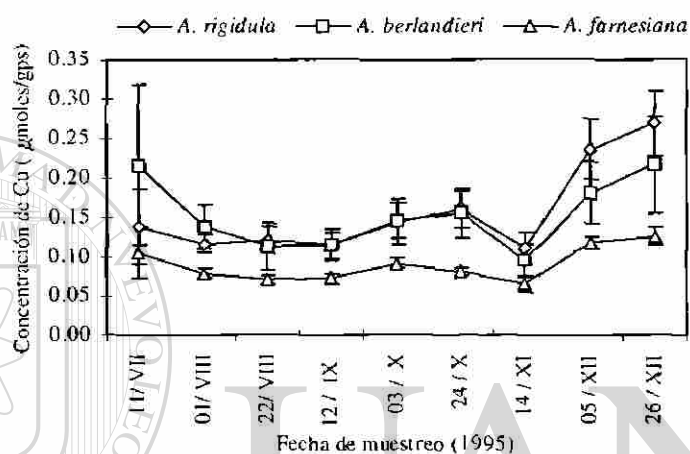
---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



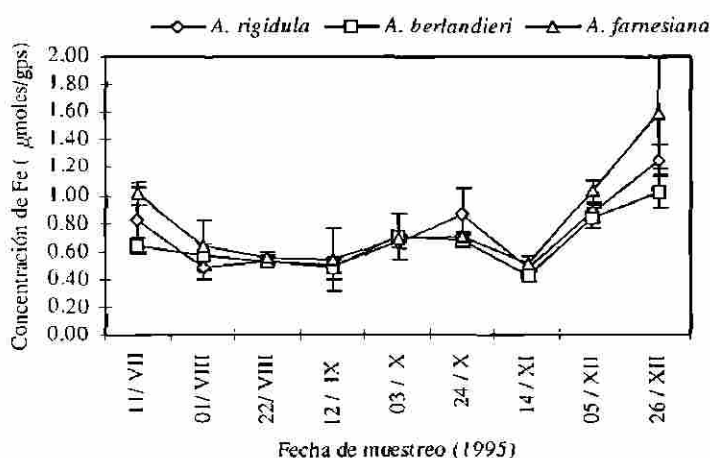
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Las concentraciones promedio más elevadas de Cu se observaron en *A. rigidula* (0.16  $\mu\text{moles/gps}$ ), mientras que en *A. berlandieri* y *A. farnesiana*, se detectaron promedios de 0.15 y 0.09  $\mu\text{moles/gps}$ , respectivamente. Estos resultados se ilustran en la Figura 8. Las concentraciones foliares de este microelemento observadas en las tres especies vegetales evaluadas, satisfacen los niveles requeridos por especies en pastoreo (4 a 11 mg/Kg), Maynard et al., 1981; McDowell, et al., 1993; citado por Ramírez, et al., 1994.



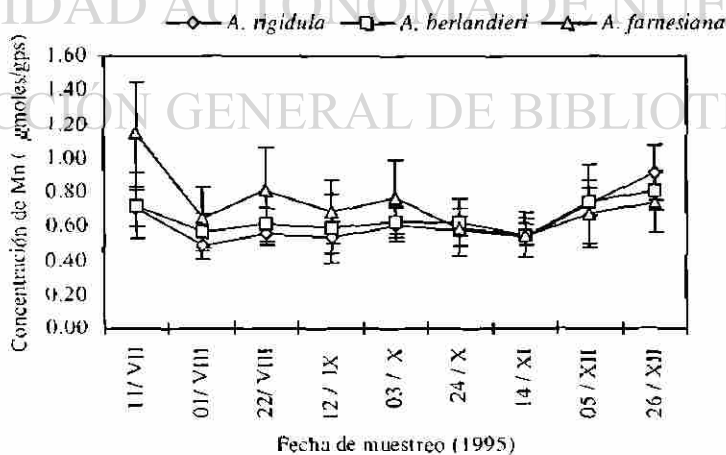
**Figura 8** Concentración foliar de Cu en las especies de *Acacia* en nueve fechas durante el año de 1995. Cada punto en la gráfica representa la media  $\pm$  desviación estándar (n=8).

Respecto a los niveles foliares de Fe, la Figura 9 describe su comportamiento para cada especie vegetal. En dicha Figura se aprecia que las tendencias de las tres especies son muy similares para cada fecha de muestreo. La concentración promedio más alta de este micronutriente se observa en *A. farnesiana* (0.81  $\mu\text{moles/gps}$ ) y la más baja en *A. berlandieri* con 0.65  $\mu\text{moles/gps}$ . *A. rigidula* presentó una concentración promedio de 0.72  $\mu\text{moles/gps}$ . El tejido foliar de las tres especies estudiadas, presentó concentraciones de este microelemento superiores a las recomendadas por Maynard et al., (1981) para las especies animales en pastoreo (de 25 a 40 mg/kg en base a la dieta seca).



**Figura 9** Concentración foliar de Fe en las especies de *Acacia* en nueve fechas durante el año de 1995. Cada punto en la gráfica representa la media  $\pm$  desviación estándar (n=8).

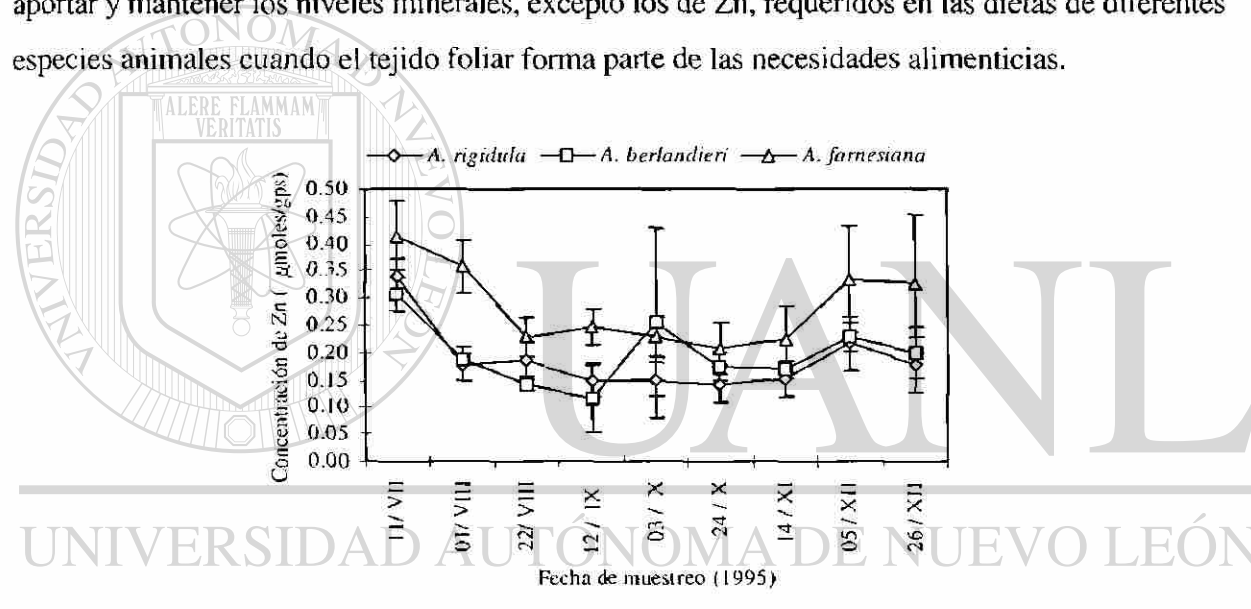
El contenido foliar más elevado en Mn se observó en *A. farnesiana* (0.73 µmoles/gps), mientras que el más bajo se observó en *A. rigidula*, con 0.63. *A. berlandieri* presentó una concentración promedio de 0.65 µmoles/gps. La concentración foliar de Mn en las tres especies evaluadas a lo largo del periodo experimental se ilustra en la Figura 10. Maynard et al., (1981), reportan requerimientos de 20 a 40 mg/kg de este microelemento en base a la dieta en base seca para animales domésticos en pastoreo, con lo que el follaje de las tres especies evaluadas cubre satisfactoriamente tales necesidades.



**Figura 10** Concentración foliar de Mn en las especies de *Acacia* en nueve fechas durante el año de 1995. Cada punto en la gráfica representa la media  $\pm$  desviación estándar (n=8).

Para el caso de las concentraciones del microelemento Zn, el promedio más elevado se reporta en *A. farnesiana* (0.29  $\mu\text{moles/gps}$ ) y la más baja en *A. rigidula*, con 0.19. *A. berlandieri* presentó una concentración promedio de 0.20  $\mu\text{moles/gps}$ . En la Figura 11 se ilustra la tendencia en los niveles de concentración de este nutriente. McDowell, et al., 1993; citado por Ramírez, et al., 1994, reportan requerimientos de Zn de 20 a 40 mg/kg para bovinos, y de 20 a 30 mg/kg en ovinos en la dieta en base seca. Los niveles observados en el follaje de las tres especies estudiadas son inferiores a los requeridos.

Con los resultados obtenidos de este estudio, se demuestra que las especies vegetales pueden aportar y mantener los niveles minerales, excepto los de Zn, requeridos en las dietas de diferentes especies animales cuando el tejido foliar forma parte de las necesidades alimenticias.



**Figura 11** Concentración foliar de Zn en las especies de *Acacia* en nueve fechas durante el año de 1995. Cada punto en la gráfica representa la media  $\pm$  desviación estándar ( $n=8$ ).

En el Cuadro 4 se muestran los valores comparativos entre las concentraciones foliares de macro y micronutrientes de este estudio y los reportados en un trabajo de investigación realizado en el centro-norte del estado de Nuevo León (Ramírez et al., 1994). La diferencia entre las concentraciones reportadas en ambos estudios puede obedecer, entre otras, a las características físico-químicas prevalecientes en el medio donde prosperaron las especies vegetales, y/o a los procedimientos de extracción efectuados durante los análisis químicos. Las diferencias también pueden ser atribuidas a las condiciones ambientales prevalecientes durante el desarrollo de ambos estudios, ya que variables ambientales tales como altas temperaturas, demanda

atmosférica evaporativa, precipitación y humedad relativa afectan los procesos de absorción iónica (Sud et al., 1995). Por otro lado, las características morfológicas y fisiológicas del sistema radicular y tejido foliar influyen en los procesos de absorción mineral y acumulación, respectivamente (Mengel y Kirkby, 1982).

**Cuadro 4.** Comparación entre el contenido foliar de macro y micronutrientes en las especies de *Acacia* reportados por Ramírez et al., (1994) y los registrados en este estudio.

Elemento	Ramírez et al., 1994			Presente estudio		
	<i>A. rigidula</i>	<i>A. berlandieri</i>	<i>A. farnesiana</i>	<i>A. rigidula</i>	<i>A. berlandieri</i>	<i>A. farnesiana</i>
Ca	7.76 <sup>1</sup>	11.03	10.20	14.38	14.69	24.95
K	7.90 <sup>1</sup>	7.90	7.90	10.01	7.49	8.68
Mg	3.50 <sup>1</sup>	6.00	8.50	2.80	1.05	1.99
Zn	22.30 <sup>2</sup>	17.10	30.00	12.42	13.07	18.95
Fe	99.00 <sup>2</sup>	122.50	110.30	40.21	36.30	45.24
Mn	17.90 <sup>2</sup>	26.90	33.60	34.61	35.71	40.11
Cu	6.40 <sup>2</sup>	4.50	4.10	10.17	9.53	5.71

<sup>1</sup> g/kg de peso seco. <sup>2</sup> mg/kg de peso seco.

Los resultados que se han generado en este estudio demuestran que existen variaciones interespecificas en la concentración foliar de macro y micronutrientes y su acumulación en el tejido obedece principalmente a factores intrínsecos de cada especie, y no a la disponibilidad nutricional de cada elemento o a otros factores edáficos, puesto que las concentraciones de macro y micronutrientes en el suelo se mantuvieron relativamente constantes durante el desarrollo del estudio (Cuadro 1). Por ejemplo, el Cuadro 5 describe que la acumulación de Ca en *A. farnesiana* fue equivalente al doble de la concentración del medio externo (profundidad del suelo 0-60 cm), y para el caso de *A. rigidula* y *A. berlandieri*, la concentración de este macronutriente fue relativamente igual con respecto al medio externo. Estos datos indican que el Ca puede duplicarse en una especie con respecto a las otras. Para el caso de la acumulación de K, *A. rigidula* presentó una concentración 38.0 veces mayor que la de su medio externo. En lo que respecta a *A. berlandieri* y *A. farnesiana*, se observaron concentraciones de 29.0 y 36.0 veces mayores a su medio externo, respectivamente. Respecto a la concentración de Mg acumulada en el tejido foliar en relación a la concentración disponible del medio, la *A. rigidula* fue 13.0 veces mayor, la *A. berlandieri* 4.0 y la *A. farnesiana* 12.8 veces mayor. En lo que concierne a micronutrientes (Mn, Cu, Fe y Zn), los niveles de acumulación del Mn en el tejido foliar con relación al medio, fueron muy similares para las tres especies vegetales; la *A. rigidula* presentó

una concentración 2.9 veces mayor, la *A. berlandieri* 3.1 y *A. farnesiana* 3.7. La *A. berlandieri* presentó una concentración foliar de Cu 10.1 veces mayor a la de su medio externo, mientras que *A. rigidula* y *A. farnesiana* tuvieron una concentración de 9.3 y 6.4 veces mayor, respectivamente, a la de su medio. En cuanto a la concentración de Fe en el tejido foliar, la *A. farnesiana* presentó una concentración 6.5 veces mayor a la de su medio externo, mientras que la *A. rigidula* y *A. berlandieri* registraron niveles muy similares, de 4.3 y 4.0 veces mayor, respectivamente. Para el caso de la concentración foliar de Zn, en relación a la disponibilidad de este en el medio, se presentó un alto nivel en *A. farnesiana*, la cual registró un contenido 65.6 veces mayor; en la *A. rigidula* se observó un nivel 32.3 veces mayor al de su medio y la *A. berlandieri* presentó un contenido 37.9 veces mayor a la concentración en su medio. Con estos resultados, se observa como los diferenciales mayores de acumulación en el tejido foliar entre los nutrientes evaluados correspondieron a K, Mg, Cu y Zn; mientras que los diferenciales menores se presentaron en Ca y Mn. En relación a estos diferenciales de concentración, Marschner (1986), establece que la absorción de iones minerales por las plantas superiores se caracteriza, además de los factores genéticos, por mecanismos especializados de selectividad (esto es, que ciertos minerales son preferentemente absorbidos mientras que a otros minerales se les excluye o discrimina) y de acumulación (la concentración de elementos minerales puede ser mayor en el tejido vegetal con respecto al medio donde crecen, como es el caso de los niveles de concentración del tejido foliar de las especies evaluadas, en relación a su medio externo). Esto se demuestra comparando las concentraciones de cada elemento entre los niveles detectados en el suelo con los del tejido vegetal (Cuadro 5). Sin embargo, debido a que sólo se analizó la estructura foliar de estas especies, los resultados obtenidos en este estudio no indican si existe un mecanismo de compartamentación para un elemento específico dentro de las diversas estructuras morfológicas de las especies vegetales, o bien, si los sistemas radiculares presentan mecanismos de absorción diferente, como lo son los de movimiento pasivo o activo, transportadores específicos, mecanismos de co-transporte anión-cación, o son transportados vía actividad microbiana en la rizosfera. Así mismo, la absorción mineral de iones depende, entre otros, de las propiedades físicas y químicas del suelo, de las propiedades morfológicas y fisiológicas del sistema radicular y por el contenido de humedad en el suelo (Mengel y Kirkby, 1982; Marschner, 1986). Las diferencias de acumulación detectadas para cualquiera de los macro o micronutrientes

entre las especies estudiadas, están influenciadas por las demandas o necesidades específicas que cada especie vegetal requiere, y a que algunas especies pueden poseer mecanismos más eficientes para la absorción de ciertos nutrientes con respecto a otras.

**Cuadro 5** Relación entre las concentraciones promedio de macro y micronutrientes en suelo (profundidad 0-60 cm) y tejido foliar.

