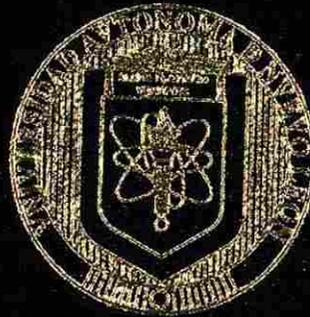


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

SUBDIRECCION DE POSTGRADO



DINAMICA ESTACIONAL DEL VALOR
NUTRITIVO Y DIGESTION RUMINAL
DEL FORRAJE DE 10 ARBUSTIVAS DE
BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO

TESIS

QUE PRESENTA:

MC. RAFAEL RAMIREZ ORDUÑA

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL TITULO DE DOCTOR EN CIENCIAS
CON ESPECIALIDAD EN ALIMENTOS

CD. UNIVERSITARIA

SEPTIEMBRE DEL 2003

TD

Z5320

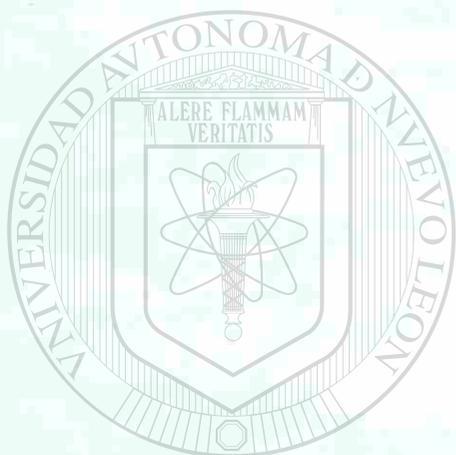
FCB

2003

.R35



1020148979

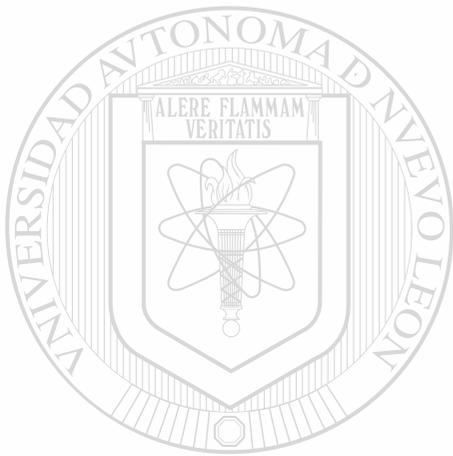


UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

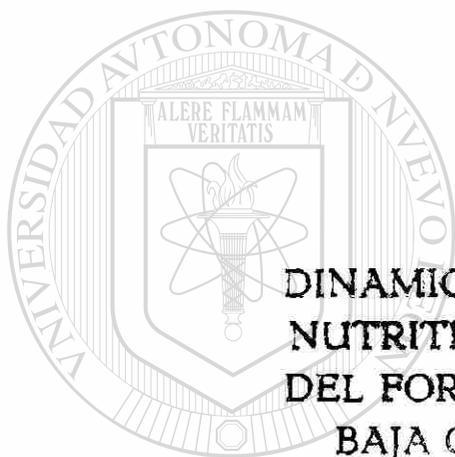
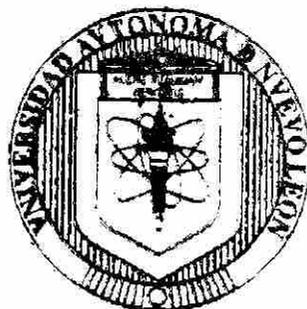


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

SUBDIRECCION DE POSTGRADO



DINAMICA ESTACIONAL DEL VALOR
NUTRITIVO Y DIGESTION RUMINAL
DEL FORRAJE DE 10 ARBUSTIVAS DE
BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

TESIS

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS
QUE PRESENTA:

MC. RAFAEL RAMIREZ ORDUÑA

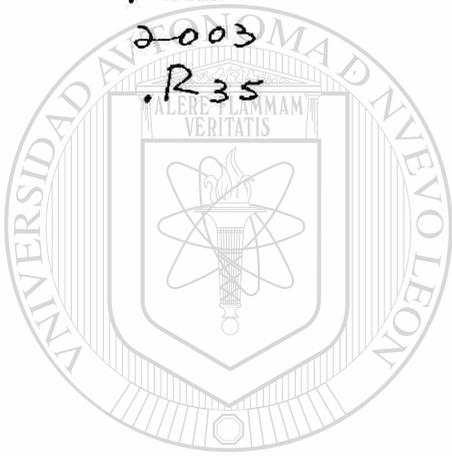
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL TITULO DE DOCTOR EN CIENCIAS
CON ESPECIALIDAD EN ALIMENTOS

CD. UNIVERSITARIA

SEPTIEMBRE DEL 2003

978462

TD
Z5320
FCB
2003
.R35



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

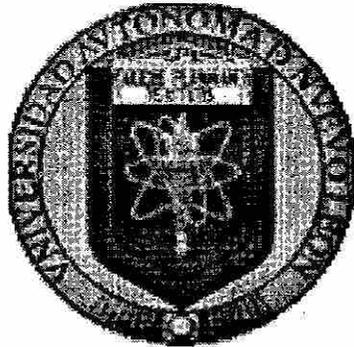


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



FONDO
TESIS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



**DINÁMICA ESTACIONAL DEL VALOR NUTRITIVO Y DIGESTIÓN
RUMINAL DEL FORRAJE DE 10 ARBUSTIVAS DE BAJA CALIFORNIA
SUR, MÉXICO**

TESIS

QUE PRESENTA:

MC. RAFAEL RAMÍREZ ORDUÑA

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE
DOCTOR EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN ALIMENTOS





UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



FONDO
TESIS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



DINÁMICA ESTACIONAL DEL VALOR NUTRITIVO Y DIGESTIÓN RUMINAL DEL
FORRAJE DE 10 ARBUSTIVAS DE BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

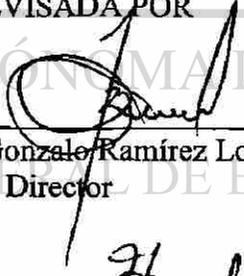
TESIS

QUE PRESENTA:

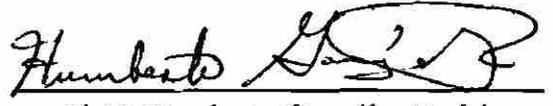
MC. RAFAEL RAMÍREZ ORDUÑA

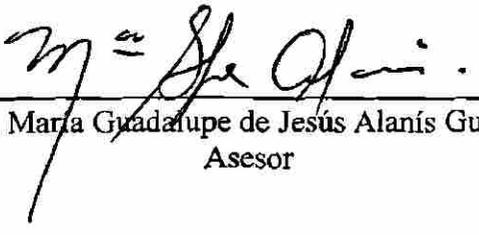
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE
DOCTOR EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN ALIMENTOS

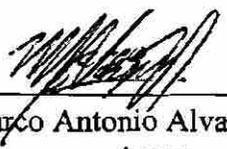
REVISADA POR


Ph.D. Roque González Ramírez Lozano
Director


Dr. Rahim Foroughbakhch Pournavab
Asesor


Ph.D. Humberto González Rodríguez
Asesor


Dra. María Guadalupe de Jesús Alanís Guzmán
Asesor


Dr. Marco Antonio Alvarado Vázquez
Asesor

Agradezco a la Universidad Autónoma de Baja California Sur por proporcionarme los y medios y facilidades para la realización del presente trabajo, así como a mis amigos y compañeros que colaboraron en él y que a continuación menciono sin que el orden de aparición signifique alguna distinción en especial:

Dr. Juan Manuel Ramírez Orduña
Dr. Ramón Cepeda Palacios
M.S: Juan Manuel Ávila Sandoval
Ing. José Ángel Armenta Quintana
Ing. Rafael Junco Córdoba
Sr. Jorge Robles

Agradezco de igual manera a los Doctores de la Universidad Autónoma de Nuevo León que me asesoraron en la realización de este proyecto:

Ph.D. Roque Gonzalo Ramírez Lozano
Ph.D. Marco Vinicio Gómez Meza

Toda nuestra ciencia, comparada con la realidad,
es primitiva e infantil...
y sin embargo es lo máspreciado que tenemos.

Albert Einstein
(1879-1955)

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

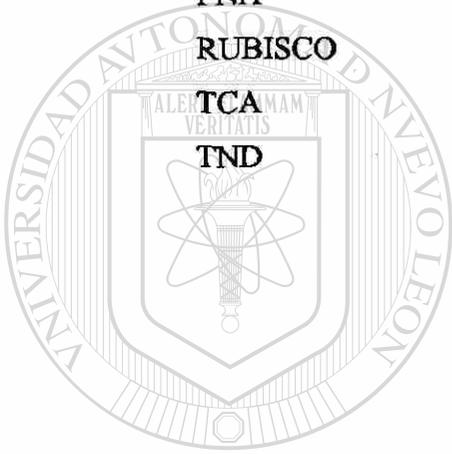
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

a	Fracción soluble determinada por la técnica <i>in situ</i>
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
b	Fracción potencialmente degradable determinada por la técnica <i>in situ</i>
BCS	Baja California Sur
C3	Especies de plantas adaptadas a clima frío
C4	Especies de plantas adaptadas a clima templado
CDTA	Ácido ciclohexano diamino tetracético
CNA	Comisión Nacional del Agua
CNE	Carbohidratos no estructurales
COTECOCA	Comisión Técnico Consultiva para la Determinación de Coeficientes de Agostadero
DEMO	Degradabilidad efectiva de la materia orgánica
DEPC	Degradabilidad efectiva de la proteína cruda
DGETENAL	Dirección General del Territorio Nacional
DIVMO	Digestibilidad <i>in vitro</i> de materia orgánica
DIVMS	Digestibilidad <i>in vitro</i> de materia seca
EDTA	Ácido etileno diamino tetracético
EE	Extracto etéreo
ELN	Extracto libre de nitrógeno
FC	Fibra cruda
FDA	Fibra detergente ácido
FDN	Fibra detergente neutro
GC-MS	Cromatografía de gases - espectrometría de masas
HPLC-MS	Cromatografía líquida de alta resolución - espectrometría de masas
IV	Sistema de inhibición <i>in vitro</i>
INEGI	Instituto Nacional de Geografía e Informática
kd	Tasa constante de degradación determinada por la técnica <i>in situ</i>
MO	Materia orgánica

NOMENCLATURA

v

MS	Materia seca
N	Nitrógeno total
NNP	Nitrógeno no proteico
NP	Nitrógeno proteico
NRC	National Research Council
PC	Proteína cruda
PIDA	Proteína insoluble en detergente ácido
PIDN	Proteína insoluble en detergente neutro
PIDN-PIDA	Proteína disponible de la pared celular del forraje
PNA	Polisacáridos no-almidón
RUBISCO	Enzima ribulosa-1,5-bifosfato carboxilasa oxigenasa
TCA	Ácido tricloro acético
TND	Total de nutrientes digestibles



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

	Página
LISTA DE TABLAS	ix
LISITA DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xxii
ABSTRACT	xxiii
1 INTRODUCCIÓN	1
2 REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Métodos Químicos de Análisis de Fibra y su Relación con la Nutrición de Rumiantes	4
2.1.1 Sistema Fibra Cruda y Extracto Libre de Nitrógeno	4
2.1.2 Entidades Nutritivas	6
2.1.3 Sistema Detergente de Análisis	12
2.1.3.1 Interferencia en Estimar Hemicelulosa por Diferencia	13
2.1.3.2 Fibra Detergente Ácido y Lignina	15
2.1.3.3 Nitrógeno Insoluble en Detergente Ácido (NIDA)	16
2.1.3.4 Fracciones de Nitrógeno Empleando Detergentes	20
2.1.3.5 Fibra Total	22
2.1.3.6 Carbohidratos no Estructurales y Polisacárido no Almidón	23
2.2 El Análisis Químico Analítico y los Sistemas de Alimentación del Ganado	24
2.3 La Técnica de la Bolsa de Nylon en la Evaluación de Forrajes	27
2.4 Factores Estructurales que Limitan la Digestibilidad de la Pared Celular del Forraje	37
2.5 Valor Nutritivo de los Arbustos y Árboles	45
2.5.1 Efecto de los Taninos en la Utilización de Árboles y Arbustos	50
2.5.2 Minerales en Árboles y Arbustos	53
2.6 Aspectos Generales Sobre la Ganadería en Baja California Sur	57
3 MATERIALES Y MÉTODOS	64
3.1 Localización y Descripción del Área de Estudio	64
3.2 Muestreo de Vegetación	64
3.3 Análisis Estructural del Ecosistema Vegetal	66
3.4 Muestreo de Especies Vegetales Forrajeras	69
3.5 Composición Nutritiva del Forraje	69

3.5.1 Fracciones de Fibra	69
3.5.2 Fracciones de Proteína	70
3.6 Degradabilidad in situ de PC y MO	70
3.7 Determinación de Minerales	72
3.8 Análisis Estadístico	72
4 RESULTADOS	73
4.1 Análisis Estructural del Ecosistema Vegetal en el Área de Estudio.	73
4.2 Composición Nutritiva del Forraje	76
4.2.1 Fracciones de Fibra	76
4.2.1.1 Carbohidratos no estructurales (CNE)	78
4.2.1.2 Fibra detergente neutro (FDN)	81
4.2.1.3 Fibra detergente ácido (FDA)	82
4.2.1.4 Celulosa	86
4.2.1.5 Hemicelulosa	88
4.2.1.6 Lignina	91
4.2.2 Taninos	93
4.2.3 Extracto etéreo (EE)	95
4.2.5 Fracciones de Proteína	101
4.2.5.1 Proteína cruda (PC)	101
4.2.5.2 Proteína insoluble en detergente neutro (PIDN)	105
4.2.5.3 Proteína insoluble en detergente ácido (PIDA).	107
4.2.5.4 Proteína disponible de la pared celular (PIDN-PIDA)	110
4.3 Degradabilidad Ruminal de la Materia Orgánica y Proteína Cruda	112
4.3.1 Degradabilidad Ruminal de la Materia Orgánica	112
4.3.1.1 Fracción soluble (fracción a) de materia orgánica	112
4.3.1.2 Fracción potencialmente degradable (fracción b) de la materia	115
4.3.1.3 Tasa de degradación (kd) de la materia orgánica	117
4.3.1.4 Degradabilidad efectiva de la materia orgánica.	121
4.3.2 Degradabilidad Ruminal de la Proteína Cruda	123
4.3.2.1 Fracción soluble (fracción a) de proteína cruda	124
4.3.2.2 Fracción potencialmente degradable (fracción b) de la proteína cruda	127

4.3.2.3 Tasa de degradación de proteína cruda	129
4.3.2.4 Degradabilidad efectiva de la proteína cruda	132
4.4 Contenido de Minerales	134
4.4.1 Macrominerales	134
4.4.1.1 Calcio	134
4.4.1.2 Fósforo	139
4.4.1.3 Magnesio	141
4.4.1.4 Sodio	143
4.4.1.5 Potasio	145
4.4.2 Microminerales	149
4.4.2.1 Manganeso	149
4.4.2.2 Cobre	150
4.4.2.3 Hierro	154
4.4.2.4 Zinc	156
4.5 Variables Relacionadas con la Degradabilidad Efectiva de Materia Orgánica y Proteína Cruda.	159
5 DISCUSIÓN	166
6 CONCLUSIONES	176
7 RECOMENDACIONES	177
8 LITERATURA CITADA	178
9 RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO	200

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tabla	Página
1. Estructura vegetal del área de estudio por especie de plantas.	74
2. Estructura vegetal del área de estudio por tipo de plantas.	76
3. Valor de F y significancia para el modelo usado para analizar estadísticamente el contenido de fracciones de fibra, taninos, extracto etéreo (EE), y materia orgánica (MO) en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México.	77
4. Cambios estacionales (media de tres años) y anuales del contenido de carbohidratos no estructurales (CNE; % MS) y fibra detergente neutro (FDN; % MS) en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México, durante 1993 a 1995.	79
5. Cambios estacionales (media de tres años) y anuales del contenido de fibra detergente ácido (FDA; % ms) y celulosa (% MS) en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México, durante 1993 a 1995.	85
6. Cambios estacionales (media de tres años) y anuales del contenido de hemicelulosa y lignina en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México, durante 1993 a 1995.	90
7. Cambios estacionales (media de tres años) y anuales del contenido de taninos y extracto etéreo (% MS) en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México, durante 1993 a 1995.	94
8. Cambios estacionales (media de tres años) y anuales del contenido de materia orgánica (% MS) en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México, durante 1993 a 1995.	100
9. Valor de F y significancia del modelo usado para analizar estadísticamente las fracciones de proteína cruda (PC) en arbustos de leguminosas y no leguminosas Nativos de Baja California Sur, México.	101
10. Cambios estacionales (media de tres años) y anuales del contenido de proteína cruda (PC, % MS) y proteína insoluble en detergente neutro (PIDN, % PC) En arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México, durante 1993 a 1995.	103
11. Cambios estacionales (media de tres años) y anuales del contenido de proteína insoluble en detergente ácido (PIDA; % PC) y proteína disponible de la pared Celular (PIDN-PIDA; % PC) en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México, durante 1993 a 1995.	109

12. Valor de F y significancia del modelo usado para analizar estadísticamente los parámetros de degradabilidad de la materia orgánica en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México. 112
13. Cambios estacionales (media de tres años) y anuales de la fracción soluble (a; % MO) y degradable (b; % MO) de la material orgánica en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México, durante 1993 a 1995. 114
14. Cambios estacionales (media de tres años) y anuales de la tasa de degradación (%/h) y degradabilidad efectiva de la material organica (DEMO; %) en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México durante 1993 a 1995. 119
15. Valor de F y significancia para el modelo usado para analizar estadísticamente los parámetros de degradabilidad y degradabilidad efectiva (DEPC) de la proteína en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México. 123
16. Cambios estacionales (media de tres años) y anuales del contenido de fracción soluble de la proteína (fracción a, %) y fracción degradable de proteína (fracción b, %) en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México durante 1993 a 1995. 126
17. Cambios estacionales (media de tres años) y anuales de la tasa de degradación ruminal (%/h) y degradabilidad efectiva de la proteína cruda (DEPC, %) en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México, durante 1993 a 1995. 131
18. Valor de F y significancia para el modelo usado para analizar estadísticamente el contenido de minerales en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México. 135
19. Cambios estacionales (media de tres años) y anuales del contenido de Ca y P ($\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$) En arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México, durante 1993 a 1995. 138
20. Cambios estacionales (media de tres años) y anuales del contenido de Mg y Na ($\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$) en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México, durante 1993 a 1995. 142
21. Cambios estacionales (media de tres años) y anuales del contenido de K ($\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$) y Mn ($\text{mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$) en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México. 147
22. Cambios estacionales (media de tres años) y anuales del contenido de Cu y Fe ($\text{mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$) en arbustos de leguminosas y no leguminosas Nativos de Baja California Sur, México, durante 1993 a 1995. 153

-
23. Cambios estacionales (media de tres años) y anuales del contenido de Zn ($\text{mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$) en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México, durante 1993 a 1995. 157
24. Variables correlacionadas ($P < 0.05$) con la degradabilidad efectiva de MO (DEMO) y PC (DEPC) calculada a tasas de pasaje ruminal (kp) de 2, 5 y 8 %/h en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México. 160
25. Ecuación de predicción para la degradabilidad efectiva de la materia orgánica (DEMO) en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México. 161
26. Ecuación de predicción para la degradabilidad efectiva de la proteína cruda (DEPC) en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México. 162
27. Ecuación de predicción para la degradabilidad efectiva de la materia orgánica (DEMO) en arbustos de leguminosas nativos de Baja California Sur, México. 163
28. Ecuación de predicción para la degradabilidad efectiva de la materia orgánica (DEMO) en arbustos de no leguminosas nativos de Baja California Sur, México. 163
29. Ecuación de predicción para la degradabilidad efectiva de la proteína cruda (DEPC) en arbustos de leguminosas nativos de Baja California Sur, México. 164
30. Ecuación de predicción para la degradabilidad efectiva de la proteína cruda (DEPC) en arbustos de no leguminosas nativos de Baja California Sur, México. 165

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura	Página
1. Precipitación pluvial registrada de 1993 a 1995 en la estación meteorológica de Todos Santos, municipio de La Paz, Baja California Sur. Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal en Baja California Sur.	65
2. Fotografía de un matorral del desierto sonorense en Baja California Sur, al centro y al fondo se aprecia un palo verde (<i>Cercidium floridum</i>) y a la izquierda una choya (<i>Opuntia cholla</i>).	67
3. Vegetación nativa de Baja California Sur, se aprecia la presencia de árboles de torote (<i>Bursera microphylla</i>) y <i>Ruellia</i> sp., un matorral, al pie de los árboles.	67
4. Fotografía de un cardonal (<i>Pachocereus pringlei</i>) al borde de un arroyo, sus flores, cuando caen del árbol (pichones), son un sustento valioso para el ganado al inicio de la primavera.	68
5. Fotografía de un matorral típico de Baja California Sur, se aprecia al centro un pitayo dulce (<i>Lemaireucereus thurberi</i>), a la izquierda un ciruelo de monte (<i>Cyrtocarpa edulis</i>) y al pie de este, un palo fierro (<i>Pithecellobium cunfina</i>).	68
6. Diagrama de caja para el contenido de carbohidratos no estructurales (CNE) en <i>Medicago sativa</i> (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: <i>Acacia peninsularis</i> (Acpe), <i>Cercidium floridum</i> (Cefl), <i>Mimosa xantii</i> (Mixa), <i>Pithecellobium confine</i> (Pico), <i>Prosopis</i> sp. (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: <i>Bursera microphylla</i> (Bumi), <i>Cyrtocarpa edulis</i> (Cied), <i>Lippia palmeri</i> (Lipa), <i>Opuntia cholla</i> (Opch) y <i>Turnera diffusa</i> (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.	78
7. Contenido estacional promedio (\pm EE) de carbohidratos no estructurales en especies arbustivas leguminosas: (<i>Acacia peninsularis</i> , <i>Cercidium floridum</i> , <i>Mimosa xantii</i> , <i>Pithecellobium confine</i> , <i>Prosopis</i> sp) y especies arbustivas no leguminosas: (<i>Bursera microphylla</i> , <i>Cyrtocarpa edulis</i> , <i>Lippia palmeri</i> , <i>Opuntia cholla</i> y <i>Turnera diffusa</i>), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.	80
8. Diagrama de caja para el contenido de fibra detergente neutro (FDN) en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: <i>Acacia peninsularis</i> (Acpe), <i>Cercidium floridum</i> (Cefl), <i>Mimosa xantii</i> (Mixa), <i>Pithecellobium confine</i> (Pico), <i>Prosopis</i> sp. (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: <i>Bursera microphylla</i> (Bumi), <i>Cyrtocarpa edulis</i> (Cied), <i>Lippia palmeri</i> (Lipa), <i>Opuntia cholla</i> (Opch) y <i>Turnera diffusa</i> (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.	81

9. Contenido estacional promedio (\pm EE) de fibra detergente neutro (FDN) en especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 82
10. Diagrama de caja para el contenido de fibra detergente ácido (FDA) en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 83
11. Contenido estacional promedio (\pm EE) de fibra detergente ácido (FDA) en especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 84.
12. Diagrama de caja para el contenido de celulosa y lignina en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 86
-
13. Contenido estacional promedio (\pm EE) de Celulosa en especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 87
14. Diagrama de caja para el contenido de hemicelulosa en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 88
15. Contenido estacional promedio (\pm EE) de Hemicelulosa en especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 89

16. Diagrama de caja para el contenido de lignina en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 91
17. Contenido estacional promedio (\pm EE) de Hemicelulosa en especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp.*) y especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 92
18. Diagrama de caja para el contenido de taninos en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 93
19. Contenido estacional promedio (\pm EE) de Taninos en especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp.*) y especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 95
20. Diagrama de caja para el contenido de extracto etéreo en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 96
21. Contenido estacional promedio (\pm EE) de extracto etéreo en especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp.*) y especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 97
22. Diagrama de caja para el contenido de materia orgánica en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 98

23. Contenido estacional promedio (\pm EE) de materia orgánica en especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 99
24. Diagrama de caja para el contenido de proteína cruda en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 102
25. Contenido estacional promedio (\pm EE) de proteína cruda (PC) en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 104
26. Diagrama de caja para el contenido de proteína insoluble en detergente neutro en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 105
27. Contenido estacional promedio (\pm EE) de proteína insoluble en detergente neutro en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 106
28. Diagrama de caja para el contenido de proteína insoluble en detergente ácido en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 107

29. Contenido estacional promedio (\pm EE) de proteína insoluble en detergente ácido en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 108
30. Diagrama de caja para el contenido de proteína disponible de la pared celular (PIDN-PIDA) en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 110
31. Contenido estacional promedio (\pm EE) de proteína disponible de la pared celular en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 111
32. Diagrama de caja para el contenido de fracción soluble (a) de la materia orgánica en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 113
33. Contenido estacional promedio (\pm EE) de fracción soluble de materia orgánica en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 115
34. Diagrama de caja para el contenido de fracción potencialmente degradable (b) de la materia orgánica en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 116

35. Contenido estacional promedio (\pm EE) de fracción degradable (*b*) de materia orgánica en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 117
36. Diagrama de caja para la tasa de degradación (*kd*) de la materia orgánica en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 118
37. Tasa estacional de degradación (*kd*) de la de materia orgánica (\pm EE) en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 120
38. Diagrama de caja para la degradabilidad efectiva de la materia orgánica en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 121
39. Degradabilidad efectiva estacional (\pm EE) de materia orgánica en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 122
40. Diagrama de caja para la fracción soluble (*a*) de la proteína cruda en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 124

41. Fracción soluble (*a*) estacional de la de proteína cruda (\pm EE) en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 125
42. Diagrama de caja para la fracción potencialmente degradable (*b*) de la proteína cruda en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 127
43. Fracción degradable (*b*) estacional de la de proteína cruda (\pm EE) en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 128
44. Diagrama de caja para la tasa de degradación (*kd*) de la proteína cruda en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 129
45. Tasa de degradación (*kd*) estacional de la de proteína cruda (\pm EE) en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 130
46. Diagrama de caja para la degradabilidad efectiva de la proteína cruda calculada a una tasa de pasaje $kp = 2\%/h$ en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 132

47. Degradabilidad efectiva estacional de la proteína cruda calculada a una tasa de pasaje $kp = 2\%/h$ (\pm EE) en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 133
48. Diagrama de caja para el contenido de calcio en cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 136
49. Contenido estacional de calcio (\pm EE) en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 137
50. Diagrama de caja para el contenido de fósforo en cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 139
51. Contenido estacional de fósforo (\pm EE) en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 140
52. Diagrama de caja para el contenido de magnesio en cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 141
53. Contenido estacional de magnesio (\pm EE) en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 143

54. Diagrama de caja para el contenido de sodio en heno de cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 144
55. Contenido estacional de sodio (\pm EE) en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp.*) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 145
56. Diagrama de caja para el contenido de potasio en cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 146
57. Contenido estacional de potasio (\pm EE) en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp.*) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 148
58. Diagrama de caja para el contenido de manganeso en cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 149
59. Contenido estacional de manganeso (\pm EE) en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp.*) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 150
60. Diagrama de caja para el contenido de cobre en cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 151

61. Contenido estacional de cobre (\pm EE) en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 152
62. Diagrama de caja para la concentración de hierro en cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 154
63. Contenido estacional de hierro (\pm EE) en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 155
64. Diagrama de caja para el contenido de zinc en cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 156
65. Contenido estacional de zinc (\pm EE) en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995. 158

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Rafael Ramírez Orduña

Fecha de Obtención de Grado: Septiembre, 2003

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ciencias Biológicas

Titulo del Estudio: DINÁMICA ESTACIONAL DEL VALOR NUTRITIVO Y
CINÉTICA DE LA DIGESTION RUMINAL DE 10 ESPECIES
ARBUSTIVAS DEL DESIERTO SONORENSE

Numero de Paginas: 225

Candidato para el grado de Doctor en Ciencias
con especialidad en Alimentos

Área de Estudio: Nutrición de Rumiantes

Propósito y Método del Estudio: Baja California Sur, posee el 92% de su superficie cubierta por matorrales, estos constituyen el principal sustento de la ganadería extensiva, sin embargo se conoce poco acerca del valor nutritivo de la vegetación nativa. Bajo la hipótesis de que hay variación estacional en composición nutritiva y degradabilidad del forraje en rumen y que esta puede afectar de manera diferencial a leguminosas y no leguminosas, se realizaron 12 muestreos en el rancho "Palmar de Abajo" en las cuatro épocas de tres años consecutivos. En cada muestreo se determino la estructura vegetal del área y el contenido de proteína cruda (PC), materia orgánica (MO), taninos condensados, fracciones de proteína y fibra, macro y micro minerales y la degradabilidad efectiva de MO (DEMO) y PC (DEPC) en cinco especies forrajeras leguminosas (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine* y *Prosopis sp*) y cinco no leguminosas (*Bursera microphyla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*).

Contribución y Conclusiones: Las no leguminosas tuvieron mayor valor de importancia pero menor PC durante el año, disminuyeron DEMO y DEPC en primavera-verano debido a la reducción en carbohidratos no estructurales y al incremento de los componentes de la pared celular (FDN, lignina y celulosa, PIDN y PIDA), incrementaron su PC y DEPC en otoño-invierno, después de las lluvias. Las leguminosas disminuyeron PC en primavera afectando a la proteína disponible de la pared celular causando la disminución de la DEPC, en estas especies la variación anual pudo ser más importante en determinar DEMO y DEPC. Las leguminosas aportaron casi el doble de PC y PC degradable, especialmente en primavera-verano. Las no leguminosas tuvieron mayor concentración de Na. Ambos tipos de planta tuvieron bajas concentraciones de K y Cu y altas de Na y Fe durante primavera. Los bajos niveles de P y altos de Ca resultaron en una relación inusual Ca: P de 2:1 a 90:1. Todas las especies cubrieron el requerimiento de rumiantes en Mg, Ca, K, Fe y Mn, fueron marginales en P y deficientes en Cu y Zn.