Elemento	Media suelo ( $\mu\text{moles/gps}$ )	Media foliar ( $\mu\text{moles/gps}$ )	Relación (Media Foliar/ Media Suelo)
<i>A. rigidula</i>			
Ca	319.800	358.87	1.12
K	6.540	255.92	39.13
Mg	7.930	115.07	14.51
Mn	0.159	0.63	3.96
Cu	0.015	0.16	10.32
Fe	0.135	0.72	5.30
Zn	0.005	0.19	33.33
<i>A. berlandieri</i>			
Ca	317.800	366.49	1.15
K	6.310	191.64	30.37
Mg	8.230	43.34	5.26
Mn	0.158	0.65	4.10
Cu	0.013	0.15	11.11
Fe	0.128	0.65	5.04
Zn	0.005	0.20	38.98
<i>A. farnesiana</i>			
Ca	301.200	622.43	2.07
K	5.970	222.05	37.19
Mg	5.930	81.93	13.81
Mn	0.154	0.73	4.71
Cu	0.012	0.09	7.42
Fe	0.107	0.81	7.53
Zn	0.004	0.29	66.66

## 4.2 Contenido de nutrientes y componentes bromatológicos

El contenido porcentual promedio de los componentes bromatológicos analizados en el tejido foliar de la especie vegetal *A. rigidula*, evaluados en las tres estaciones de crecimiento, se ilustra en el Cuadro 6. Del mismo modo, el Cuadro 7 y el Cuadro 8 muestran los contenidos promedio de dichos componentes en el follaje de *A. berlandieri* y *A. farnesiana*, respectivamente.

**Cuadro 6** Media y desviación estándar ( $\pm$ DE) del porcentaje de nutrientes del follaje de *A. rigidula* en las tres estaciones del año 1995.

Variable	Verano		Otoño		Invierno	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE
% MS	95.06	0.23	94.98	0.20	93.11	0.31
% MO	94.41	0.08	94.83	0.02	94.20	0.15
% Cenizas	5.59	0.08	5.17	0.02	5.80	0.15
% Cenizas insolubles	0.03	0.03	0.00	0.00	0.14	0.01
% Nitrógeno	2.62	0.00	2.48	0.05	2.85	0.02
% PC	16.36	0.01	15.50	0.29	17.83	0.14
% Celulosa	18.96	0.65	19.52	0.25	20.45	0.20
% Hemicelulosa	0.67	0.59	1.98	0.85	1.97	0.61
% Lignina	22.85	0.18	21.64	1.02	19.05	0.48
% FDA	41.83	0.77	41.12	0.98	39.63	0.36
% FDN	42.41	0.19	43.10	0.50	41.60	0.34
% Taninos condensados	10.60	0.70	11.49	1.26	5.90	0.96

**Cuadro 7** Media y desviación estándar ( $\pm$ DE) del porcentaje de nutrientes del follaje de *A. berlandieri* en las tres estaciones del año 1995.

Variable	Verano		Otoño		Invierno	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE
% MS	94.60	0.03	94.86	0.22	92.56	0.20
% MO	93.63	0.01	93.52	0.00	93.78	0.03
% Cenizas	6.37	0.01	6.48	0.00	6.22	0.03
% Cenizas insolubles	0.24	0.07	0.16	0.03	0.40	0.01
% Nitrógeno	3.19	0.06	3.02	0.04	2.80	0.04
% PC	19.94	0.40	18.88	0.28	17.51	0.26
% Celulosa	11.91	0.14	10.11	0.21	11.46	0.20
% Hemicelulosa	8.08	0.36	8.61	0.79	5.70	0.86
% Lignina	23.14	0.77	18.88	0.16	20.35	0.49
% FDA	35.29	0.81	29.15	0.33	32.22	0.69
% FDN	43.37	0.94	37.76	0.81	37.91	0.20
% Taninos condensados	10.46	0.64	14.55	0.39	9.57	2.10



**Cuadro 8** Media y desviación estándar ( $\pm$ DE) del porcentaje de nutrientes del follaje de *A. farnesiana* en las tres estaciones del año 1995.

Variable	Verano		Otoño		Invierno	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE
% MS	93.62	0.14	93.89	0.20	91.85	0.02
% MO	91.96	0.05	92.91	1.43	90.32	0.04
% Cenizas	8.04	0.05	7.09	1.43	9.68	0.04
% Cenizas insolubles	0.04	0.03	0.12	0.07	0.19	0.08
% Nitrógeno	3.01	0.02	2.86	0.05	2.48	0.08
% PC	18.82	0.15	17.90	0.30	15.50	0.48
% Celulosa	10.79	0.14	11.31	0.63	12.04	0.45
% Hemicelulosa	8.20	0.39	11.07	0.08	9.00	1.17
% Lignina	17.24	0.32	15.49	0.28	16.28	0.38
% FDA	28.05	0.49	26.92	0.70	28.51	0.45
% FDN	36.25	0.51	37.99	0.64	37.50	0.73
% Taninos condensados	1.80	0.08	0.88	0.38	1.09	0.13

Por ser análisis que complementan este estudio, en el Cuadro A 4 del apéndice se presentan las estadísticas descriptivas de los componentes bromatológicos y de los parámetros de digestibilidad *in situ*.

Según muestra el Cuadro 9, la *A. rigidula* presentó los mayores contenidos de materia seca (94.38%) y materia orgánica (94.48%), comparada con la *A. farnesiana*, la cual registró 93.12 y 91.73%, respectivamente. En contraste, los mayores porcentajes de ceniza (8.27%) y cenizas insolubles (0.12%) fueron observados en *A. farnesiana* con respecto a los detectados en *A. rigidula*, 5.52% de cenizas y 0.05% de cenizas insolubles. En relación al nivel porcentual de proteína cruda, los valores fluctuaron de 18.77% en *A. berlandieri* a 16.56% en *A. rigidula*. Para el caso del nitrógeno, la especie *A. berlandieri* presentó un contenido promedio de 3%, mientras que en *A. rigidula* se observó un promedio de 2.65%. El mayor nivel de taninos observado en el tejido foliar correspondió a la especie *A. berlandieri* (11.53%), mientras que en *A. rigidula* y *A. farnesiana* se presentaron contenidos de 9.33% y 1.26% respectivamente. En relación a los porcentajes de pared celular, en *A. rigidula* se observaron los niveles más altos de FDA (40.86%) y FDN (42.37%), mientras que en *A. farnesiana* se registraron los niveles más bajos (27.83 y 37.25%, respectivamente).

Para el caso de los valores promedio de los componentes bromatológicos analizados por estación de crecimiento, se aprecia en el Cuadro 9, que los mayores contenidos porcentuales de proteína cruda (18.37), nitrógeno (2.94), FDA (35.05) y FDN (40.68) se observaron en la estación de verano, mientras que los contenidos más bajos para dichos componentes se registraron en la estación de invierno.

**Cuadro 9** Valores promedio (n=9) de variables bromatológicas y de digestibilidad *in situ* por especie vegetal y estación de crecimiento.

Variable	Especie vegetal			Estación de crecimiento		
	<i>A. rigidula</i>	<i>A. berlandieri</i>	<i>A. farnesiana</i>	Verano	Otoño	Invierno
Materia seca	94.38	94.01	93.12	94.43	94.58	92.51
Materia orgánica	94.48	93.64	91.73	93.33	93.76	92.76
Cenizas	5.52	6.36	8.27	6.67	6.24	7.24
Ceniza insoluble	0.05	0.27	0.12	0.10	0.09	0.24
Nitrógeno	2.65	3.00	2.79	2.94	2.79	2.71
Proteína cruda	16.56	18.77	17.41	18.37	17.43	16.95
Celulosa	19.64	11.16	11.38	13.88	13.65	14.65
Hemicelulosa	1.54	7.46	9.42	5.65	7.22	5.55
Lignina	21.18	20.79	16.34	21.08	18.67	18.56
FDA	40.86	32.22	27.83	35.05	32.40	33.45
FDN	42.37	39.68	37.25	40.68	39.62	39.01
Taninos	9.33	11.53	1.26	7.62	8.97	5.52
a (MS)	31.27	41.45	35.26	35.61	36.30	36.07
b (MS)	9.34	9.89	35.20	18.62	17.51	18.30
a+b (MS)	40.61	51.37	70.46	54.24	53.81	54.37
c (MS)	0.24	0.13	0.05	0.11	0.18	0.13
T de R (MS)	3.23	3.08	4.44	3.66	3.83	3.27
DEMS 2	38.16	48.70	59.30	49.47	48.31	48.38
DEMS 5	36.10	46.63	50.78	45.28	44.09	44.14
DEMS 8	34.87	45.42	46.13	33.93	34.80	35.87
a (PC)	28.53	38.80	24.75	31.28	31.16	29.63
b (PC)	8.23	10.17	56.35	23.90	27.41	23.45
a+b (PC)	36.76	48.97	81.10	55.19	58.57	53.07
c (PC)	0.10	0.16	0.11	0.13	0.09	0.14
T de R (PC)	3.19	2.73	3.67	3.51	3.43	2.64
DEPC 2	35.30	46.56	59.72	48.76	47.84	44.98
DEPC 5	33.79	44.46	45.86	43.19	41.36	39.56
DEPC 8	32.73	43.13	38.99	39.90	38.22	36.73

En el Cuadro 10 se presentan los valores promedio del contenido porcentual de materia seca y cenizas insolubles en los que sólo sus efectos principales fueron significativos. El contenido de materia seca entre especies fluctuó de 94.38% en *A. rigidula* a 93.12% en *A.*

*farnesiana*, mientras que entre estaciones este componente fluctuó de 94.43% en verano a 92.51 en invierno. Con respecto a las cenizas insolubles, el contenido porcentual más alto (0.27%) y más bajo (0.05%) fue observado en *A. berlandieri* y *A. rigidula*, respectivamente. En términos del contenido porcentual por estación para este mismo componente, el promedio mayor (0.24%) correspondió a la estación de invierno y el menor (0.09%) a otoño.

**Cuadro 10** Valores promedio (n=9) de variables bromatológicas en las que no se detectó interacción significativa pero en sus efectos principales sí.

Efecto principal	Variable (%)	
	Materia seca	Cenizas insolubles
Estación		
<i>A. rigidula</i>	94.38	0.05
<i>A. berlandieri</i>	94.01	0.27
<i>A. farnesiana</i>	93.12	0.12
Estación		
Verano	94.43	0.10
Otoño	94.58	0.09
Invierno	92.51	0.24

Los resultados de los análisis de varianza para cada uno de los componentes bromatológicos y parámetros de digestibilidad estudiados son presentados en el Cuadro A 5. Con respecto a los componentes bromatológicos, se puede observar en dicho cuadro, diferencias significativas ( $p < 0.001$ ) para los efectos principales (especie y estación). De manera similar, se detectaron también diferencias significativas ( $p < 0.001$ ) para la interacción (especie x estación) en la mayoría de los componentes bromatológicos a excepción de los contenidos de materia seca y cenizas insolubles.

Con relación a los parámetros de digestibilidad *in situ* se puede apreciar en el Cuadro A 5 que el patrón de diferencias significativas ( $p < 0.001$ ) entre los efectos principales (especie y estación) y los de interacción (especie x estación) fue similar entre los parámetros correspondientes a la materia seca y los de proteína cruda.

El follaje de las tres arbustivas evaluadas en este estudio presentaron niveles de proteína cruda suficientes durante las tres estaciones de crecimiento para cubrir los requerimientos de este nutriente de el ganado en pastoreo (Cuadro A 6). Sin embargo, los requerimientos de

proteína cruda son variables dependiendo de la especie animal y su edad, aunque aquel forraje que contenga 7% o más de este componente se considera adecuado para la alimentación de los rumiantes. Ramírez et al., (1994), reportan en su estudio de perfiles nutritivos del forraje de especies de matorral contenidos de 15.23, 21.55 y 21.03% de proteína cruda para *A. rigidula*, *A. berlandieri* y *A. farnesiana*, respectivamente.

Al evaluar la calidad nutritiva y los componentes del forraje en especies nativas del matorral en el centro-norte del estado de Nuevo León, De León (1995) reporta niveles de pared celular o fibra detergente neutro muy similares a los de este estudio (44.0 para *A. rigidula*, 36.2 para *A. berlandieri* y 36.6% para *A. farnesiana*). Solamente un estudio comparativo de degradabilidad ruminal de la pared celular de estos forrajes, pudiera indicar cual de ellos es el de mayor calidad para la nutrición animal (Singh et al., 1989, citado por Ramírez et al., 1994).

En un estudio sobre la calidad nutritiva de dos especies de matorral en el norte-centro de Nuevo León, Ramírez y García (1996) reportan un contenido de 10.9% de taninos en el forraje de *A. berlandieri*. Un alto contenido de taninos (arriba de 4%), puede sobre estimar el valor nutritivo del forraje de las plantas arbustivas. Se les atribuye esta sobre estimación ya que reducen la digestibilidad de la materia seca y la proteína cruda de los forrajes (Robbins et al., 1987 citado por Ramírez et al., 1994). Con respecto a la concentración de taninos y su correlación con la fracción degradada (%) de la materia seca y la proteína cruda se recomienda revisar del Cuadro A 29 al Cuadro A 32 de correlación en el apéndice.

Dado que se detectaron diferencias significativas ( $p < 0.001$ ) para la interacción especie por estación en la mayoría de los componentes bromatológicos, en el Cuadro A 6 se presentan los valores promedios por componente bromatológico, especie vegetal y estación de crecimiento.

### 4.3 Variables que mostraron interacción significativa

Con el propósito de detectar diferencias significativas ( $p < 0.001$ ) entre los nueve grupos generados (tres especies x tres estaciones) de la interacción especie x estación, se procedió a efectuar un análisis de varianza (Cuadro A 7) para aquellos componentes y parámetros en los que

se detectó tal interacción (Cuadro A 5). En el Cuadro A 7 se observa que existen diferencias estadísticas ( $p < 0.001$ ) para cada variable estudiada. En base a estos resultados obtenidos, la prueba de comparación de medias para cada variable analizada de los nueve grupos se ilustra del Cuadro A 9 al Cuadro A 28.

El comportamiento de materia orgánica en las tres especies vegetales, evaluadas en las tres estaciones de crecimiento, se ilustra en la Figura 12. En dicha figura se observa que la especie *A. rigidula* presentó el mayor contenido de materia orgánica en verano, otoño e invierno con valores de 94.19, 94.40 y 94.82%, respectivamente, mientras que los contenidos en *A. farnesiana* fluctuaron de 90.31 en invierno a 92.91% en otoño. Los contenidos de materia orgánica en *A. berlandieri* para las tres estaciones se mantuvieron relativamente constantes con un promedio de 93.64%.