FIRMA DE ASESOR: _____

The objectives of this study were to evaluate the seasonal variation in chemical composition, degradation characteristics and mineral content from leaves of ten native shrubs from Baja California Sur, twelve samplings were carried out at "Palamar de Abajo" ranch in February (Winter), May (Spring), August (Summer) and November (Fall) of 1993 to 1995. In each collection, branches were collected from 16 linear transects of 30 m, located randomly. In each collection species, number of individual by species and vegetal coverage were measured to estimate relative frequency, abundance, dominance and importance value.

In each samplig, approximately 500 g of leaves form branches of each species were removed manually, allowed to dry under shed and ground. Leaves were bulked in one sample of each one of five legumes species (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis* sp. and *Mimosa xantii*) and five non legumes species (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* and *Turnera diffusa*). On each season, samples were analyzed for crude protein (CP), neutral detergent insoluble protein (NDIP), acid detergent insoluble protein (ADIP), cell wall available protein (NDIP-ADIP), NDF, ADF, cellulose, hemicellulose (NDF-ADF), lignin (LDA), condensed tannins, ash and ether extract. To estimate the in situ OM and CP loss, four ruminally cannulated steers (450 ± 10 kg body weight) were used. Plant material (4 g) was placed in nylon bags (50 µm pore size) and suspended in the rumen of steers for 1, 2, 3, 4, 8, 12, 24, 48, 72 and 100 h. During the trial, steer were fed alfalfa hay (16% CP) at 8:00 and 16:00 h. Alfalfa hay was included as a reference plant The OM and CP effective degradability was calculated assuming a rumen outflow rate of 2, 5 and 8 %/h. Phosphorus was assayed by colorimeter; macro (Ca, Mg, Na y K,) and trace minerals (Zn, Fe, Cu y Mn) were determined by atomic absorption espectrophotometry.

Legumes had low importance value because they were found in low relative frequency. Legumes were highest in nutritive quality during the dry season (spring and summer). They provided a higher available CP and fermentable OM trough the year. Non-legumes were more variable across seasons in degradation characteristics. Within legumes species *Pithecellobium confine* was lowest in nutritive quality due it's high NDF and lignin content. *Cercidium floridum* and *Prosopis* sp. were highest because they provided more available OM and CP, even when *Cercidium floridum* was high in tannins. *Opuntia cholla* was a good fermentable OM source because it was high in hemicellulose. All forage species had a lower Zn and Cu content than beef cattle requirements, due their seasonal variation in Mn and P content, they may be lower in this minerals during the dry season or years of drought. *Bursera microphylla* and *Cyrtocarpa edulis* were a good source of Na, and *Bursera microphylla*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa* of Mn. Lignin, tannins, NDF and ADF content limited OM and CP degradation in legumes and non-legumes species. Some minerals under beef cattle requirements concentrations were met, they also may limit OM and CP degradation (Zn, P), others minerals may increased it (K and Ca).

I INTRODUCCIÓN

La baja producción primaria de forraje en las regiones áridas y semiáridas ha llevado al interés en la utilización del follaje de árboles y arbustos como fuentes potencialmente sustentables de alimento para rumiantes en pastoreo. En particular, muchos árboles y arbustos de especies leguminosas son utilizados como alimento para el ganado (Blair, 1989; Topps, 1992) dado que permanecen verdes y con un contenido relativamente alto de proteína cruda a lo largo del año (Reed et al., 1990).

La composición y disponibilidad de nutrientes de especies arbustivas son afectadas por el estado de crecimiento (Long et al., 1999), por la especie del forraje (Nahed et al., 1997), estación del año (Larbi et al., 1997) y la localidad (Salawu et al., 1999), sin embargo la cuantificación de las fracciones de proteína cruda y fibra no ha sido determinada extensivamente en este tipo de forrajes (Elizalde et al., 1999a). Adicionalmente, el follaje de especies tanto leguminosas como no leguminosas contiene un amplio rango de factores antinutritivos, especialmente taninos y compuestos fenólicos que pueden reducir la disponibilidad de la proteína y limitar su uso como forraje (Degen et al., 1997; Makkar et al., 1997). Sin embargo, estos forrajes pueden ser utilizados en la alimentación de rumiantes si los compuestos secundarios no disminuyen sustancialmente el valor nutritivo del forraje (Swain, 1979; Mupangwa et al., 2000).

Actualmente los sistemas de evaluación de dietas para animales se han sofisticado y requieren del conocimiento de características de la degradación de la proteína, materia orgánica (MO) y carbohidratos con la finalidad de maximizar la síntesis de proteína microbial, minimizar el desperdicio de proteína como amoníaco y proporcionar proteína de escape a la fermentación ruminal, para predecir el comportamiento animal (Satter, 1980; Russell et al., 1992; Sniffen et al., 1992).

La digestibilidad es una de las variables determinantes del valor nutritivo de los forrajes y es definida como la proporción de fibra ingerida que no es excretada en las heces, el proceso de digestión de la fibra consta de dos eventos principales, la hidrólisis de los polisacáridos y la conversión de los monosacáridos a ácidos grasos volátiles (AGV's), gases de la fermentación y calor (Tamminga, 1993).

La presencia de taninos condensados puede interferir en la determinación o estimación de la digestibilidad *in vivo* de la pared celular (FDN) a partir de las técnicas de extracción con detergentes (Makkar et al., 1995) y en la determinación de la digestibilidad *in vitro* (Makkar et al., 1997; McSweeney et al., 1999), por lo cual, la medición de los productos finales de la fermentación (gas, amoníaco y AGV'S) se ha utilizado para medir la disponibilidad de los nutrientes en plantas arbustivas nativas (Longland et al., 1995; Larbi et al., 1998; Long et al., 1999).

Aun cuando la investigación sobre la calidad del forraje se centra principalmente sobre la cuantificación de la proteína (Heitschmidt et al., 1982) y energía (Urniss et al., 1983; Jung et al., 1985) por ser los componentes mayoritarios comúnmente deficientes, al menos en parte del año (Adams y Short, 1988), también se han reportado deficiencias de minerales (Greene et al., 1987; Pinchak et al., 1989; Grings et al., 1996) y la investigación en este campo es mas limitada y ha sido enfocada al estudio de la concentración mineral en la planta completa, lo cual puede no reflejar correctamente el valor nutricional de esa planta debido a que generalmente el ganado prefiere tejido vegetal vivo al tejido muerto (Stuth et al., 1986) y prefiere las hojas a los tallos (Poppi et al., 1981), por lo que un análisis mas real del contenido mineral de la dieta del ganado puede ser obtenido a partir de tejido vegetal vivo (Grings et al., 1996).

Baja California Sur posee cerca del 78 % de su superficie cubierta de matorrales, 2.3 % destinada a la agricultura y 7% de bosques y selvas, además posee el 18 % de la superficie del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP). Baja California Sur es particularmente importante en cuanto el número de endemismos, ya que el aislamiento geográfico de la Península a ocasionado que varias especies y subespecies de plantas y animales hayan evolucionado diferencialmente en esta región, el 23% de la flora aproximadamente es endémica (Breceda et al., 1991).

La actividad ganadera en el Estado se centra en su mayoría en la explotación del ganado bovino y caprino en condiciones extensivas (Arriaga y Cancino, 1992) dependiendo en gran medida de lo que los agostaderos proporcionan. Esta actividad se ve limitada por la

escasa precipitación pluvial, suelos alcalinos, larga estación de sequía y elevados costos de producción de forraje para el ganado, adicionalmente se carece de información referente al valor nutritivo de la vegetación presente en los agostaderos.

El objetivo general de este trabajo es el de evaluar la variación estacional en la composición química, características de la degradabilidad de materia orgánica y proteína cruda y concentración mineral de cinco especies leguminosas y cinco no leguminosas arbustivas nativas de Baja California Sur. Los objetivos particulares son: 1) Caracterizar la estructura vegetal de uno de los agostaderos representativos de Baja California Sur. 2) Determinar en que estación o estaciones del año se reduce el valor nutritivo del forraje. 3) Identificar la especie o especies que pueden ser fuentes complementarias de proteína para el ganado. 4) Identificar la estación o estaciones en que el forraje es deficiente en los principales minerales. 5) Identificar la especie o especies que pueden ser fuentes adecuadas de aquellos minerales que puedan ser deficientes en determinada estación.

Los objetivos antes mencionados parten de la hipótesis siguiente: Existe variación estacional en la composición química, digestibilidad y contenido de minerales del forraje, aunque esta variación puede afectar de manera diferente a las especies y/o tipos (leguminosas vs no leguminosas) de forraje.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN[®]
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Métodos Químicos de Análisis de Fibra y su Relación con la Nutrición de Rumiantes

El análisis químico de alimentos es esencial en la obtención de datos analíticos que evalúen la calidad del forraje y predigan la disponibilidad de nutrimentos bajo condiciones específicas, el objetivo final es el de permitir la formulación de dietas a partir de la información de la composición de los alimentos y predecir la respuesta animal al consumo de esos alimentos. Los sistemas químico analíticos han evolucionado paralelamente al incremento en el conocimiento de los mecanismos involucrados en el proceso digestivo de los animales domésticos y silvestres, con ello han propiciado el desarrollo de mejores sistemas de alimentación del ganado. El sistema detergente de análisis es el sistema químico analítico más comúnmente empleado en la valoración del forraje y en el desarrollo de los sistemas de alimentación (Van Soest et al., 1991).

2.1.1 Sistema Fibra Cruda y Extracto Libre de Nitrógeno

El método de fibra cruda (FC) fue por mucho tiempo una forma de evaluar alimentos fibrosos, sin embargo, este método presenta grandes errores desde el punto de vista bioquímico y nutricional. El error en el análisis de fibra cruda se origina de la extracción secuencial con una solución ácida diluida caliente, seguido por una extracción en solución álcali diluida caliente. En este proceso se disuelven el 50 a 90% de lignina, 0-50% de celulosa y hasta el 85% de hemicelulosa, el error por estas pérdidas es variable dependiendo de las proporciones de lignina, celulosa y hemicelulosa; en la fibra y puede ser tan grande como un 700% (Van Soest y Robertson, 1979). Generalmente, la solubilidad de la lignina en los pastos es mayor que en las leguminosas, en el caso de los alimentos concentrados el error causado por la solubilización de los componentes de la pared celular es menor, dado que aproximadamente tres cuartas partes del extracto libre de nitrógeno (ELN) son almidón y carbohidratos solubles (Van Soest y Robertson, 1979; Van Soest, 1982).

El más grande y fundamental error en el sistema de análisis proximal es la división de los carbohidratos en ELN y FC. La Asociación Americana de Químicos Analistas (A.O.A.C.) ha desaprobado desde 1940 el empleo de ELN dado que contiene los errores acumulados de todas las determinaciones del sistema proximal (NRC, 1995). El efecto del error en la determinación de ELN se refleja en su digestibilidad aparente, resultando ser menor que la de FC en aproximadamente 30% de casos para todo tipo de alimentos, siendo mayor en forrajes con alto contenido de lignina y hemicelulosa, principalmente pajas y pastos tropicales (Van Soest y Robertson, 1979). La presencia de una prominente fracción metabólica en el ELN fecal contribuye grandemente a este efecto dado que las heces frecuentemente contienen considerables cantidades de ELN, sin embargo, el almidón insoluble es el único carbohidrato no estructural que es probable que aparezca en las heces y solo a elevados consumos puede aparecer en cantidades sustanciales (Bock et al., 1991; Hill et al., 1991; Streeter et al., 1991; Kreikemeier et al., 1991).

Un problema adicional con el ELN radica en el uso del factor 6.25 para convertir el contenido de nitrógeno a una estimación del contenido de proteína dado que la proteína verdadera constituye del 70 al 80% del nitrógeno en el alimento y una proporción mucho menor en las heces, de tal forma que la aplicación de este factor a todo tipo de alimentos y a las heces correspondientes constituye un error que se refleja principalmente en el ELN, y la magnitud de este error depende del contenido de compuestos nitrogenados no proteicos y la desviación de la relación 6.25 en los compuestos nitrogenados proteicos. Este error es más serio en el análisis fecal donde se encuentra muy poco o nada de proteína verdadera y el principal constituyente nitrogenado es la pared celular microbiana que contiene 7% de nitrógeno (Van Soest, 1982).

El problema de encontrar un sustituto práctico y racional para el método de fibra cruda implicó clarificar el significado de fibra en un sentido nutricional y el de relacionar el valor de fibra al valor nutritivo. Debido al interés sobre la fibra tanto en nutrición humana como en nutrición de no rumiantes, el refinamiento del concepto llevó a la definición de fibra como aquellos polisacáridos y otras sustancias asociadas a la pared

celular que son resistentes a las enzimas digestivas de los mamíferos (Van Soest y Robertson, 1979).

2.1.2 Entidades Nutritivas

El sistema de análisis empleando detergentes fue originalmente desarrollado para resolver el problema analítico relativo a la dieta de rumiantes, específicamente a forrajes,

el objetivo del análisis es fraccionar los alimentos en entidades químicas, de acuerdo a su disponibilidad nutritiva (Van Soest, 1969). El concepto de fracción química en materiales biológicos connota algún grado de unidad orgánica estructural o elemental, por ejemplo proteína cruda, carbohidratos solubles, celulosa, esta última presupone polímeros β -(1-4) glucanos que raramente son caracterizados debido a la labor requerida para ello, por lo que el método de aislamiento de estas entidades arbitrariamente define el residuo obtenido de acuerdo a las propiedades de éste (Van Soest, 1969).

El concepto de entidad nutritiva se aplica a aquellas fracciones que pueden o no ser uniformes; una fracción uniforme es aquella que posee la misma digestibilidad verdadera o disponibilidad en todos los alimentos, mientras que una fracción no uniforme varía en digestibilidad verdadera de forraje a forraje. Una fracción uniforme ideal puede ser completamente digestible o esencialmente indigestible (Van Soest, 1969).

Si los forrajes pueden ser fraccionados en entidades nutricionalmente ideales, la predicción del valor nutritivo podría explicarse por la suma de las fracciones disponibles o digestibles, sin embargo la existencia de fracciones nutricionalmente no uniformes en la pared celular de los forrajes, principalmente celulosa y hemicelulosa, dificultan esta posibilidad, aún cuando la celulosa (polímeros β -(1-4) glucanos) sea considerada una fracción químicamente uniforme, a diferencia de la hemicelulosa que es químicamente no uniforme. Van Soest (1969), señala que las diferencias entre el criterio químico y

nutricional deben ser conciliadas a través del entendimiento de los factores físico-químicos que limitan la disponibilidad de las diversas fracciones.

Lucas desarrolló una prueba estadística para identificar los factores físicos y químicos que influyen sobre la disponibilidad de varias fracciones del forraje y para identificar cual de esas fracciones eran afectadas por un factor común de tal forma que pudieran ser agrupadas bajo una clasificación general para todos los alimentos (Van Soest, 1967). Los resultados de la prueba de Lucas se basan en establecer regresiones lineales simples entre la cantidad digestible de la fracción bajo prueba (coeficiente de digestibilidad multiplicado por el contenido de la fracción en el forraje) y el porcentaje del componente en la materia seca (MS). El coeficiente de regresión o pendiente de la recta es considerado estimador de la digestibilidad verdadera y la constante de regresión o intercepto es usado como estimador de la excreción endógena del componente cambiando el signo de negativo a positivo (Van Soest, 1967; Fomnesbeck, 1969).

Según Fomnesbeck (1969), altos coeficientes de correlación y pequeñas desviaciones estándar del coeficiente de regresión indican uniformidad de la disponibilidad nutricional de la fracción evaluada; sin embargo, Van Soest (1982) define como criterios requeridos para una fracción ideal o uniforme una baja desviación estándar del coeficiente de regresión y un intercepto no diferente de cero o negativo, mientras que la correlación no tiene valor en la evaluación de la regresión de Lucas y coeficientes de regresión significativamente mayores a la unidad e intercepto positivos, no tienen significado biológico.

Los resultados de la prueba de Lucas revelan que las fracciones de los alimentos pueden ser divididos sobre la base de su disponibilidad en tres categorías (Van Soest, 1967; Van Soest, 1982): 1) Totalmente digestible.- en las que el grado de digestión está determinado por la competición entre las tasas de digestión y pasaje, incluye al contenido celular (azúcares, almidón, proteína, ácidos orgánicos, lípidos y pectina)., 2) Incompleta disponibilidad.- material no disponible a las enzimas digestivas de los mamíferos pero que son potencialmente fermentables y que pueden ser excretados por

competición entre las tasas de fermentación y pasaje, incluye carbohidratos estructurales, celulosa y hemicelulosa., 3) Completa indisponibilidad.- material no disponible y no fermentable que es afectado solo por la tasa de pasaje y excretado en las heces e incluye a la lignina, cutina, productos Maillard y otras sustancias indigestibles.

Según Van Soest (1967), empleando la prueba de Lucas, la MS del forraje puede dividirse en dos fracciones de acuerdo a su disponibilidad nutricional. La primera corresponde al contenido celular, compuesto por carbohidratos no estructurales, lípidos, la mayor parte de las proteínas y otros compuestos solubles en agua, esta fracción es homogéneamente disponible (98%), con una baja desviación estándar para el coeficiente de regresión (2.5) y con un promedio para la excreción endógena de 12.9% del consumo de MS. En el caso específico del nitrógeno, el promedio para la digestibilidad verdadera fue de 93% con una desviación estándar de 3.1 (Van Soest, 1967; Van Soest 1982). Una pequeña parte (7%) del nitrógeno del forraje esta unida a la lignina y no es disponible. La cantidad de este nitrógeno puede ser incrementada por la reacción de Maillard durante el secado y procesamiento de la muestra (Van Soest, 1967; Van Soest, 1969), o durante la conservación del forraje (Goering et al., 1972).

La segunda fracción corresponde a la pared celular, cuya disponibilidad esta controlada por las características estructurales que ligan a la celulosa, hemicelulosa y lignina, de estos componentes. Dentro de la pared celular, la celulosa, hemicelulosa y holocelulosa muestran ser fracciones nutricionalmente no homogéneas, así como tampoco lo son el residuo detergente ácido y la pared celular (Van Soest, 1967), sin embargo la lignina constituye una entidad homogénea (Fonnesbeck, 1969; Van Soest 1967) con un coeficiente de digestión verdadera cercano a cero (-0.3) y una baja desviación estándar (4.7) de la pendiente de la regresión. La hemicelulosa es la fracción más grande y variable de la pared celular como lo demuestra Van Soest (1964), al comparar la composición química de gramíneas y leguminosas a una digestibilidad del 60%. En este trabajo, el contenido de holocelulosa (hemicelulosa mas celulosa) de la alfalfa relativo a las gramíneas es menor pero la pared celular esta más altamente lignificada, como lo indica la menor relación holocelulosa: lignina, esto deja una mayor proporción de la MS

de la alfalfa fuera de la influencia de la lignina (es decir, a una digestibilidad igual el contenido de lignina de las leguminosas es mayor, pero la pared celular es menor), y dado que el contenido de celulosa de las gramíneas y las leguminosas es similar, la principal diferencia entre especies radica en el contenido de hemicelulosa, la cual es mayor en gramíneas que en leguminosas (Van Soest, 1967).

Merchen y Bourquin (1994) mencionan que las diferencias entre especies de plantas en cuanto a la degradabilidad de la pared celular pueden ser en parte debidas a las diferencias en composición de la hemicelulosa, dado que los residuos de xilosa han mostrado ser menos degradables que los de arabinosa, adicionalmente señalan que algunas características anatómicas de la planta (tejido vascular y esclerénquima) pueden explicar las diferencias en digestibilidad entre especies de plantas así como entre partes de una misma planta por su mayor contribución al contenido de pared celular indigestible ($890 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de pared celular indigestible).

Según Van Soest (1967), si la lignina está físicamente combinada con los carbohidratos estructurales dentro de la pared celular, y dado que la pared celular representa la fracción no uniforme de acuerdo a la prueba de Lucas, pero muestra uniformidad con respecto a la lignificación, entonces la MS del forraje puede ser dividida en dos fracciones que son uniformes en diferentes formas (Van Soest, 1967).

Se han realizado muchos esfuerzos con el objetivo de desarrollar ecuaciones de regresión para predecir la digestibilidad basándose en la composición del forraje (Schneider et al., 1952; Meyer y Lofgreen, 1956; Sullivan, 1959; Sullivan, 1966; Moore et al., 1994), sin embargo la confiabilidad de dichas ecuaciones es dudosa debido a la presencia de fracciones nutritivamente no uniformes y al efecto que sobre ellas tiene la variación ambiental (Wilson y Ford, 1972) y entre especies (Jung y Vogel, 1986; Reid et al., 1988), así como por la interacción entre especies en mezclas de forrajes (Nocek et al., 1979) y la dificultad para explicar las relaciones básicas de causa efecto. La utilización de regresiones basadas en algún parámetro que intente medir la fibra requiere de dos supuestos: que los factores que influyen la disponibilidad nutritiva de la fibra

también influyen en la fracción no fibrosa y que el contenido de fibra está relacionado a su propia disponibilidad, ambas suposiciones han probado ser falsas de acuerdo a la prueba de Lucas (Van Soest, 1982). Adicionalmente, las ecuaciones basadas en resultados del análisis proximal (Schneider et al., 1951; Schneider et al., 1952; Crampton, 1957), padecen de las limitaciones de este sistema.

Otro esfuerzo realizado para estimar la digestibilidad de los forrajes es el sistema sumatorio (Van Soest, 1967; Van Soest, 1982), basado en la división del forraje en contenido celular y pared celular y el cálculo de la digestibilidad aparente a partir de los coeficientes de digestibilidad verdadera de la pared celular del forraje determinada por procedimientos *in vitro* como el de Tilley y Terry (1963), o calculada a partir del contenido de lignina de la fibra detergente ácido con la ecuación $Y = 147.3 - 78.9 \log(x)$, donde "Y" es la digestibilidad de la pared celular y "X" es el contenido de lignina. Bajo este procedimiento, la digestibilidad del contenido celular y la excreción bacteriana son considerados constantes (98 y 12.9% de la MS, respectivamente), los datos de composición son multiplicados por los coeficientes de digestión y el resultado es sumado, sustrayendo el material bacteriano y endógeno.

— Debe tenerse precaución en el empleo de la regresión de lignina dado que en forrajes poco usuales, otros factores pueden afectar la digestibilidad de la pared celular, como en el caso del sílice (Smith et al., 1971; Van Soest y Jones, 1968) y taninos (Conklin, 1994). También debe tenerse en consideración que la digestibilidad verdadera del contenido celular y la excreción bacteriana y endógena son variables biológicas y que bajo condiciones prácticas la variabilidad puede ser importante, sobre todo bajo un consumo incrementado de forrajes con un alto contenido de almidón (Van Soest, 1967).

Es aceptado desde hace tiempo que el contenido de lignina está correlacionado con la digestibilidad (Kamstra et al., 1958; Quicke y Bentley, 1959), sin embargo, el hecho de que la respuesta de la digestibilidad al efecto inhibitorio de la lignina es curvilínea en naturaleza (Jung y Vogel, 1986; Traxler et al., 1998), sugiere que el mecanismo de inhibición de la lignina es complejo. Debido a que el efecto inhibitorio del contenido de

lignina declina cuando esta alcanza elevadas concentraciones en la pared celular, las diferencias en digestibilidad a diferentes estados de madurez no pueden ser explicadas solamente en términos del contenido de lignina (Baker et al., 1959; Quike y Bentley, 1959; Jung y Deetz, 1993), sino que otros factores parecen estar involucrados, tales como la composición y estructura de la lignina (Jung y Allen, 1995; Titgemeyer et al., 1996), celulosa (Baker et al., 1959; Lee y Kim, 1983), hemicelulosa (Sullivan, 1966; Chesson, 1993), y la relación entre estos componentes mayoritarios de la pared celular (Chesson, 1993; Hatfield, 1993; Jung y Deetz, 1993).

Aunque la composición y la organización molecular son la principal determinante de la tasa y grado de degradación de la pared celular, esto no necesariamente es cierto en situaciones *in vivo*, dado que las células forman parte de los tejidos y el ambiente que las rodea puede influir de manera más significativa sobre la degradabilidad que la composición por sí misma (Merchen y Bourquin, 1994). Varias investigaciones microscópicas de tejidos vegetales en degradación muestran que la pared celular de algunos tipos celulares sobrevive por periodos mas prolongados de lo que se puede predecir a partir de su composición (Chesson et al., 1986). Esto es principalmente por que el acceso de los microorganismos o sus enzimas al sustrato se ve limitado por factores "extramurales" (Burns, 1978; Chesson, 1993) como la cubierta cuticular de las células epidermales o la cubierta altamente lignificadas que protege a las paredes celulares de las células vasculares (Chesson, 1993). Similarmente, investigaciones con microscopía electrónica muestran la presencia de una pared terciaria cubriendo la pared celular secundaria y una cubierta verrugosa depositada sobre esta pared terciaria, esta cubierta verrugosa esta formada por gránulos y glóbulos resistentes a la degradación microbial formando una barrera para las bacterias limitando la colonización de la pared celular de los tallos (Engels y Brice, 1985).

Una secuencia de análisis químico diseñada para dividir la MS del forraje de acuerdo a la clasificación de Lucas, no necesariamente debe estimar la digestibilidad debido al carácter variable de los carbohidratos estructurales. Desafortunadamente no existen sistemas químicos de análisis que separe a los carbohidratos estructurales en fracciones

digestible e indigestible (Barnes y Marten, 1979), dicha separación es más convenientemente obtenida por el uso de bacterias ruminales, por medios enzimáticos (Van Soest, 1982) o por pruebas de digestibilidad *in vivo* e *in situ* (Stern et al., 1997). Los métodos *in vitro* empleando microorganismos ruminales, especialmente el de Tilley y Terry (1963) producen estimaciones más exactas de la digestibilidad que los métodos químicos (Van Soest, 1967; Moore et al., 1994; Weiss, 1994). Sniffen et al. (1992), cuantifican los carbohidratos estructurales disponibles sustrayendo de los carbohidratos totales, los carbohidratos no estructurales y los carbohidratos estructurales indigestibles, estimando estos últimos como el producto de multiplicar lignina por 2.4 o como el material remanente después de 72 h de incubación *in vitro* que son los valores utilizados por el sistema Cornell de proteína y carbohidratos netos (Sniffen et al., 1992) y por el National Research Council (NRC, 1996).

Traxler et al. (1998) compararon la ecuación lineal utilizada por el sistema Cornell con ecuaciones no lineales desarrolladas para predecir la fracción indigestible de FDN, a partir de datos de la concentración de lignina determinada como lignina detergente ácido [$6.17 \times (\text{lignina}/\text{FDN})^{0.77}$] y lignina permanganato [$4.3 \times (\text{lignina}/\text{FDN})^{0.84}$], y utilizaron estas ecuaciones para predecir la ganancia diaria del ganado con la predicción hecha con la ecuación del sistema Cornell. La ecuación utilizada por el sistema Cornell resulta en una mejor estimación de la ganancia diaria del ganado con forrajes de baja calidad, sin embargo la ecuación no lineal fue un mejor estimador de la fracción indigestible de FDN, esta basada en principios biológicos del comportamiento de la lignina y puede proporcionar mejor estimación del comportamiento animal bajo un rango más amplio de condiciones.

2.1.3 Sistema Detergente de Análisis

El sistema de análisis empleando detergentes sacrifica algunos detalles y precisión con la finalidad de ser económicamente competitivo con el sistema fibra cruda-ELN al cual pretende reemplazar (Van Soest, 1982). La pared celular de la planta determinada como el residuo insoluble en detergente neutro o fibra

detergente neutro (FDN) ha probado ser una característica fundamental en la determinación del valor del forraje, principalmente en la predicción del consumo (Colburn et al., 1968; Fahey y Merchen, 1986; Mertens, 1987; Reid et al., 1988), sin embargo, su relación con la digestibilidad es baja debido a la variable digestibilidad de la pared celular, por lo que Meissner y Paulsmeier (1995) probaron que la relación de FDN con la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica explica el 67% de la variación en el consumo. El problema de la predicción de la digestibilidad del forraje es el de estimar la digestibilidad de la pared celular, y el uso del residuo detergente ácido o fibra detergente ácido (FDA) como un predictor de la digestibilidad no tiene fundamentos teóricos sólidos más que la asociación estadística (Van Soest, 1982).

El sistema detergente ha sufrido diversas modificaciones desde su origen en un intento por compensar ciertas deficiencias analíticas, estas modificaciones están dirigidas principalmente a eliminar la contaminación del residuo de fibra por nitrógeno y almidón, interferencias en la estimación de la hemicelulosa y problemas relacionados con el filtrado y manejo de algunos alimentos durante el análisis; las principales modificaciones al sistema son señaladas por Van Soest et al. (1991).

2.1.3.1 Interferencia en Estimar Hemicelulosa por Diferencia

El detergente neutro disuelve pectina, taninos y una cantidad variable de sílice, mientras que el detergente ácido recupera sílice, complejos taninos-proteína y parcialmente pectina, el residuo detergente ácido es generalmente más bajo en proteína que el residuo detergente neutro, la diferencia de estos efectos se refleja en la estimación de la hemicelulosa por medio de la diferencia entre el residuo detergente ácido y neutro (Van Soest y Robertson, 1979).

Theander y Westerlund, (1994) resumen estudios de la composición química de la paja de avena, paja de avena tratada con NaOH al 4%, una gramínea (85% Fleo y 15% trébol rojo) y una leguminosa (80% alfalfa y 20% Fleo), en donde excepto para la

gramínea, los valores de hemicelulosa obtenidos como la diferencia entre FDN y FDA fueron menores que los valores obtenidos por la suma de los azúcares componentes (método Uppsala) de la hemicelulosa. Otros investigadores (Merchen y Bourquin, 1994) han reportado considerable sobrestimación del contenido de hemicelulosa de los alimentos utilizando la diferencia entre FDN y FDA comparado con la suma de los azúcares constituyentes de la hemicelulosa. Merchen y Bourquin (1994) señalan que la mayor digestibilidad de la hemicelulosa con respecto a la celulosa es efecto del método analítico utilizado (FDN menos FDA), y que esta diferencia con respecto a otros métodos (azúcares componentes) puede ser debida a la contaminación con hemicelulosa del residuo detergente ácido.

Theander y Westerlund, (1994) indican que la fracción de FDA contiene de 70 a 140 g/kg de hemicelulosa y de 10 a 40 g/kg de proteína cruda en lugar de celulosa y lignina, mientras que la fracción FDN contiene de 10 a 60 g·kg⁻¹ de proteína cruda en lugar de hemicelulosa, celulosa y lignina.

Van Soest (1993) critica el uso de los azúcares componentes como una forma de evaluar forrajes y remarca que la naturaleza fisico-química de los carbohidratos de la pared celular es de una significancia nutricional mayor que su constitución química y composición intrínseca, y que las bases químicas probables para este efecto es que la asociación fisico-química de estos constituyentes macro polímeros es mucho más importante en determinar su disponibilidad que la estructura química intrínseca.

Algunos autores recomiendan que para lograr un residuo de fibra ácido detergente puro, la extracción debe ser precedida por la extracción en detergente neutro; la preextracción remueve la interferencia de la pectina, taninos y sílice, sin embargo se pierde la estimación cuantitativa de la sílice, la cantidad de sílice solubilizada por detergente neutro es una estimación de sílice opalina (Van Soest y Robertson, 1979).

2.1.3.2 Fibra Detergente Ácido y Lignina

El método de determinar fibra detergente ácido también ha sufrido modificaciones desde su origen, algunas de ellas, como el método fibra detergente ácido modificado desarrollado en Irlanda, el sistema Fannesbeck (Fannesbeck, 1976) y el sistema Southgate (Southgate, 1969) son laboriosos y tardados no justificando su utilización, o bien no tienen la capacidad de fraccionar la fibra en componentes como los taninos, cutina y productos Maillard. La FDA es un proceso preparativo para la determinación de celulosa, lignina, proteína insolubles en detergente ácido, minerales insolubles en detergente ácido y sílice, pero no es una fracción de fibra válida para la predicción de digestibilidad, el sistema sumatorio es un método mecánico de mayor valor (Van Soest et al., 1991).

El método Klasson (H_2SO_4 72% a 20°C) fue diseñado para la determinación de lignina en la madera, por lo que la aplicación directa del método a forrajes lleva frecuentemente a valores altos de lignina por la inclusión de polímeros de Maillard y cutina. La eliminación de la dilución con ácido sulfúrico y su reflujado ha llevado al desarrollo de procedimientos más cortos y convenientes como el de Thacker (1954), Sullivan (1959) y Goering y Van Soest (1970). El tratamiento secuencial por el método Klasson seguido por el tratamiento con permanganato produce lignina por diferencia y la fracción resistente tanto al ácido sulfúrico como al permanganato es la cutina, la cual es importante en las cáscaras de semillas (Van Soest et al., 1991).

La lignina es un polímero aromático producido por las plantas y es importante para su estructura y composición. Debido a su asociación negativa con la digestibilidad, se han diseñado diversos procedimientos para su determinación, dentro de estos existen métodos indirectos (remoción de la lignina o compuestos no-lignina) y métodos directos (espectrométricos), los procedimientos indirectos son de dos tipos, los oxidativos como son los métodos que utilizan clorito (Coollings et al., 1978) o permanganato (Goering y Van Soest, 1970), y los que remueven otros componentes quedando la lignina como remanente como en el método Klasson que utiliza ácido sulfúrico al 72%.

El método lignina detergente ácido (LDA) es el procedimiento más comúnmente utilizado en nutrición de rumiantes, sin embargo algunas evidencias indican que parte de la lignina se disuelve durante el paso de digestión con el detergente ácido (Jung, 1997) y que existe contaminación tanto de FDA como de lignina con proteína (Reeves, 1993; 1997). Adicionalmente, algunos trabajos utilizando diversos métodos para determinar lignina llevan a la determinación de concentraciones de lignina muy diferentes para una misma muestra (Reeves, 1993; 1997; Jung et al., 1997), lo cual lleva a los investigadores a pensar que los diferentes métodos no extraen completamente toda la lignina o que también miden compuestos completamente diferentes (Reeves, 1993; 1997).

Los valores de lignina por el método FDA-Klasson son menores que con cualquier otro método, sin embargo, una fracción soluble de lignina (monómeros) puede no ser recuperada en la matriz polimerizada. El ácido ferúlico es uno de los monómeros de la lignina que es disuelto por el detergente ácido, mientras que la lignina puede ser disuelta por el ácido sulfúrico (H_2SO_4 al 72% v/v), aunque los valores de lignina por el método FDA-Klasson son bajos, los polímeros Maillard, complejos taninos-proteína y cutina son recuperados en el residuo (Van Soest, 1982). Valores excesivamente altos en el contenido de lignina son obtenidos por la aplicación de procedimientos desarrollados para análisis de papel o madera, pero inadecuados para el forraje, el cual contiene cantidades considerables de proteína y sustancias fenólicas que interfieren en el análisis (Van Soest, 1982; Reeves, 1994).

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Es necesario un procedimiento exacto que determine lignina y solo lignina para obtener un mejor entendimiento del papel de la composición del forraje en relación con la digestibilidad (Reeves, 1997).

2.1.3.3 Nitrógeno Insoluble en Detergente Ácido (NIDA)

La contaminación de preparaciones de lignina cruda con nitrógeno de las proteínas se origina al menos de dos vías: por formación de complejos taninos- proteínas y por la formación de productos Maillard. También existe una fracción de nitrógeno no

disponible en la lignina. Los complejos taninos-proteína son relativamente solubles en detergente neutro, de tal forma que la preextracción con detergente neutro es un medio para evitar la contaminación, sin embargo, algunos taninos no son extraídos en solventes neutros y requieren solventes hidrolíticos como el butanol-HCl (Van Soest, 1982).

El artefacto formado por reacciones de Maillard puede ser reducido mediante la deshidratación de la muestra a temperaturas inferiores a 65°C y utilizando ventilación para asegurar una rápida remoción de la humedad (Van Soest, 1982). Algunos investigadores han notado una digestibilidad más baja del nitrógeno y de la MS en forrajes almacenados que en forrajes frescos (Ekern et al., 1965; Thomas y Yu, 1980); las causas de este efecto fueron atribuidas a un incremento en la fibra detergente ácido, lignina y nitrógeno en el residuo detergente ácido (Thomas y Yu, 1980).

Con el objetivo de obtener información acerca de los constituyentes que podrían estar involucrados en la formación de NIDA, Thomas y Yu (1980) hicieron preparaciones de pared celular (FDN) y FDA, estos dos materiales más la planta entera (35% MS) fueron expuestos por 144 h a 80°C en dos experimentos. El incremento en NIDA fue mayor en la planta entera, intermedio para la pared celular y menor para FDA, por lo que señalan que algunos de los componentes reactivos son removidos por ambos detergentes. La adición de albúmina sérica bovina a estos materiales incrementa la formación de NIDA, siendo mayor para la pared celular y FDA que para la planta entera. Esto indica que el material fibroso (pared celular o FDA) carece de proteína disponible para la formación de NIDA.

Danley y Vetter (1974) demuestran que la temperatura utilizada al procesar las muestras influye sobre la solubilidad del nitrógeno (proteico y no proteico) y de los carbohidratos, incrementándose paralelamente el contenido de FDA, celulosa, lignina y pared celular. Similares diferencias reportan al comparar forraje seco por congelación con forraje deshidratado en horno. Otros autores (Thomas y Yu, 1980) reportan que en materiales húmedos, el incremento en NIDA fue observado a 55°C

en gramíneas, pero solo hasta 65°C en la alfalfa fresca. La formación de NIDA estuvo relacionada con el tiempo de exposición al calor.

Van Soest (1982) señala que los carbohidratos son susceptibles a la degradación térmica en presencia de aminos o aminoácidos y agua. Esta reacción (reacción de Maillard) involucra la condensación de residuos de azúcares con aminoácidos seguido de una polimerización para formar una sustancia con aproximadamente 11% de nitrógeno, que además posee muchas de las propiedades físicas de la lignina. La deshidratación a 60°C o menos reduce las posibilidades del daño a la proteína, mientras que el efecto del contenido de agua del material es variable, con una máxima actividad catalítica a un contenido de 30% de humedad. Algunos autores (Van Soest, 1982) señalan que los alimentos tienen diferente susceptibilidad a la reacción y que esta no puede ser explicada por la composición de carbohidratos o por el contenido proteico. Similarmente Van Soest (1982) señala que los alimentos son más susceptibles a la reacción que las heces producidas de ellos bajo condiciones similares de tratamiento.

Thomas y Yu (1980) proporcionan algunas evidencias de que la ventilación no influye sobre la formación de NIDA pero que tanto la ventilación como el calor reducen la capacidad de fijar colorante (una medición de aminoácidos básicos) en la planta entera y pared celular, pero no en la FDA. Cuando se expuso al calor albúmina sérica bovina sola, no hubo formación de NIDA, pero existió una interacción proteína-proteína dado que la capacidad de fijar colorante se redujo un tercio del valor inicial. Cuando se adiciona glucosa a una solución de albúmina sérica bovina, se formaron cantidades considerables de NIDA, por lo que cuando los forrajes son expuestos al calor probablemente existe una interacción proteína-proteína, también como una interacción aminoácidos-carbohidratos.

En otra prueba con alfalfa se manipulo el flujo de aire de 1 a 30 mL·min⁻¹ y la temperatura a 38, 55 y 70°C con incubaciones por 5 a 14 días. Un flujo bajo de aire (1 a 19 mL·min⁻¹) a 38 y 55°C incrementa tanto el NIDA como la capacidad de fijar

colorantes sin diferencias debido a la temperatura. En otra prueba similar, los valores de NIDA en todas las exposiciones de aire a 70°C fueron mayores que a 38 y 55°C, los valores para NIDA a 38 y 55°C incrementaron con aumento en el flujo de aire pero a 70°C el grado de exposición al aire no tuvo efecto. Los valores para la capacidad de fijar colorante a las tres temperaturas fue la misma, pero en las muestras incubadas a 55 y 70°C no hubo cambio cuando el flujo de aire se incrementó. Sin embargo, a 38°C la capacidad de fijar colorantes sé incremento con el flujo de aire (Thomas y Yu, 1980).

Estos experimentos muestran que la especie vegetal, la parte de la planta (hojas vs tallos), el contenido de humedad, tipo de proteína, el proceso de conservación y la temperatura influyen sobre la formación de NIDA, y que los cambios notados en la capacidad de fijación de colorante con poco o nulo cambio en NIDA puede ser indicativo de una alteración en la composición química y el valor nutritivo que no puede ser medido por el NIDA (Thomas y Yu, 1980).

La determinación de NIDA ha sido considerada por varios autores (Poos-Floyd et al., 1985; Van Soest et al., 1991) como una medición del daño por calor en fuentes proteicas. Sin embargo, Nakamura et al. (1994) presentan evidencias de que la relación de NIDA y el daño por calor en fuentes proteicas no forrajeras es muy pobre. Estos autores realizaron dos experimentos para determinar la efectividad de NIDA como un indicador de la digestibilidad del nitrógeno. Dichos autores adicionaron xilosa a ocho fuentes proteicas no forrajeras y las expusieron a 150°C por 90 min. El contenido de NIDA incrementó considerablemente por efecto del tratamiento y la digestibilidad del nitrógeno fue reducida para todas las fuentes proteicas. Se obtuvo además, una correlación ($r^2 = 0.24$, $P < 0.01$) cuando se utilizaron granos secos de destilería con los mismos tratamientos. Estos resultados indican que el NIDA no es un estimador exacto del daño por calor en fuentes proteicas no forrajeras (Nakamura et al., 1994).

Goering et al. (1972), utilizando muestras de 17 forrajes dañados y colectando muestras de heces de pruebas de digestibilidad en diversos centros de investigación, calculó un coeficiente de digestión para el NIDA de -0.39 y señalan que no es posible la identificación de forrajes dañados por calor basándose únicamente en el contenido de NIDA y dado que un 7% de N puede aparecer en la fracción NIDA en un forraje normal, puede asumirse que un forraje sufre de daño por calor si tiene el doble del contenido de NIDA, aunque reconoce que ésta no es una medición sensible.

2.1.3.4 Fracciones de Nitrógeno Empleando Detergentes

Por muchos años el análisis Kjeldahl fue el método estándar de evaluar el contenido de nitrógeno de los alimentos, sin embargo, en años recientes se ha puesto más atención a la disponibilidad del nitrógeno del alimento. Se ha reconocido que el contenido de nitrógeno total de los alimentos puede ser dividido en fracción de nitrógeno no proteico (NNP) y fracción de nitrógeno proteico (NP). La fracción de NP puede estar ligada o ser no disponible debido al efecto del tratamiento con calor y por lo tanto la fracción nitrogenada puede ser soluble o insoluble en el rumen. La fracción soluble consiste de proteína verdadera y varios tipos de NNP (aminoácidos, ácidos nucleicos, nitratos, aminas, urea, etc.). La proteína soluble es considerada ser rápidamente degradada en el rumen (Little et al., 1963; Mahadevan et al., 1980; Nocek y Grant, 1987, Abdalla et al., 1988). En alimentos fermentados una gran porción del nitrógeno soluble puede estar en forma de NNP y por tanto es necesario dividir la porción de nitrógeno soluble en NNP y proteína verdadera soluble (Galyean, 1980).

Varios procedimientos para separar el nitrógeno soluble en dos fracciones han sido publicados. Krishnamoorthy et al. (1982), recomiendan estimar el contenido de proteína soluble por medio de la fracción precipitable con TCA (ácido tricloroacético) de la fracción de nitrógeno soluble extraído con una solución buffer, la fracción precipitable es determinada siguiendo el método descrito por Lowry (1951).

El nitrógeno soluble total menos el contenido de proteína soluble es una estimación del NNP (Galyean, 1980; Sniffen et al., 1992).

La proteína insoluble disponible ha sido materia de estudio en nutrición de rumiantes, esta fracción consiste en proteína verdadera con una porción pequeña de NNP y es insoluble en líquido ruminal y degradada en cantidades variables por microorganismos ruminales dependiendo de la naturaleza de la proteína. Dado que solo es parcialmente degradada en el rumen, frecuentemente se le considera como la porción de la proteína total que potencialmente puede pasar por el rumen sin ser degradada (by-pass), también llamada proteína de sobrepaso (Galyean, 1980).

Los métodos para estimar la proteína insoluble de los alimentos usualmente están relacionados a la medición de la fracción soluble, simplemente substrayendo el contenido de nitrógeno soluble del contenido total de nitrógeno. La fracción de proteína ligada es esencialmente la porción indigestible y se encuentra ligada a la lignina, formando complejos taninos-proteína, y como proteína o aminoácidos ligados a carbohidratos por la reacción de Maillard. Varios métodos han sido desarrollados para cuantificar la proteína ligada. Uno de ellos consiste en hacer reaccionar fluorodinitrobenceno con la proteína formándose complejos y durante la hidrólisis los complejos producen un color amarillo. A colores más intensos menor es el grado de condensación de aminoácidos-azúcares (Maynard et al., 1979; Galyean, 1980). La proteína indigestible en pepsina también puede proporcionar una idea de la proteína no disponible, sin embargo, el procedimiento más común en forrajes es la medición del NIDA (Galyean, 1980; Sniffen et al., 1992).

Algunos autores (Van Soest et al., 1980; NRC, 1985; Sniffen et al., 1992; Chalupa y Sniffen, 1993) denominan fracciones A (NNP), B (Proteína verdadera) y C (nitrógeno no disponible) a las fracciones de nitrógeno, y a la vez subdividen la fracción B en B1 que es soluble en buffer y es degradada rápidamente en el rumen. Los alimentos concentrados pueden tener el doble o más de fracción B1 que los forrajes. La fracción B2 es insoluble en buffer pero soluble en detergente neutro, es considerada

de degradabilidad intermedia, y es tipificada por las glutelinas de los granos. Su degradación depende de las tasas relativas de digestión y pasaje. La fracción B3 es insoluble en detergente neutro pero soluble en detergente ácido, es de degradación lenta debido a que está asociada con la pared celular. Los forrajes, granos fermentados y algunos subproductos contienen mayores cantidades de fracción B3 que los concentrados; esta fracción está tipificada por las prolaminas como la zeína del grano de maíz. Licitra et al. (1996) recomiendan procedimientos para la determinación de nitrógeno no proteico, proteína soluble en buffer, NIDN y NIDA según se recomienda por el sistema Cornell.

2.1.3.5 Fibra Total

El concepto de fibra dietética total se origina del interés en la fibra en la nutrición humana y es definida como los polisacáridos y sustancias asociadas a la pared celular resistente a las enzimas digestivas de los mamíferos. La fracción no recuperada en la FDN pero resistente a las enzimas de los mamíferos es definida como polisacáridos no almidones solubles en agua e incluye a algunos componentes legítimos de la pared celular como β -glucanos, pectina, galactanos, gomas y mucílagos (Van Soest et al., 1991).

La definición de fibra total ha llevado al desarrollo de procedimientos enzimáticos que aíslan las fracciones resistentes a amilasas y proteasas como el de Prosky et al. (1988), el cual ha sido adaptado y validado en colaboración por la A.O.A.C. Sin embargo, este procedimiento presenta varios problemas, dado que los productos hidrolizados permanecen en solución y son precipitados por el etanol, y la contaminación con Ca y Na (de la muestra y del buffer utilizado en el procedimiento). Debido a estos problemas, Van Soest et al. (1991) proponen un nuevo procedimiento urea-enzimático que evita la aplicación de calor y remueve los productos vía diálisis.

2.1.3.6 Carbohidratos no Estructurales y Polisacárido no Almidón

Los carbohidratos más fácilmente digestibles en alimentos para animales carecen de un sistema satisfactorio de clasificación debido principalmente a su diversidad y a la falta de investigación básica en sus características nutritivas específicas. En forma general, en esta fracción se incluye a todos los carbohidratos no recuperados en la matriz de la pared celular y comprende a los azúcares, almidones, fructanos, galactanos, pectina, β -glucanos, etc. La suma de estos, constituye la fracción de carbohidratos no estructurales (CNE), y los CNE menos azúcares y almidón constituye los polisacáridos no almidones (PNA). El término de carbohidratos solubles como sinónimo de carbohidratos no estructurales es ambiguo, dado que algunos almidones son insolubles y aún indigeribles. La celulosa insoluble no lignificada puede ser fermentada más rápidamente que los almidones modificados. Los principales factores que afectan la solubilidad y digestibilidad, aunque no necesariamente están inter correlacionadas, son la cristalinidad y la estructura macromolecular (Van Soest et al., 1991).

Los azúcares y almidones pueden ser medidos directamente o pueden ser calculados por diferencia usando unas de las siguientes formulas: 1) $CNE = 100 - (FDN + Proteína + Grasa + Cenizas)$, 2) $CNE = 100 - [(FDN - Proteína \text{ en } FDN) + Proteína + Grasa + Cenizas]$. En la segunda ecuación se reconoce que en algunos alimentos la proteína no es totalmente extraída por el detergente, la desventaja de estas fórmulas es que los PNA son incluidos en el cálculo y pueden dar resultados elevados cuando los alimentos contienen cantidades significativas de estos compuestos, principalmente pectina que está en cantidades significativas en las leguminosas y cítricos. La avena, cebada, arroz y triticale contienen β -glucanos; los PNA pueden ser estimados por diferencia de la fibra total y la FDN; el residuo debe ser corregido por proteína y cenizas (Van Soest et al., 1991).

Longland et al. (1995) examinaron la cinética de la fermentación de hojas de once leguminosas tropicales con diferentes contenidos de compuestos fenólicos y taninos

condensados mediante la producción de gas y la desaparición de los PNA, encontraron un patrón de degradación de los PNA en orden descendente en degradabilidad como sigue: ácidos urónicos > arabinosa > glucosa > xilosa, mientras que la producción de gas en orden descendente para las especies fue: *L.leucocephala* = *Chamaecytisus palmensis* > *Dioclea quianensis* > *Sesbania sesban* > *Acacia cyanophylla* > *S. goetzei* > *Tadehagi sp.*(23227) > *Tadehagi sp.* (13269) > *Flemingia macrophylla* > *Calliandra sp.* > *Tadehagi sp* (13275). La producción de gas y la desaparición de PNA estuvieron significativamente correlacionados ($r = 0.90$) y obtuvieron correlaciones negativas tanto de producción de gas y la desaparición de PNA con el contenido de compuestos fenólicos y taninos condensados.

2.2 El Análisis Químico Analítico y los Sistemas de Alimentación del Ganado

La primera base de datos de composición de los alimentos contenía información de artículos en publicaciones y datos no publicados de laboratorio. Estos datos analíticos fueron usados extensivamente en el desarrollo de recomendaciones de requerimientos de nutrientes de los animales y publicados por el NRC desde 1974 (NRC, 1995). La base de datos tomó una importancia internacional en 1972 cuando el International Feedstuffs Institute fue creado en la Universidad del Estado de UTAH (en donde la base de datos fue mantenida de 1963 a 1985).

En Diciembre de 1992 la Academia Nacional de Ciencias y el Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos convocan al simposium "Building a National Feed Composition Data Base" en donde anuncian la intención de desarrollar una base de datos de composición nutricional de los alimentos con el financiamiento federal y privado y con el objetivo de estandarizar criterios, corregir componentes técnicos de la actual base de datos y ampliar esta base de datos. En 1995 el subcomité sobre criterios para una base nacional de datos de la composición de alimentos emite la primera publicación sobre estos criterios (NRC, 1995).

Actualmente existen numerosas bases de datos privadas y comerciales, sin embargo, en muchas de ellas no identifican adecuadamente las muestras de alimentos, no proporcionan análisis de todos los nutrientes, son de difícil acceso al usuario, los datos son limitados con respecto al tipo de alimentos utilizados en la producción animal (NRC, 1995), y raramente incluyen plantas forrajeras silvestres.

La importancia de la composición nutricional de los alimentos ha sido reconocida desde hace más de un siglo y continua siendo considerada como el mecanismo primario para optimizar la salud animal. Directamente correlacionado con la salud animal, los nutrientes contenidos en los alimentos afectan el desempeño productivo de los animales (NRC, 1995).

Recientemente, el manejo refinado de los nutrientes ha sido reconocido como elemento importante de las prácticas agropecuarias sustentables y el manejo de las prácticas de alimentación animal. Con el apoyo de información nutricional de los alimentos, ha probado ser de utilidad para afrontar el impacto ambiental asociado con la producción agropecuaria (Tamminga, 1992; NRC, 1995).

El sistema Weende de análisis proximal y el sistema TND han sido usados por muchos años como base para predecir la disponibilidad de energía y proteína de los alimentos (Morrison, 1980). El sistema de energía neta fue desarrollado para ajustar las pérdidas por producción de metano, pérdidas urinarias y por incremento calórico (NRC, 1978), sin embargo los valores tabulares de energía neta de un alimento particular es calculado del TND y representa el valor promedio esperado de un grupo de alimentos, más que la energía neta que puede ser derivada por un grupo de animales consumiendo determinado alimento. Valores exactos de energía neta no están disponibles debido a las variables condiciones de alimentación del ganado (Sniffen et al., 1992).

Por otra parte, los sistemas basados en proteína cruda y proteína digestible no explican satisfactoriamente la dinámica de la fermentación ruminal y la pérdida potencial de nitrógeno como amoníaco (Sniffen et al., 1992). El uso de proteína cruda y proteína digestible han venido siendo modificados para reflejar la intervención de los

microorganismos en el proceso digestivo y reconocer la contribución del nitrógeno endógeno y residual microbial al nitrógeno fecal (Satter, 1980). La importancia y complejidad de la fermentación del rumen y su impacto sobre el aporte de nutrientes han llevado a considerables esfuerzos de investigación y al acumulo de considerable evidencia al respecto. Los intentos para predecir el aporte de nutrientes por análisis estadístico de datos existentes han sido de limitado valor y han motivado el interés en la construcción y evaluación de modelos matemáticos mecanísticos de la fermentación del rumen que intentan integrar el conocimiento existente (Dijkstra et al., 1992).

Aunque algunos modelos han sido usados para predecir la cantidad de proteína microbial sintetizada en el rumen y de proteína dietaria que escapa a la degradación ruminal (Burroughs et al., 1975; Owen y Zinn, 1980; Satter, 1980; Trenkle, 1980), estos modelos son considerados como estáticos dado que existe evidencia que indican que estos factores son dinámicamente afectados por las condiciones de recambio ruminal. En estos modelos existe un énfasis sobre el escape de la proteína y solubilidad, basada en la suposición de que el escape sea el factor dominante de suministro de aminoácidos y que la fermentación del rumen es un factor secundario, ignorando la habilidad del rumiante de ser independiente de proteína dietaria de calidad (Van Soest et al., 1980; Beever y Cottrill, 1994).

Los modelos de fermentación del rumen han sido refinados continuamente desde el punto de vista biológico (Dijkstra et al., 1992) y matemático. Recientemente varios modelos han sido descritos (Baldwin et al., 1987; Dijkstra et al., 1992; Russell et al., 1992). Aunque los esquemas difieren en terminología y detalle, son conceptualmente similares en intentar describir el requerimiento de nitrógeno de los microorganismos del rumen y la cantidad de aminoácidos de origen dietario, microbial y endógeno disponible, y en considerar separadamente las necesidades proteicas de los microorganismos del rumen y del animal huésped (Waldo y Glenn, 1984; Beever y Cottrill, 1994).

Por otro lado, los carbohidratos no estructurales en el alimento para rumiantes también tienen impacto sobre la calidad de la dieta y la eficiencia microbial en el rumen. Se han

desarrollado sistemas computarizados para la utilización de FDN y CNE en la formulación de dietas para el ganado (Van Soest et al., 1991). Sniffen et al. (1992), presentan la descripción de los análisis químicos de laboratorio requeridos para fraccionar la proteína y carbohidratos de los alimentos basándose en el sistema detergente de análisis y aplicar estos valores junto con las estimaciones de degradabilidad y pasaje a un modelo que intenta describir la dinámica de la fermentación ruminal y predecir la absorción de proteína y energía metabolizable (Sniffen et al., 1992).

2.3 La Técnica de la Bolsa de Nylon en la Evaluación de Forrajes

La técnica de la bolsa de nylon ó dacron ha sido usada extensamente para la estimación de la degradación ruminal (*in situ*) de nutrientes porque es un método relativamente simple y de bajo costo comparado con los métodos *in vivo* que utilizan animales canulados intestinalmente (Stern et al., 1997).

La técnica consiste en la suspensión de las bolsas conteniendo diferentes alimentos en el rumen y midiendo la desaparición de los nutrientes a varios intervalos de tiempo. Constituye una ventaja comparada con los métodos de laboratorio porque involucra procesos digestivos que ocurren en el rumen de un animal vivo, sin embargo, varios factores afectan la estimación de la digestión de nutrientes. Estos factores pueden ser clasificados como: características del animal, características del sustrato, características de la bolsa, características temporales, otros aspectos de procedimientos y componentes matemáticos (Nocek, 1985; Vanzant et al., 1998).

Existen interacciones entre varios de estos factores. Muchas de éstas han sido demostradas, la existencia de multitud de interacciones potenciales hace de los procedimientos de estandarización una tarea inherentemente dificultosa (Vanzant et al, 1998). Doggett et al. (1997) sugirieron que el procedimiento de estandarización no siempre será aplicable a todos los alimentos, técnicas de procesado, o estados de madurez de las plantas, por lo tanto, para lograr un desarrollo significativo y lógico del procedimiento *in situ*, es imperativo tener algún punto de inicio bien definido (un

procedimiento estandarizado). Varios autores han hecho recomendaciones concernientes al protocolo del procedimiento *in situ* (Kempton, 1980; Ørskov et al., 1980; Nocek 1988).

La técnica *in situ* de la bolsa de dacron ha sido usada para estimar la digestión ruminal de la materia seca (Singh et al., 1989, Vadiveloo y Fadel, 1992; Larbi et al., 1998; Ramírez et al., 1998), carbohidratos (Chesson et al., 1986; Singh et al., 1989; Larbi et al., 1998; Vadiveloo y Fadel, 1992) y de la proteína en el rumen (Larbi et al., 1998) de árboles y arbustos, y ha probado ser útil en predecir la digestibilidad *in vivo* y el consumo voluntario en henos (Khazaal et al., 1993), ensilados (Ferret et al., 1997), pajas (Ørskov et al. 1988) y en plantas arbustivas (Kibont y Ørskov, 1993), aunque en el caso de los henos y plantas arbustivas, la producción de gas fue capaz de predecir la digestibilidad y el consumo a un nivel próximo al de la técnica de la bolsa de nylon.

Muchos trabajos de investigación empleando la técnica de la bolsa de nylon han sido realizados para clasificar e identificar especies de árboles y arbustos con potencial forrajero o como suplemento en rumiantes. Larbi et al. (1997) estudiaron la dinámica estacional de la degradación de MS en 25 árboles y arbustos de Nigeria, en estos trabajos se encontró que las características de degradación de MS varió dentro y entre especies, pero fueron capaces de identificar árboles y arbustos multipropósito que pueden ser utilizados en la selección de material para futuros estudios nutricionales, dentro de estos: *Azelia bella*, *Albizia lebbbeck*, *Cassia siamea*, *Cassia spectabilis* y *Gliricidia sepium* fueron especies de alta calidad tanto en la estación seca como húmeda, mientras que *Calliandra calothyrsus*, *Albizia procera*, *Leucaena leucocephala* y *Tetrapleura tetraptera* fueron de alta calidad solo durante la estación seca.

Singh et al. (1989) encontraron que las características de digestión de hojas de árboles *Grewia optiva*, *Morus alba* y *C. australis* fueron superiores como fuente de energía para rumiantes, comparativamente con *Albizzia stipulata* y *Qercus incana*. Por su parte Larbi et al. (1998) encontraron que basándose en las características de degradación y de producción de gas en la estación de lluvias y seca *F. exasperata*, *S. nodosa*, *S. siamea*, *S.*

spectabilis, *G sepium*, *L. leucocephala* y *L. diversifolia* fueron superiores en calidad a *M. thonningii*, *A. angustissima* y *P. pterocarpum*.