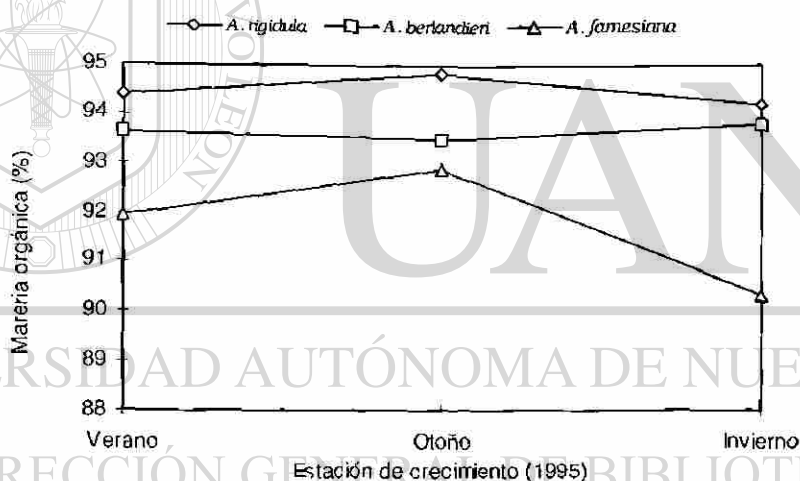
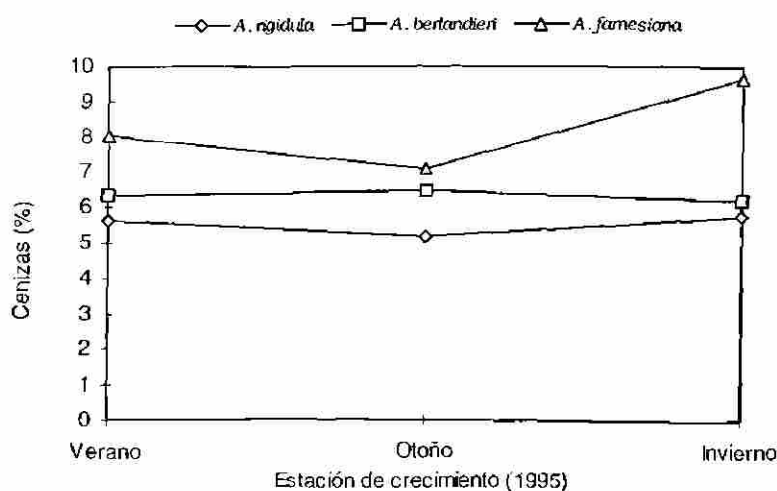


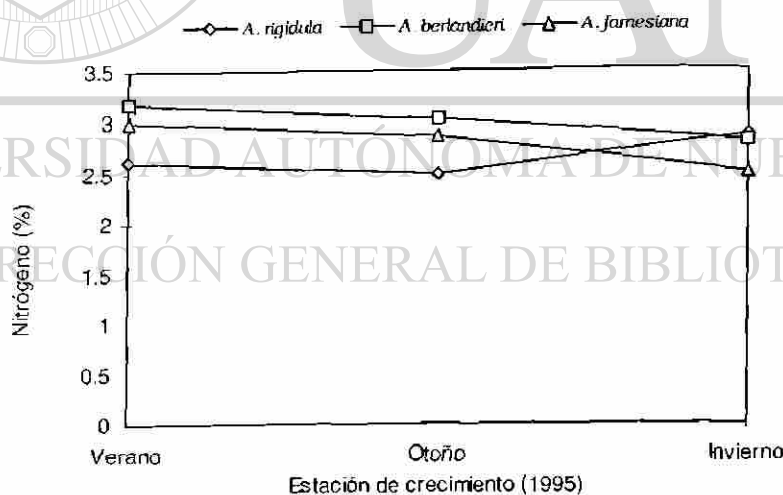
Figura 12 Porcentajes de materia orgánica en tejido foliar de *A. rigidula*, *A. berlandieri* y *A. farnesiana* detectados en tres estaciones de crecimiento.

En cuanto al contenido de cenizas, los porcentajes más altos corresponden a la especie *A. farnesiana*, con valores que fluctuaron de 7.08 en otoño a 9.68% en invierno, mientras que los contenidos más bajos fueron observados en *A. rigidula*, con promedios de 5.17 en otoño a 5.80% en invierno (Figura 13). En dicha figura también se puede apreciar que los contenidos de cenizas en *A. berlandieri* se mantienen relativamente constantes para las tres estaciones de crecimiento y los niveles de este componente tienden a aumentar significativamente por 2.6 unidades porcentuales de otoño a invierno en la especie *A. farnesiana*.



**Figura 13** Porcentajes de cenizas en tejido foliar de *A. rigidula*, *A. berlandieri* y *A. farnesiana* detectados en tres estaciones de crecimiento.

El contenido promedio de nitrógeno en *A. berlandieri* y *A. farnesiana* tendió a disminuir gradualmente de la estación de verano (3.08%) a la de invierno (2.64%), mientras que la *A. rigidula* aumentó significativamente de verano (2.61%) y otoño (2.48%) a invierno (2.85%) (Figura 14).



**Figura 14** Porcentajes de nitrógeno en tejido foliar de *A. rigidula*, *A. berlandieri* y *A. farnesiana* detectados en tres estaciones de crecimiento.

En la Figura 15 se ilustran las tendencias del contenido de proteína cruda. En dicha Figura se aprecia que las especies *A. berlandieri* y *A. farnesiana* disminuyen gradual y significativamente de verano (19.93 y 18.82%, respectivamente) a invierno (16.35 y 15.50%, respectivamente), en

cambio, la especie *A. rigidula* aumenta de forma significativa de verano (17.51%) y otoño (15.50%) a invierno (17.83%).

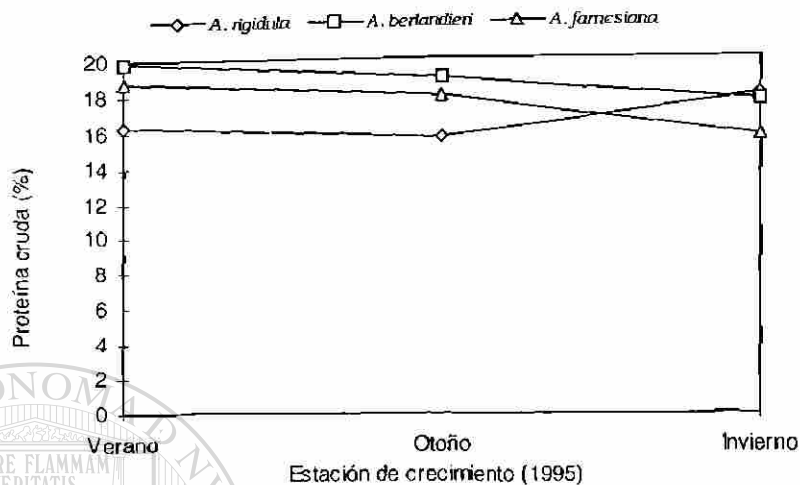


Figura 15 Porcentajes de proteína cruda en tejido foliar de *A. rigidula*, *A. berlandieri* y *A. farnesiana* detectados en tres estaciones de crecimiento.

Los mayores contenidos de celulosa, para las tres estaciones, fueron observados en *A. rigidula*, con valores que fluctuaron de 18.95 a 20.45%, mientras que los niveles más bajos se detectaron en *A. berlandieri* y *A. farnesiana* con porcentajes que oscilaron de 10.11 a 12.03% (Figura 16 ).

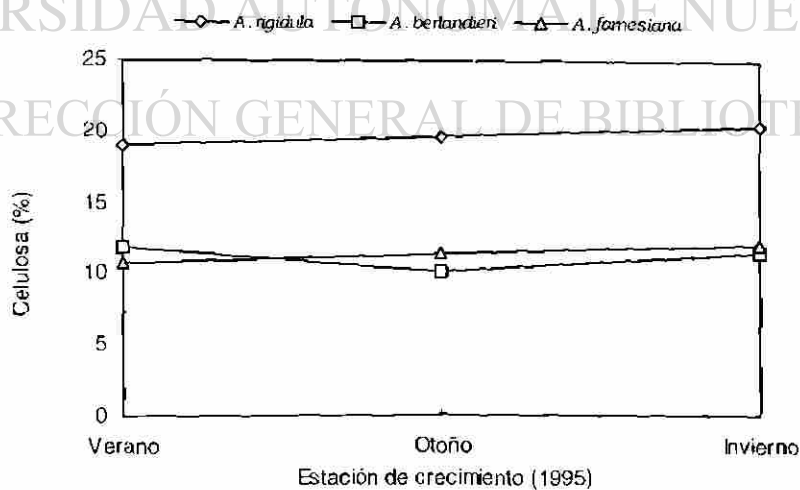


Figura 16 Porcentajes de celulosa en tejido foliar de *A. rigidula*, *A. berlandieri* y *A. farnesiana* detectados en tres estaciones de crecimiento.

En cuanto a las tendencias del contenido porcentual de hemicelulosa, los niveles más bajos para las tres estaciones de crecimiento se detectaron en *A. rigidula*, con valores que fluctuaron de 0.67 en verano a 1.96% en invierno (Figura 17). En cambio, los valores más altos para este componente fueron apreciados en la estación de otoño con valores de 11.06 y 8.08% para *A. farnesiana* y *A. berlandieri*, respectivamente. No obstante, se observa un significativo decremento gradual de la estación de otoño a invierno en los contenidos de hemicelulosa en *A. farnesiana* (de 11.06 a 8.99%) y *A. berlandieri* (de 8.60 a 5.69%).

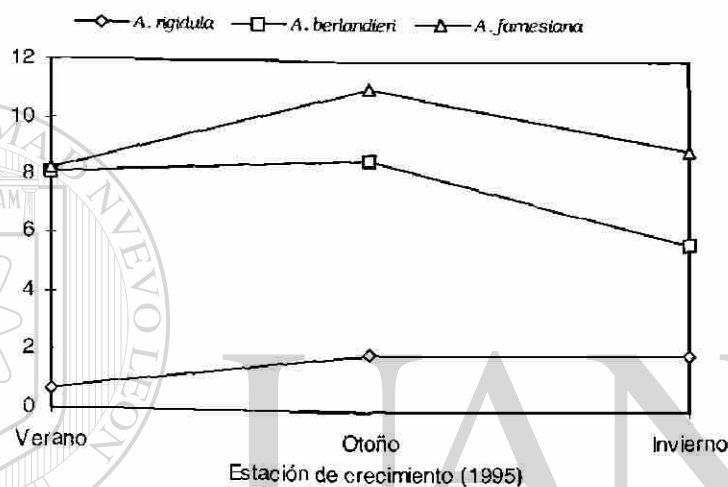
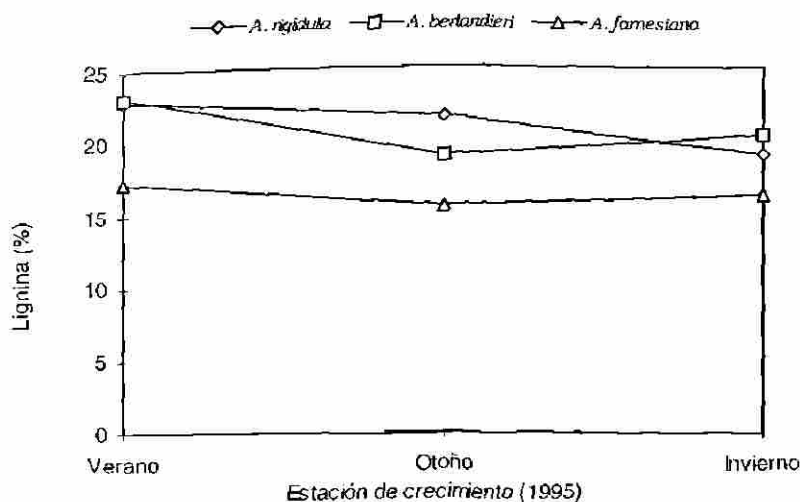


Figura 17 Porcentajes de hemicelulosa en tejido foliar de *A. rigidula*, *A. berlandieri* y *A. farnesiana* detectados en tres estaciones de crecimiento.

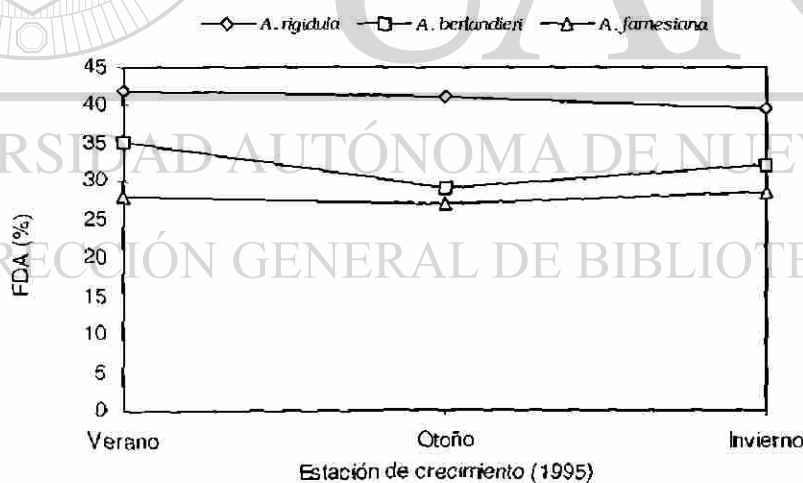
Los contenidos de lignina en el tejido foliar de las tres especies de *Acacia* durante las tres estaciones de crecimiento se presentan en la Figura 18. En esta figura se aprecia que la especie *A. farnesiana* presentó los niveles inferiores en las tres estaciones (16.88% en promedio), mientras que los contenidos para este componente bromatológico disminuyeron en *A. rigidula* de 21.64 a 19.04% de la estación de otoño a invierno comparada con la de *A. berlandieri*, la cual tendió a incrementarse de 17.23 a 20.35% de otoño a invierno. También se observa en la misma figura, que en la estación de verano el contenido de lignina fue superior en *A. berlandieri* y *A. rigidula* (23.0% en promedio) con respecto a la especie *A. farnesiana*, la cual presentó un contenido de 18.87%.





**Figura 18** Porcentajes de lignina en tejido foliar de *A. rigidula*, *A. berlandieri* y *A. farnesiana* detectados en tres estaciones de crecimiento.

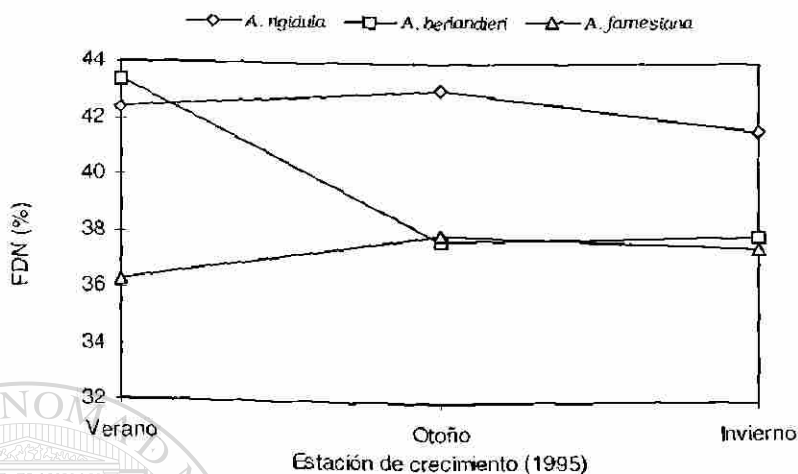
En lo que respecta a los contenidos de FDA para las tres estaciones de crecimiento, los niveles más bajos se registraron en *A. farnesiana* (27.81% en promedio), mientras que los porcentajes más altos se observaron en *A. rigidula* (40.85%). Los valores en *A. berlandieri* fluctuaron de 29.14 a 35.28% en las tres estaciones evaluadas (Figura 19).



**Figura 19** Porcentajes de FDA en tejido foliar de *A. rigidula*, *A. berlandieri* y *A. farnesiana* detectados en tres estaciones de crecimiento.

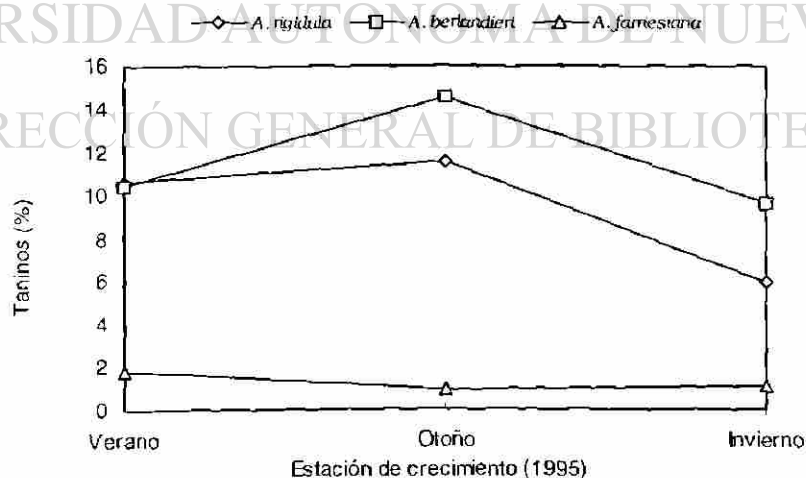
Los contenidos de FDN en la especie *A. rigidula* se mantuvieron relativamente constantes, durante las tres estaciones (42.37%), en relación a las tendencias que presentó *A. berlandieri*, en la cual se observó el valor más alto (43.37%) en verano y posteriormente disminuyó de manera

significativa de otoño a invierno, con un contenido promedio de 37.83% (Figura 20 ). En la especie *A. farnesiana*, este componente osciló entre 36.25 y 37.99% para las tres estaciones.