Ramírez et al. (1998) estudiaron la composición química y degradabilidad de MS de 10 especies arbustivas nativas del nordeste de México, de éstas solamente *Celtis pallida* y *Helietta parvifolia* resultaron con valores de degradabilidad mayores al heno de alfalfa.

Los resultados en estudios con forrajes convencionales muestran, de igual manera, la existencia de una amplia variación, dentro y entre especies. Vadiveloo y Fadel (1992) evaluaron la degradabilidad de la MS y FDN de 6 subproductos de cosechas y 2 leguminosas. Utilizaron análisis estadístico univariado y multivariado para comparar y clasificar los alimentos de acuerdo a su composición química y degradabilidad, concluyendo que la clasificación convencional de alimentos en subproductos y leguminosas no refleja los atributos de composición o degradabilidad.

Similarmente Hoffman et al., (1993) evaluaron la cinética de la degradación ruminal de MS, PC y FDN a tres etapas de madurez de 2 leguminosas y 6 pastos. Las leguminosas exhibieron una mayor degradación de MS, los pastos maduros mostraron una menor degradación de PC, las leguminosas presentaron una mayor fracción no degradada y tasas de degradación de la fracción de FDN de lenta degradación resultando en una similar degradación de FDN entre pastos y leguminosas. La interacción de especies y estados de madurez fue diversa haciendo difícil la clasificación de las características de degradación de leguminosas y pastos.

Coblentz et al. (1998) compararon las características de degradación de MS, N, FDN de la alfalfa, trébol rojo con pastos perennes de clima templado. Las tasas de degradación de N fue más lenta para los pastos, pero la característica más importante fue que la concentración de N a la fecha de corte fue similar al de las leguminosas.

Elizalde et al., (1999b) compararon la cinética de la degradación ruminal de forrajes frescos durante la maduración de primavera. El grado de degradación de MS y PC

decreció con la madurez en la alfalfa y en los pastos estudiados, pero la tasa de degradación de PC fue mayor en la alfalfa que en los pastos, la PC no degradable fue mayor en la alfalfa que en los pastos y decreció con la madurez en los pastos, pero no en la alfalfa.

Mitchell et al., (1997) estudiaron la relación entre la degradabilidad *in situ* de la PC y el desarrollo morfológico de pastos (*Thinopyrum intermedium* y *Bromus inermis*) de clima frío (C3) y dos pastos (*Panicum virgatum* L. y *Andropogon gerardii* Vitman) de clima templado (C4). Sus resultados indican que existe relación entre el desarrollo morfológico y la proteína degradable, no degradable y microbiana, sin embargo la relación entre el desarrollo morfológico y la proteína degradable y no degradable en rumen fue altamente variable entre especies, aun dentro de las categorías C3 y C4, por lo que los autores señalan que deben evitarse recomendaciones generales concernientes a la proteína degradable y no degradable de especies forrajeras, a menos que exista información de los diferentes estados de madurez dentro de una especie.

Las diferencias anatómicas entre plantas C3 y C4 pueden explicar parcialmente las diferencias en la degradación de la proteína y el subsecuente comportamiento animal (Mullahey et al., 1992). Las proteínas de las hojas en las plantas C4 poseen las enzimas del ciclo de Calvin en el interior de la lamina de células unidas al parénquima que son relativamente resistentes a la degradación microbiana comparado con el tejido homólogo de especies C3 (Akin, 1989).

Mullahey et al. (1992) partieron de la hipótesis de que las proteínas solubles ribulosa-1,5-bisfosfato carboxilasa (RUBISCO) y otras enzimas localizadas en la lamina de células del revestimiento del parénquima de pastos C4 pueden escapar a la degradación debido a que están físicamente protegidas y a que las especies C4 poseen del 8 al 23% del total de proteína soluble como RUBISCO, mientras que en las especies C3, estas proteínas comprenden del 25 al 60% del total de proteína soluble que en estas especies no solo se halla en la lamina de células de revestimiento del parénquima, sino también en las células mesófilas que son completamente degradables en 12 h de incubación en el

rumen (Chesson et al., 1986). Estos autores encontraron que la proteína de escape de *Panicum virgatum* L. (C4) fue de 50.9%, mientras que la de *Bromus inermis* Leys (C3) fue de 20.5% en todas las fechas de corte estudiadas, sin embargo, no realizaron una caracterización de la proteína no degradada.

Otra serie de trabajos se han realizado para intentar correlacionar los resultados de la técnica *in situ* con los obtenidos por diversos procedimientos *in vitro*, con la finalidad de hacer más rápida, fácil y económica la manera de caracterizar los forrajes, sin embargo, los resultados han sido variables. Janicki y Stallings (1988), obtuvieron altas correlaciones entre la degradabilidad *in situ* y algunas mediciones *in vitro*, para los ensilados, la proteína soluble en buffer tuvo la más alta correlación con la digestibilidad *in situ*, mientras que para los henos el NIDN tuvo la más alta correlación.

Cone et al. (1999) encontraron una buena correlación entre la técnica de producción de gas, el procedimiento de Tilley y Terry, un modelo trifásico determinado después de 46 h de incubación *in vitro* en fluido ruminal y la técnica de la bolsa de nylon, cuando investigaron el efecto de la madurez y el ensilado en muestras de pastos, en dicho estudio encontró que la madurez y el ensilado causaron un descenso en la degradabilidad tanto en magnitud como en la tasa de degradación de MO, descenso en la proteína cruda y un incremento en FDN, FDA y lignina, estos datos fueron corroborados en el mismo trabajo con resultados *in vivo*.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Por el contrario Broderick et al. (1988) encontraron que las tasas de degradación *in situ* fueron el 36% de la encontrada utilizando un sistema de inhibición *in vitro* (IIV). Las tasas de degradación obtenidas con el sistema IIV fueron consistentes con las reportadas en la literatura, sin embargo debido a que las estimaciones *in situ* de la fracción degradada al tiempo cero fueron dos veces la estimada con el método IIV, el grado de degradación computado para los datos *in situ* fue 83% de los valores de IIV, por lo que ambos procedimientos produjeron estimaciones de la degradación similares a los reportados en la literatura. Sin embargo, ninguno de los dos métodos fueron confiables para proteínas de muy baja degradación como la harina de plumas y la harina de sangre.

Roe et al., (1991) compararon tres métodos de digestión *in vitro* (*Streptomyces griseus*, ficina y proteasa neutra con amilasa) con los resultados *in situ* para estimar la digestión de la proteína en concentrados proteicos y encontraron que ninguno de los métodos *in vitro* produjeron curvas de degradación relacionadas consistentemente con la obtenida con la técnica *in situ*. Varel y Kreikemeier (1995) compararon similarmente la técnica *in vitro* tradicional con el método *in situ* para determinar la cinética de la digestión de FDN, encontrando que el método *in vitro* tradicional (20 % de fluido ruminal como inóculo) tuvo una fase de retraso en el inicio de la degradación mas larga, una tasa de digestión más lenta y un menor grado de degradación comparado con el método *in situ*.

Stern et al, (1997) resumieron algunos trabajos de investigación en los que se sugiere que la técnica *in situ* puede no ser igualmente precisa con forrajes que con concentrados o suplementos proteicos por la gran proporción de materiales solubles en agua que pueden lavarse de la bolsa sin fermentar. La técnica de la bolsa de dacron fue comparada con el procedimiento *in vitro* de Tilley-Terry con una fuerte correlación curvilínea mostrada entre la composición de carbohidratos del alimento y la magnitud de la sobrestimación de la degradación de la materia orgánica utilizando la técnica de la bolsa de dacron. Esta correlación puede ser parcialmente atribuida al material no fermentado completamente en la bolsa, el cual fue un problema particular con alimentos altamente fermentables tales como pasta de soja y germen de maíz. Estos autores concluyeron que el uso de la técnica de la bolsa de dacron para valorar la degradación ruminal de alimentos con bajo contenido de FDA, particularmente aquellos con menos del 25% de MS, son más limitados. Cuando el contenido de FDA fue mayor al 25% de MS las discrepancias entre las técnicas *in situ* e *in vitro* fueron menores. Por lo tanto, las muestras con digestibilidad *in vitro* bajas y FDA bajas podrían estar relacionadas a un descenso del pH del inóculo más que a las pérdidas de sustrato solubles por la bolsa de dacron.

Los intentos de estandarización de la técnica han llevado a una diversidad en el protocolo ha seguir, por lo que Vanzant et al., (1996) compararon dos protocolos de la técnica *in situ* de medición de degradabilidad de la PC en forrajes para estimar los

valores derivados de mediciones *in vivo*. El error en la estimación de la tasa de degradación y el tamaño de las diferentes fracciones fue menor entre y dentro de los protocolos estudiados, comparativamente al error de las mediciones *in vivo*. Adicionalmente, el uso de un solo tiempo de incubación (16 h) dio una razonable predicción de la degradabilidad *in situ* de la proteína con diferencias más grandes cuando el N residual a las 16 h de incubación fue utilizado para calcular las tasas de degradación que cuando fue utilizado directamente como un estimador de la proteína no degradada.

Aunque toda proteína que desaparecen al tiempo cero se asume que es proteína soluble y que es completa e instantáneamente degradada; parte de esta proteína sale de la bolsa porque el tamaño de partícula es pequeño relativo a la porosidad del material de la bolsa. Herold y Klopfenstein (1996) sugirieron que en la técnica *in situ* sobrestima la degradación ruminal de la proteína animal comparada con la técnica de liberación de amoníaco porque se pierden partículas de alimento de las bolsas durante el lavado.

Stern et al., (1997) resumieron estudios recientes que reportan que la proteína soluble puede ser degradada rápida o lentamente y que la proteína insoluble es degradada a varias tasas, por lo que la solubilidad no es sinónimo de degradabilidad. Stern y Satter (1984) reportaron que la correlación entre la solubilidad del N y la degradación ruminal de la proteína *in vivo* de 34 dietas que contenían varias fuentes de N fue baja ($r= 0.26$). Sin embargo Kohn y Allen (1995) determinaron la relación entre la digestión enzimática *in vitro* de la proteína del forraje y las fracciones basadas en solubilidad en 42 muestras de forrajes, de lo cual obtuvieron que la PC soluble en buffer bicarbonato-fosfato fue la única fracción uniforme a través de todos los forrajes.

Marinucci et al. (1992) estudiaron los factores *in vitro* e *in situ* que afectan el microambiente en el interior de las bolsas sintéticas de nylon y sus efectos sobre la desaparición de celulosa y MS. Sus resultados indicaron que la acumulación de gas en el interior de las bolsas con un definido tamaño del poro de 50 μm causó una reducción en la desaparición de MS *in vitro*, este descenso fue causado por la disminución en el pH, el

cual a su vez resulta del escaso o nulo intercambio de flujo con el medio. Este efecto parece existir cuando se incuban muestras de granos *in situ*, sin embargo este problema es resuelto cuando los animales son alimentados con forrajes, debido al movimiento, presión y la forma física del contenido ruminal.

Madsen y Hvelplund (1994) evaluaron la consistencia de las mediciones del contenido de proteína cruda, solubilidad del nitrógeno y degradación de la proteína en muestras de los mismos alimentos en 23 laboratorios usando una propuesta de procedimiento *in situ* estandarizado. La degradabilidad de la proteína promedio y las desviaciones estándar calculadas asumiendo una tasa de flujo ruminal del 8% por hora fue de 63 ± 11.1 , 47 ± 8.0 , 51 ± 9.1 , 72 ± 8.4 y 23 ± 5.5 % para pasta de soja, pasta de coco, pasta de algodón, avena y harina de pescado, respectivamente. El rango promedio en la degradación de la proteína de los cinco alimentos fue de 38.8 a 66.4 % para los 23 laboratorios y se encontró una distribución igual de las estimaciones entre los dos extremos. La variación entre los laboratorios en la determinación de la degradabilidad de la proteína fue principalmente asociada con diferencias en el método usado para la preparación y procesado de las muestras, tipo de filtro y el material del nylon usado para la incubación, pero también, fue influenciado por la baja repetibilidad entre laboratorios en la determinación de proteína cruda. Madsen y Hvelplund (1994) recomiendan que debe ponerse énfasis en la calibración de análisis de proteína cruda en los diferentes laboratorios y en la estandarización de procedimientos para medir solubilidad de N y desaparición de la proteína de la bolsa de nylon.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Wilkerson et al. (1995) evaluaron la variación en la estimación de la proteína no degradada de forrajes entre 8 laboratorios, encontrando un razonable control del error por entrenamiento del técnico, incluyendo el uso de un vídeo de demostración para clarificar y estandarizar el procedimiento de lavado.

Vanzant et al. (1998) analizaron críticamente los factores que contribuyen a la variación en las mediciones *in situ* y concluyen que la falta de estandarización en la técnica de lavado y el fallo o la inhabilidad para corregir la contaminación microbial de los

residuos *in situ* parecen ser las principales fuentes de variación en los procedimientos *in situ* y hacen recomendaciones para incrementar la precisión de las mediciones *in situ*.

Se han propuesto varios modelos matemáticos para la estimación de la tasa y el grado de degradación (Mertens, 1973; Ørskov y McDonald, 1979). Los modelos no lineales (Mertens y Loften, 1980) han sido usados mas extensamente para predecir la tasa y extensión de la degradación de FDN que de proteína, por otro lado las transformaciones logarítmicas lineales han sido más extensamente usadas para proteína (Stern et al., 1997).

Huhtanen et al, (1995) reportan baja degradabilidad de FDN usando valores *in situ* calculados por un modelo lineal comparados con los resultados obtenidos *in vivo* y concluyeron que el uso de un modelo lineal puede resultar en una subestimación de la degradación de FDN.

El uso de regresión no lineal para predecir la degradación de la harina de carne y hueso es más apropiada que una regresión lineal, y por otro lado, no siempre se encontraron diferencias entre los dos modelos cuando la predicción de la degradación es de pasta de soja. Los análisis de valores residuales y calculados podrían ser realizados para evaluar ecuaciones lineales o no lineales que sean apropiadas para estudiar la degradación de una fuente de proteína dada (Stern et al., 1997). Nocek y English (1986) compararon cuatro métodos para describir el perfil de la degradación de MS, FDN y FDA en forrajes y encontraron que un modelo específico no puede ser adecuado para describir todos los perfiles de degradación.

Mertens (1996) señala que el modelo cinético de primer orden mas comúnmente utilizado en la actualidad para describir el proceso de digestión es una simplificación del sistema real pero, sin embargo, puede ser usado como punto de partida para el desarrollo de modelos mas apropiados y que los modelos no lineales de regresión son los métodos de elección para estimar parámetros cinéticos

Lavrencic et al., (1997) consideraron aspectos estadísticos y biológicos para comparar el modelo de Ørskov y McDonald (1979) con el modelo Gompertz para describir la degradabilidad de diferentes componentes químicos del forraje. Estos autores encontraron que el modelo describe mejor las fases iniciales de degradación de substratos de fermentación lenta como la celulosa y hemicelulosa y desde el punto de vista biológico, consideraron este modelo conceptualmente más correcto.

Bach et al. (1998) compararon un modelo lineal, dos modelos no lineales y el procedimiento de la curva de peeling para estimar la tasa y grado de degradación ruminal de la PC de la harina de carne y hueso y de la pasta de soja. Estos autores encontraron que el grado de degradación de la proteína puede ser diferente dependiendo de la aproximación matemática usada para el cálculo y de la duración de los tiempos de incubación incluidos en el modelo. También dependiendo del modelo matemático usado para estimar el grado de degradación, las muestras pueden ser clasificadas en orden diferente y debido a que los modelos matemáticos pueden no ser apropiados para todo tipo de muestra, el análisis de los residuales, y pruebas de ajuste y falta de ajuste deben ser realizadas para evaluar la validez del modelo. Vanzant et al. (1998) proponen la utilización del modelo matemático más simple disponible para el cálculo de los parámetros cinéticos de degradación.

López et al. (1999) compararon 8 modelos no lineales para evaluarlos como candidatos para describir la cinética de la degradación ruminal de forrajes y concluyeron que, en particular, cuando el grado de degradación es calculado para cada forraje y componentes del forraje, las diferencias entre las estimaciones obtenidas con los diferentes modelos fueron de poca significancia nutricional para el animal. Stern et al., (1997) señalan que la obtención de valores absolutos de la digestión ruminal por medios *in vitro* o *in situ* es difícil, y es aun más difícil obtener mediciones cuantitativas *in vivo* con las cuales los métodos *in vitro* e *in situ* puedan ser suficientemente probados, debido a esto, es mas real obtener mediciones relativas de la digestión ruminal entre alimentos y/o dietas mas que valores absolutos.

2.4 Factores Estructurales que Limitan la Digestibilidad de la Pared Celular del Forraje

Los rumiantes han desarrollado la habilidad de utilizar el material vegetativo de las plantas como su única fuente de nutrientes por medio de los microorganismos que alojan en su rumen. El 35 a 80% de la materia orgánica (MO) de los tejidos vegetales esta contenida en la pared celular, la cual proporciona rigidez estructural a la planta (Jung y Allen, 1995). Sin embargo, los rumiantes que dependen exclusivamente de las plantas consumidas en libre pastoreo obtienen de un 30 a 40% de la energía digestible consumida de la pared celular del forraje.

La baja digestibilidad y alta concentración de pared celular en los forrajes limitan la disponibilidad de energía en animales consumiendo altos niveles de forraje en su dieta (Galyean y Goetsch, 1993). La digestibilidad de la pared celular varía de 100% en las células mesófilas a 0% en el xilema, esta variación ocurre en diferentes tejidos dentro de una parte de planta y entre tejidos similares en diferentes especies de forraje (Akin, 1993).

Dependiendo del tipo de tejido y a medida que la célula de la planta madura, la pared celular ensancha y comúnmente se produce una pared secundaria de composición distinta con una notable deposición de constituyentes aromáticos, por lo que ocurren concomitantemente cambios químicos y anatómicos afectando la digestibilidad.

Sin embargo, las diferencias en estructura pueden o no influir significativamente la tasa y grado de digestión del forraje, por ejemplo, las diferencias conformacionales entre la orientación de los componentes fenólicos relativo a los polisacáridos con los que se asocian, pueden solo ser importantes si dichos polisacáridos contribuyen en cantidades significativas a la composición total de un tipo particular de tejido susceptible a la degradación. También es posible que una moderada lignificación pueda limitar el acceso microbial a los tejidos y un mayor grado de lignificación no tenga ningún efecto a menos que se disemine a otros tejidos (Himmelsbach, 1993).

Investigaciones recientes han cambiado la noción sobre la estructura rígida y estática asignada a la pared celular por la de una extensión virtual del citoplasma. Se ha encontrado que las paredes celulares, particularmente las primarias, poseen marcadores de superficie que predicen patrones de desarrollo y marcan posiciones dentro del vegetal (Knox, 1990; Pennell y Roberts, 1990); así mismo, contienen componentes de señalamiento y comunicación por la continuidad simplástica mediante los plasmodesmos (Robards y Lucas, 1990).

Las paredes celulares también mantienen continuación molecular con la membrana plasmática y el citoesqueleto (Roberts, 1990), y conexiones firmes con la membrana plasmática debido a adaptaciones al estrés osmótico (Carpita y Gibeau, 1988). Señales de la pared celular provocadas por la predación de insectos inducen la producción de moléculas de defensa (Ryan, 1990), formándose capas de proteínas y lignina como respuesta a la invasión de patógenos fúngicos y virales (Bowles, 1990, Vance et al., 1980).

Por otra parte, para que las células alcancen su forma funcional e individualidad, tienen que elongarse y diferenciarse. La expansión coordinada y la diferenciación de las células individuales se logran por alteraciones sutiles de la estructura química de los componentes de la pared y las determinantes mecánicas de la forma de la célula (Taiz, 1984; López-Gutiérrez, 1991). Así, se puede apreciar que la pared celular primaria es una matriz extra celular químicamente dinámica, con un mosaico de respuestas y llena de diversas formas y funciones. Existen grupos de trabajo a escala mundial que estudian la pared celular desde varios ángulos como son sus propiedades físicas y químicas, su participación en la resistencia a enfermedades, en el reconocimiento celular, como fuente de oligosacáridos con actividad biológica, y su digestibilidad.

La pared celular es una matriz extracelular compleja que contiene gran cantidad de moléculas diferentes cuya biosíntesis es controlada por enzimas codificadas y reguladas por genes (Bolwell, 1988). Existen varios procedimientos para el aislamiento de los

componentes de la pared celular. La elección del procedimiento de extracción y purificación es vital y debe estar acorde al propósito de investigación.

El proceso de extracción consiste en la eliminación del material que no constituye parte de la pared celular por medios químicos o utilizando enzimas, generalmente amilasas y/o amiloglicosidasas (Carpita y Kanabus, 1986; Jeraci et al., 1989). Las sustancias pécticas han sido aisladas mediante la extracción secuencial con agua caliente y soluciones de agentes quelantes como EDTA, Oxalato de amonio o ciclohexano diaminotetra acetato (CDTA) a 20°C por 6 a 8 h (Nevin, 1993; Theander y Westerlund, 1993). La lignina puede ser removida del material depectinizado por tratamiento con una solución de ácido acético-clorito de sodio a 70°C por 2 a 4 h. La remoción del material no celulósico del material remanente (holocelulosa) da origen a la llamada α celulosa (Theander y Westerlund, 1993; Nevin, 1993).

Los polisacáridos no celulósicos (como arabinosilanos y xiloglucanos) son extraídos por tratamiento secuencial de la holocelulosa (celulosa y hemicelulosas) con soluciones de KOH a concentraciones de 1 a 4 M. El tratamiento alcalino es efectivo en romper los enlaces de H entre la celulosa y los polisacáridos hemicelulósicos, así como también hidroliza los enlaces éster entre azúcares y el ácido hidroxicinámico, liberando polímeros con baja capacidad de formar enlaces de H (Carpita, 1984; Nevin, 1993).

La separación de los polisacáridos en los extractos no celulósicos puede llevarse a cabo posteriormente por precipitación con reactivos específicos, pueden ser hidrolizados selectivamente utilizando enzimas específicas o pueden ser purificados por medios cromatográficos. La lignina también ha sido aislada por tratamiento enzimático (Theander y Westerlund, 1993; Nevin, 1993).

En otros procedimientos, después de la remoción de almidón, la pared celular es hidrolizada con ácido sulfúrico, el residuo insoluble en ácido (lignina Klasson o ácido sulfúrico) corregido por el contenido de cenizas, es una estimación del contenido de lignina, mientras que los residuos azúcares neutros de polisacáridos en el hidrolizado son

cuantificados por cromatografía de gases como acetatos de alditol. Empleando este método, Theander y Westerlund (1993) señalan que la fracción de fibra obtenida empleando detergentes (fibra detergente neutro) contiene de 10 a 60 g·kg⁻¹ de proteína cruda en lugar de celulosa, hemicelulosa y lignina. La fracción insoluble en detergente ácido (fibra detergente ácido) contiene de 70 a 140 g·kg⁻¹ de hemicelulosa y de 10 a 40 g·kg⁻¹ de proteína cruda en lugar de celulosa y lignina; de manera similar, el residuo de celulosa contiene de 80 a 130 g·kg⁻¹ de hemicelulosa y de 20 a 70 g·kg⁻¹ de lignina.

Basándose en estudios similares con diferentes tipos de forrajes, Theander y Westerlund (1993) concluyen que los diversos materiales de plantas se comportan de manera diferente bajo el método de análisis empleando detergentes y por tanto, se deben hacer interpretaciones cuidadosas cuando se comparan valores analíticos de diferentes materiales.

La información referente a estructura describe la relación particular de una entidad con otra o la organización del material en un sentido cualitativo y puede ser considerada a varios niveles, como la estructura molecular de los componentes químicos de los tejidos, los enlaces entre estos componentes o la conformación estereoquímica de los componentes. Estos datos deben ser considerados en conjunto con los de composición para poder inferir acerca de la importancia relativa de alguna característica sobre la degradación del forraje.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

La estructura primaria de un polisacárido aislado solo se conoce cuando: 1) Se conoce la identidad y proporción de los residuos glucídicos, 2) Se conoce la configuración absoluta de cada residuo, 3) Se conoce la composición de enlaces glucosídicos de cada residuo, 4) Se conoce la forma del anillo de cada residuo glucídico, 5) Se conoce la conformación anomérica de los enlaces glucosídicos de cada residuo, 6) Se conoce la secuencia de los residuos glucídicos y 7) Se conoce la identidad, los puntos de unión y la estereoquímica de entidades no glucídicas asociadas (Åman, 1993).

McNeil et al. (1982) describieron un esquema para la determinación de la estructura primaria de polisacáridos. En este procedimiento, se purifican los polisacáridos y se

determina la composición de residuos glucosidos y la configuración anomérica de los enlaces glucosídicos de sustituyentes por espectroscopía de resonancia magnética nuclear (McNeil et al., 1982; Sweeley y Nuñez, 1985), mientras que la identidad, secuencia de los residuos y la forma del anillo pueden ser elucidados por cromatografía de gases y espectrometría de masas (GC-MS) en di, tri o tetrasacáridos de alditol, y por cromatografía líquida de alta resolución y espectrometría de masas (HPLC-MS) en oligosacáridos de alditol.

La estructura y función de la pared celular esta controlada por la composición y organización de los componentes individuales. La pared celular esta compuesta principalmente de azúcares dispuestos en polisacáridos de composición y estructura variable, ácido hidroxicinámico, lignina, proteína, iones y agua (Hatfield, 1993).

Los estudios sobre la composición de la pared celular y digestibilidad generalmente utilizan tejidos de plantas que son una mezcla homogénea de tipos celulares. Las paredes de diferentes tipos celulares varían grandemente en sus características de digestión, consecuentemente, dichos estudios son difíciles de interpretar a escala molecular debido a la mezcla de características químicas y de digestión de los muchos tipos celulares (Åman, 1993; Merchen y Bourquin, 1994).

La caracterización estructural de la pared de tipos celulares individuales es crítica para la determinación de la relación de los componentes de la pared y la digestibilidad, sin embargo, existen pocos estudios cuantitativos sobre la composición de los diferentes tipos celulares debido a las dificultades en la separación de los tipos específicos de células en tejidos de plantas (Merchen y Bourquin, 1994).

La mayoría de los estudios sobre digestibilidad de los diferentes tipos celulares se han realizado empleando técnicas microscópicas, las cuales proporcionan solo información cualitativa. Usando estos métodos, el rango de digestibilidad de los tipos celulares sigue el siguiente orden: floema = mesófilas = parénquima indiferenciado > epidermis > lamina de células unidas al parénquima > esclerenquima > tejido vascular lignificado

(Merchen y Bourquin, 1994). Los componentes no digestibles de la pared celular son principalmente provenientes del esclerenquima y tejido vascular lignificado y ocasionalmente la epidermis de los tallos y parénquima, los cuales contienen la mayor concentración del material fenólico de los varios tipos celulares (Merchen y Bourquin, 1994).

Estudios con tipos celulares de *Lolium perenne* y *Lolium multiflorum* reportan que el contenido de xilosa fue mayor en la pared celular de células fibrosas que en las mesófilas reflejando un mayor contenido de hemicelulosa en las células fibrosas. La concentración de ácidos fenólicos esterificados y grupos acetilo también fueron considerablemente mayores en las células fibrosas (Hatfield, 1993).

Las células mesófilas fueron degradadas mas rápidamente que las fibrosas, no encontrándose evidencias de una degradación preferencial de algún polisacárido componente de la pared celular durante la fermentación, dado que los monosacáridos constituyentes desaparecieron a una tasa similar a la desaparición de la materia seca (MS). Los autores concluyen que el grado de lignificación y la formación de complejos lignina-carbohidratos son los factores que controlan la degradación de la pared. Este y otro trabajo con paja de cebada, indican que todos los polisacáridos dentro de la matriz de la pared celular son igualmente afectados por la lignificación (Hatfield, 1993).

En otros trabajos la tasa de degradación de la celulosa no cambió cuando la pared celular fue delignificada, sin embargo, la reducción en el tamaño de partícula (lo cual incrementa el área superficial) tuvo un efecto positivo sobre la degradación de la celulosa. La delignificación incrementó la tasa de degradación de polisacáridos no celulósicos en un grado mayor que la reducción del tamaño de partícula, por lo que los autores consideran que las características estructurales limitan la degradación de la celulosa más que la lignina, pero que la lignina tiene un efecto mas profundo sobre los polisacáridos no celulósicos dentro de la matriz de la pared celular (Hatfield, 1993).

Los resultados de diversos experimentos muestran que la digestibilidad de los monosacáridos individuales de las paredes celulares varían en el orden: ácidos urónicos = arabinosa = galactosa > glucosa > xylosa (Hespell y Whitehead, 1990; Merchen y Bourquin, 1994). Sin embargo, existen discrepancias en la digestibilidad de los monosacáridos componentes de la pared celular de leguminosas y de pastos de alta digestibilidad, mientras que la digestibilidad es similar para los monosacáridos de pajas de cereales debido a que estas constituyen un material químicamente más homogéneo.

El grado de digestión diferencial de los monosacáridos se ha interpretado como indicador de la remoción selectiva de la celulosa y hemicelulosas con alto grado de sustitución. Sin embargo, las diferencias observadas en la digestibilidad de monosacáridos pueden ser explicadas por diferencias en composición entre la pared primaria y la pared secundaria lignificada (Hatfield, 1993).

En trabajos con *Brassica oleracea* y *Medicago sativa*, la fracción de hemicelulosa solubilizada por KOH 4 M no fue tan fácilmente degradada como otros polisacáridos, mientras que la delignificación parcial de células del xilema resultó en un incremento en la degradación. En estos trabajos (Hatfield, 1993), empleando diferentes tipos de tejidos se ha observado una resistencia selectiva de fracciones de carbohidratos, principalmente xilanos. Aunque está claro que la lignificación tiene el principal impacto sobre la degradación de la pared celular, su efecto puede no ser uniforme como en los pastos.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Se puede interpretar que lo anterior es un reflejo de la degradación diferencial de tipos celulares y que la baja degradación de la xilosa indica que algunas paredes no contienen xilanos y son degradadas más fácilmente, mientras que otras contienen grandes cantidades y son de lenta degradación, pero los xilanos son más fácilmente degradados de algunas paredes celulares que de otras (Hatfield, 1993). Aunque los mecanismos responsables no han sido establecidos, existe una creciente especulación de que la utilización de la pared celular del forraje como fuente de energía está regulada por la naturaleza de enlaces cruzados de los componentes de la pared (Fry, 1986).

La cantidad de lignina puede ser el factor clave que limite la degradación de la pared celular, sin embargo la organización de la matriz de la pared, en la cual se encuentra la lignina, puede regular el grado de su influencia sobre la degradación de los polisacáridos de la pared (Hatfield, 1993).

Se han propuesto tres posibles mecanismos mediante los cuales la lignificación puede limitar la fermentación microbial o hidrólisis enzimática de los polisacáridos de la pared celular. Estos son: 1) Un efecto tóxico de la lignina sobre los microorganismos del rumen, 2) Impedimento estérico causado por los enlaces lignina-polisacáridos que limita el acceso de enzimas a carbohidratos específicos, y 3) Un medio ambiente hidrofóbico creado por la lignina que impide la acción de enzimas, las cuales requieren un medio acuoso (Jung y Deetz, 1993).

Jung y Deetz (1993) hacen una revisión de estos mecanismos y concluyen que la hidrofobicidad y la toxicidad de la lignina son mecanismos de inhibición que son poco probables de afectar cuantitativamente la degradación de la pared celular en el rumen en un grado significativo y que el impedimento estérico parece ser el mecanismo principal que limita la degradación de la pared celular.

Otro factor en el forraje, además de la lignina, que limita la degradación de la pared celular es la cutícula que contiene ceras y polímeros cerosos, su efecto sobre la degradación parece estar limitado a la membrana cuticular (Van Soest, 1994). La cutina, ceras y suberina pueden influir la digestión; la cutina y las ceras están adheridas a la pared de la epidermis sobre la superficie de la planta, la cutina esta frecuentemente esterificada con ácidos fenólicos y en asociación no covalente con la pectina de la pared celular epidermal. Estos compuestos forman una barrera difusional que impide la digestibilidad del tejido intacto (Himmelsbach, 1993; Van Soest, 1994). La suberina, a diferencia de la cutina, es una parte integral de la pared celular y puede estar esterificada con monómeros, oligómeros fenólicos y lignina (Himmelsbach, 1993).

La sílice tiene efecto negativo sobre la digestibilidad de los pastos causando un decremento de un 3% en la digestibilidad *in vitro* de la MS por unidad de incremento de sílice, principalmente por decremento en la digestión de los polisacáridos de la pared celular (Hoover, 1986). El contenido de sílice se ha encontrado asociado estadísticamente con una baja digestibilidad de la fibra e interactúa con la lignina en este respecto (Van Soest, 1993).

2.5 Valor Nutritivo de los Arbustos y Árboles

Existen evidencias considerables de que la inclusión de hierbas y arbustos en la dieta del ganado mejora el comportamiento de éste cuando los pastos están en latencia y son de baja calidad (Genin y Pijoan, 1993; Kibria et al., 1994; Papachristou y Nastis, 1996). Holechek et al., (1989a) señalan que las hojas de hierbas y arbustos contienen mas proteína, fósforo y carbohidratos solubles que los pastos en similares estados de madurez. Existen reportes de África, que durante los meses de sequía los arbustos nativos contienen de 56 a 300 g·kg⁻¹ de MS de proteína digestible, 1.5-2.5 g·kg⁻¹ de MS de fósforo y de 2.5 a 20 g·kg⁻¹ de MS de calcio (Rashid et al., 1993). En Tanzania Central, el contenido de PC (% de MS) y Fósforo (g·kg⁻¹ de MS) fue de 23.89 y 0.24 en *Baphia wassaiensis*, 22.06 y 0.29 en *Combretum obuatum*, 16.75 y 0.26 en *Brachystegia spiciformis* y 18.63 y 0.30 en *Afzaalia quanzensis*. Especies de *Brasica*, *Cadada* y *Maerva* tienen 25% mas proteína, dos veces mas sílice y un contenido similar de energía que las leguminosas (Rashid et al., 1993).

Rashid et al. (1993) compararon el contenido de PC, minerales totales y DIVMS de 3 especies nativas de arbustos (*Antidesma venosum* Mey & Tol., *Margaritaria discoides* Ball. y *Phyllanthus reticulatus* Lodd.) con una especie introducida (*Leucaena leucocephala*) encontrando que el contenido de PC (17.6-29.7%) y cenizas (6.9-9.7%) fue mayor en *L. leucocephala* que en las especies nativas y *M. discoides* fue más digestible (56.75-74.06%) que las demás especies estudiadas. Estos autores señalan además, que tanto las especies nativas como *L. leucocephala* pueden contribuir significativamente a cubrir la demanda de nutrientes de los animales en la estación seca.

Revisiones hechas por Van Dyne et al. (1980) muestran que el ganado pastoreando en agostaderos de EUA y otras partes del mundo, varían su dieta estacionalmente. Una base heterogénea de forrajes permite que el ganado seleccione una dieta de alta calidad durante la latencia de los pastos, cambiando la composición botánica de su dieta de pastos a hierbas, arbustos u hojas secas caídas (Holechek et al., 1982; Genin y Pijoan, 1993; Papachristou y Nastis, 1996). Arthun et al., (1992a), resumieron datos de 20 estudios en Nuevo México encontrando que el ganado cambia al consumo de hierbas de 25% a 53% de su dieta cuando los pastos se aproximan a la latencia. Genin y Pijoan (1993) determinaron la estacionalidad de la dieta de cabras en una región costera de Baja California y encontraron que los arbustos contribuyeron en 48.1, 67.5 y 75.5% de la dieta de cabras en la estación húmeda, de transición y seca, respectivamente. Así mismo se han reportado cambios similares hacia el consumo de arbustos por el ganado durante la latencia de los pastos (Holechek et al., 1989a).

En recientes pruebas de digestibilidad con ganado bovino (Arthun et al., 1992a), caprino (Núñez-Hernández et al., 1989) y ovino (Rafique et al., 1992), el consumo de forraje y la retención de nitrógeno no difirió entre arbustos palatables y heno de alfalfa proporcionados con mezcla de pastos de baja calidad. Arthun et al. (1992b) evaluaron el efecto de la inclusión de hierbas (*Sphaeralcea coccinea* Nutt. y *Croton pottsii* Lam.) o arbustos (*Atriplex canescens* y *Cerocarpus montanus* Raf.) en dietas con forraje de baja calidad sobre características de la fermentación ruminal, comparativamente con la inclusión de alfalfa, sin encontrar diferencias sustanciales entre tratamientos.

King et al. (1996a; 1996b) estudiaron el potencial forrajero de un arbusto tóxico (*Flourensia cernua*) dada su distribución y alto valor de PC (18.9%) y bajo contenido de fibra (33% FDN), fenoles totales (54 mg·g⁻¹) y taninos condensados (0.40 mg·100 mg⁻¹). A niveles de 20 y 30% *F. cernua* incrementó el consumo de MS de la dieta. El consumo de *F. cernua* en un 30% de la MS de la dieta no afectó ninguna variable asociada con la cinética de líquidos, cinética de sólidos o tasa de digestión *in situ* de la dieta base (*Pleuraphis mutica* Buck). Las proporciones molares de propionato y ácidos grasos volátiles totales

fueron mayores para el nivel de 30% de *F. cernua* y no existieron diferencias en la retención de N, tampoco existieron indicios que sugirieran toxicosis.

Kibria et al. (1994) compararon 7 tipos de hojas de árboles como alimento para cabras. Las plantas fueron *Eritrina variegata* Lamk, *Shorea robusta* Gaerth, *Delonix regia* Boj ex-Hook, *Artocarpus heterophyllus* Lamk, *Leucaena leucocephala* Lam., *Mangifera indica* L. y *Psidium guajava* L. Los animales incrementaron peso a una tasa de -3.9, 6.4, 12.1, 26.9, 33.3, 43.9 y 52.8 g·d⁻¹, respectivamente proporcionando 140 g de concentrado adicionales.

Papachristou y Nastis, (1993) evaluaron la calidad nutricional de la dieta de cabras en tres agostaderos con diferente proporción de cobertura herbácea: Arbustivas (A: 52% Arbustos, 32% Hierbas B: 62 % Arbustos, 20% Hierbas, C: 66 % Arbustos, 12% Hierbas). Los niveles de PC se aproximaron o excedieron los requerimientos de mantenimiento en todos los periodos de pastoreo estudiados. Las cabras en el agostadero A tuvieron menores niveles de FDN, lignina y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO).

Papachristou y Nastis, (1996) determinaron el valor nutritivo de dos arbustos dominantes en el norte de Grecia: *Carpinus orientalis* Mill y *Fraxinus ornus* L. Durante el verano y el inicio del otoño el consumo fue mayor para *C. orientalis*. En ambas estaciones, sin embargo, no hubo diferencias entre especies en digestibilidad *in vivo* (66.9% *C. orientalis* vs 63.8% *F. ornus*), pero sí hubo efecto de estación para ambas especies (63.35 vs 53.65%), sin embargo la calidad de ambos forrajes fue relativamente alta en el otoño (8.4 %, PC; 32 %, FDN y 6%, lignina).

Valderrábano et al. (1996) estudiaron la utilización de *Atriplex halimus* en el valle Ebro, España por borregos y cabras, encontrando que *A. halimus* es tolerante a una elevada presión de pastoreo (20 cabezas·ha⁻¹) en el otoño y que como única fuente de forraje *A. halimus* puede ser utilizado para mantenimiento de cabras y borregos sin suplementación energética.

En Etiopía, Coppock y Reed (1992), compararon los frutos (vainas y semillas) de *Acacia tortilis* (Forsk.) Hayne subsp. *spirocarpa* (Hoschst ex, Rich) Brenan y hojas de *Acacia*

brevispica (Harms) y *Vigna unguiculata* (L.) Walp con heno de alfalfa como suplementos proteicos para becerros. Todos los suplementos incrementaron el consumo de nitrógeno, ganancia de peso y conversión de alimento en borregos en una prueba paralela. La retención de N fue similar en todos los borregos con suplemento. Las dietas con *Acacia* (con alto contenido de taninos) tuvieron efecto negativo sobre la digestibilidad verdadera del N, pero este efecto fue compensado por una reducción en la eliminación de N por la orina.

Debido a que las arbustivas generalmente contienen elevados niveles de proteína, su consumo afecta la digestibilidad de todos los alimentos consumidos por el ganado. Ha sido reportado que en praderas de zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*) pastoreado en el noroeste de México, que crece mezclado con arbustos puede proveer una mejor nutrición para el pastoreo de rumiantes que aquellas praderas que solo contienen zacate buffel (Ramírez et al., 1995a). Además, Ramírez et al., (1995b) encontraron que las ovejas incrementaron su consumo de materia orgánica, proteína cruda y pared celular consumidas cuando los niveles de especies ramoneables se incrementaron en sus dietas. Además, la presencia de arbustivas ramoneables en dietas de ovejas, durante primavera y verano, proporcionaron adecuados niveles para la producción ovina de macro y elementos traza en los forrajes consumidos por ovejas (Ramírez et al., 1995b).

Algunos factores antinutritivos como compuestos fenólicos solubles y taninos condensados en hierbas y arbustos, pueden interferir con la utilización del N (Robbins et al., 1987; King et al., 1996b; Mupangwa et al., 2000); sin embargo, estudios en Nuevo México, muestran que en arbustos palatables (*Atriplex canescens* [Pursh], *Cercocarpus montanus* Raf. y *Ceratoides lantana* Raf.) suministrados en una dieta a base de pastos, las cabras Angora resultaron con retención de N y consumo, comparable a la alfalfa (Núñez-Hernández et al. 1989).

La digestibilidad en la bolsa de nylon de MS y nitrógeno contenido en el material de hojas de 12 especies tropicales ramoneables fue medida en cabras fistuladas del rumen consumiendo una dieta de paja de arroz suplementada con paja. Muestras secas de *Albizia*

lebbek, *Enterolobium cyclocarpium*, *Samanea saman* y *Sesbania sesban* no presentaron taninos condensados. Estas especies ramoneables también exhibieron alta digestibilidad de MS y nitrógeno. Además, se encontró alto contenido de taninos condensados en *Calliandra calothyrsus* (11.07%) y *Codariocalyx gyroides* (7.12%). Sin embargo, existió una baja correlación entre la digestibilidad de nitrógeno y total de taninos condensados. Cuando se secaron las especies ramoneables a 60°C, resultaron bajas concentraciones de fenoles totales y taninos condensados en todas las especies. En particular *Gliricidia sepium* y *Tipuana tipu* disminuyeron el contenido de taninos condensados durante el secado en estufa. Baja digestibilidad de nitrógeno (>43%) fue observada en *Acacia aneura*, *Acacia angustissima*, *Albizia chinensis* y *Calliandra calothyrsus*, pero después del secado de estas especies se registró un incremento altamente significativo en la digestibilidad de N (Ahn et al., 1989).

Los arbustos conteniendo taninos pueden ser una fuente adecuada de proteína en la medida que el efecto negativo de los taninos sobre el incremento en la excreción fecal de N sea compensado por el efecto positivo de una reducción en la excreción de N urinario (Coppock y Reed, 1992). Sin embargo, Holecheck et al. (1990) señalan que los arbustos nativos de América con altos contenidos de taninos redujeron la retención de N en cabras debido a una disminución en el consumo más que la posible influencia de estos sobre la digestión del N.

Núñez-Hernández et al. (1989) concluyeron de sus estudios con arbustivas, que consumos moderados (30% de MS) de las especies probadas, resultaron similares a la alfalfa, en eficiencia de asimilación del N. Así mismo, Coppock y Reed (1992) incluyeron arbustos tropicales en niveles mas altos (40-60% de MS) sin encontrar efectos negativos sobre la retención de N. Barry et al. (1986) en experimentos con borregos concluyeron que la concentración deseada de taninos condensados en *Lotus pedunculatus* debe representar un balance entre el efecto positivo de los taninos condensados en mejorar la eficiencia de digestión del N y su efecto negativo en deprimir la digestión de carbohidratos, recomendando una concentración de taninos concentrados de 30 a 40 g·kg⁻¹ en la MS.

Bae et al. (1993) encontraron que los taninos condensados inhibieron la actividad de la enzima endoglucanasa en el fluido extracelular de cultivos de *Fibrobacter succinogenes* S85 a concentraciones de $25 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$, pero la actividad endoglucanasa asociada a la célula se incrementó a concentraciones de 100 a $300 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$, sin embargo la inhibición de la actividad endoglucanasa fue total tanto en el fluido extracelular como la asociada a la célula a $400 \mu\text{g} / \text{ml}$. Las células en crecimiento a concentraciones de 100 a $300 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ poseían grandes cantidades de material capsular, que sugería la presencia de carbohidratos capsulares, sin embargo, la naturaleza osmiofílica de este material sugiere la formación de complejos taninos-proteínas sobre la superficie celular. Silanikove et al., (1996) encontraron que cabras consumiendo hojas de *Quercus calliprinos*, *Pistacia lentiscus* y *Ceratonia siliqua* pueden consumir de 1.1 a $2.7 \text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de peso corporal por día de taninos condensados, sin sufrir ningún efecto adverso.

2.5.1 Efecto de los Taninos en la Utilización de Árboles y Arbustos

Los taninos están ampliamente distribuidos en el follaje de las plantas y disminuyen la palatabilidad, digestibilidad de la MS y proteína en algunos mamíferos pero no en otros (Coppock y Reed 1992; Hagerman et al., 1992). Algunas veces actúan como toxinas más que como inhibidores de la digestión (Robbins et al., 1987; Reed, 1995). La diversidad de efectos de los taninos sobre la digestión, es en parte debida a la capacidad fisiológica de los animales para utilizarlos, y parte, por las diferencias en la reactividad química de los diferentes tipos de taninos (Zucker, 1983; Robbins et al., 1991; Narjisse et al., 1995). En algunos mamíferos (venados y caprinos), las proteínas salivales reaccionan con los taninos (Austin et al., 1989; Robbins et al., 1991). En el venado estas proteínas salivales ligadoras de taninos son glicoproteínas que contienen grandes cantidades de prolina, glicina y glutamato/glutamina, pero no están relacionadas con la proteína salival ligadora de taninos encontrada en especies no rumiantes (Austin et al., 1989).

Narjisse et al. (1995) encontraron que las cabras exhibieron un mayor nivel de tolerancia al efecto de los taninos que los borregos, mientras que en los borregos el consumo de alimento, balance de nitrógeno y la concentración de amoníaco en el rumen se deprimió un

8%, 159% y 50% respectivamente cuando fueron infundadas intraruminalmente con taninos. Las cabras solo mostraron una depresión de la concentración de amoniaco ruminal del 39%, mientras que la excreción de nitrógeno en orina fue de solo 17% del N ingerido en cabras, en los borregos fue del 44%.

Molina et al. (1999) reportaron un ligeramente mayor consumo de MS, PC y retención de PC en borregos recibiendo una dieta alta en taninos concentrados e inoculados con *Eubacterium cellulosolvens* capaz de tolerar $0.5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ de taninos condensados, comparado con borregos recibiendo la misma dieta pero inoculados con bacterias del mismo cultivo sometidas a autoclave.

Los taninos son polifenoles de las plantas que se pueden definir como "Cualquier compuesto fenólico de suficiente peso molecular conteniendo suficientes hidroxilos y otros grupos, como los carboxilos, capaces de formar complejos fuertes con minerales, proteínas y otras macromoléculas bajo las condiciones ambientales particulares de estudio" (Reed, 1995). Se dividen en dos clases de acuerdo a su estructura, condensados e hidrolizables, los taninos condensados (proanthocianidina) son polímeros flavonóides, estables en condiciones anaerobias. Los taninos hidrolizables son ésteres (ácido galico, ácido hexahidroxidifénico) de glucosa o polióles y son fácilmente hidrolizados (Hagerman et al., 1992).

La interacción entre los taninos y la proteína no solo depende del pH y la fuerza iónica, sino también de las concentraciones relativas de los taninos y las proteínas. Dentro de las diferentes proteínas, la precipitación dependiente de los taninos es una función variable del pH; la interacción parece ser mas fuerte cerca del pI de la proteína. Los taninos condensados forman complejos a pH menor de 7-8, los taninos hidrolizables a pH 3-4. Estos complejos decrecen a pH mayor a 8 en los taninos condensados y mayor a 5 en los hidrolizables (Zucker, 1983).

Los diferentes efectos de los taninos condensados y galotánicos sobre los herbívoros están relacionados con la estabilidad química de los taninos. Aparentemente el peso molecular o

la configuración estereoquímica determinan el papel metabólico de los galotanos de las diferentes fuentes (Hagerman et al., 1992). Los taninos tienen efectos tanto positivos como negativos sobre la nutrición animal. En altas concentraciones reducen el consumo (Barahona et al., 1997; Mupangwa et al., 2000), digestibilidad de proteína y carbohidratos (Messman et al., 1996; Barahona et al., 1997; Balogun et al., 1998) y el comportamiento animal (Barahona et al., 1997), pueden dañar los intestinos, hígado y riñones (Reed, 1995). En bajas concentraciones previene el timpanismo e incrementa el flujo de nitrógeno no amoniacal y aminoácidos esenciales del rumen (Barry y Manley, 1984; Barahona et al., 1997; Woodward y Reed, 1997).

El efecto específico de los taninos depende de la interacción entre las características de los taninos (condensados o hidrolizables, tamaño molecular, configuración) y la adaptación del animal para neutralizar o metabolizar diferentes taninos, el resultado de la interacción planta-animal requiere del entendimiento de las características de los taninos y la fisiología, ecología y evolución del animal (Robbins et al., 1991).

Factores ambientales alteran grandemente la concentración de taninos en los forrajes; en general una baja intensidad de luz y baja temperatura reduce la concentración de taninos, mientras que la sequía la incrementa; consecuentemente es de esperar una mayor concentración de taninos durante el verano. La concentración de taninos también está en función de la madurez del forraje siendo mayor en forrajes maduros (Burns et al., 1997).

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

El aislamiento y cuantificación de los compuestos fenólicos solubles y taninos en las plantas son esenciales para los estudios sobre sus efectos nutricional y ecológico, sin embargo, no existe un procedimiento satisfactorio como análisis cuantitativo con relación al efecto nutricional, por que las propiedades químicas que están involucradas en la reactividad de los polifenoles en ensayos colorimétricos y/o de precipitación pueden diferir de las propiedades involucradas en el efecto tóxico o nutricional (Reed, 1995).

Los métodos basados en precipitación de proteínas dan un indicio útil de la habilidad de los polifenoles para formar complejos con proteínas, pero son probablemente menos útiles para

la cuantificación que los procedimientos colorimétricos. Los procedimientos colorimétricos tienen el problema de un estándar adecuado, el ácido tánico es el estándar en la reacción Folin-Ciocalteu, la Catequina para la reacción Vanilina-HCl y los taninos quebracho para la reacción butanol-HCl; sin embargo, los coeficientes de extinción para los cromóforos producidos en la reacción de estos estándares generalmente es diferente al de los compuestos de los extractos de las plantas, lo cual lleva a una sub o sobreestimación del contenido de polifenoles y es la principal causa de la gran desviación en el contenido de taninos reportados en la literatura (Hagerman et al., 1992; Reed 1995).

La incrementada excreción de NIDN y los coeficientes de digestión bajos o negativos del N (Reed, 1995; Woodward y Reed, 1995; McSweeney et al., 1999) y constituyentes de la pared celular del forraje (Makkar et al., 1995; 1997) en plantas con alto contenido de proantocianidinas indican que estas fracciones son digeridas de manera nutricionalmente no uniforme, violando dos de los principios de la aplicación del análisis detergente del forraje. El primer principio es que el material soluble en detergente y la PC son nutricionalmente uniformes y tienen una elevada digestibilidad verdadera y el segundo principio es que la fracción de fibra es de origen de la planta y no puede originarse en el tracto digestivo (Van Soest, 1967).

La violación de estos principios no invalida el uso del sistema de análisis detergente, sino que la desviación del "comportamiento ideal" del sistema de análisis puede utilizarse como una técnica para determinar los efectos de las proantocianidinas sobre la digestión de las proteínas (Conklin, 1994; Reed, 1995).

2.5.2 Minerales en Árboles y Arbustos

Uno de los principales problemas que limitan la producción animal en muchas áreas del mundo es el estado nutricional de los animales. De acuerdo con la mayoría de los investigadores, los principales factores que limitan el comportamiento productivo de los animales en pastoreo son: el bajo contenido proteico de las plantas, un bajo consumo de energía debido al alto contenido de fibra en los forrajes y deficiencias minerales y/o vitaminas (García y Montemayor, 1987; Corah, 1996; McDowell, 1996).

Por otro lado debe de tenerse en cuenta que los problemas de la nutrición mineral no solo se refieren a casos de deficiencias, ya que niveles tóxicos de elementos tales como el mercurio (Hg), aluminio (Al), cadmio (Cd), plomo ((Pb), y aún aquellos esenciales como cobre (Cu), fluor (F), molibdeno (Mo), y selenio (Se) pueden limitar la producción animal en determinadas regiones (García y Montemayor, 1987; McDowell, 1996). El Ca, Cu o Se en exceso pueden ser más perjudiciales para la producción que cualquier beneficio derivado de la suplementación mineral (McDowell, 1996).

Para proporcionar una mezcla de sales y minerales que satisfaga el requerimiento animal de dichos elementos, se debe tener en cuenta la concentración de minerales en los forrajes consumidos y los minerales presentes en el agua y en el suelo (Underwood, 1966; McDowell, 1996). Este mismo autor señala que los problemas de nutrición mineral están íntimamente ligados al suelo. Las tierras deficientes son áreas geográficas bien definidas y en ellas los animales que viven del pastoreo pueden sufrir males endémicos. Sin embargo, Sousa (1978) señala que al análisis del suelo, no es un elemento de juicio exacto sobre la nutrición mineral del animal que vive en esos suelos. Esto es debido a que los requerimientos del animal son, en muchos casos, tan reducidos que el análisis del suelo no revela la existencia de deficiencias posibles en el animal. Por lo que es de mayor utilidad analizar lo que consume el animal en cada región. La investigación en este campo es limitada y ha sido enfocada al estudio de la concentración mineral en la planta completa, lo cual puede no reflejar correctamente el valor nutricional de esa planta debido a que generalmente el ganado prefiere tejido vegetal vivo al tejido muerto (Stuth et al., 1986) y prefiere las hojas que los tallos (Poppi et al., 1981), por lo que un análisis más real del contenido mineral de la dieta del ganado puede ser obtenido a partir de tejido vegetal vivo (Grings et al., 1996).

En un estudio que involucró 2615 muestras de forrajes provenientes de América Latina, se demostró que diversos minerales se encontraban en concentraciones marginales o deficientes en las muestras (Mg, 35%; Co, 43%; Cu, 47%; Na, 60%; P, 73% y Zn, 75%). Esto demuestra que solo en raras ocasiones los forrajes pueden satisfacer completamente las necesidades de todos los minerales de los rumiantes en pastoreo. También se ha

demostrado que el suelo y el agua pueden proporcionar cantidades adecuadas de algunos minerales (García y Montemayor 1987; McDowell, 1996; Ogebe et al., 1996).

Por lo tanto, cuando no se dispone de datos del estado mineral de regiones específicas, el uso de los suplementos minerales completos es justificado. No obstante, cuando existe alguna información sobre los minerales deficientes se pueden formular suplementos más económicos (McDowell, 1984;). Los elementos minerales más probablemente deficientes en la dieta del ganado en pastoreo son el Ca, P, Na, Co, Cu, I, Se y Zn y en algunas regiones bajo condiciones específicas el Mg, K, Fe y Mn (McDowell, 1996).

La principal desventaja de los suplementos minerales a libre acceso es la variabilidad en el consumo por los animales (McDowell, 1996; Tait y Fisher, 1996). Para los bloques de melaza existió un consumo diario de 1.2 ± 0.6 kg por cabeza en un rango de 0.72 a 1.65 kg, mientras que para los suplementos minerales el consumo diario fue de 135 ± 55 g por cabeza en un rango de 50 a 300 g (Tait y Fisher, 1996).

En Nueva Guinea, Imbeah (1999), encontró elevados niveles séricos de Ca, Mg, Cu y Zn cuando suministró 20% de cenizas de maderas locales a la dieta de borregos, mientras que en Nigeria, Ogebe et al. (1996) encontraron preferencias por el suplemento mineral disuelto en agua y mayores ventajas biológicas por esta forma de suplementación en cabras West African Dwarf.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Además del suelo, agua, tipo de forraje, disponibilidad de la energía y proteína, la forma química de los minerales, la palatabilidad y disponibilidad de los minerales, la estación del año es otro factor que influye sobre el consumo de mezclas minerales (McDowell, 1996). En Portugal, Rosa y Heaney (1996), encontraron que la concentración de P, K, S, Fe, Mn, y Zn fue mayor en Verano - Invierno que en Primavera - Verano en hojas de *Brassica oleracea* L. var *trunchuda* y var *acephala*.

En Colombia, se realizaron 10 experimentos para evaluar el valor de los suplementos minerales completos del mercado, comparados con los suplementos específicamente

formulados a partir del análisis de forrajes y tejidos animales. Los suplementos formulados para corregir las deficiencias conocidas resultaron en iguales respuestas de producción a la mitad del costo de los suplementos minerales completos (McDowell, 1984).

En América Latina, se han llevado a cabo numerosos estudios sobre los efectos benéficos de la suplementación (principalmente fosforada) sobre los índices reproductivos con los cuales se han observado incrementos que van del 5 al 100 %. En promedio, se han encontrado que aquellos animales que reciben solo sal, tienen un porcentaje de parición del 52.6% comparado con el 75.5% de aquellos que recibieron un suplemento mineral adicional (McDowell, 1984; García y Montemayor, 1987).

Ramírez (1996), resume algunos resultados de investigaciones, en el sur de Texas, E.U.A. En 18 arbustos, 26 hierbas, 7 zacates y una especie de cactus que forman parte de la dieta del venado, descubrió que no hubo diferencia estacional en la concentración de Ca, K y Mg. Las concentraciones de P fueron más altas durante la Primavera. Los resultados sugieren concentraciones de todos los minerales, con excepción de P, cubrieron o excedieron los requerimientos de los animales domésticos. Por otra parte, en un estudio realizado para evaluar el consumo de materia orgánica e inorgánica en cabras, encontraron que las cabras consumieron dietas que contienen minerales en cantidades suficientes para cubrir sus requerimientos. En ciertos meses del año las dietas mostraron deficiencias en uno o más microelementos, sobre todo de Cu.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Ramírez et al. (2000), al realizar estudios de quince plantas nativas del estado de Nuevo León para estimar su contenido mineral, encontró que la concentración de Ca, K, Mg, Fe, Zn y Mn en los arbustos fue variable entre estaciones y entre especies de plantas dentro de cada estación. Además, la concentración de ellos fue suficiente para cubrir las demandas de pequeños rumiantes en pastoreo. Sin embargo, la concentración de P y Cu fue baja, en todas las plantas, durante la mayor parte del año, para cubrir los requerimientos de los pequeños rumiantes en pastoreo.

Ramírez et al. (2000) determinó y comparó concentración de Ca, P, Mg, Na, Fe, Cu, Zn, Mn del forraje de 15 plantas arbustivas palatables del estado de Nuevo León: chaparro prieto, palo verde, huisache, guayacán, granjeno, guajillo, leucaena, cenizo, uña de gato, anacahuita, brasil, junco, mezquite y nopal; durante las 4 estaciones del año. Con referencia al invierno de 1993, las concentraciones ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) de macrominerales son los siguientes: el granjeno tuvo el valor más alto (28.0) de Ca y el guajillo (6.9) el más bajo. El P fue más elevado en el huisache (1.4) y más bajo en el brasil (0.3). El granjeno presentó el contenido más alto de Mg (16.3) y el chaparro prieto (3.2) el más bajo. La concentración de K más baja fue para el guajillo (5.9) y la más elevada para el cenizo (20.8). Los contenidos ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) en minerales traza fueron los siguientes: el Zn estuvo más elevado en el palo verde (57.8) y más bajo en el granjeno (13.7). Para el Mn, el huisache (73.6) fue más elevado y el brasil (18.6) el más bajo. La leucaena presentó un valor de 7.1 de Cu y el brasil 2.4, finalmente, el Fe mostró mayor concentración en el huisache (455.6) y la menor en el palo verde (56.6).