**Figura 20** Porcentajes de FDN en tejido foliar de *A. rigidula*, *A. berlandieri* y *A. farnesiana* detectados en tres estaciones de crecimiento.

En la Figura 21 se presentan los contenidos foliares de taninos condensados para las tres especies de *Acacia* evaluadas durante las estaciones de verano, otoño e invierno. En esta figura se observa que los contenidos más bajos para las tres estaciones se presentaron en la especie *A. farnesiana*, en la cual, los valores se mantuvieron relativamente constantes (1.25% en promedio). En cambio, en las especies *A. rigidula* y *A. berlandieri*, los contenidos superiores se detectaron en otoño (11.49 y 14.50%, respectivamente) y los inferiores en invierno (5.89 y 9.57%, respectivamente).



**Figura 21** Porcentajes de taninos condensados en tejido foliar de *A. rigidula*, *A. berlandieri* y *A. farnesiana* detectados en tres estaciones de crecimiento.

Los niveles de los componentes bromatológicos y las tendencias que muestran a través de las estaciones evaluadas, están influenciados de manera significativa por la temperatura, humedad, fotoperíodo, entre otros. Al empezar los días fríos, característicos del invierno, una gran diversidad de plantas entran en período latente, o de dormancia, en el cual la energía producida es utilizada para mantenimiento y disminuyen considerablemente el crecimiento y la producción. (Kozłowsky y Pallardy, 1997).

Al observar las tendencias de ciertos componentes bromatológicos, como la materia orgánica, taninos, nitrógeno y proteína cruda, para los cuales disminuyen sus niveles porcentuales en invierno con relación a verano, se puede inferir que tal decremento está influenciado por el período latente o de dormancia, al cual entran estas especies cuando inician los días de bajas temperaturas. Durante la estación de otoño, los componentes orgánicos acumulados en el tejido foliar empiezan a sufrir alteraciones: se degradan y/o se asocian a otras sustancias orgánicas (carbohidratos, lípidos), las cuales pueden ser fuentes de energía útil para el mantenimiento fisiológico de la planta durante los periodos de baja temperatura (Kozłowsky y Pallardy, 1997).

Con la materia inorgánica ocurre lo contrario, ya que los niveles de cenizas, en las que se incluyen los macro y microelementos como Ca, Mg, Cu, Fe y Mn, fueron mayores en los periodos correspondientes a invierno en relación al verano. Haciendo inferencia sobre esto, se puede decir que el material inorgánico no sufre las alteraciones que registra la materia orgánica, esto es, no se degrada ni se asocia a otras sustancias tan fácilmente de manera que se mantienen en el tejido foliar y/o pueden ser transportados con mayor facilidad a otras estructuras morfológicas (Mengel y Kirkby, 1982).

## 4.4 Digestibilidad *in situ*

Se determinó la degradabilidad ruminal de la materia seca y proteína cruda para cada una de las especies vegetales en cada una de las tres estaciones que correspondieron al período de estudio.

### 4.4.1 Digestibilidad *in situ* de la materia seca

En la Figura 22 y en el Cuadro A 8 se presentan las medias de la digestibilidad *in situ* de las especies vegetales en diferentes periodos de incubación ruminal. La especie *A. berlandieri* presentó los valores más elevados de degradabilidad ruminal a la hora 4 en las tres estaciones, mientras que a la misma hora la *A. rigidula* mostró los valores más bajos de degradabilidad (Figura 22). Respecto a las horas 8 y 12, se observan tendencias muy similares para las tres especies en las tres estaciones. Sin embargo, a partir de las 24 horas de incubación, el porcentaje de degradabilidad ruminal de la especie *A. farnesiana* se elevó considerablemente en relación a los porcentajes de la *A. rigidula* y *A. berlandieri*, las cuales se mantienen relativamente constantes desde las 24 hasta las 48 horas de haber sido incubadas en el rumen (Figura 22).

### 4.4.2 Digestibilidad *in situ* de la proteína cruda

En la Figura 23 y en el Cuadro A 8 se ilustran las medias de la digestibilidad *in situ* de la proteína cruda de las especies vegetales en los diversos periodos de incubación ruminal para las tres estaciones. A la hora 4, la especie *A. berlandieri* presentó los valores más elevados de degradabilidad ruminal en las tres estaciones, mientras que a la misma hora, la *A. rigidula* mostró el valor más bajo en verano y la *A. farnesiana* en otoño e invierno. A partir de la hora 8 y hasta la 48, las especies *A. rigidula* y *A. berlandieri* muestran valores relativamente constantes en las tres estaciones; esto es, la mayor cantidad de proteína cruda que se puede degradar en el rumen ocurre en las primeras 8 a 12 horas de incubación. Para el caso de *A. farnesiana*, a partir de las 8 horas de incubación, presenta un ascenso gradual hasta llegar a las 48 horas, periodo en el cual se observa una elevada tasa de digestibilidad en relación a las que presentan la *A. rigidula* y *A. berlandieri* a la misma hora.

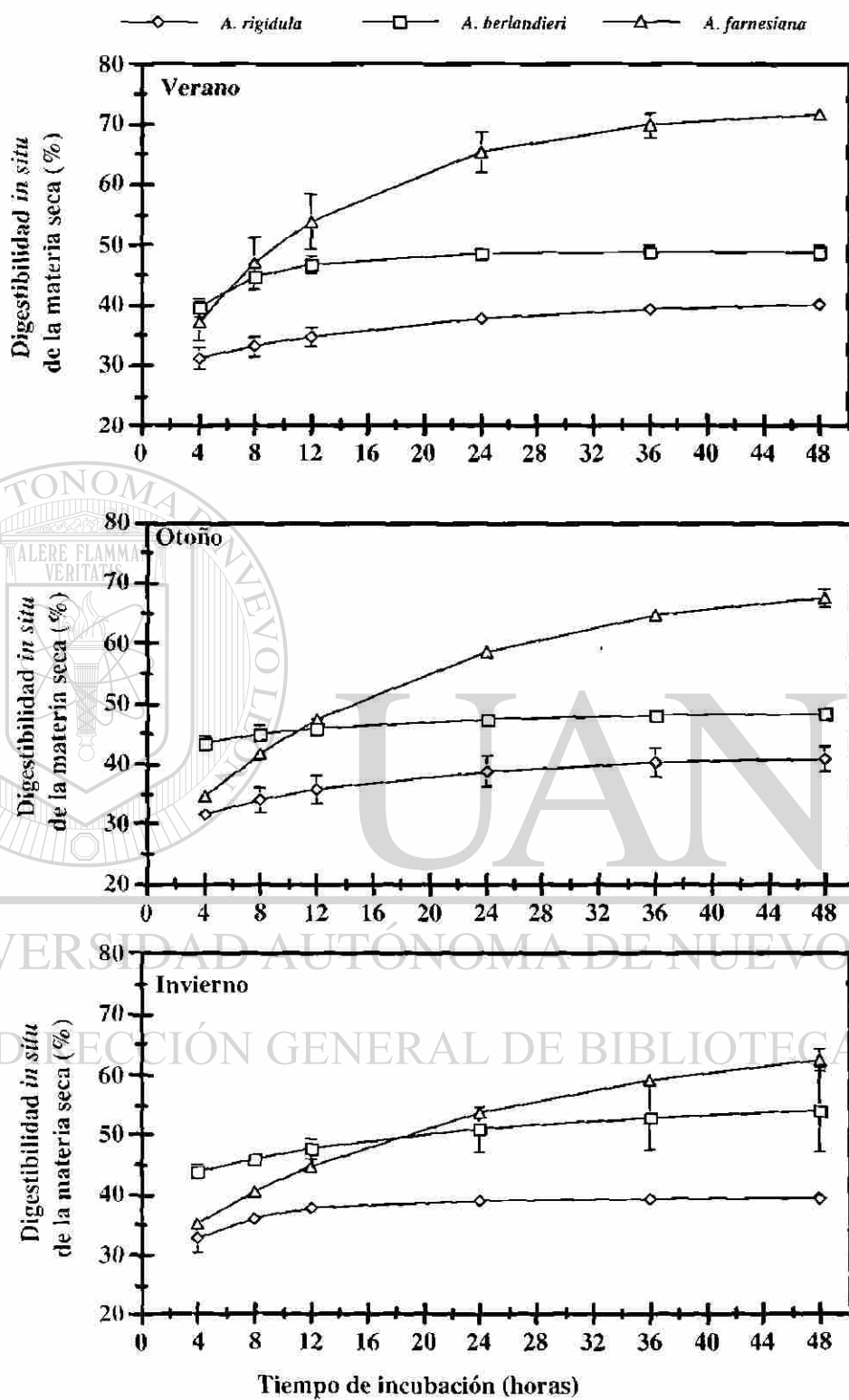


Figura 22 Cinética de la digestibilidad *in situ* de la materia seca de *A. rigidula*, *A. berlandieri* y *A. farnesiana* en tres estaciones de crecimiento.

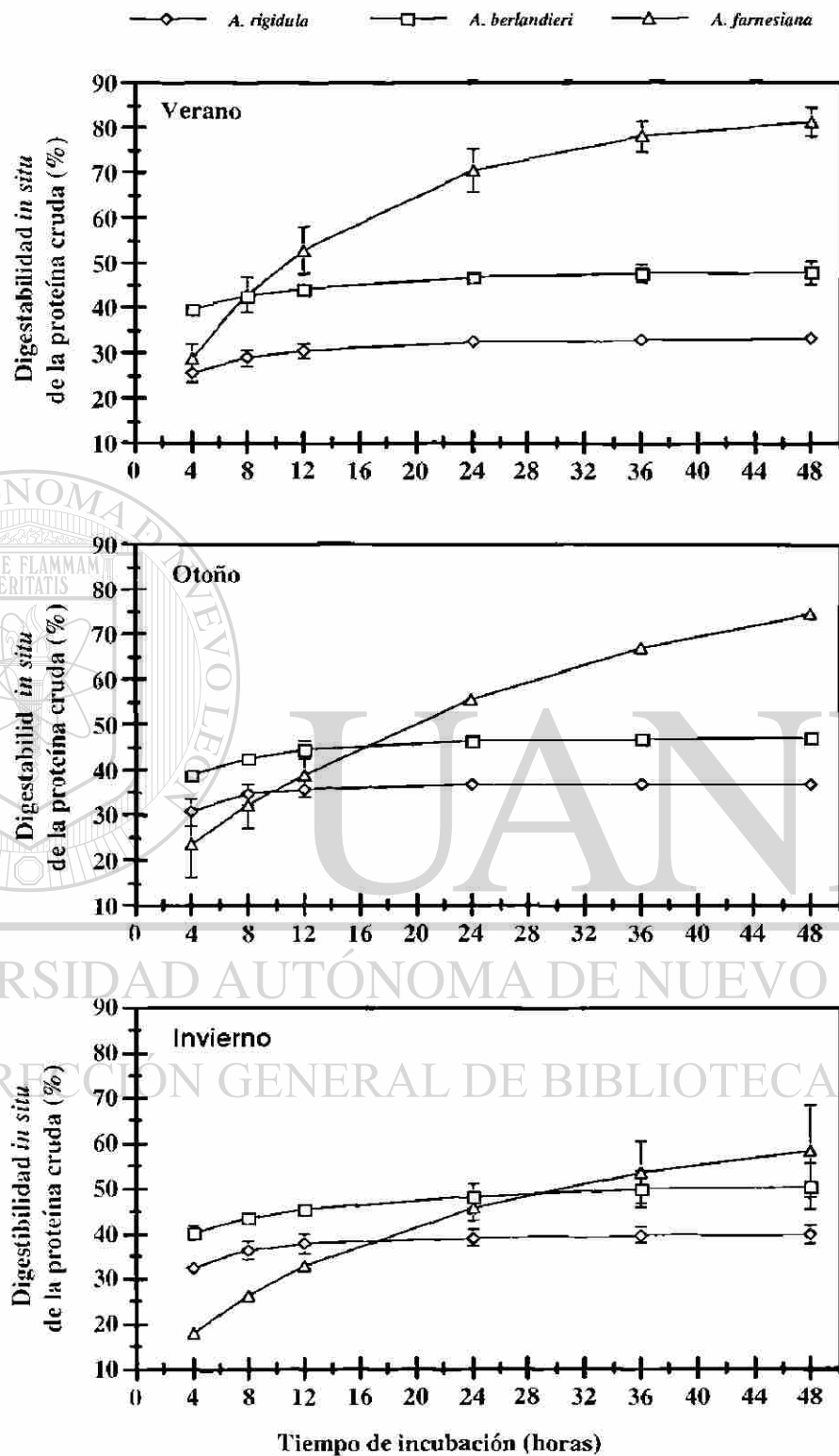


Figura 23 Cinética de la digestibilidad *in situ* de la proteína cruda de *A. rigidula*, *A. berlandieri* y *A. farnesiana* en tres estaciones de crecimiento.

## 4.5 Parámetros no lineales de degradabilidad

### 4.5.1 Parámetros no lineales de la degradabilidad efectiva de la materia seca

Los parámetros no lineales de la degradabilidad efectiva de la materia seca de las especies vegetales en las tres estaciones del año se muestran en el Cuadro 6 y sus análisis de varianza en el Cuadro A 5. Los parámetros a, b, a+b, DEMS 2, DEMS 5 y DEMS 8 mostraron diferencias altamente significativas ( $p < 0.001$ ) entre las especies vegetales. Los parámetros a, DEMS 2, DEMS 5 y DEMS 8 mostraron interacción altamente significativa ( $p < 0.001$ ) entre los nueve grupos de la interacción especie x estación (Cuadro A 7).

Según se observa en el Cuadro 11, la fracción a (MS) fue mayor en *A. berlandieri* en las tres estaciones (39.11, 43.20 y 42.06% para verano, otoño e invierno, respectivamente) en relación a la *A. rigidula* y *A. farnesiana*. El nivel más bajo para este parámetro se presentó en *A. rigidula* en la estación de verano (30.50%).

El Cuadro 11 también ilustra que la fracción b (MS) fue considerablemente mayor en *A. farnesiana*, la cual presentó los valores de 35.65% para verano, de 36.77% para otoño y 33.18% para invierno. El porcentaje más bajo para este parámetro fue observado en *A. berlandieri* de otoño (5.48%).

La fracción a+b (MS) fue mayor en *A. farnesiana*, la cual presentó los valores 72.88, 71.27 y 67.22%, para verano, otoño e invierno, respectivamente (Cuadro 11). El nivel más bajo registrado para este parámetro se presentó en *A. rigidula* de invierno (39.36%).

Para el caso de la fracción c (MS) se observa en el Cuadro 11, que la *A. berlandieri* de verano presentó el valor más alto (25%/hr) de degradación, mientras que el forraje de *A. farnesiana* de otoño mostró el valor más bajo para este parámetro (5%/hr).

En el cuadro citado anteriormente, se muestra que en cuanto a la fracción T de R (MS), la *A. farnesiana* de verano presentó el valor más alto de tiempo de retardo (3.97 hr) de las tres especies y las tres estaciones. El forraje que mostró el tiempo más corto para que las bacterias iniciaran la degradación de la materia seca fue el de *A. berlandieri* de invierno (1.33 hr).

La degradabilidad efectiva de la materia seca (DEMS %) a tasas de pasaje ruminal de 2, 5 y 8%/hr, esto es, niveles de consumo del forraje bajo, medio y elevado respectivamente, fue mayor en el forraje de *A. farnesiana* de verano (63.4, 55.03 y 50.07% para las tasas de intercambio ruminal de 2%/hr, 5%/hr y 8%/hr, respectivamente), mientras que el forraje de *A. rigidula* de verano presentó los valores más bajos para estos parámetros (37.73, 35.30 y 33.93% para las mismas tasas de intercambio ruminal, Cuadro 11). Los valores numéricos de las tasas de intercambio ruminal de las tres especies estudiadas durante las tres estaciones, indican que a mayor consumo del forraje de estas arbustivas es menor la degradabilidad efectiva de la materia seca, y al disminuir los niveles de consumo, su degradabilidad efectiva será mayor.

Cuadro 11 Medias y desviación estándar (n=3) de los parámetros de la digestibilidad *in situ* y degradabilidad efectiva de la materia seca.

Estación		a	b	a + b	c	T de R (horas)	DEMS 2	DEMS 5	DEMS 8
<i>A. rigidula</i>									
Verano	Media	30.50	10.50	41.00	0.06	2.73	37.73	35.30	33.93
	DE	2.00	2.94	0.94	0.02	1.25	0.40	1.06	1.37
Otoño	Media	31.20	10.28	41.48	0.07	3.40	38.53	36.13	34.80
	DE	0.89	0.94	1.63	0.02	0.53	1.99	1.97	1.82
Invierno	Media	32.11	7.25	39.36	0.18	3.43	38.20	36.87	35.87
	DE	1.92	2.27	0.42	0.02	0.64	0.20	0.50	0.83
<i>A. berlandieri</i>									
Verano	Media	39.11	9.72	48.83	0.25	3.83	47.27	45.50	44.20
	DE	1.43	1.39	1.25	0.14	0.12	1.07	1.21	1.35
Otoño	Media	43.20	5.48	48.68	0.15	3.03	47.27	46.07	45.37
	DE	0.95	2.12	1.18	0.15	0.50	0.64	0.76	0.91
Invierno	Media	42.06	14.48	56.54	0.07	1.33	51.57	48.33	46.70
	DE	1.05	10.91	10.73	0.04	0.78	5.39	2.75	1.76
<i>A. farnesiana</i>									
Verano	Media	37.23	35.65	72.88	0.08	3.97	63.40	55.03	50.07
	DE	2.78	3.39	0.77	0.02	0.35	1.87	3.03	3.41
Otoño	Media	34.50	36.77	71.27	0.05	3.87	59.13	50.07	45.20
	DE	0.36	3.05	2.72	0.01	0.42	0.90	0.35	0.36
Invierno	Media	34.03	33.18	67.22	0.19	3.17	55.37	47.23	43.13
	DE	0.51	4.65	4.35	0.25	0.55	1.25	0.15	0.47



#### 4.5.2 Parámetros no lineales de la degradabilidad efectiva de la proteína cruda

Los parámetros no lineales de la degradabilidad efectiva de la proteína cruda de las especies vegetales en las tres estaciones del año se muestran en el Cuadro 7 y sus análisis de varianza en el Cuadro A 5. Los parámetros a, b, a+b, c, T de R, DEPC 2, DEPC 5 y DEPC 8 mostraron diferencias altamente significativas ( $p < 0.001$ ) entre las especies vegetales. Los parámetros a, a+b, DEPC 2, DEPC 5 y DEPC 8 mostraron interacción altamente significativa ( $p < 0.001$ ) entre los nueve grupos (Cuadro A 7).

La fracción a (PC) fue mayor en *A. berlandieri* en las tres estaciones (39.47, 37.90 y 39.03% para verano, otoño e invierno, respectivamente). El nivel más bajo para este parámetro se presentó en *A. farnesiana* durante la estación de invierno (18.86%) según muestra el Cuadro 12.

El Cuadro 12 ilustra como la fracción b (PC) fue considerablemente mayor en *A. farnesiana*, la cual presentó los valores 54.67, 65.93 y 48.45%, para verano, otoño e invierno, respectivamente. El porcentaje más bajo para este parámetro fue observado en *A. rigidula* de otoño (7.09%).

La fracción a+b (PC) fue mayor en *A. farnesiana*, la cual presentó los valores 84.32, 91.65 y 67.31%, para verano, otoño e invierno, respectivamente (Cuadro 12). El nivel más bajo registrado para este parámetro se presentó en *A. rigidula* de verano (33.17%).

Para el caso de la fracción c (PC), el Cuadro 12 ilustra que la *A. rigidula* de otoño presentó el valor más alto (36%/hr) de degradación, mientras que el forraje de *A. farnesiana* de otoño mostró el valor más bajo para este parámetro (3%/hr).

En cuanto a la fracción T de R (PC), la *A. farnesiana* de otoño presentó el más alto valor de tiempo de retardo (4.8 hr) de las tres especies y las tres estaciones. El forraje que mostró el tiempo más corto para que las bacterias iniciaran la degradación de la proteína cruda fue el de *A. berlandieri* de invierno (2.5 hr) como se aprecia en el Cuadro 12.

La degradabilidad efectiva de la proteína cruda (DEPC %) a tasas de pasaje ruminal de 2, 5 y 8%/hr, fue mayor en el forraje de *A. farnesiana* de verano (68.6, 55.43 y 47.93% para las tasas de intercambio ruminal de 2%/hr, 5%/hr y 8%/hr, respectivamente) mientras que el forraje de *A.*

*rigidula* de verano presentó los valores más bajos para estos parámetros (31.6, 29.93 y 28.8% para las mismas tasas de intercambio ruminal Cuadro 12). Los valores numéricos de las tasas de intercambio ruminal de las tres especies estudiadas durante las tres estaciones, indican que a mayor consumo del forraje de estas arbustivas es menor la degradabilidad efectiva de la proteína cruda, y al disminuir los niveles de consumo, su degradabilidad efectiva será mayor.

**Cuadro 12** Medias y desviación estándar ( $\pm$ DE) (n=3) de los parámetros de la digestibilidad *in situ* y degradabilidad efectiva de la proteína cruda.

Estación		a	b	a + b	c	T de R (horas)	DEPC 2	DEPC 5	DEPC 8
<i>A. rigidula</i>									
Verano	Media	24.73	8.44	33.17	0.14	3.27	31.60	29.93	28.80
	DE	2.03	1.35	0.87	0.03	0.15	1.18	1.47	1.66
Otoño	Media	29.85	7.09	36.94	0.36	3.43	35.90	34.70	33.80
	DE	2.83	3.59	0.94	0.22	0.32	0.79	1.23	1.65
Invierno	Media	31.00	9.16	40.16	0.22	3.00	38.40	36.73	35.60
	DE	0.72	2.43	2.27	0.14	0.72	1.47	1.12	0.95
<i>A. berlandieri</i>									
Verano	Media	39.47	8.60	48.06	0.11	3.47	46.07	44.20	42.97
	DE	1.18	3.74	2.65	0.03	1.10	1.43	0.56	0.50
Otoño	Media	37.90	9.21	47.11	0.15	3.27	45.47	43.70	42.50
	DE	0.61	1.47	1.17	0.05	0.32	1.21	1.11	0.95
Invierno	Media	39.03	12.72	51.75	0.12	2.50	48.13	45.47	43.93
	DE	1.03	6.74	7.38	0.08	1.65	3.93	2.27	1.80
<i>A. farnesiana</i>									
Verano	Media	29.65	54.67	84.32	0.07	4.23	68.60	55.43	47.93
	DE	2.53	1.20	3.59	0.02	0.42	2.92	3.32	3.15
Otoño	Media	25.72	65.93	91.65	0.03	4.80	62.17	45.67	38.37
	DE	5.32	1.71	5.04	0.01	0.62	2.33	2.94	3.67
Invierno	Media	18.86	48.45	67.31	0.05	4.30	48.40	36.47	30.67
	DE	1.84	19.04	18.56	0.04	0.70	7.40	2.60	1.24

Respecto a los análisis de correlación, en el Cuadro A 29 se observa como algunas variables se correlacionaron negativamente y de manera altamente significativa. Por ejemplo, los contenidos de FDA, FDN, lignina y taninos del tejido foliar, se correlacionan negativamente con la degradabilidad efectiva de la materia seca y de la proteína cruda. Esto comprueba estadísticamente que la degradabilidad efectiva de la materia seca y de la proteína cruda, son variables dependientes de dichos componentes bromatológicos; a mayor contenido de FDA, FDN, lignina y taninos en el tejido foliar, menor porcentaje de degradabilidad efectiva de la materia seca y de la proteína cruda. Se infiere que los elevados contenidos de taninos

condensados en el follaje de *A. rigidula* y *A. berlandieri* influyen en la baja degradabilidad de la materia seca y la proteína cruda, comparada con la degradabilidad efectiva de la materia seca y de la proteína cruda presentadas en *A. farnesiana*, la cual mostró los menores niveles de taninos condensados. Como es sabido, los taninos condensados pueden interactuar con la proteína de las plantas, formando complejos tanino-proteína indigestibles, que no permiten la acción microbial de las bacterias en el rumen para degradar la proteína y convertirla en proteína microbial. Sin embargo, no todo es negativo, ya que el complejo tanino-proteína se disocia en el abomaso, el cual presenta un pH ácido, librando la proteína nativa de las plantas, la cual contiene un buen perfil de aminoácidos esenciales, para ser digerida en el intestino delgado (Kumar et al., 1995).



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 5. CONCLUSIONES

Las siguientes conclusiones se derivaron a partir de los resultados obtenidos en la presente investigación, los cuales cubrieron satisfactoriamente los objetivos planteados en el capítulo introductorio:

1. Con respecto a la concentración macro y micronutrientes, se observó que existen diferencias interespecíficas en la concentración foliar, y que las diferencias de acumulación detectadas entre los elementos, dentro y entre especies, están influenciadas por demandas o necesidades nutricionales, por mecanismos de absorción mineral y de compartamentación foliar.
2. Las tres especies arbustivas estudiadas, tienen la capacidad de absorber los nutrientes disponibles en suelo y acumularlos en sus estructuras foliares en concentraciones relativamente altas (hasta en 65 veces) en relación a su medio.
3. Las especies *A. rigidula*, la *A. berlandieri* y *A. farnesiana* se pueden considerar como fuentes suplementarias de alta calidad, al proporcionar cantidades suficientes de proteína cruda, fibra, energía, y minerales a la nutrición de animales en pastoreo a través de las estaciones del año, en especial en temporadas secas. Estas especies también pueden contribuir como fuente de forraje para cubrir la demanda nutricional de la fauna silvestre.
4. En relación a los análisis cualitativos y cuantitativos de los componentes nutricionales y parámetros de digestibilidad *in situ*, se observó que el forraje de *A. farnesiana* fue el que presentó los mayores niveles de digestibilidad de la materia seca y proteína cruda, y los menores contenidos de taninos, con respecto a las especies *A. rigidula* y *A. berlandieri*.
5. El aprovechamiento de las especies estudiadas, está condicionado a estudios que determinen con gran precisión, su potencial productivo, sus requerimientos de fertilización, sus características de manejo y la digestibilidad del forraje en el sistema digestivo de las diversas especies animales.

## 6. LITERATURA CITADA

**Alanís FGJ** (1991) El matorral del noreste de México, como un recurso forrajero potencial para el ganado caprino. Reporte científico, Número especial 8, Facultad de Ciencias Forestales, UANL, Linares, N.L., México, 23 pp

**AOAC (Association of Official Agricultural Chemists)** (1990) Official methods of analysis. 9th ed., Association of Official Agricultural Chemists, Washington, D.C.

**ARC (Agricultural Research Council)** (1984) The nutrient requirement of ruminant livestock. Suppl No. 1, Commonw. Agric. Bur. Farnham Royal. Engl.

**Ash AJ** (1990) The 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. *Anim. Feed. Sci. Technol* 28: 225-232

**Azcon BJ, Talon M** (1993) Fisiología y bioquímica vegetal. Interamericana McGraw Hill, Madrid, España, 581 pp

**Burns RE** (1971) Method for estimation of tannins in sorghum grain. *Agron. Journal* 63: 511-515

**Close W, Menke K** (1986) Selected topics in animal nutrition. University of Hohenheim, Germany, pp 41-45; A.52 - A.58

**De Alba J** (1971) Alimentación del ganado en América Latina. De la prensa médica mexicana, México, pp 4, 5, 71

**De León AJC** (1995) Perfil de la concentración de ácidos grasos volátiles de quince arbustivas nativas del noreste de México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UANL, Monterrey, N.L., México, pp 24-30

**Devendra C** (1995) Composition and nutritive value of browse legumes. CAB International, Malaysia, 49 pp

**Devlin RM** (1982) Fisiología vegetal. 4a ed., Omega, S.A., España, pp 270-275

**D'Mello JPF, Devendra C** (1995) Tropical legumes in animal nutrition. Center for Agriculture and Biosciences, United Kingdom, pp 34, 41

**Estrada AE, Marroquín JS** (1990) Leguminosas en el centro-sur de Nuevo León. Reporte científico, Número especial 10, Facultad de Ciencias Forestales, UANL, Linares, N.L.

**Fierro LC, Fierro R** (1987) Manual de nutrición de bovinos. Secretaría de recursos naturales Honduras, pp 10 - 22

**Goering HK, Van Soest PJ** (1970) Forage fiber analysis. USDA, Agricultural Handbook. No. 379, pp 1-20

**Goodwin TW, Mercer EI** (1988) Introduction to plant biochemistry, 2nd ed, Pergamon Press, Great Britain, 58 pp

**Heiseke D, Foroughbakhch R** (1985) El matorral como recurso forestal. Reporte científico Número 1, Facultad de Ciencias Forestales, UANL, Linares, N.L., México, 31 pp

**Jones DIH, Wilson AD** (1987) Nutritive quality of forage. Trees and shrubs as a source of nutrients, The nutrition of herbivores, J.B. Hacker and J.H., Ternouth eds., Academic Press, Australia, 80 pp

**Kawas GJJ** (1996) Determinación del perfil mineral de especies forrajeras de cuatro zonas geográficas del litoral del Golfo de México. Tesis Doctoral, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UANL, Monterrey, N.L., pp 17, 18

**Kozlowsky TT, Pallardy SG** (1997) Physiology of woody plants, 2nd ed, Academic Press, USA, 411 pp

**Kumar R, D'Mello JPF** (1995) Anti-nutritional factors in forage legumes. Tropical Legumes in Animal Nutrition, CAB International, India, pp 97-100

- Larbi A, Kurdi OI, Said AN, Hanson J** (1996) Classification of *Erythrina* provenances by rumen degradation characteristics of dry matter and nitrogen. *Agroforestry Systems* 33: 153-163
- Mariás GF** (1997) Digestión ruminal de los nutrientes contenidos en el heno de alfalfa y en las hojas de las arbustivas nativas tenaza (*Pithecellobium pallens*) y retama (*Parkinsonia aculeata*), Tesis de Licenciatura, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UANL, Monterrey, N.L. 47 pp
- Mc Donald Y** (1981) A Revised model for estimation of protein degradability in the rumen. *J. Agricultural Science, Camb*, 96: 251:252
- Marschner H** (1986) Mineral nutrition of higher plants, Academic Press, San Diego, Ca., 674 pp
- Maynard LA, Losli JK, Hintz HF, Warner RG** (1981) Nutrición animal. 7a ed., Mc Graw Hill, USA pp,10-40, 78-107, 233-299
- Melchor DHJ** (1992) Digestión de la fibra en ovinos alimentados con zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris*), tratado con nitrógeno no protéico y en combinación con arbustivas nativas, Tesis de Licenciatura, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UANL, Monterrey, N.L., pp 10-20
- Mengel K, Kirkby EA** (1982) Principles of plant nutrition, 3th ed., International Potash Institute, Switzerland, 655 pp
- Norton BW, Poppi DP** (1995) Composition and nutritional attributes of pastures legumes. *Tropical Legumes in Animal Nutrition*, CAB International, Australia, pp 33, 40-41
- Orscov ER, McDonald Y** (1979) The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agricultural Science*, 92: 499-503