2.6 Aspectos Generales Sobre la Ganadería en Baja California Sur

El Estado de Baja California Sur posee cerca del 45 % de la superficie del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), de las cuales el 94% lo constituye la Reserva de la Biosfera del Vizcaíno. Baja California Sur es particularmente importante en cuanto el número de endemismos, ya que el aislamiento geográfico de la Península ha ocasionado que varias especies y subespecies de plantas y animales hayan evolucionado diferencialmente en esta región. Aproximadamente el 23% de la flora es endémica. En el caso de vertebrados y tomando también en cuenta las islas del mar de Cortez, se estima que el 80% de las especies registradas son endémicas (Breceda et al., 1991).

De las 22 especies vegetales en peligro de extinción 18 son endémicas, 17 pertenecen a la familia Cactaceae; de estas, dos especies de biznaga (*Ferocactus restispinus* y *F. townseniuanus*) fueron utilizadas por ganaderos de la región como suplemento durante la estación de sequía y para consumo humano como dulce hasta que se prohibió su utilización. Las especies faunísticas de importancia en la región y que pueden verse

afectadas por la actividad ganadera son: *Odocoileus hemionus* (venado bura), *Antilocarpa americana* (berrendo) y *Ovis canadensis* (borrego cimarrón; Breceda et al., 1991).

Algunos esfuerzos se han realizado en el Estado de Baja California Sur para conocer los hábitos alimenticios y la calidad de la dieta del ganado (Agúndez et al., 1992; Arriaga y Cancino, 1992) y se han reportado datos de la composición nutricional, contenido de minerales y degradabilidad de especies forrajeras (Ramírez et al., 1998a, 1998b y 1998c).

La ganadería en el Estado de Baja California Sur, es una actividad tradicional y representa un pilar importante en su economía; sin embargo, el poco conocimiento que se tiene de la vegetación natural, repercute en una explotación inconsciente de este recurso, siendo la mala utilización de plantas forrajeras el de mayor seriedad. Las familias más mencionadas como plantas forrajeras son Leguminosae, Cactaceae, Ruthaceae y Gramineae. Las especies de mayor mención fueron: *Cercidium floridum* y *Opuntia spp* (Agúndez et al., 1992).

Algunos autores han clasificado taxonómicamente la flora nativa de la Península de Baja California Sur (Wiggins, 1980) y han realizado una revisión de los recursos naturales de la entidad (Roberts, 1989; De la Luz y Coria, 1992). Los siguientes párrafos hacen alusión a los aspectos más importantes de las especies seleccionadas para el presente trabajo, señalando el nombre científico, nombre común subfamilia y/o familia.

Acacia peninsularis (Britt. & Rose) Standley. Palo chino. Leguminosa. Arbusto o árbol pequeño, de hasta 10 m de altura, con espinas estipulares y ligeramente encorvadas, con 3 a 8 pares de foliólos de hasta 5 mm de largo, con 2 - 4 pares de pinnas. Corteza café oscuro con ligeras grietas, follaje liso o puberulento; peciolos 5-10 mm de largo, presenta una pequeña glándula; hoja pinada 1-2 pares, 2-3 mm de largo; hojuelas 3-8 pares, espátula de 2.5-6 mm de ancho, 5-10 mm de largo, en forma de cuña en la base, redondeada a truncada y ligeramente puntiaguda apicalmente; las flores son sésiles, de

color blanco verdoso, agrupadas en inflorescencias capiladas, se presentan en los meses de Marzo y Abril. El fruto es una vaina plana y delgada, de 1 a 2 cm de ancho por 4 a 10 cm de largo, obtusa y redondeada en el ápice. Se encuentra a lo largo de arroyos y en planicies arenosas. Es endémica de las cercanías de Santa Rosalía a la región del Cabo. La madera se emplea para construcción de muebles, puertas y elaboración de figuras artesanales (Wiggins, 1980; De la Luz y Coria, 1992). Se considera como fuente de forraje para el ganado (Arriaga y Cancino, 1992).

Bursera microphyla Gray. Torote colorado. Burserácea. Árbol dioico, llega a medir hasta 12 m de altura, muy ramificado con la corteza de color gris o rojo-bronce amarillento, hojas pinadas, glabras, los folíolos de 7 a 35, lineales a oblongos, de 6 a 12 mm de largo. El color de la flor es blanco crema, pentámera, se presenta en Julio y Agosto; el fruto es una drupa con 3 valvas y hasta 5 semillas. Las semillas presentan una cubierta negro lustroso y son de rápida germinación. La madera es suave así como la corteza, pero ésta última impregnada con goma, resina y látex que fluye copiosamente a través del tronco recién cortado. Es una de las especies arbóreas más típicas de la entidad. Su hábitat es en las laderas rocosas y llanos, en todo tipo de suelos. Es una especie endémica de la Península, desde las estribaciones de la Sierra Juárez a la región del Cabo. La corteza contiene altos índices de taninos, que han sido aprovechados en los procesos de curtiduría. Esta especie es indeseable y solo en algunas ocasiones es consumida por bovinos. Es una de las especies más desarrolladas y por ende de las más conocidas en la parte sur sureste y pacífico del Estado de Baja California Sur (Wiggins, 1980; De la Luz y Coria, 1992).

Cercidium floridum Benth. Ex A Gray *subsp. Peninsulare* (Rose) Carter
Caesalpiniaceae. Palo verde. Leguminosa. Existe una fuerte relación entre las plantas jóvenes del *Cercidium floridum* y el *C. microphyllum*, pero conforme aumentan de edad aparecen características que los hacen diferenciar. Árbol espinoso que puede alcanzar hasta los 8 m de altura, de corteza color azul-verdoso, las hojas son bipinadas, con 2 a 4 pares de folíolos por pina. Siempre verde. Las flores son de color amarillo profundo, dispuestas en racimos auxiliares, aparecen en Abril. El fruto es una vaina de 2.5 cm de

largo. Su hábitat es en arroyos, valles y laderas arenosas. Su distribución es endémica de Baja California Sur, desde Comondú a la región del Cabo. Su principal uso es sólo como leña. Posee abundante follaje principalmente en las lluvias torrenciales de Julio, Agosto y Septiembre. En el período de Enero a Julio el ganadero acostumbra cortar las ramas más altas que son inalcanzables por el ganado para facilitar así su consumo (Wiggins, 1980; De la Luz y Coria, 1992).

Cyrtocarpa edulis (Brand.) Stand. Ciruelo. Anacardiaceae. Árboles de formación pinada, delgados, de hasta 10 m de altura, densamente pubescentes, con hojas pinadas y caducas, los folíolos redondeados en el ápice, opuestos y densamente pubescentes. Las flores son de color blanco verdoso suave, con 5 pétalos, dispuestos en forma ovoide y extendidos; 10 estambres; de 2 a 5 ovarios. La floración se presenta en Mayo o Junio, dispuestas en panículas; el fruto es una drupa puberulenta de color amarillo claro de unos 2 cm de largo. Predomina a lo largo de arroyos y declives suaves en suelos arenosos, de mayor predominancia en la región de los Cabos; es una planta endémica en el sur de Baja California. Su floración es durante el mes de Mayo. Se usa también como árbol frutal y para sombra, las semillas son también comestibles y se les denomina "chuniques". Es una especie importante por su papel dentro de la dieta de los caprinos y bovinos y por su abundante sombreado, principalmente en estación de lluvia (Wiggins, 1980; De la Luz y Coria, 1992).

Lippia palmeri v. *palmeri* S. Wats. Orégano. Verbenaceae. Arbusto de mucha ramificación de 0.5 a 2 m de altura, ramas muy delgadas, cortas, irregulares, tetragonales; ramas y vástagos muy numerosos; internudos principales de 0.5 a 4 cm de longitud; hojas muy aromáticas, opuestas, rugosas y crenadas, glandulares que le proporcionan un aroma agradable; peciolo filiformes de 1 a 5 mm de largo; hojas ovalada a elíptica de 1 a 2.5 cm de largo, de 3 a 10 mm de ancho, usualmente decurre en peciolo sobre la base; péndulos solitarios o en pares muy cortos o muy escasos de 1 a 3 mm de largo; espinas de 4 a 13 mm de largo. La flores de color blanco crema cambiando a amarilla o rosa, en forma de trompeta, se presentan de Octubre a Abril, se dispone de manera solitaria o en corimbos; cáliz delgado; corola blanca en forma tubular de 4 mm

de largo. El fruto es drupáceo. Se desarrolla sobre suelos arcillosos, basálticos o con areniscas y en cañadas arenosas, en colinas y mesas abiertas secas y en declives bajos. Se localiza en todo el Estado de Baja California Sur. Sus hojas se usan como condimento, como diurético y también contra los cólicos. La parte consumida por el ganado son las ramas y las hojas de la planta (Agúndez et al., 1992).

Mimosa xantii A. Gray. Celosa o Mimosa. Mimosaceae. Leguminosa. Arbustos espinosos de forma redondeada, de ramificación inflexible que pueden alcanzar los 4 m de altura, con vástagos escasamente armados con espinas aplanadas de color amarillo-verdoso de 4 a 8 mm de largo; estípulas de 4 a 6 cm de largo; peciolos de 1 a 2.5 cm de largo; las hojas son bipinadas, 3 a 6 cm de largo; hojillas formando de 4 a 9 pares, oblongas, agudas a obtusas y apiculadas de 3 a 8 mm de ancho, de 8 a 15 mm de largo. Las flores son de color rosa y se presentan en dos períodos: de Marzo a Mayo y de Septiembre a Octubre, las cabezas de las flores son de 1.5 a 2 cm de diámetro; cáliz aproximadamente de 0.2 a 0.5 mm de largo; corola de 2 a 2.5 mm de largo, puberulenta en los lóbulos; 4 estambres de aproximadamente 6 mm de largo, rosa; vaina oblonga, 2 a 2.5 cm de largo, apiculada, finamente pubescente. Se desarrolla en terrenos arenosos y húmedos. El fruto es una vaina corta. Se localiza en planicies arenosas y mesas, en todo el Estado de Baja California Sur y en el interior se encuentran otras especies de amplia distribución. Se utiliza como forraje en estación lluviosa (Wiggins, 1980; De la Luz y Coria, 1992).

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Opuntia cholla Weber. Choya. Cactaceae, Cylindropuntias. Planta arborescente, perenne, suculenta, de hasta 5 m de alto, con un tronco muy espinoso más o menos circular. Tronco muy espinoso, pero eventualmente la corteza es lisa, amarilla café y espinosa; la ramificación principal en forma ascendente o extendida; tubérculos amplios y redondos, aproximadamente de 5 cm de altura, de 1.5-3 cm de largo, sin corona, más o menos verde claro; areolas orbiculares a elípticas, 3-4 mm de ancho, conteniendo pelusa; espinas 5-13 por areola, amarillentas en etapas tempranas, después gris oscuro, 3-25 mm de largo; cubierta amarillo dorado; flores son de tamaño mediano de 2.5-3 cm de amplitud, pocos pétalos, de color rosa a púrpura con espinas debajo de la areola de

los ovarios que a menudo se proyectan entre los pétalos extendidos; frutas de forma ovoide, frescas pero escasamente jugosas, de rápido crecimiento durante el Otoño, 2-3 cm de largo, usualmente espinosa cuando esta madura; semillas 2-3 cm de largo. Crece en zonas desérticas sobre planicies áridas y laderas de colinas. Se localiza en casi toda la península. Las especies menos espinosas son forrajeras. En la estación de mayor sequía representa una fuente valiosa de alimento (sustento) y agua. Para facilitar el consumo de esta especie el productor realiza ocasionalmente el “quemado” o “chamuscado” de pencas para la eliminación o debilitamiento de espinas. Para esta labor se utilizan antorchas o sopletes. Si no fuera por las sequías esta especie se consideraría indeseable (Wiggins, 1980; De la Luz y Coria, 1992).

Pithecellobium confine Standley. Palo Fierro. Mimosaceae. Leguminosas. Arbusto de forma redonda de hasta 4 m de alto, de madera dura y áspera; con vástagos rígidos, divaricada, en forma de zig-zag, densamente puberulenta, así como lisas, sus hojas son bipinadas, con 2 o más pares de foliíolos de 2 a 18 mm de largo, abovados a suborbiculares; hojillas de 2.5-10 mm de largo, pedúnculos fuertes, 5-10 mm de largo, densamente puberulentos; cabezas de aproximadamente 1.5 cm de diámetro; las flores son casi lisas, cáliz de 1-1.2 mm de largo; corola 2.5-3 mm de largo; vainas leñosas, túrgidas, 2-3.5 cm de diámetro, 5-12 cm de largo, de color café oscuro; semillas duras, 1-1.5 cm de largo. Se desarrolla en arroyos, laderas rocosas y planicies aluviales. Es una planta endémica y se encuentra en las proximidades de Calmallí y hacia el sur en toda la región del Cabo. La floración ocurre entre los meses de Marzo a Mayo. Las semillas pueden ser tostadas, molidas y usadas como adulterante en café y chocolate. Las vainas remojadas en agua proveen una tinta negra pardusca (Wiggins, 1980; De la Luz y Coria, 1992). Las partes consumidas por el ganado son las ramas y las hojas de la planta (Agúndez et al., 1992).

Prosopis sp. Mesquite. Mimosaceae. Leguminosa. Arbustos espinosos o árboles con hojas bipinadas sostenidas en pequeñas glándulas crateriformes entre las hojillas apareadas. De flores perfectas, pequeñas, numerosas, en racimos y densamente espinosos. Caliz dentado. Corolas regulares, 5 pétalos distintos. Estambres 10; anteras terminales en forma

glandular. Ovarios pubescentes; estilo liso o curvado; estigma cóncavo. El fruto en forma de vaina, usualmente con goma entre las semillas, curvadas, onduladas. Las semillas a menudo anguladas, duras, lisas. Se desarrolla lo largo de los arroyos. La estación de crecimiento es de Septiembre a Marzo (Wiggins, 1980; De la Luz y Coria, 1992). Es considerada como planta forrajera (Agúndez et al., 1992; Arriaga y Cancino, 1992).

Turnera diffusa Willd. Damiana. Turneraceas. Arbusto hasta de casi 2 m de alto de ramificación delgada, hojillas cortas pecioladas, de oblongas a rómbico-ovaladas, 1-2 cm de largo, cuneada en la base, pilosa a tomentosa, de color verde oscuro u a menudo lisa o esencialmente por encima, de serrada a dentada; cáliz 4-5 mm de largo, amarillo, dientes triangulares; pétalos de amarillo brillante o naranja -amarillo, 8-12 mm de largo; cápsula 2.5-5 mm de largo, 3 vainas ampliamente distribuidas en dehiscencia. Se desarrolla en lugares secos y sobre las laderas. La estación de crecimiento es de Enero a Julio. Se encuentra en toda la región del Cabo. También en Texas, a través de todo México hasta Sudamérica. Las hojas se preparan en infusión, para saborizante de licores. Tiene reputación de ser afrodisíaco y se cree que es útil contra la disentería, malaria, sífilis, dolores de estómago, de intestinos, dispepsia y algunas parálisis. También se emplea como diurético, astringente, tónico, expectorante y laxante. Uno de los problemas que más afectan a las poblaciones naturales de Damiana es el sobrepastoreo a la que se expone constantemente, ya que es un pequeño arbusto sin espinas y muy apetecida por el ganado bovino y caprino (De la Luz y Coria, 1992).

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización y Descripción del Área de Estudio

En el presente trabajo se realizaron muestreos de la vegetación existente en el rancho "Palmar de Abajo" propiedad de la Universidad Autónoma de BCS, el cual posee una extensión de 800 has y está ubicado en la delegación de Todos Santos, Municipio de La Paz, coordenadas geográficas 23°38'40" latitud norte y 110°18'07" longitud oeste (DGETENAL, 1980), a una altura de 200 msnm, perteneciente a la provincia fisiográfica península de Baja California, discontinuidad "Llanos de Magdalena", región hidrológica vertiente occidental, Baja California sudoeste, cuenca "Caracol-Candelaria" y zona geohidrológica valle de "La Matanza" (INEGI, 1996). El clima es muy seco muy cálido B So (h') con presencia de niebla en la zona del Pacífico. La precipitación media anual de 19 años es de 172.04 mm, con el 80 % de la precipitación en Verano y Otoño (Figura 1). Las lluvias se presentan principalmente en los meses de Julio, Agosto y Septiembre, debido a perturbaciones ciclónicas, continuando algunas veces hasta el Invierno. La temperatura promedio anual es de 21.2°C (CNA, datos no publicados). La vegetación de esta zona constituye una angosta franja que corre a lo largo de la costa del Pacífico a partir de Todos Santos, considerada por algunos autores como apta para la ganadería (Arriaga y Cancino, 1992), y esta catalogada como un matorral arborescente que se forma por árboles pequeños de 4 a 10 m y arbustos altos y medianos de 1 a 3 m (COTECOCA, 1975).

3.2 Muestreo de Vegetación

Se realizaron 12 muestreos en Febrero, Mayo, Agosto y Noviembre, representativos del Invierno, Primavera, Verano y Otoño, respectivamente, de cada año (Estaciones de muestreo) de 1993 a 1995 (años de estudio). En cada muestreo se trazaron 16 transectos de 30 m de largo distribuidos al azar dentro de un área de 1 km de radio. Se identificaron las especies presentes y se determinó el número de individuos por especie y se midió el área de copas dentro del transecto para determinar la estructura vegetal del área.

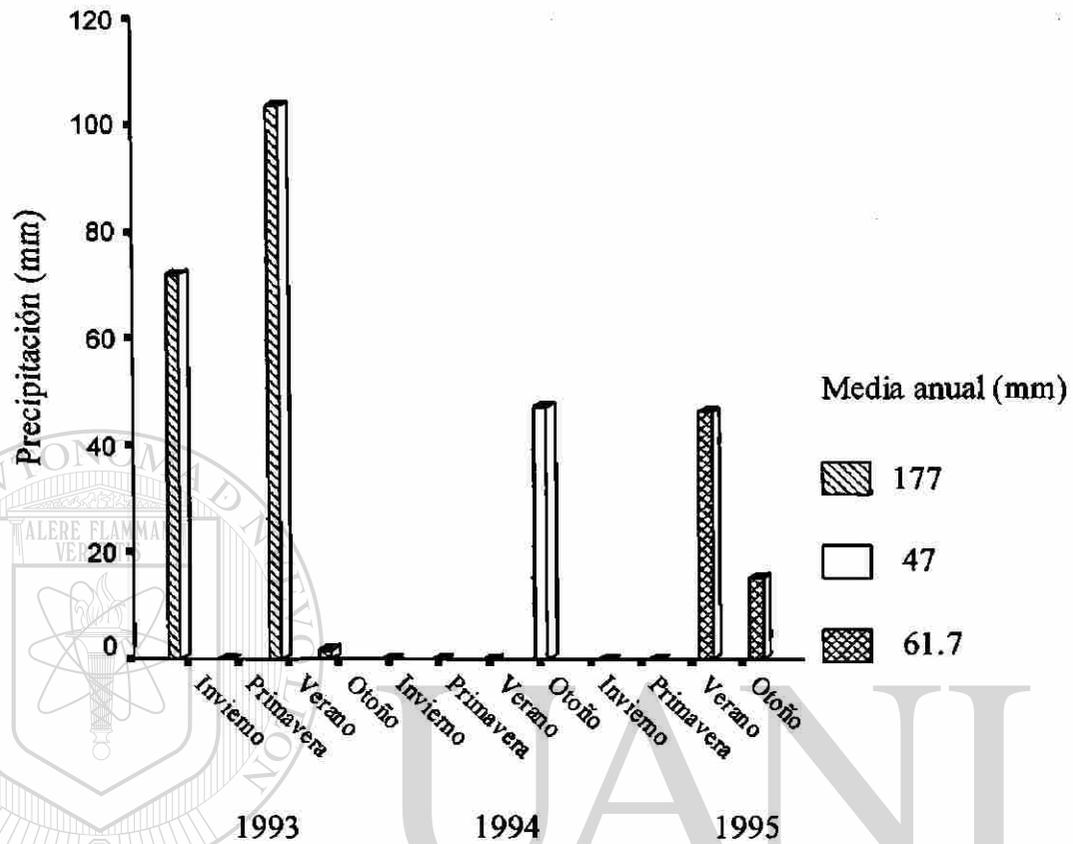


Figura 1. Precipitación pluvial registrada de 1993 a 1995 en la estación meteorológica de Todos Santos, municipio de La Paz, Baja California Sur. Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal en Baja California Sur.

3.3 Análisis Estructural del Ecosistema Vegetal

Los datos obtenidos para la descripción de la vegetación fueron analizados para determinar frecuencia relativa, abundancia, dominancia y valor de importancia para cada especie, forma de vida (árbol, arbusto, hierba o pastos) y tipo de planta (leguminosas, o no leguminosas) mediante las fórmulas siguientes (Soressen, 1948):

Frecuencia Relativa (FR) = (No. de transectos con la especie *i* / No. total de transectos) x 100

Abundancia Relativa (AR) = (No. de individuos de la especie *i* / No total de individuos) x 100

Dominancia Relativa (DR) = (Medida de copas de la especie *i* / Medida de todas las copas) x 100

Valor de Importancia = (FR + AR + DR) / 3

Adicionalmente se determinó la riqueza florística (R) e índice de diversidad (H) del área muestreada mediante las fórmulas de Hart (1985) y Shannon (1948) respectivamente:

$R = \text{No de especies} / \text{No de individuos}$

$H = - \sum (N_i/N) (\log N_i/N)$

Donde:

N_i = No de individuos para cada especie

N = No Total individuos

La cobertura vegetal fue estimada como el porcentaje de área de muestreo que ocupa el total de la cubierta vegetal y cada una de las especies, tipo o forma de vida de las plantas.

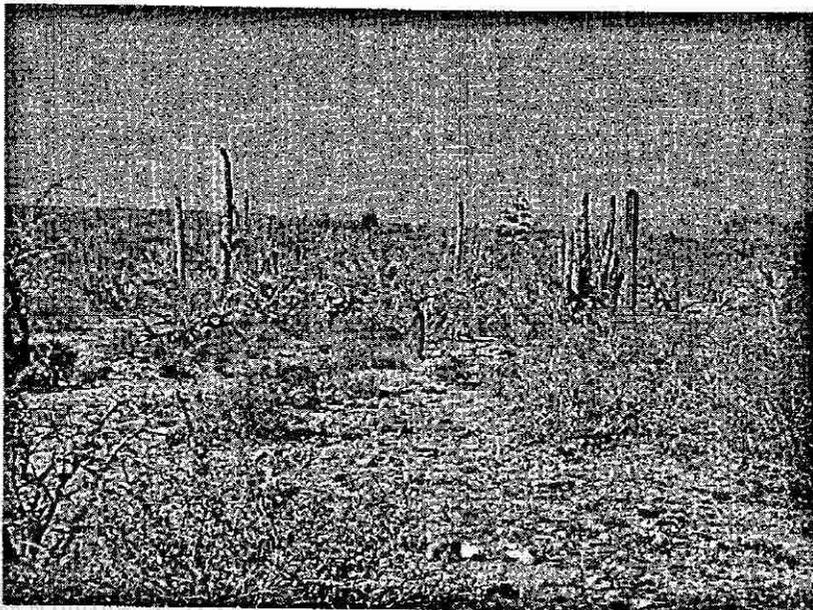


Figura 1. Fotografía de un matorral del desierto sonorense en Baja California Sur, al centro se aprecia un palo verde (*Cercidium floridum*) y a la izquierda una chaya (*Opuntia cholla*).



Figura 2. Vegetación nativa de Baja California, se aprecia la presencia de árboles de torote (*Bursera microphyla*) y *Ruellia* sp. al pie de los árboles.

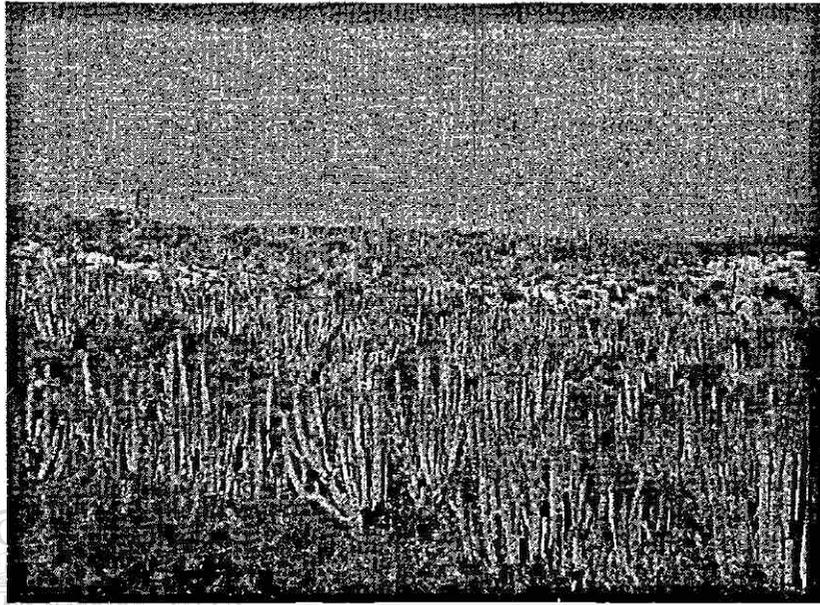


Figura 3. Fotografía de un cardenal (*Pachocereus pringlei*) al borde de un arroyo, sus flores (pichones) son un sustento valioso para el ganado al inicio de la primavera.

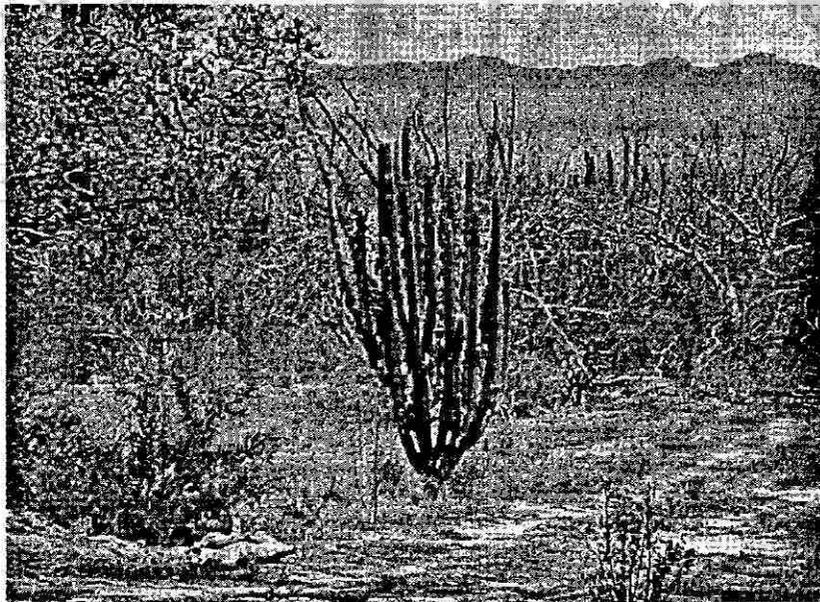


Figura 4. Fotografía de un matorral típico de Baja California Sur, se aprecia al centro un pitayo dulce (*Lemaireocereus thurberi*) y a la izquierda un ciruelo de monte (*Cyrtocarpa edulis*) y al pie de este un palo fierro (*Pithecellobium cunfina*).

3.4 Muestreo de Especies Vegetales Forrajeras

En cada estación de muestreo y en un radio de aproximadamente 20 m alrededor de cada transecto, pero no dentro de él, se colectaron ramas de 10 especies vegetales consideradas como forrajeras (Agúndez et al., 1992; Arriaga y Cancino, 1992), cinco especies leguminosas; *Acacia peninsularis* (Britt L. Rose) Standley, *Cercidium floridum* (Benth), *Mimosa xantii*. Gray, *Pithecellobium confine* (Standley) y *Prosopis* sp, y cinco no leguminosas; *Bursera microphyla* Gray (Burceraceae), *Cyrtocarpa edulis* (Brand) Stand (Anacardiaceae), *Lippia palmeri*, S. Wats (Verbenaceae) y *Opuntia cholla*, Weber (Cactaceae). Las ramas fueron colectadas a una altura aproximada de 1.5 m del suelo (Vallentine, 1990), posteriormente secadas bajo condiciones de laboratorio a 27°C; las hojas fueron separadas manualmente. Las hojas obtenidas de cada transecto fueron submuestreadas, extrayendo una parte proporcional representativa de cada transecto, y posteriormente mezcladas para obtener una muestra general representativa de cada especie de planta en cada estación de muestreo de aproximadamente 500 g; estas muestras fueron secadas en estufa a 45°C y molidas en un molino Willey provisto de un tamiz de 2 mm (Van Soest et al., 1991). Muestras triplicadas de cada especie en cada estación de muestreo fueron utilizadas para los análisis de composición nutritiva del forraje, degradabilidad ruminal y concentración de macro y micro minerales.

3.5 Composición Nutritiva del Forraje

3.5.1 Fracciones de Fibra

La determinación de hemicelulosa se realizó mediante la diferencia entre fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA), los análisis de fibra detergente neutro y ácido se realizaron mediante el procedimiento no secuencial del método descrito por Van Soest et al., (1991). La determinación de lignina se realizó mediante el procedimiento de lignina detergente ácido con ácido sulfúrico al 72%, el residuo fue incinerado a 500°C y el contenido de celulosa estimado como la diferencia en peso del residuo insoluble en ácido

sulfúrico 72% (v/v) y las cenizas obtenidas. El contenido de hemicelulosas se estimó como FDN-FDA (Van Soest y Robertson, 1979). El contenido de carbohidratos no estructurales (CNE) fue determinado por la fórmula descrita por Van Soest et al. (1991).

$$\text{CNE} = 100 - (\text{FDN} + \text{PC} + \text{extracto etéreo} + \text{cenizas})$$

Para determinar taninos condensados se usó el procedimiento de Vanillina-HCl (Burns, 1971) modificado por Price et al., (1978). El contenido de cenizas se determinó por incineración a 500°C, y el extracto etéreo (EE) por extracción con éter etílico en un extractor Soxlet (AOAC, 1990).