- Price ML, Van Scoyoc S, Butler LG** (1978) A Critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. *Journal Agric. Food Chem.* 26: 1214-1220
- Quiñones VJJ, Castellanos E, Pérez AG** (1989) Estimación de la biomasa de una arbustiva en el noreste de Durango, Manejo de Pastizales. *Publicación Oficial Sommap*, Vol. 2, No. 3, pp 14
- Ramírez RG** (1989) Estudios nutricionales de las cabras en el noreste de México: primera parte y segunda parte. Dirección General de Estudios de Postgrado, UANL, México. Cuadernos de investigación Números 6 y 13
- Ramírez LR, Kawas GJR, Fimbres DH** (1994) Perfil nutritivo y digestión ruminal del forraje de arbustivas nativas del noreste de México. Reporte científico, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UANL, Monterrey, N.L.
- Ramírez RG** (1995) Importancia de arbustos y hierbas para cubrir las demandas nutricionales de los rumiantes en pastoreo. En: *Contribuciones Científicas al Dr. Eduardo Aguirre Pequeño*, Editores: Jorge Marroquín y Roberto Reboloso, UANL, pp 98-109
- Ramírez RG, García CG** (1996) Nutrient profile and *in situ* digestion of forage from *Leucaena leucocephala* and *Acacia berlandieri*. *Forest, Farm, and Community Tree Research Reports*, USA (1): 27-31
- Reid N, Marroquín J, Beyer-Munzel P** (1988) Intensidad del ramoneo en especies del matorral tamaulipeco del Noreste de México, Manejo de pastizales, *Publicación oficial Sommap.*, Vol. 1, No.1, pp 25
- Rojas GM** (1993) *Fisiología vegetal aplicada*. 4a ed, Interamericana McGraw-Hill, México, pp 122-123
- Salisbury FB, Ross CW** (1985) *Plant physiology*. 3th ed., Wadsworth Publishing Company, USA, pp 5-7, 282



**Scales FM, Harrison AP** (1920) Boric acid modification of the Kjeldahl method for crop and soil analysis. *J. Ind Eng Chem* 12: 350-352

**Scott T, Eagleson M** (1988) Concise enciclopedia biochemistry, 2nd ed., Walter de Gruyter & Co, Germany, pp 104-105

**SPP-INEGI** (1986) Síntesis geográfica del estado de Nuevo León. Secretaría de Programación y Presupuesto, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. México, 170 pp

**SPSS** (1992) Statistical package for social sciences. Versión 5.01

**Steel RGD, Torrie JC** (1980) Principles and procedures of statistics, 2nd ed., McGraw-Hill Book Co., New York, 633 pp

**Sud RG, Bhargava M** (1995) Effect of weather conditions on concentration of calcium, manganese, zinc, copper and iron in green tea (*Camellia sinensis* (L) o Kuntze) leaves of north-western India. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 67:3, 341-346 pp

**Van Soest PJ** (1982) Nutritional ecology of the ruminant. O and B Books, Inc., Corvallis, Oregon, USA, 373 pp

---

**Van Soest PJ** (1987) Interactions of feeding behavior and foraje composition. *Memorias de la IV Conferencia Internacional sobre caprinos*, Brasilia, Brasil, pp 971-987

**Vines RA** (1984) Trees, shrubs and woody vines of the southwest of Texas, Austin. University of Texas Press, 1104 pp



## APÉNDICE

# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Cuadro A 1** Estadísticas básicas que describen la concentración de macro y micronutrientes en tejido foliar.

Elemento	N	Mínimo <sup>1</sup>	Máximo <sup>1</sup>	Media <sup>1</sup>	DS <sup>1</sup>
<i>General</i>					
Ca	216	118.12	899.71	449.26	161.63
K	216	111.52	456.64	223.20	57.86
Mg	216	15.30	214.25	80.11	36.22
Zn	216	0.01	0.68	0.22	0.09
Fe	216	0.04	2.44	0.73	0.29
Mn	216	0.27	1.78	0.67	0.20
Cu	216	0.06	0.38	0.13	0.06
<i>A. rigidula</i>					
Ca	72	129.32	682.16	358.87	123.31
K	72	130.39	456.64	255.92	64.18
Mg	72	64.55	214.25	115.07	30.88
Zn	72	0.11	0.39	0.19	0.07
Fe	72	0.35	1.50	0.72	0.27
Mn	72	0.33	1.15	0.63	0.17
Cu	72	0.06	0.32	0.16	0.06
<i>A. berlandieri</i>					
Ca	72	118.12	551.89	366.49	84.83
K	72	111.52	369.06	191.64	44.54
Mg	72	15.30	74.96	43.34	10.94
Zn	72	0.01	0.68	0.20	0.08
Fe	72	0.36	1.19	0.65	0.20
Mn	72	0.27	1.01	0.65	0.14
Cu	72	0.07	0.38	0.15	0.06
<i>A. farnesiana</i>					
Ca	72	380.55	899.71	622.43	105.22
K	72	122.28	316.58	222.05	44.03
Mg	72	46.19	127.49	81.93	16.87
Zn	72	0.16	0.61	0.29	0.10
Fe	72	0.04	2.44	0.81	0.37
Mn	72	0.40	1.78	0.73	0.26
Cu	72	0.06	0.14	0.09	0.02

<sup>1</sup> Expresado en  $\mu\text{moles/gps}$ .

**Cuadro A 2** Resumen del análisis de varianza considerando el diseño completamente al azar para describir la concentración iónica foliar en las especies de *Acacia* en nueve muestreos.

Elemento	Estadístico F	Valor P	R <sup>2</sup> (%)	CV (%)	√CME	Media
Muestreo 1 (10/VII/95)						
Ca	14.21	0.0001	57.5	21.1	98.849	467.218
K	11.93	0.0003	53.1	15.2	44.881	294.635
Mg	38.68	0.0001	78.6	18.0	13.711	76.125
Zn	11.25	0.0005	51.7	12.9	0.045	0.355
Fe	13.34	0.0002	55.9	17.6	0.144	0.821
Mn	10.23	0.0008	49.3	25.4	0.218	0.858
Cu	5.85	0.0095	35.7	43.3	0.066	0.153
Muestreo 2 (1/VIII/95)						
Ca	26.20	0.0001	71.3	18.1	76.469	421.209
K	25.91	0.0001	71.1	11.7	28.810	244.441
Mg	40.97	0.0001	79.6	16.4	11.956	72.774
Zn	72.39	0.0001	87.3	13.8	0.033	0.241
Fe	2.79	0.0844	20.9	23.3	0.130	0.559
Mn	2.79	0.0844	20.9	23.3	0.132	0.568
Cu	22.60	0.0001	68.2	16.1	0.017	0.111
Muestreo 3 (22/VIII/95)						
Ca	13.42	0.0002	56.1	20.6	101.023	489.696
K	18.54	0.0001	63.8	16.5	31.220	189.026
Mg	59.49	0.0001	84.9	22.4	15.026	66.816
Zn	17.05	0.0001	61.8	15.7	0.029	0.184
Fe	2.16	0.1406	17.1	5.9	0.032	0.541
Mn	5.40	0.0128	33.9	24.7	0.162	0.657
Cu	15.16	0.0001	59.1	19.3	0.019	0.102
Muestreo 4 (12/IX/95)						
Ca	2.92	0.0759	21.7	31.1	133.333	428.015
K	1.87	0.1788	15.1	25.0	51.118	204.047
Mg	55.81	0.0001	84.1	17.5	13.546	77.395
Zn	19.38	0.0001	64.8	25.2	0.043	0.171
Fe	0.41	0.6689	3.7	27.6	0.139	0.503
Mn	1.79	0.1919	14.5	27.9	0.167	0.601
Cu	18.46	0.0001	63.7	15.9	0.016	0.101

Cuadro A 2 Resumen del análisis de varianza (continuación).

Elemento	Estadístico F	Valor P	R <sup>2</sup> (%)	CV (%)	√CME	Media
Muestreo 5 (3/X/95)						
Ca	17.98	0.0001	63.1	21.5	87.157	404.750
K	11.91	0.0003	53.1	11.9	29.431	246.207
Mg	46.00	0.0001	81.4	17.4	13.172	75.543
Zn	2.17	0.1394	17.1	49.0	0.103	0.211
Fe	0.31	0.7342	2.8	14.2	0.098	0.691
Mn	2.91	0.0768	21.6	22.1	0.148	0.669
Cu	16.99	0.0001	61.8	16.7	0.021	0.127
Muestreo 6 (24/X/95)						
Ca	26.18	0.0001	71.3	20.0	89.184	445.559
K	6.39	0.0068	37.8	14.7	35.636	241.874
Mg	32.36	0.0001	75.4	20.4	16.254	79.363
Zn	6.10	0.0082	36.7	20.9	0.036	0.175
Fe	6.22	0.0076	37.2	15.0	0.112	0.747
Mn	0.40	0.6769	3.6	19.2	0.115	0.598
Cu	29.33	0.0001	73.6	17.1	0.022	0.131
Muestreo 7 (14/XI/95)						
Ca	26.39	0.0001	71.5	24.3	113.130	463.655
K	4.68	0.0208	30.8	15.2	32.858	214.860
Mg	42.90	0.0001	80.3	18.1	13.172	72.441
Zn	6.92	0.0049	39.7	22.7	0.041	0.182
Fe	3.43	0.0513	24.6	13.9	0.065	0.471
Mn	0.07	0.9371	0.6	19.8	0.107	0.542
Cu	13.37	0.0002	56.0	19.4	0.017	0.091
Muestreo 8 (5/XII/95)						
Ca	25.26	0.0001	70.6	23.6	102.153	431.839
K	1.46	0.2545	12.2	19.1	38.424	200.693
Mg	37.73	0.0001	78.2	21.6	22.368	103.356
Zn	8.23	0.0023	43.9	24.6	0.063	0.259
Fe	17.45	0.0001	62.4	7.5	0.068	0.914
Mn	0.37	0.6919	3.4	25.3	0.181	0.715
Cu	27.93	0.0001	72.6	18.0	0.032	0.178
Muestreo 9 (26/XII/95)						
Ca	29.10	0.0001	73.4	21.1	103.795	491.415
K	0.56	0.5790	5.0	22.1	38.335	173.054
Mg	32.61	0.0001	75.6	26.1	25.447	97.190
Zn	7.18	0.0042	40.6	35.9	0.084	0.234
Fe	10.69	0.0006	50.4	19.2	0.247	1.290
Mn	2.77	0.0855	20.8	18.1	0.149	0.824
Cu	22.78	0.0001	68.4	21.0	0.043	0.204

Cuadro A 3 Comparación de medias de la concentración iónica foliar en las especies de *Acacia* en nueve muestreos.

Elemento	<i>A. rigidula</i>		<i>A. berlandieri</i>		<i>A. farnesiana</i>	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE
Muestreo 1 (11/VII/95)						
Ca	369.350b <sup>1</sup>	116.650	415.310b	81.490	616.990a	95.200
K	352.070a	62.080	242.900b	42.230	288.920b	20.090
Mg	97.930a	12.850	41.720b	11.140	88.710a	16.570
Zn	0.342b	0.033	0.307b	0.031	0.4147a	0.065
Fe	0.823b	0.227	0.633c	0.056	1.006a	0.091
Mn	0.708b	0.100	0.723b	0.193	1.143a	0.309
Cu	0.138ab	0.047	0.216a	0.101	0.105b	0.032
Muestreo 2 (01/VIII/95)						
Ca	314.780b	106.410	371.210b	63.580	577.630a	46.650
K	293.410a	38.710	190.120c	24.680	249.780b	19.540
Mg	92.180a	13.440	41.860b	9.740	84.270a	12.370
Zn	0.178b	0.031	0.189b	0.009	0.357a	0.048
Fe	0.480a	0.085	0.562a	0.095	0.635a	0.187
Mn	0.488a	0.086	0.572a	0.096	0.645a	0.190
Cu	0.116a	0.012	0.137a	0.028	0.078b	0.006
Muestreo 3 (22/VIII/95)						
Ca	413.370b	123.930	414.920b	86.100	640.790a	88.560
K	242.600a	47.190	151.930b	19.310	172.540b	17.990
Mg	111.140a	23.200	30.310c	8.440	58.990b	8.220
Zn	0.183b	0.033	0.142c	0.012	0.227a	0.036
Fe	0.531a	0.030	0.530a	0.025	0.559a	0.040
Mn	0.551b	0.066	0.612ab	0.099	0.807a	0.255
Cu	0.121a	0.016	0.113a	0.030	0.071b	0.005
Muestreo 4 (12/IX/95)						
Ca	366.190a	143.430	398.690a	154.260	519.150a	94.670
K	255.330a	33.510	176.930a	80.200	209.870a	16.830
Mg	111.260a	19.640	39.960c	10.400	80.950b	7.500
Zn	0.150b	0.031	0.116b	0.060	0.245a	0.033
Fe	0.493a	0.049	0.479a	0.079	0.539a	0.222
Mn	0.528a	0.093	0.586a	0.206	0.685a	0.182
Cu	0.114a	0.017	0.115a	0.021	0.072b	0.006

<sup>1</sup> Concentración iónica foliar seguida por la misma letra en hileras indica medias iguales de acuerdo al procedimiento de rango estudentizado de Tukey con un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$ .

Cuadro A 3 Comparación de medias (Continuación).

Elemento	<i>A. rigidula</i>		<i>A. berlandieri</i>		<i>A. farnesiana</i>	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE
Muestreo 5 (03/X/95)						
Ca	345.060b	116.160	314.580b	58.370	554.590a	76.730
K	285.390a	36.970	214.850b	30.560	238.370b	17.220
Mg	108.620a	20.260	45.700c	6.420	72.290b	8.280
Zn	0.150a	0.031	0.254a	0.173	0.228a	0.036
Fe	0.669a	0.046	0.708a	0.162	0.694a	0.032
Mn	0.608a	0.101	0.627a	0.092	0.771a	0.217
Cu	0.143a	0.029	0.145a	0.022	0.091b	0.007
Muestreo 6 (24/X/95)						
Ca	344.310b	111.460	360.770b	58.970	631.590a	89.220
K	265.640a	42.600	205.680b	31.660	254.280a	31.490
Mg	112.530a	20.680	47.180c	6.130	78.370b	18.090
Zn	0.143b	0.033	0.173ab	0.026	0.207a	0.048
Fe	0.861a	0.185	0.677b	0.052	0.704b	0.034
Mn	0.574a	0.084	0.625a	0.078	0.596a	0.164
Cu	0.159a	0.024	0.154a	0.031	0.081b	0.005
Muestreo 7 (14/XI/95)						
Ca	352.270b	147.830	337.900b	76.250	700.780a	103.570
K	263.350a	46.950	187.220b	23.350	221.000ab	22.110
Mg	99.350a	20.350	39.300c	5.850	78.66b	8.470
Zn	0.152b	0.032	0.169b	0.017	0.226a	0.062
Fe	0.477ab	0.093	0.425b	0.040	0.511a	0.051
Mn	0.531a	0.115	0.549a	0.061	0.547a	0.134
Cu	0.111a	0.020	0.094a	0.021	0.066b	0.010
Muestreo 8 (05/XII/95)						
Ca	326.970b	123.310	327.080b	59.020	641.450a	112.310
K	218.010a	51.760	185.340a	31.800	198.720a	27.170
Mg	150.230a	35.680	53.240c	11.200	106.580b	10.080
Zn	0.216b	0.048	0.228b	0.025	0.334a	0.097
Fe	0.876b	0.062	0.836b	0.071	1.029a	0.074
Mn	0.732a	0.228	0.742a	0.084	0.670a	0.198
Cu	0.236a	0.039	0.181b	0.039	0.117c	0.008
Muestreo 9 (26/XII/95)						
Ca	397.480b	145.600	357.920b	48.790	718.840a	93.470
K	184.430a	50.430	169.770a	30.240	164.940a	30.830
Mg	152.360a	39.590	50.720c	12.140	88.480b	15.090
Zn	0.178b	0.052	0.199b	0.048	0.326a	0.128
Fe	1.253b	0.115	1.024b	0.121	1.593a	0.395
Mn	0.917a	0.160	0.811a	0.114	0.743a	0.170
Cu	0.269a	0.042	0.217a	0.061	0.126b	0.011

<sup>1</sup> Concentración iónica foliar seguida por la misma letra en hileras indica medias iguales de acuerdo al procedimiento de rango estudentizado de Tukey con un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$ .

**Cuadro A 4** Estadísticas básicas que describen el perfil nutricional forrajero en base a variables bromatológicas, digestibilidad *in situ*, y parámetros no lineales de degradabilidad.