3.5.2 Fracciones de Proteína

La proteína cruda (PC) y las fracciones de proteína de las muestras se determinaron utilizando un destilador microkjeldal. La fracción de proteína en la pared celular se determinó como proteína insoluble en detergente neutro (PIDN), mientras que la fracción de proteína no disponible (Sniffen et al., 1992) fue determinada como proteína insoluble en detergente ácido (PIDA) utilizando en ambos casos el método de fibra detergente de Van Soest et al. (1991). La fracción de proteína de la pared celular que es disponible se determinó como proteína insoluble en detergente neutro pero soluble en detergente ácido (PIDN - PIDA) y es considerada como la proteína que se degrada lentamente por estar asociada a los componentes de la pared celular de las plantas (Sniffen et al., 1992).

3.6 Degradabilidad *in situ* de PC y MO

En cada estación de muestreo y para determinar la degradabilidad *in situ* de PC y MO se utilizaron 4 bovinos fistulados encastados de Cebú (450 Kg \pm 10) provistos con cánulas de 11.3 cm de diámetro interno y alimentados con heno de alfalfa a las 8:00 y 16:00 h durante 15 días de adaptación y 7 días de muestreo. Se pesaron y colocaron

aproximadamente 4 g de cada una de las especie vegetal y heno de alfalfa (16% PC) como forraje estándar en bolsas de nylon (diámetro de poro de 30 μm) de 9 x 14 cm (16 $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ de área superficial de bolsa), las cuales se incubaron por duplicado por periodos de 1, 2, 3, 4, 8, 12, 24, 48, 72 y 100 h en el rumen de cada uno de los animales fistulados. La desaparición al tiempo cero (fracción *a*) se determinó con muestras sin incubar en rumen. Todas las bolsas incluyendo las del tiempo cero tuvieron una previa incubación en baño maría por 15 min a 40°C. Las bolsas incubadas fueron introducidas y retiradas del rumen por el método de secuencia totalmente cambiada, según Paine y Crawshaw (1982), una vez retiradas, fueron lavadas con agua de la llave durante 2 min, secadas a 50°C por 48 h, pesadas y los residuos de cada hora de incubación fueron analizados por duplicado para determinar cenizas por incineración a 550°C durante 12 h y PC empleando un destilador microkjheldal (LABCONCO).

Los parámetros de degradación de MO y PC de las especies estudiadas fueron calculados mediante la ecuación propuesta por Ørskov y McDonald (1979), incluyendo una fase discreta de retraso (lag time) en el inicio de la degradación (Mertens, 1996; Ellis et al., 1994):

$$P = a + b (1 - e^{-kd(t-T)})$$

Donde: *P* es la degradabilidad potencial, *a* es la fracción soluble al tiempo cero, *b* es la fracción potencialmente degradable, *kd* es la tasa constante de degradación, *t* es el tiempo de incubación, *t-T* es la fase de retraso en el inicio de la degradación (lag time) y *e* es la base de los logaritmos naturales. Los parámetros de degradación fueron calculados por regresión no lineal (Sigma Plot 3.01, 1995). Estos parámetros fueron usados para calcular la degradabilidad efectiva de materia orgánica (DEMO) y de proteína cruda (DEPC) asumiendo una tasa de pasaje (*kp*) de 2%/h mediante la ecuación:

$$DE = a + b \cdot kd / (kd + kp) \cdot e^{-(kd + kp) \cdot t}$$

Donde: DE es la degradabilidad efectiva, *a*, *b*, *kd*, *t* y *e* son los términos descritos anteriormente y *kp* es la tasa de pasaje asumida.

3.7 Determinación de Minerales

Muestras triplicadas fueron digeridas por la técnica de digestión húmeda (AOAC, 1990). La determinación de P ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) se hizo mediante la técnica de colorimetría (AOAC, 1990). Los macro (Ca, Mg; $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) y micro (Zn, Fe, Cu y Mn; $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) minerales se determinaron con un espectrofotómetro de absorción atómica marca Zeis de fabricación alemana. Con este mismo equipo, pero mediante emisión de flama, se determinó la concentración ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) de Na y K, utilizando agua bidestilada como blanco.

3.8 Análisis Estadístico

Se realizaron análisis de varianza de tres vías (3-way ANOV), teniendo al año, estación y tipo de planta (leguminosas vs no leguminosas) como efectos principales y sus interacciones. El efecto de las 5 especies leguminosas se comparó contra el efecto de las 5 no leguminosas por contrastes. El efecto de la estación y año para cada tipo de planta se determinó por un modelo de ANOV de dos vías (2-way ANOV) y la diferencia de medias se determinó mediante diferencia mínima significativa (LSD). De las variables de composición nutritiva y contenido de minerales se seleccionaron aquellas con correlaciones significativas y consistentes con DEMO y DEPC calculadas a tasas de pasaje de 2, 5 y 8%/h, posteriormente se realizó un proceso de selección de variables que tuvieron correlaciones significativas con la DEMO ó DEPC a una tasa de pasaje de 2%/h utilizando el procedimiento por pasos (stepwise) de regresión para explicar la degradabilidad efectiva de cada tipo de planta. Todos los procedimientos estadísticos fueron realizados utilizando el programa computacional SPSS 9.0 (SPSS, 1999).

4 RESULTADOS

4.1 Análisis Estructural del Ecosistema Vegetal en el Área de Estudio.

El índice de diversidad de especies en el área de estudio fue de 1.34, la riqueza florística fue de 10.62, y la cobertura vegetal fue del 62.0%. En orden de importancia, las especies con mayor cobertura vegetal fueron *Jatropha cinerea* y *Ruellia sp.*, las especies con mayor frecuencia relativa fueron *Jatropha cinerea*, *Opuntia cholla* y *Ruellia sp.*, las de mayor densidad relativa fueron *Ruellia sp.*, *Opuntia cholla* y *Jatropha cinerea*, las de mayor dominancia fueron *Ruellia sp.*, *Jatropha cinerea*, *Opuntia cholla* y *Prosopis sp.*, y las de mayor valor de importancia fueron *Jatropha cinerea*, *Opuntia cholla* y *Ruellia sp.* (Tabla 1). Se detectó la presencia de dos especies consideradas como tóxicas para el ganado en una considerable frecuencia relativa, siendo estas: *Sapium biloculare* (13.1%) y *Karwinskia humboldtiana* (6.4%), aunque la densidad relativa fue menor al 1% en ambos casos.

De las especies estudiadas, las de mayor cobertura vegetal fueron *Prosopis sp.* y *Opuntia cholla*, mientras que *Cercidium floridum*, *Lippia palmeri*, *Mimosa xantii* y *Turnera diffusa* fueron las de menor cobertura (< 1%). Las especies más frecuentes fueron *Opuntia cholla*, *Bursera microphylla* y *Cyrtocarpa edulis*, mientras que las de mayor densidad relativa fueron *Opuntia cholla*, *Bursera microphylla* y *Prosopis sp.*, las especies de mayor dominancia relativa fueron *Prosopis sp.*, *Opuntia cholla* y *Bursera microphylla*, y como consecuencia, las especies de mayor valor de importancia fueron *Opuntia cholla*, *Bursera microphylla* y *Cyrtocarpa edulis*, por el contrario *Lippia palmeri*, *Mimosa xantii* y *Turnera diffusa* fueron las de menor frecuencia, densidad, dominancia relativa y valor de importancia (Tabla 1).

Tabla 1.
Estructura Vegetal del Área de Estudio por Especie de Plantas

Especie	Cobertura Vegetal	Frecuencia Relativa	Densidad Relativa	Dominancia Relativa	Valor de Importancia
			%		
Árboles					
<i>Bursera microphylla</i>	3.73	47.24	4.45	6.23	19.30
<i>Cyrtocarpa edulis</i>	3.44	41.43	2.85	5.35	16.54
<i>Pachycereus pringlei</i>	1.08	38.96	3.11	1.58	14.55
<i>Prosopis sp</i>	5.54	22.63	3.64	8.62	11.63
<i>Gochnatia arborescens</i>	0.90	23.89	1.24	1.34	8.82
<i>Cercidium floridum</i>	0.97	16.69	1.05	1.53	6.42
<i>Sapium biloculare</i>	0.83	13.17	0.81	1.38	5.12
<i>Lysiloma candida</i>	0.62	10.05	0.50	1.06	3.87
<i>Yucca valida</i>	0.30	8.88	0.51	0.48	3.29
<i>Bursera odorata</i>	0.26	8.33	0.40	0.56	3.10
<i>Haematoxylon brasiletto</i>	0.48	6.25	0.31	0.77	2.44
<i>Cercidium praecox</i>	0.10	6.25	0.34	0.17	2.25
<i>Lophocereus schottii</i>	0.27	5.91	0.29	0.46	2.22
<i>Pachycormus discolor</i>	0.02	6.25	0.31	0.03	2.20
<i>Pithecellobium dulce</i>	0.22	5.90	0.30	0.36	2.19
<i>Cassia emarginata</i>	0.08	5.90	0.30	0.13	2.11
Arbustos					
<i>Jatropha cinerea</i>	7.17	68.87	10.81	11.85	30.51
<i>Opuntia cholla</i>	5.50	66.29	13.09	8.77	29.38
<i>Ruellia sp</i>	8.77	55.95	16.36	14.37	28.89
<i>Machaerocereus gummosus</i>	4.62	49.62	5.87	7.45	20.98
<i>Lysium sp</i>	3.50	47.70	4.72	5.86	19.43
<i>Solanum hindsianum</i>	1.26	32.08	3.74	2.01	12.61
<i>Jatropha cuneata</i>	1.57	21.46	3.55	2.48	9.16
<i>Adelia virgata</i>	1.06	23.33	1.72	1.73	8.93
<i>Melochia tomentosa</i>	0.66	22.47	1.58	1.01	8.35
<i>Fouquieria diguetii</i>	1.07	20.67	2.08	1.78	8.18
<i>Hymenoclea monogyra</i>	2.39	15.38	5.09	3.82	8.10
<i>Pithecellobium confine</i>	1.40	18.88	1.25	2.22	7.45
<i>Acacia peninsularis</i>	1.01	15.53	1.15	1.66	6.11
<i>Esenbeckia flava</i>	0.47	14.58	0.71	0.87	5.39
<i>Bursera hindsiana</i>	0.52	12.43	0.76	0.81	4.67
<i>Maytenus phyllantoides</i>	0.88	11.85	0.66	1.07	4.53
<i>Ambrosia ambrosioides</i>	1.18	8.25	2.64	1.93	4.28
<i>Mamillaria spp</i>	0.05	10.63	0.60	0.09	3.77
<i>Lippia palmeri</i>	0.15	9.72	0.60	0.25	3.52

Tabla 1.

(Continuación)

Especie	Cobertura Vegetal	Frecuencia Relativa	Densidad Relativa %	Dominancia Relativa	Valor de Importancia
<i>Acacia farnesiana</i>	0.38	8.51	0.42	0.66	3.20
<i>Lemaireocereus thurberi</i>	0.32	8.44	0.51	0.58	3.18
<i>Turnera diffusa</i>	0.06	8.68	0.45	0.10	3.08
<i>Viguiera deltoidea</i>	0.45	7.76	0.44	0.67	2.96
<i>Pedilanthus macrocarpus</i>	0.41	6.86	0.50	0.65	2.67
<i>Simmondsia chinensis</i>	0.19	6.91	0.32	0.30	2.51
<i>Vallesia glabra</i>	0.22	6.62	0.32	0.40	2.45
<i>Mimosa xantii</i>	0.19	6.42	0.36	0.34	2.37
<i>Karwinskia humboldtiana</i>	0.17	6.41	0.25	0.27	2.31
<i>Ferocactus spp.</i>	0.11	6.25	0.35	0.17	2.26
<i>Opuntia burrageana</i>	0.08	5.88	0.28	0.14	2.10
<i>Opuntia pycnantha</i>	0.07	5.57	0.28	0.11	1.98
Herbaceas					
<i>Otras herbaceas</i>	2.71	39.89	5.48	4.12	16.49
<i>Euphorbia spp</i>	0.40	29.41	4.23	0.75	11.46
<i>Antigonon leptopus</i>	0.91	29.36	2.37	1.42	11.05
<i>Cnidocolus angustidens</i>	0.13	8.39	0.67	0.28	3.11
Pastos					
<i>Rhynchelytrum repens</i>	0.01	5.57	0.27	0.02	1.95

Las especies no leguminosas tuvieron mayor valor de importancia en todas las estaciones del año, adicionalmente, el valor de importancia de las leguminosas se redujo durante el Verano, mientras que para las no leguminosas permanece constante en todas las estaciones (Tabla 2). La cobertura vegetal de las leguminosas y no leguminosas, se redujo en el Verano, sin embargo incrementaron la cobertura nuevamente en el Otoño.

Tabla 2.

Estructura Vegetal del Área de Estudio por Tipo de Plantas

Tipo de Planta	Estación	Cobertura Vegetal	Frecuencia Relativa	Densidad Relativa %	Dominancia Relativa	Valor de Importancia
Leguminosas	Invierno	10.5	66.2	6.5	16.3	29.7
	Primavera	10.6	52.6	5.8	14.8	24.4
	Verano	6.9	50.9	5.5	12.8	23.1
	Otoño	10.7	52.7	9.1	17.5	26.5
No leguminosas	Invierno	53.2	100.0	93.4	83.6	92.3
	Primavera	62.3	100.0	89.2	85.2	91.5
	Verano	45.9	100.0	94.4	87.1	93.8
	Otoño	47.8	100.0	90.8	82.4	91.1

4.2 Composición Nutritiva del Forraje

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

4.2.1 Fracciones de Fibra

El tipo de planta fue el principal factor que determinó el contenido de FDN, FDA, Celulosa, Taninos y MO (Tabla 3), mientras que el año de estudio tuvo efecto significativo sobre CNE y Taninos. La estación de muestreo afectó significativamente el contenido de FDA, Celulosa y EE, sin embargo, la interacción estación x tipo de planta fue significativa para el contenido de CNE, FDN, FDA, Celulosa, Lignina y EE.

Tabla 3

Valor de F y significancia para el modelo usado para analizar estadísticamente el contenido de fracciones de fibra, taninos, extracto etéreo (EE), y materia orgánica (MO) en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México.

<i>Variable</i>	<i>Año</i>	<i>Estación</i>	<i>Tipo de planta</i>	<i>Año x Estación</i>	<i>Año x Tipo de planta</i>	<i>Estación x Tipo de planta</i>	<i>Año x Estación x Tipo de planta</i>
CNE	7.8 ***	0.9 ns	0.0 ns	0.7 ns	0.4 ns	5.5 ***	2.3 *
FDN	7.6 ***	3.5 *	14.6 ***	0.6 ns	0.8 ns	8.3 ***	1.0 ns
FDA	3.6 *	6.9 ***	22.8 ***	1.3 ns	3.4 *	6.8 ***	1.0 ns
Celulosa	1.3 ns	6.4 ***	19.8 ***	1.2 ns	0.7 ns	4.1 **	0.7 ns
Hemicelulosa	3.7 *	2.0 ns	0.1 ns	1.5 ns	1.0 ns	2.0 ns	0.9 ns
Lignina	5.5 **	3.7 *	4.6 *	3.1 **	3.3 *	7.8 ***	1.3 ns
Taninos	11.1 ***	0.9 ns	27.4 ***	0.6 ns	1.0 ns	0.1 ns	0.1 ns
EE	7.5 ***	15.6 ***	5.2 *	6.9 ***	2.9 ns	3.9 **	3.1 **
MO	0.2 ns	0.4 ns	18.9 ***	0.7 ns	0.5 ns	0.6 ns	0.6 ns
Cenizas	0.2 ns	0.4 ns	18.9 ***	0.7 ns	0.5 ns	0.6 ns	0.6 ns

*** = $P < 0.001$, ** = $P < 0.01$, * = $P < 0.05$, ns = no significativa.

4.2.1.1 Carbohidratos no estructurales (CNE)

Lippia palmeri ($26.8 \pm 12.1\%$ de MS) y *Pithecellobium confine* (28.7 ± 4.6), fueron inferiores al heno de alfalfa (32.9 ± 2.3), *Prosopis sp.* (32.1 ± 5.4) y *Turnera diffusa* (31.2 ± 7.5) fueron similares y el resto de las especies fueron superiores, *Bursera microphylla* (42.6 ± 9.3), *Cercidium floridum* (41.4 ± 6.7) y *Cyrtocarpa edulis* (40.9 ± 5.6) fueron las de mayor concentración (Figura 2).

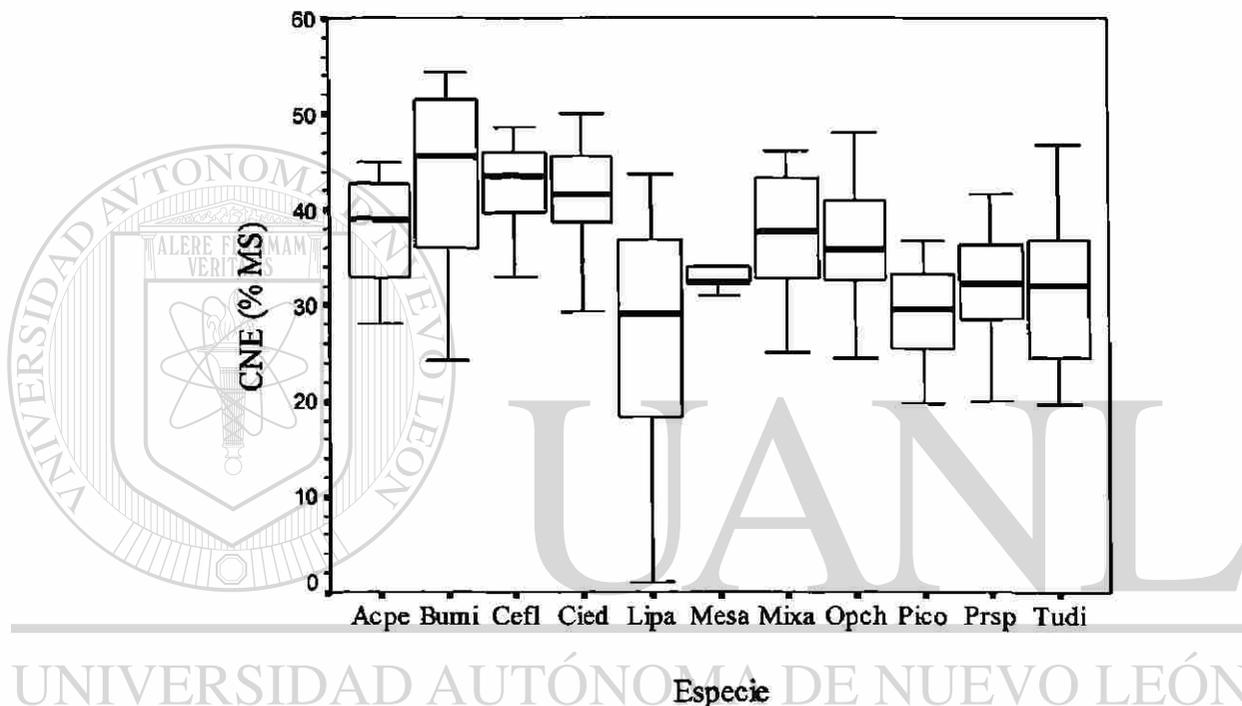


Figura 6. Diagrama de caja para el contenido de carbohidratos no estructurales (CNE) en *Medicago sativa* (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

El contenido de CNE de las especies no leguminosas (35.7 ± 10.1) fue similar a las leguminosas (35.6 ± 7.2), solamente existió diferencia significativa entre tipos de planta en primavera (Tabla 4), esta diferencia fue debido a que las leguminosas tuvieron un incremento, las no leguminosas redujeron significativamente su contenido de CNE en esta estación.

Tabla 4

Cambios estacionales (media de tres años) y anuales del contenido de carbohidratos no estructurales (CNE; % MS) y fibra detergente neutro (FDN; % MS) en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México, durante 1993 a 1995.

Especie	CNE				FDN			
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
<i>Medicago sativa</i>	33.3	31.2	33.6	33.3	39.0	38.9	38.9	39.0
<i>Acacia peninsularis</i>	37.0	41.6	34.5	37.9	40.2	35.4	35.2	37.7
<i>Cercidium floridum</i>	36.4	41.9	45.3	41.9	34.1	31.2	27.4	27.3
<i>Mimosa xantii</i>	43.6	41.6	33.4	32.5	32.9	33.3	38.1	41.4
<i>Pithecellobium confine</i>	28.0	31.3	28.3	27.3	42.2	38.3	43.2	44.8
<i>Prosopis</i> sp.	34.4	33.8	28.0	32.2	36.5	37.7	39.5	39.7
Leguminosas ¹	35.9 ^{ab}	38.0 ^a	33.9 ^b	34.4 ^b	37.2 ^a	35.2 ^a	36.7 ^a	38.2 ^a
<i>Bursera microphylla</i>	45.0	28.9	47.4	48.9	31.8	52.3	28.4	28.3
<i>Cyrtocarpa edulis</i>	42.3	39.5	44.7	37.2	32.3	39.0	33.7	30.5
<i>Lippia palmeri</i>	31.7	17.9	27.4	30.5	47.1	65.3	55.6	44.9
<i>Opuntia cholla</i>	36.1	38.8	32.7	37.1	42.3	36.3	34.7	37.9
<i>Turnera diffusa</i>	33.0	28.8	27.2	35.8	45.3	55.7	50.9	40.9
No Leguminosas ¹	37.6 ^a	30.8 ^b	36.5 ^a	37.9 ^a	39.8 ^b	49.7 ^a	39.6 ^b	36.5 ^b
Efecto: Tipo de Planta ²								
Contraste	ns	**	ns	ns	ns	***	ns	ns
EE	1.8	2.3	2.4	1.9	2.0	2.5	2.8	2.1
Media Estacional ¹	36.8 ^a	34.4 ^a	35.2 ^a	36.8 ^a	38.5 ^b	42.5 ^a	38.1 ^b	37.3 ^b
Efecto: Año ¹	1993	1994	1995		1993	1994	1995	
Leguminosas	37.9 ^a	32.3 ^b	36.4 ^a		35.1 ^b	40.5 ^a	34.7 ^b	
No Leguminosas	38.4 ^a	33.3 ^b	35.2 ^{ab}		38.4 ^b	44.4 ^a	41.6 ^{ab}	
Media Anual	38.1 ^a	32.8 ^b	35.8 ^a		36.8 ^b	42.4 ^a	38.2 ^b	

¹ Medias dentro de hileras para cada variable con diferente superíndice difieren por estación ($P < 0.05$)

² Significancia y error estándar (EE) del Contraste entre tipo de planta por estación.

*** = $P < 0.001$; ** = $P < 0.01$; * = $P < 0.05$; ns = no significativa.

En ambos tipos de planta el contenido de CNE fue menor durante 1994, cuando la precipitación pluvial promedio fue también menor. Las diferencias estadísticas encontradas entre estaciones fueron debido a una variación estacional consistente en los tres años de estudio (Figura 3).

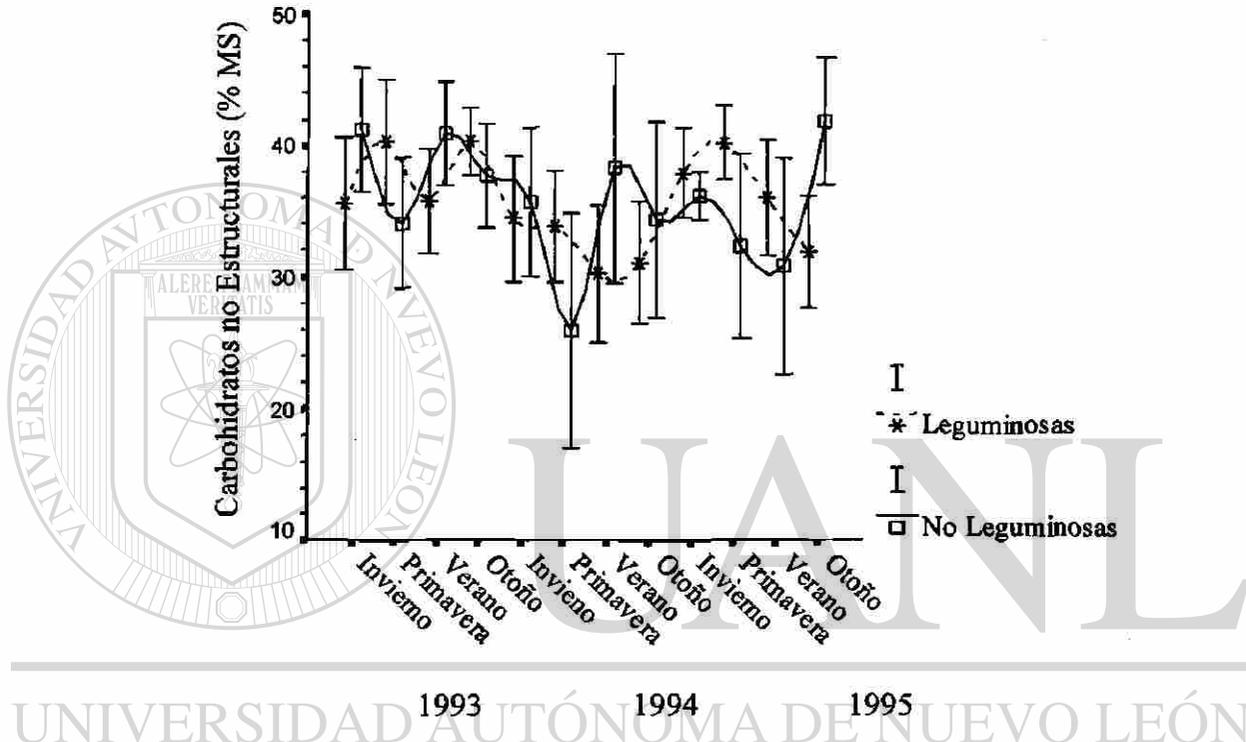


Figura 7. Contenido estacional promedio (\pm EE) de carbohidratos no estructurales en especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis* sp) y especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

4.2.1.2 Fibra detergente neutro (FDN)

Considerando todas las estaciones de muestreo, todas las especies estudiadas excepto *Lippia palmeri* (53.0 ± 15.4), *Pithecellobium confine* (42.1 ± 4.3) y *Turnera diffusa* (48.2 ± 11.0) tuvieron un contenido promedio de FDN (% de MS) inferior al heno de alfalfa (39.0 ± 1.5). *Lippia palmeri* fue la especie con mayor variación y mayor contenido en FDN (Figura 4).

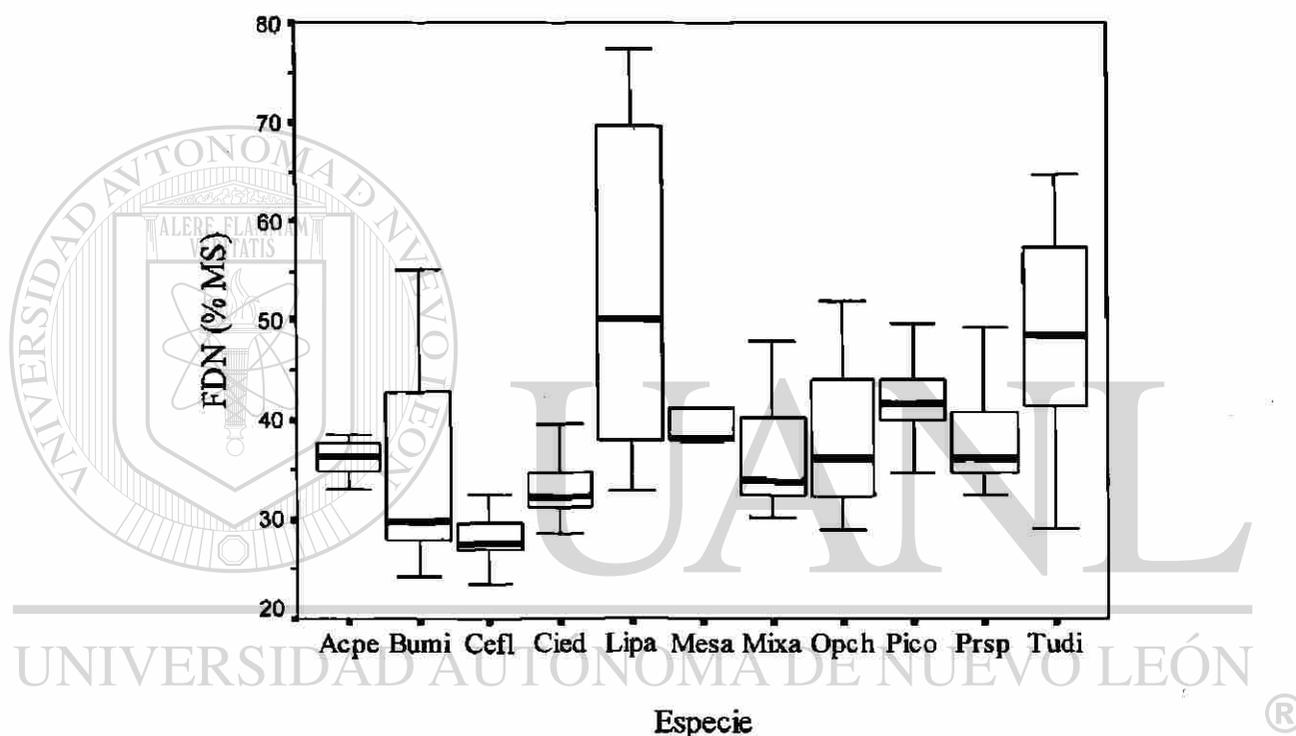


Figura 8. Diagrama de caja para el contenido de fibra detergente neutro (FDN) en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

Las especies no leguminosas (41.4 ± 12.7) tuvieron un mayor contenido de FDN en comparación a las leguminosas (36.8 ± 6.4), sin embargo, solo existió diferencia significativa en Primavera (Tabla 4), mientras que las leguminosas mantuvieron una

concentración de FDN similar a lo largo de todas las estaciones. Durante la Primavera las no leguminosas lo incrementaron significativamente. Sin embargo, ambos tipos de plantas tuvieron un mayor contenido de FDN en 1994 cuando la precipitación pluvial fue menor. Los cambios estacionales encontrados en las especies no leguminosas son consistentes durante los tres años de estudio (Figura 5).