Variable	Mínimo <sup>1</sup>	Máximo <sup>1</sup>	Media <sup>1</sup>	DE <sup>1</sup>
Materia Seca	91.83	95.28	93.84	1.12
Materia Orgánica	90.27	94.85	93.28	1.40
Cenizas	5.14	9.72	6.72	1.40
Cenizas Insolubles	0.00	0.41	0.15	0.13
Nitrógeno	2.40	3.22	2.81	0.24
Proteína Cruda	15.02	20.17	17.58	1.50
Celulosa	9.90	20.63	14.06	4.09
Hemicelulosa	0.00	11.16	6.14	3.63
Lignina	15.17	23.90	19.44	2.71
FDA	26.42	42.65	33.63	5.78
FDN	35.67	43.94	39.77	2.73
Taninos condensados	0.58	14.93	7.37	4.96
a (MS)	29.20	44.30	35.99	4.66
b (MS)	3.04	38.73	18.15	13.09
a+b (MS)	38.93	73.56	54.14	13.29
c (MS)	0.03	0.48	0.12	0.11
T de R (MS)	0.60	5.50	3.59	0.96
DEMS 2	30.60	71.70	47.19	11.76
DEMS 5	28.80	58.30	41.37	7.54
DEMS 8	27.60	50.70	38.29	6.48
a (PC)	16.74	40.20	30.69	7.09
b (PC)	3.12	67.58	24.92	23.83
a+b (PC)	32.33	94.86	55.61	20.93
c (PC)	0.03	0.57	0.14	0.12
T de R (PC)	0.70	4.30	3.20	0.95
DEPC 2	37.10	64.90	48.72	9.26
DEPC 5	34.50	57.80	44.50	6.76
DEPC 8	33.00	53.30	42.14	5.73

<sup>1</sup> Expresado en % (n=27).

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



**Cuadro A 5** Análisis de varianza de variables bromatológicas, digestibilidad *in situ*, y parámetros no lineales de degradabilidad para describir el valor forrajero de las especies de *Acacia* evaluadas en tres estaciones de crecimiento.

Variable	Fuente de Variación	gl	Cuadrado Medio	Estadístico F	Valor P	R <sup>2</sup> (%)
<b>Materia Seca</b>	Especie	2	3.763	100.806	0.001	97.23
	Estación	2	12.006	321.592	0.001	
	E x Es <sup>1</sup>	4	0.050	1.343	0.292	
	Residual	18	0.037			
	Total	26	1.247			
<b>Materia Orgánica</b>	Especie	2	17.856	76.790	0.001	91.79
	Estación	2	2.225	9.567	0.001	
	E x Es	4	1.656	7.122	0.001	
	Residual	18	0.233			
	Total	26	1.960			
<b>Cenizas</b>	Especie	2	17.856	76.790	0.001	91.79
	Estación	2	2.225	9.567	0.001	
	E x Es	4	1.656	7.122	0.001	
	Residual	18	0.233			
	Total	26	1.960			
<b>Cenizas Insolubles</b>	Especie	2	0.109	52.725	0.001	90.80
	Estación	2	0.063	30.598	0.001	
	E x Es	4	0.008	3.750	0.022	
	Residual	18	0.002			
	Total	26	0.016			
<b>Nitrógeno</b>	Especie	2	0.286	136.633	0.001	97.47
	Estación	2	0.121	57.766	0.001	
	E x Es	4	0.162	77.523	0.001	
	Residual	18	0.002			
	Total	26	0.058			
<b>Proteína Cruda</b>	Especie	2	11.181	136.633	0.001	97.49
	Estación	2	4.727	57.766	0.001	
	E x Es	4	6.344	77.523	0.001	
	Residual	18	0.082			
	Total	26	2.256			
<b>Celulosa</b>	Especie	2	210.408	1527.920	0.001	99.43
	Estación	2	2.468	17.925	0.001	
	E x Es	4	1.515	11.002	0.001	
	Residual	18	0.138			
	Total	26	16.704			
<b>Hemi-celulosa</b>	Especie	2	151.624	306.655	0.001	97.41
	Estación	2	7.846	15.869	0.001	
	E x Es	4	3.819	7.725	0.001	
	Residual	18	0.494			
	Total	26	13.197			

<sup>1</sup> E x Es: especie por estación.

Cuadro A 5 Análisis de varianza (Continuación).

Variable	Fuente de Variación	gl	Cuadrado Medio	Estadístico F	Valor P	R <sup>2</sup> (%)
<b>Lignina</b>	Especie	2	65.152	236.242	0.001	97.40
	Estación	2	18.207	66.017	0.001	
	E x Es <sup>1</sup>	4	4.750	17.224	0.001	
	Residual	18	0.276			
	Total	26	7.334			
<b>FDA</b>	Especie	2	395.879	921.703	0.001	99.11
	Estación	2	16.115	37.519	0.001	
	E x Es	4	8.961	20.863	0.001	
	Residual	18	0.430			
	Total	26	33.368			
<b>FDN</b>	Especie	2	59.079	166.931	0.001	96.72
	Estación	2	6.444	18.207	0.001	
	E x Es	4	14.173	40.045	0.001	
	Residual	18	0.354			
	Total	26	7.466			
<b>Taninos</b>	Especie	2	263.218	290.430	0.001	97.45
	Estación	2	27.242	30.058	0.001	
	E x Es	4	10.839	11.960	0.001	
	Residual	18	0.906			
	Total	26	24.638			
<b>a (MS)</b>	Especie	2	237.003	103.536	0.001	92.69
	Estación	2	1.098	0.480	0.627	
	E x Es	4	11.606	5.070	0.006	
	Residual	18	2.289			
	Total	26	21.686			
<b>b (MS)</b>	Especie	2	1964.122	96.782	0.001	91.82
	Estación	2	2.970	0.146	0.865	
	E x Es	4	38.957	1.920	0.151	
	Residual	18	20.294			
	Total	26	171.358			
<b>a+b (MS)</b>	Especie	2	2056.476	124.406	0.001	93.52
	Estación	2	0.779	0.047	0.954	
	E x Es	4	44.572	2.696	0.064	
	Residual	18	16.530			
	Total	26	176.552			
<b>c (MS)</b>	Especie	2	0.008	0.630	0.544	35.40
	Estación	2	0.007	0.551	0.586	
	E x Es	4	0.023	1.890	0.156	
	Residual	18	0.414			
	Total	26	0.893			

<sup>1</sup> E x Es: especie por estación.

Cuadro A 5 Análisis de varianza (Continuación).

Variable	Fuente de Variación	gl	Cuadrado Medio	Estadístico F	Valor P	R <sup>2</sup> (%)
<b>T de R (MS)</b>	Especie	2	1.960	4.734	0.220	67.91
	Estación	2	2.069	4.997	0.019	
	E x Es <sup>1</sup>	4	1.929	4.659	0.009	
	Residual	18	0.414			
	Total	26	0.893			
<b>DEMS 2</b>	Especie	2	1344.740	131.789	0.001	94.89
	Estación	2	34.979	3.428	0.055	
	E x Es	4	162.928	15.968	0.001	
	Residual	18	10.204			
	Total	26	138.262			
<b>DEMS 5</b>	Especie	2	392.013	92.748	0.001	94.85
	Estación	2	29.703	7.028	0.006	
	E x Es	4	139.607	33.030	0.001	
	Residual	18	4.227			
	Total	26	56.844			
<b>DEMS 8</b>	Especie	2	246.703	62.113	0.001	93.45
	Estación	2	22.589	5.687	0.012	
	E x Es	4	120.364	30.304	0.001	
	Residual	18	3.972			
	Total	26	41.982			
<b>a (PC)</b>	Especie	2	475.886	79.949	0.001	91.81
	Estación	2	7.636	1.283	0.301	
	E x Es	4	58.636	9.851	0.001	
	Residual	18	5.952			
	Total	26	50.336			
<b>b (PC)</b>	Especie	2	6676.912	133.774	0.001	93.91
	Estación	2	42.320	0.848	0.445	
	E x Es	4	105.594	2.116	0.121	
	Residual	18	49.912			
	Total	26	567.664			
<b>a+b (PC)</b>	Especie	2	4720.476	93.943	0.001	92.06
	Estación	2	69.109	1.375	0.278	
	E x Es	4	226.703	4.512	0.001	
	Residual	18	50.248			
	Total	26	438.094			
<b>c (PC)</b>	Especie	2	0.079	8.725	0.002	59.61
	Estación	2	0.013	1.454	0.260	
	E x Es	4	0.014	1.560	0.228	
	Residual	18	0.009			
	Total	26	0.016			

<sup>1</sup> E x Es: especie por estación.

Cuadro A 5 Análisis de varianza (Continuación).

Variable	Fuente de Variación	gl	Cuadrado Medio	Estadístico F	Valor P	R <sup>2</sup> (%)
T de R (PC)	Especie	2	5.038	7.890	0.003	52.10
	Estación	2	0.756	1.184	0.329	
	E x Es <sup>1</sup>	4	0.228	0.357	0.836	
	Residual	18	0.639			
	Total	26	0.923			
DEPC 2	Especie	2	1005.949	222.920	0.001	96.35
	Estación	2	3.788	0.839	0.448	
	E x Es	4	31.825	7.052	0.001	
	Residual	18	4.513			
	Total	26	85.692			
DEPC 5	Especie	2	515.347	191.949	0.001	95.94
	Estación	2	4.051	1.509	0.248	
	E x Es	4	25.651	9.554	0.001	
	Residual	18	2.685			
	Total	26	45.759			
DEPC 8	Especie	2	358.295	136.484	0.001	94.47
	Estación	2	2.398	0.914	0.419	
	E x Es	4	21.561	8.213	0.001	
	Residual	18	2.265			
	Total	26	32.880			

<sup>1</sup> E x Es: especie por estación.

Cuadro A 6 Valores promedio (n=3) de variables bromatológicas en las que se detectó interacción significativa.

Estación de crecimiento	Variable (%)									
	MO	Cenizas	N	PC	Celulosa	Hemi-celulosa	Lignina	FDA	FDN	Taninos
<i>A. rigidula</i>										
Verano	94.41	5.59	2.62	16.36	18.96	0.67	22.85	41.83	42.41	10.60
Otoño	94.83	5.17	2.48	15.50	19.52	1.98	21.64	41.12	43.10	11.49
Invierno	94.20	5.80	2.85	17.83	20.45	1.97	19.05	39.63	41.60	5.90
<i>A. berlandieri</i>										
Verano	93.63	6.37	3.19	19.94	11.91	8.08	23.14	35.29	43.37	10.46
Otoño	93.52	6.48	3.02	18.88	10.11	8.61	18.88	29.15	37.76	14.55
Invierno	93.78	6.22	2.80	17.51	11.46	5.70	20.35	32.22	37.91	9.57
<i>A. farnesiana</i>										
Verano	91.96	8.04	3.01	18.82	10.79	8.20	17.24	28.05	36.25	1.80
Otoño	92.91	7.09	2.86	17.90	11.31	11.07	15.49	26.92	37.99	0.88
Invierno	90.32	9.68	2.48	15.50	12.04	9.00	16.28	28.51	37.50	1.09

**Cuadro A 7** Análisis de varianza de variables bromatológicas, digestibilidad *in situ*, y parámetros no lineales de degradabilidad que mostraron interacción significativa; Especie x Estación.

<b>Variable<sup>1</sup></b>	<b>Fuente de Variación</b>	<b>gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Estadístico F</b>	<b>Valor P</b>	<b>R<sup>2</sup> (%)</b>
<b>MO</b>	Entre grupos	8	5.840	25.15	0.000	91.91
	Dentro de grupos	18	0.230			
	Total	26				
<b>Cenizas</b>	Entre grupos	8	5.840	25.15	0.000	91.77
	Dentro de grupos	18	0.230			
	Total	26				
<b>Cenizas Insolubles</b>	Entre grupos	8	0.046	22.70	0.000	90.24
	Dentro de grupos	18	0.002			
	Total	26				
<b>Nitrógeno</b>	Entre grupos	8	0.180	87.36	0.000	97.33
	Dentro de grupos	18	0.002			
	Total	26				
<b>PC</b>	Entre grupos	8	7.150	87.36	0.000	97.49
	Dentro de grupos	18	0.080			
	Total	26				
<b>Celulosa</b>	Entre grupos	8	53.980	391.96	0.000	99.42
	Dentro de grupos	18	0.140			
	Total	26				
<b>Hemi-celulosa</b>	Entre grupos	8	41.770	84.49	0.000	97.40
	Dentro de grupos	18	0.490			
	Total	26				
<b>Lignina</b>	Entre grupos	8	23.210	84.18	0.000	97.39
	Dentro de grupos	18	0.280			
	Total	26				
<b>FDA</b>	Entre grupos	8	107.480	250.24	0.000	99.11
	Dentro de grupos	18	0.430			
	Total	26				
<b>FDN</b>	Entre grupos	8	23.470	66.31	0.000	96.72
	Dentro de grupos	18	0.350			
	Total	26				
<b>Taninos</b>	Entre grupos	8	78.030	86.10	0.000	97.45
	Dentro de grupos	18	0.910			
	Total	26				

<sup>1</sup> Expresado en %.

**Cuadro A 7** Resultados del análisis de varianza para las variables que mostraron interacción significativa (continuación)

<b>Variable<sup>1</sup></b>	<b>Fuente de Variación</b>	<b>gl</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>Estadístico F</b>	<b>Valor P</b>	<b>R<sup>2</sup> %</b>
<b>a (MS)</b>	Entre grupos	8	65.330	28.54	0.000	92.69
	Dentro de grupos	18	2.290			
	Total	26				
<b>DEMS 2</b>	Entre grupos	8	268.350	59.46	0.000	96.35
	Dentro de grupos	18	4.510			
	Total	26				
<b>DEMS 5</b>	Entre grupos	8	142.670	53.14	0.000	95.94
	Dentro de grupos	18	2.680			
	Total	26				
<b>DEMS 8</b>	Entre grupos	8	100.950	38.46	0.000	94.47
	Dentro de grupos	18	2.620			
	Total	26				
<b>a (PC)</b>	Entre grupos	8	150.190	25.23	0.000	91.81
	Dentro de grupos	18	5.950			
	Total	26				
<b>a+b (PC)</b>	Entre grupos	8	1310.750	26.08	0.000	92.05
	Dentro de grupos	18	50.250			
	Total	26				
<b>DEPC 2</b>	Entre grupos	8	426.390	41.78	0.000	94.89
	Dentro de grupos	18	10.200			
	Total	26				
<b>DEPC 5</b>	Entre grupos	8	175.230	41.46	0.000	94.85
	Dentro de grupos	18	4.220			
	Total	26				
<b>DEPC 8</b>	Entre grupos	8	127.500	32.10	0.000	93.45
	Dentro de grupos	18	3.970			
	Total	26				

<sup>1</sup> Expresado en %.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Cuadro A 8** Valores promedio (n=3) del % de la degradabilidad *in situ* de la materia seca (DISMS) y proteína cruda (DISPC) en diferentes horas de incubación en las especies de *Acacia* evaluadas en tres estaciones de crecimiento.

Horas de Incubación	DISMS			DISPC		
	Verano	Otoño	Invierno	Verano	Otoño	Invierno
<i>A. rigidula</i>						
4	31.16	31.66	32.64	25.53	30.71	32.20
8	33.15	34.02	36.11	28.70	34.49	36.22
12	34.72	35.78	37.78	30.54	35.70	37.72
24	37.72	38.85	39.17	32.61	36.70	39.09
36	39.24	40.22	39.34	33.05	36.89	39.61
48	40.04	40.85	39.35	33.14	36.93	39.87
<i>A. berlandieri</i>						
4	39.51	43.69	43.76	39.76	38.76	40.25
8	44.77	45.21	45.90	42.45	42.56	43.51
12	46.83	46.09	47.60	44.24	44.57	45.52
24	48.51	47.42	51.01	46.79	46.59	48.42
36	48.77	48.00	52.95	47.61	46.98	49.70
48	48.82	48.29	54.15	47.89	47.07	50.43
<i>A. farnesiana</i>						
4	37.31	34.71	35.27	28.88	23.73	17.97
8	47.01	41.72	40.41	42.74	31.90	26.12
12	53.97	47.37	44.71	52.95	39.04	32.63
24	65.29	58.54	53.85	70.40	55.62	45.76
36	69.73	64.44	59.22	77.89	66.82	53.39
48	71.53	67.57	62.41	81.25	74.45	58.12

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



**Cuadro A 9** Comparación de medias del contenido de materia orgánica en las especies de *Acacia* evaluadas en tres estaciones de crecimiento.

Correlación esp-est <sup>a</sup>	Media (%)	Af I	Af V	Af O	Ab O	Ab V	Ab I	Ar I	Ar V	Ar O
Af I <sup>9</sup>	90.31									
Af V <sup>7</sup>	91.95	*								
Af O <sup>8</sup>	92.91	*								
Ab O <sup>5</sup>	93.52	*	*							
Ab V <sup>4</sup>	93.63	*	*							
Ab I <sup>6</sup>	93.77	*	*							
Ar I <sup>3</sup>	94.19	*	*							
Ar V <sup>1</sup>	94.40	*	*	*						
Ar O <sup>2</sup>	94.82	*	*	*						

\* Indica medias diferentes de acuerdo al procedimiento de rango estudentizado de Tukey con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ .

<sup>1</sup> *Acacia rigidula* Verano, <sup>2</sup> *Acacia rigidula* Otoño, <sup>3</sup> *Acacia rigidula* Invierno, <sup>4</sup> *Acacia berlandieri* Verano, <sup>5</sup> *Acacia berlandieri* Otoño, <sup>6</sup> *Acacia berlandieri* Invierno, <sup>7</sup> *Acacia farnesiana* Verano, <sup>8</sup> *Acacia farnesiana* Otoño, <sup>9</sup> *Acacia farnesiana* Invierno.

<sup>a</sup> Especie-estación.

**Cuadro A 10** Comparación de medias del contenido de cenizas en las especies de *Acacia* evaluadas en tres estaciones de crecimiento.

Correlación esp-est	Media (%)	Ar O	Ar V	Ar I	Ab I	Ab V	Ab O	Af O	Af V	Af I
Ar O	5.17									
Ar V	5.59									
Ar I	5.80									
Ab I	6.22									
Ab V	6.36									
Ab O	6.47									
Af O	7.08	*	*							
Af V	8.04	*	*	*	*	*	*			
Af I	9.68	*	*	*	*	*	*	*	*	*

\* Indica medias diferentes de acuerdo al procedimiento de rango estudentizado de Tukey con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ .



**Cuadro A 11** Comparación de medias del contenido de nitrógeno en las especies de *Acacia* evaluadas en tres estaciones de crecimiento.

Correlación esp-est	Media (%)	Af I	Ar O	Ar V	Ab I	Ar I	Af O	Af V	Ab O	Ab V
Af I	2.48									
Ar O	2.48									
Ar V	2.61	*	*							
Ab I	2.80	*	*	*						
Ar I	2.85	*	*	*						
Af O	2.86	*	*	*						
Af V	3.01	*	*	*	*	*	*			
Ab O	3.02	*	*	*	*	*	*			
Ab V	3.19	*	*	*	*	*	*	*	*	

\* Indica medias diferentes de acuerdo al procedimiento de rango estudentizado de Tukey con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ .

**Cuadro A 12** Comparación de medias del contenido de proteína cruda en las especies de *Acacia* evaluadas en tres estaciones de crecimiento.

Correlación esp-est	Media (%)	Af I	Ar O	Ar V	Ab I	Ar I	Af O	Af V	Ab O	Ab V
Af I	15.50									
Ar O	15.50									
Ar V	17.51	*	*							
Ab I	16.35	*	*	*						
Ar I	17.83	*	*	*						
Af O	17.90	*	*	*						
Af V	18.82	*	*	*	*	*	*			
Ab O	18.87	*	*	*	*	*	*			
Ab V	19.93	*	*	*	*	*	*	*	*	

\* Indica medias diferentes de acuerdo al procedimiento de rango estudentizado de Tukey con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ .

**Cuadro A 13** Comparación de medias del contenido de celulosa en las especies de *Acacia* evaluadas en tres estaciones de crecimiento.

Correlación esp-est	Media (%)	Ab O	Af V	Af O	Ab I	Ab V	Af I	Ar V	Ar O	Ar I
Ab O	10.11									
Af V	10.78									
Af O	11.31	*								
Ab I	11.46	*								
Ab V	11.90	*	*							
Af I	12.03	*	*							
Ar V	18.95	*	*	*	*	*	*			
Ar O	19.51	*	*	*	*	*	*			
Ar I	20.45	*	*	*	*	*	*	*		

\* Indica medias diferentes de acuerdo al procedimiento de rango estudentizado de Tukey con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ .

**Cuadro A 14** Comparación de medias del contenido de hemicelulosa en las especies de *Acacia* evaluadas en tres estaciones de crecimiento.

Correlación esp-est	Media (%)	Ar V	Ar I	Ar O	Ab I	Ab V	Af V	Ab O	Af I	Af O
Ar V	0.67									
Ar I	1.96									
Ar O	1.97									
Ab I	5.69	*	*	*						
Ab V	8.08	*	*	*	*					
Af V	8.20	*	*	*	*					
Ab O	8.60	*	*	*	*					
Af I	8.99	*	*	*	*					
Af O	11.06	*	*	*	*	*	*	*	*	*

\* Indica medias diferentes de acuerdo al procedimiento de rango estudentizado de Tukey con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ .

**Cuadro A 15** Comparación de medias del contenido de lignina en las especies de *Acacia* evaluadas en tres estaciones de crecimiento.

Correlación esp-est	Media (%)	Af O	Af I	Af V	Ab O	Ar I	Ab I	Ar O	Ar V	Ab V
Af O	15.48									
Af I	16.28									
Af V	18.87	*								
Ab O	17.23	*	*	*						
Ar I	19.04	*	*	*						
Ab I	20.35	*	*	*						
Ar O	21.64	*	*	*	*	*				
Ar V	22.84	*	*	*	*	*	*			
Ab V	23.14	*	*	*	*	*	*	*		

\* Indica medias diferentes de acuerdo al procedimiento de rango estudentizado de Tukey con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ .

**Cuadro A 16** Comparación de medias del contenido de FDA en las especies de *Acacia* evaluadas en tres estaciones de crecimiento.

Correlación esp-est	Media (%)	Af O	Af V	Af I	Ab O	Ab I	Ab V	Ar I	Ar O	Ar V
Af O	26.92									
Af V	28.04									
Af I	28.50									
Ab O	29.14	*								
Ab I	32.21	*	*	*	*					
Ab V	35.28	*	*	*	*	*				
Ar I	39.63	*	*	*	*	*	*			
Ar O	41.12	*	*	*	*	*	*	*		
Ar V	41.82	*	*	*	*	*	*	*	*	

\* Indica medias diferentes de acuerdo al procedimiento de rango estudentizado de Tukey con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ .

**Cuadro A 17** Comparación de medias del contenido de FDN en las especies de *Acacia* evaluadas en tres estaciones de crecimiento.

Correlación esp-est	Media (%)	Af V	Af I	Ab O	Ab I	Af O	Ar I	Ar V	Ar O	Ab V
Af V	36.25									
Af I	37.50									
Ab O	37.75									
Ab I	37.91									
Af O	37.99	*								
Ar I	41.60	*	*	*	*	*				
Ar V	42.41	*	*	*	*	*				
Ar O	43.10	*	*	*	*	*				
Ab V	43.37	*	*	*	*	*	*			

\* Indica medias diferentes de acuerdo al procedimiento de rango estudentizado de Tukey con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ .

**Cuadro A 18** Comparación de medias del contenido de taninos en las especies de *Acacia* evaluadas en tres estaciones de crecimiento.

Correlación esp-est	Media (%)	Af O	Af I	Af V	Ar I	Ab I	Ab V	Ar V	Ar O	Ab O
Af O	0.88									
Af I	1.09									
Af V	1.79									
Ar I	5.89	*	*	*						
Ab I	9.57	*	*	*	*					
Ab V	10.45	*	*	*	*	*				
Ar V	10.60	*	*	*	*	*	*			
Ar O	11.49	*	*	*	*	*	*	*		
Ab O	14.54	*	*	*	*	*	*	*	*	*

\* Indica medias diferentes de acuerdo al procedimiento de rango estudentizado de Tukey con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ .

**Cuadro A 19** Comparación de medias de a (MS) en las especies de *Acacia* evaluadas en tres estaciones de crecimiento.

Correlación esp-est	Media (%)	Ar V	Ar O	Ar I	Af I	Af O	Af V	Ab V	Ab I	Ab O
Ar V	30.50									
Ar O	31.20									
Ar I	32.11									
Af I	34.03									
Af O	34.50									
Af V	37.23	*	*	*						
Ab V	39.10	*	*	*	*	*				
Ab I	42.05	*	*	*	*	*	*			
Ab O	43.20	*	*	*	*	*	*	*		

\* Indica medias diferentes de acuerdo al procedimiento de rango estudentizado de Tukey con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ .

**Cuadro A 20** Comparación de medias del T de R (MS) en las especies de *Acacia* evaluadas en tres estaciones de crecimiento.

Correlación esp-est	Media (%)	Ab I	Ar I	Ar V	Ab O	Ar O	Ab V	Af V	Af I	Af O
Ab I	2.50									
Ar I	3.00									
Ar V	3.26									
Ab O	3.26									
Ar O	3.43									
Ab V	3.46									
Af V	4.23									
Af I	4.30									
Af O	4.80	*								

\* Indica medias diferentes de acuerdo al procedimiento de rango estudentizado de Tukey con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ .

**Cuadro A 21** Comparación de medias de la digestibilidad efectiva de la materia seca (2) en las especies de *Acacia* evaluadas en tres estaciones de crecimiento.

Correlación esp-est	Media (%)	Ar V	Ar I	Ar O	Ab V	Ab O	Ab I	Af I	Af O	Af V
Ar V	37.73									
Ar I	38.20									
Ar O	38.53									
Ab V	47.26	*	*	*						
Ab O	47.26	*	*	*						
Ab I	51.56	*	*	*						
Af I	55.36	*	*	*	*	*				
Af O	59.13	*	*	*	*	*	*			
Af V	63.40	*	*	*	*	*	*	*		

\* Indica medias diferentes de acuerdo al procedimiento de rango estudentizado de Tukey con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ .

**Cuadro A 22** Comparación de medias de la digestibilidad efectiva de la materia seca (5) en las especies de *Acacia* evaluadas en tres estaciones de crecimiento.

Correlación esp-est	Media (%)	Af I	Ar O	Ar I	Ab V	Ab O	Af I	Ab I	Af O	Af V
Af I	35.30									
Ar O	36.13									
Ar I	36.86									
Ab V	45.50	*	*	*						
Ab O	46.06	*	*	*						
Af I	47.23	*	*	*						
Ab I	48.33	*	*	*						
Af O	50.06	*	*	*						
Af V	55.03	*	*	*	*	*	*	*	*	*

\* Indica medias diferentes de acuerdo al procedimiento de rango estudentizado de Tukey con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ .

**Cuadro A 23** Comparación de medias de la digestibilidad efectiva de la materia seca (8) en las especies de *Acacia* evaluadas en tres estaciones de crecimiento.

Correlación esp-est	Media (%)	Ar V	Ar O	Ar I	Af I	Ab V	Af O	Ab O	Ab I	Af V
Ar V	33.93									
Ar O	34.80									
Ar I	35.86									
Af I	43.13	*	*	*						
Ab V	44.20	*	*	*						
Af O	45.20	*	*	*						
Ab O	45.36	*	*	*						
Ab I	46.70	*	*	*						
Af V	50.06	*	*	*	*	*	*	*	*	*

\* Indica medias diferentes de acuerdo al procedimiento de rango estudentizado de Tukey con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ .

**Cuadro A 24** Comparación de medias de la digestibilidad efectiva de la proteína cruda en las especies de *Acacia* evaluadas en tres estaciones de crecimiento.

Correlación esp-est	Media (%)	Af I	Ar V	Af O	Af V	Ar O	Ar I	Ab O	Ab I	Ab V
Af I	18.86									
Ar V	24.73									
Af O	25.72									
Af V	29.65	*								
Ar O	29.85	*								
Ar I	31.00	*								
Ab O	37.90	*	*	*	*	*				
Ab I	39.02	*	*	*	*	*	*			
Ab V	39.46	*	*	*	*	*	*	*		

\* Indica medias diferentes de acuerdo al procedimiento de rango estudentizado de Tukey con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ .

**Cuadro A 25** Comparación de medias de a + b (PC) en las especies de *Acacia* evaluadas en tres estaciones de crecimiento.

Correlación esp-est	Media (%)	Ar V	Ar O	Ar I	Ab O	Ab V	Ab I	Af I	Af V	Af O
Ar V	33.17									
Ar O	36.94									
Ar I	40.16									
Ab O	47.10									
Ab V	48.06									
Ab I	51.74									
Af I	67.31	*	*	*						
Af V	84.32	*	*	*	*	*	*			
Af O	91.65	*	*	*	*	*	*	*		

\* Indica medias diferentes de acuerdo al procedimiento de rango estudentizado de Tukey con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ .

**Cuadro A 26** Comparación de medias de la digestibilidad efectiva de proteína cruda (2) en las especies de *Acacia* evaluadas en tres estaciones de crecimiento.

Correlación esp-est	Media (%)	Ar V	Ar O	Ar I	Ab O	Ab V	Ab I	Af I	Af O	Af V
Ar V	31.60									
Ar O	35.90									
Ar I	38.40									
Ab O	45.46	*	*							
Ab V	46.06	*	*							
Ab I	48.13	*	*	*						
Af I	48.40	*	*	*						
Af O	62.16	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Af V	68.60	*	*	*	*	*	*	*	*	*

\* Indica medias diferentes de acuerdo al procedimiento de rango estudentizado de Tukey con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ .

**Cuadro A 27** Comparación de medias de la digestibilidad efectiva de proteína cruda (5) en las especies de *Acacia* evaluadas en tres estaciones de crecimiento.

Correlación esp-est	Media (%)	Ar V	Ar O	Af I	Ar I	Ab O	Ab V	Ab I	Af O	Af V
Ar V	29.93									
Ar O	34.70									
Af I	36.46	*								
Ar I	36.73	*								
Ab O	43.70	*	*	*	*					
Ab V	44.20	*	*	*	*					
Ab I	45.46	*	*	*	*					
Af O	45.66	*	*	*	*					
Af V	55.43	*	*	*	*	*	*	*	*	*

\* Indica medias diferentes de acuerdo al procedimiento de rango estudentizado de Tukey con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ .

**Cuadro A 28** Comparación de medias de la digestibilidad efectiva de proteína cruda (8) en las especies de *Acacia* evaluadas en tres estaciones de crecimiento.

Correlación esp-est	Media (%)	Ar V	Af I	Ar O	Ar I	Af O	Ab O	Ab V	Ab I	Af V
Ar V	28.80									
Af I	30.66									
Ar O	33.80									
Ar I	35.60	*								
Af O	38.36	*	*							
Ab O	42.50	*	*	*	*					
Ab V	42.96	*	*	*	*					
Ab I	43.93	*	*	*	*					
Af V	47.93	*	*	*	*	*				

\* Indica medias diferentes de acuerdo al procedimiento de rango estudentizado de Tukey con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ .











## VITA

Miguel Angel Pérez Rodríguez nació en Monterrey Nuevo León el 8 de enero de 1967. Hijo de Homero Pérez y Francisca Rodríguez. Realizó sus estudios de bachillerato en el Centro de Bachillerato Técnico Agropecuario No. 74 en Cadereyta Jiménez, Nuevo León, obteniendo el grado de Técnico Agropecuario. Los estudios de licenciatura los curso en el Instituto Tecnológico de Linares, en Nuevo León, obteniendo mención honorífica en la carrera de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Pecuaria.

Las áreas de interés del autor son: biotecnología vegetal, nutrición animal, dasonomía urbana, manejo de recursos naturales, entre otras.

La dirección permanente del autor es:

Ave. José Alvarado No. 1853.

Col. Florida

c.p. 64810 Monterrey, Nuevo León.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

®