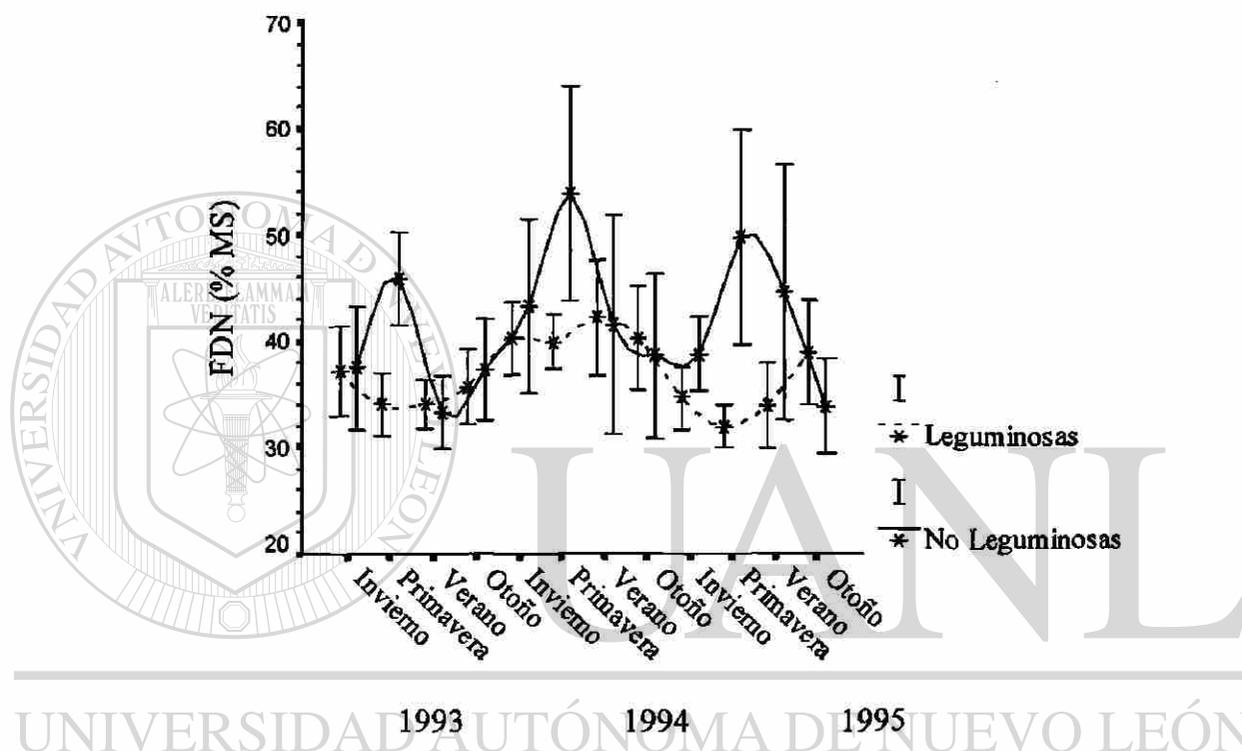


Figura 9. Contenido estacional promedio (\pm EE) de fibra detergente neutro (FND) en especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

4.2.1.3 Fibra detergente ácido (FDA)

En la Figura 6 se aprecia una variación mayor a través de las estaciones de muestreo en FDA (% de MS) en *Bursera microphylla* (30.5 ± 12.1), *Lippia palmeri* (41.5 ± 11.6) y *Turnera diffusa* (40.5 ± 12.9). *Lippia palmeri*, *Pithecellobium confine* (33.5 ± 3.6) y *Turnera diffusa* fueron las especies con un mayor contenido medio que el heno de alfalfa

(29.4 ± 0.8), el resto de las especies tuvo un contenido menor, siendo *Cercidium floridum* (30.0 ± 6.5) la especie con menor contenido de FDA.

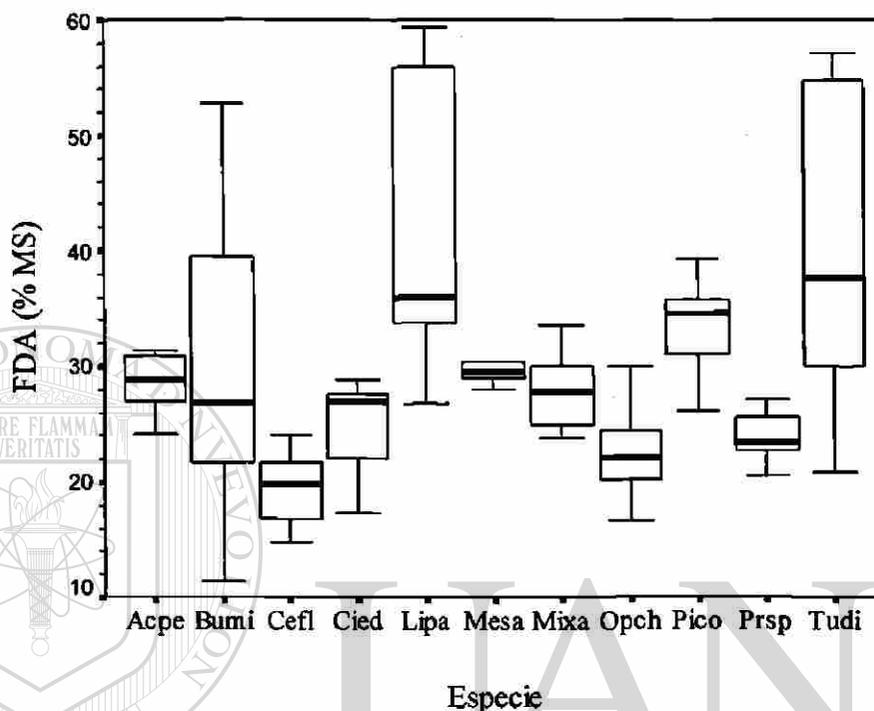


Figura 10. Diagrama de caja para el contenido de fibra detergente ácido (FDA) en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

Las no leguminosas (32.2 ± 12.6) tuvieron un mayor contenido de FDA que las leguminosas (26.7 ± 5.5), pero esta diferencia solo fue significativa en Primavera. Las leguminosas no tuvieron efecto de la estación de muestreo, sin embargo las no leguminosas tuvieron una mayor concentración de FDA en la Primavera de los tres años (Figura 7). Ambos tipos de planta tuvieron un incremento en el contenido de FDA en 1994, este incremento fue significativo solo para las no leguminosas (Tabla 5).

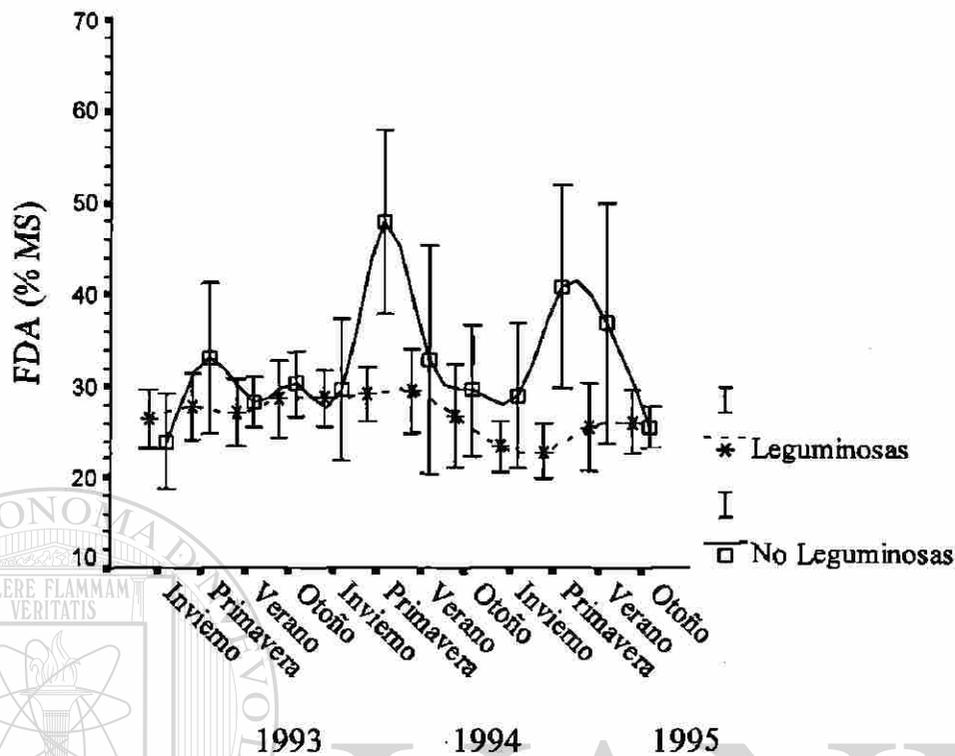


Figura 11. Contenido estacional promedio (\pm EE) de fibra detergente ácido (FDA) en especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis* sp) y especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tabla 5

Cambios estacionales (media de tres años) y anuales del contenido de fibra detergente ácido (FDA; % MS) y celulosa (% MS) en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México, durante 1993 a 1995.

Especie	FDA				Celulosa			
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
<i>Medicago sativa</i>	29.3	29.9	29.6	28.7	19.9	20.3	20.0	19.9
<i>Acacia peninsularis</i>	27.1	28.1	28.5	29.9	12.6	11.6	12.3	15.0
<i>Cercidium floridum</i>	23.2	20.2	19.5	18.0	10.2	12.1	6.9	4.5
<i>Mimosa xantii</i>	27.0	29.1	27.2	28.1	9.7	10.9	9.2	10.5
<i>Pithecellobium confine</i>	30.3	31.6	36.6	35.3	10.7	11.2	11.9	13.6
<i>Prosopis sp.</i>	23.0	23.7	24.5	23.8	11.1	14.0	11.4	13.6
Leguminosas ¹	26.1 ^a	26.5 ^a	27.3 ^a	27.0 ^a	10.9 ^a	12.0 ^a	10.3 ^a	11.4 ^a
<i>Bursera microphylla</i>	23.0	50.0	26.1	23.1	6.2	18.3	9.6	8.8
<i>Cyrtocarpa edulis</i>	23.6	35.6	25.3	23.6	7.6	12.6	10.2	12.1
<i>Lippia palmeri</i>	37.5	50.2	46.7	33.4	18.5	26.4	27.6	21.3
<i>Opuntia cholla</i>	20.3	20.4	21.9	26.5	9.5	12.1	12.8	13.4
<i>Turnera diffusa</i>	32.6	46.6	47.5	35.4	7.7	20.0	20.1	18.7
No Leguminosas ¹	27.4 ^b	40.6 ^a	32.6 ^b	28.4 ^b	9.9 ^b	17.9 ^a	15.2 ^a	14.9 ^a
Efecto: tipo de Planta ²								
Contraste	ns	***	ns	ns	ns	***	**	**
EE	1.9	2.6	2.7	1.6	1.5	1.4	1.6	1.2
Media Estacional ¹	26.8 ^b	33.6 ^a	29.8 ^b	27.7 ^b	10.4 ^c	14.9 ^a	12.7 ^b	13.2 ^{ab}
Efecto: Año ¹	1993	1994	1995		1993	1994	1995	
Leguminosas	27.4 ^a	28.4 ^a	24.4 ^b		11.5 ^a	12.2 ^a	9.8 ^b	
No Leguminosas	28.8 ^b	35.0 ^a	33.0 ^{ab}		14.0 ^a	15.0 ^a	14.4 ^a	
Media Anual	28.1 ^b	31.6 ^a	28.7 ^b		12.8 ^a	13.5 ^a	12.1 ^a	

¹ Medias dentro de hileras para cada variable con diferente superíndice difieren por estación (P<0.05)

² Significancia y error estándar (EE) del Contraste entre tipo de planta por estación.

*** = P<0.001; ** = P<0.01; * = P<0.05; ns = no significativa.

4.2.1.4 Celulosa

En la Figura 8 se aprecia que el rango de variación del contenido de celulosa (% de MS) fue mayor para *Turnera diffusa* (16.6 ± 8.2); sin embargo, todas las especies, excepto *Lippia palmeri* (23.1 ± 7.3) presentaron promedios inferiores al heno de alfalfa (20.0 ± 0.7). *Acacia peninsularis* mostró incremento del contenido de celulosa en el Otoño y *Bursera microphylla* en Primavera.

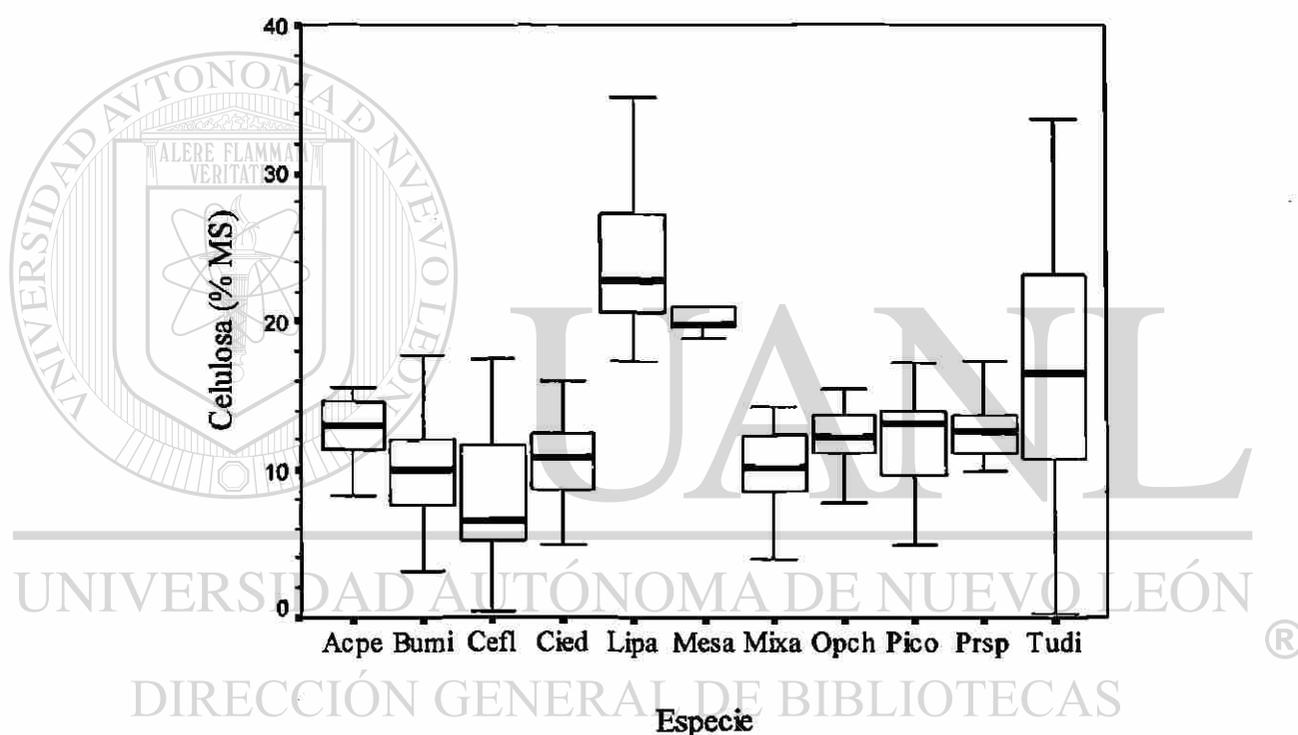


Figura 12. Diagrama de caja para el contenido de celulosa en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

En la Figura 9 se aprecia un mayor contenido de celulosa de las especies no leguminosas (14.5 ± 7.5) que las leguminosas (11.1 ± 4.0). Estas diferencias fueron significativas en Primavera, Verano y Otoño. Las no leguminosas redujeron su contenido de celulosa en Invierno y lo incrementaron en Primavera, mientras que las leguminosas permanecieron sin efecto de estaciones (Tabla 5). Este patrón de cambio estacional fue consistente en los tres años de estudio.

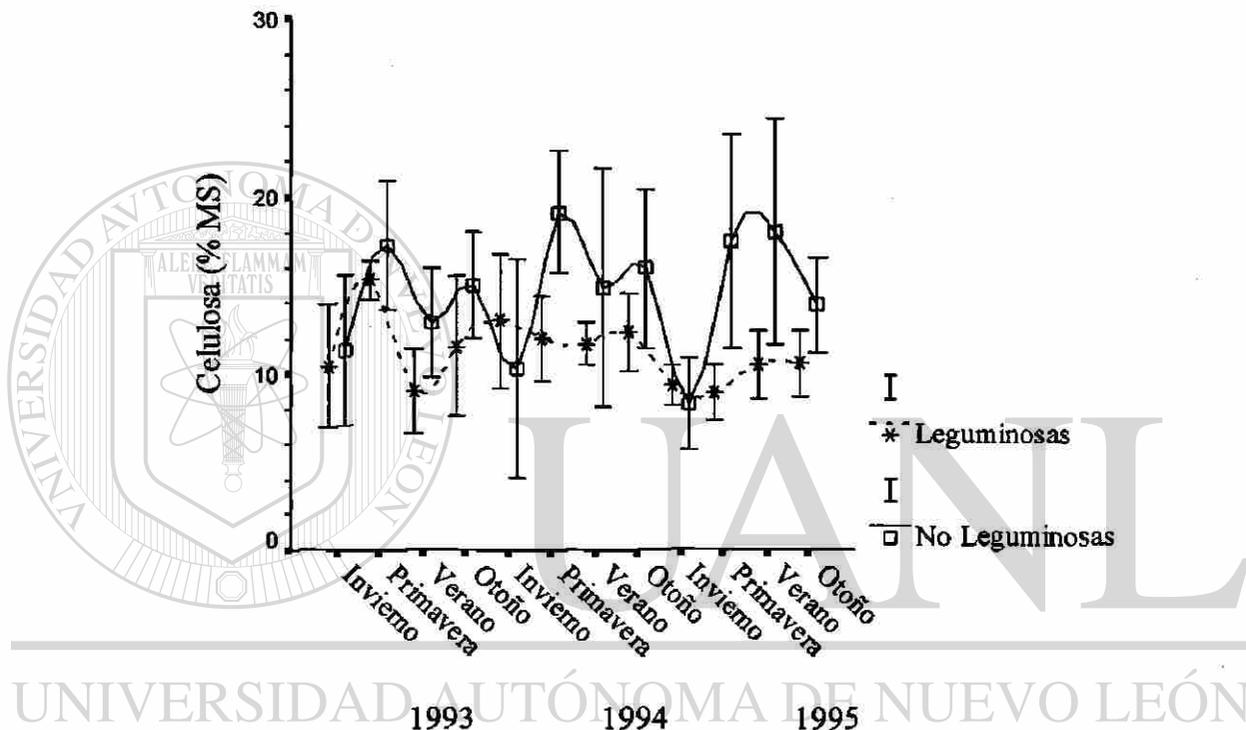


Figura 13. Contenido estacional promedio (\pm EE) de Celulosa en especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis* sp) y especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

4.2.1.5 Hemicelulosa

Opuntia cholla (16.2 ± 9.8) fue la de mayor rango de variación en el contenido de hemicelulosa (% de MS) y junto con *Lippia palmeri* (11.5 ± 4.9) y *Prosopis sp.* (14.5 ± 4.6) fueron las especies que tuvieron mayor contenido de hemicelulosa que el heno de alfalfa (10.0 ± 1.4), mientras que *Bursera microphylla* (4.4 ± 3.2) y *Turnera diffusa* (8.4 ± 7.5) fueron las especies con valores más bajos (Figura 10).

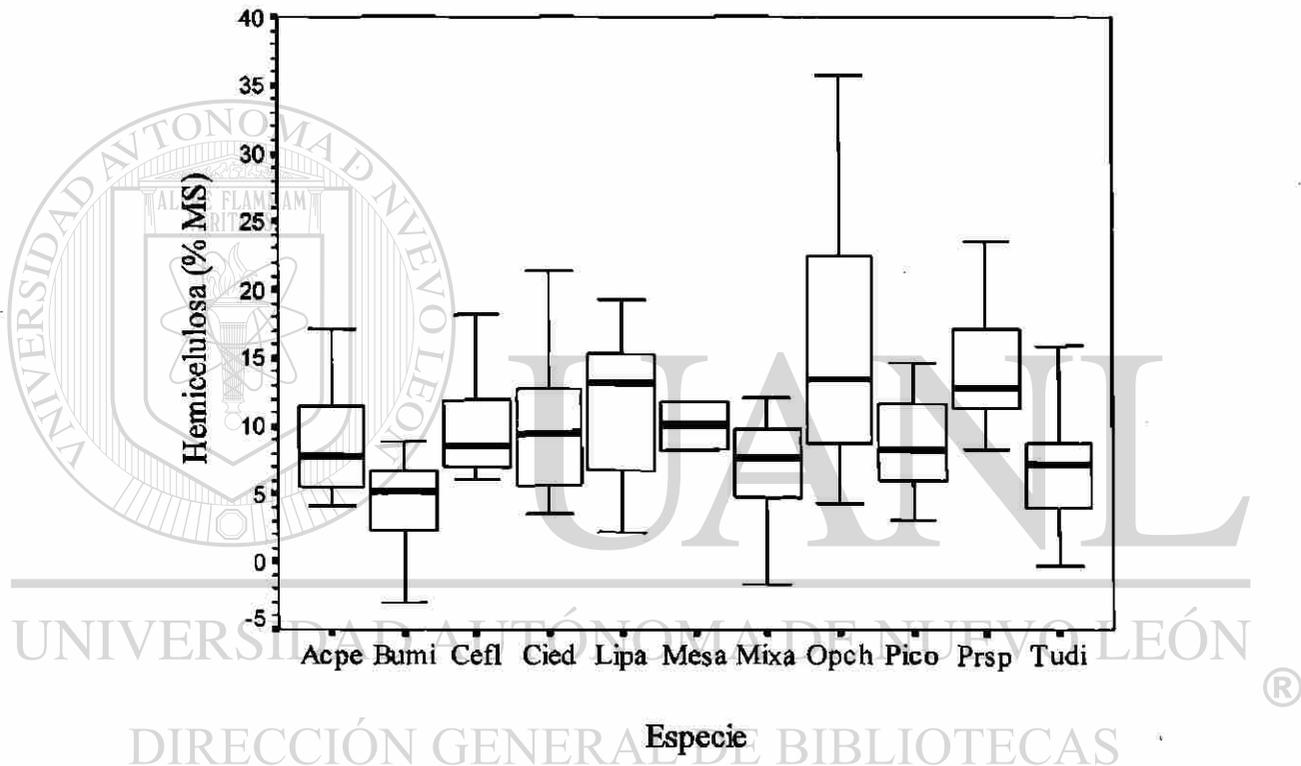


Figura 14. Diagrama de caja para el contenido de hemicelulosa en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

En general, las especies no leguminosas (10.0 ± 7.5) tuvieron una mayor variación en el contenido de hemicelulosa, que las leguminosas (9.9 ± 4.6 ; Figura 11). Las diferencias entre tipo de planta fueron significativas en el Otoño (Tabla 6). Las leguminosas tuvieron una disminución del contenido de hemicelulosa durante la Primavera y Verano. Por su parte, las no leguminosas lo incrementaron durante el Invierno. En esta variable no se aprecia consistencia en la variación estacional del contenido de hemicelulosa a lo largo de los tres años de estudio (Figura 11). Las no leguminosas no tuvieron efecto del año, sin embargo las leguminosas tuvieron una menor concentración durante 1993, cuando hubo una mayor precipitación pluvial promedio anual.

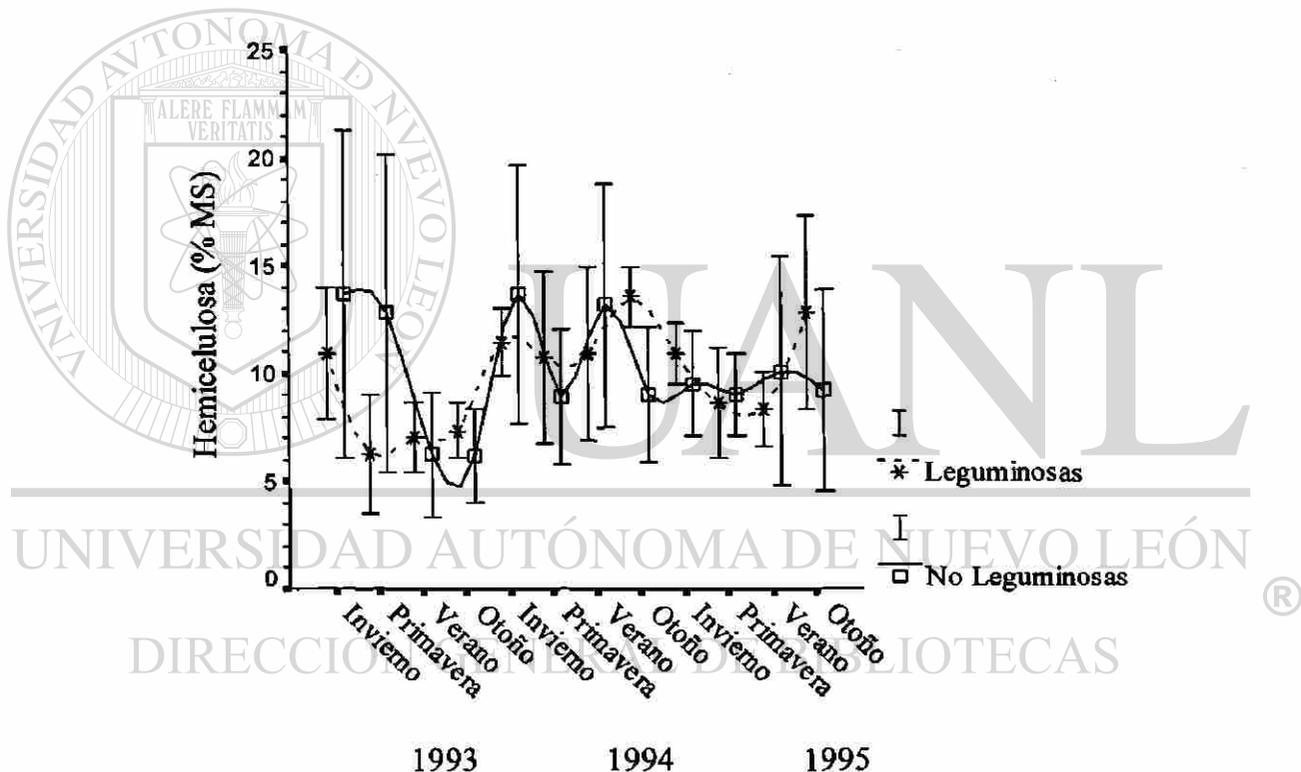


Figura 15. Contenido estacional promedio (\pm EE) de Hemicelulosa en especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

Tabla 6

Cambios estacionales (media de tres años) y anuales del contenido de hemicelulosa y lignina en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México, durante 1993 a 1995..

Especie	Hemicelulosa				Lignina			
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
<i>Medicago sativa</i>	9.9	10.0	10.1	9.9	7.2	7.3	7.0	7.2
<i>Acacia peninsularis</i>	13.2	7.3	6.7	7.7	14.4	16.0	16.0	14.7
<i>Cercidium floridum</i>	10.8	11.1	7.8	9.2	17.1	7.5	12.3	13.3
<i>Mimosa xantii</i>	6.0	3.8	7.7	13.4	15.3	17.1	17.7	17.1
<i>Pithecellobium confine</i>	12.2	6.4	6.5	9.7	19.2	19.5	24.5	21.9
<i>Prosopis</i> sp.	13.1	14.0	14.9	15.9	11.7	9.5	12.1	10.2
Leguminosas ¹	11.1 ^a	8.5 ^b	8.7 ^b	11.2 ^a	15.5 ^a	13.9 ^a	16.5 ^a	15.4 ^a
<i>Bursera microphylla</i>	5.9	2.5	3.7	5.3	16.4	31.0	16.2	13.9
<i>Cyrtocarpa edulis</i>	8.7	8.3	15.4	6.9	14.9	22.3	14.9	11.1
<i>Lippia palmeri</i>	9.5	15.1	8.9	11.5	18.4	23.2	18.6	11.1
<i>Opuntia cholla</i>	22.1	15.8	15.9	11.1	10.5	8.2	9.1	11.5
<i>Turnera diffusa</i>	15.1	9.3	3.6	5.5	23.8	25.7	24.4	17.2
No Leguminosas ¹	12.3 ^a	10.2 ^{ab}	9.5 ^{ab}	8.1 ^b	16.8 ^b	22.1 ^a	16.5 ^{bc}	13.0 ^c
Efecto: tipo de Planta ²								
Contraste	ns	ns	ns	*	ns	***	ns	*
EE	1.7	1.6	1.5	1.2	1.7	1.9	1.5	1.0
Media Estacional ¹	11.7 ^a	9.4 ^b	9.1 ^b	9.6 ^{ab}	16.2 ^{ab}	18.0 ^a	16.5 ^a	14.2 ^b
Efecto: Año ¹								
Leguminosas	1993	1994	1995		1993	1994	1995	
No Leguminosas	7.8 ^b	11.6 ^a	10.1 ^a		15.4 ^{ab}	16.6 ^a	14.1 ^a	
Media Anual	9.7 ^a	11.1 ^a	9.4 ^a		14.2 ^b	19.6 ^a	17.6 ^a	
	8.8 ^b	11.3 ^a	9.8 ^{ab}		14.8 ^b	18.0 ^a	15.9 ^b	

¹ Medias dentro de hileras para cada variable con diferente superíndice difieren por estación (P< 0.05)

² Significancia y error estándar (EE) del Contraste entre tipo de planta por estación.

*** = P<0.001; ** = P<0.01; * = P<0.05; ns = no significativa.

4.2.1.6 Lignina

Todas las especies tuvieron un mayor contenido de lignina (% de MS) que el heno de alfalfa (7.2 ± 0.3). *Bursera microphylla* (19.3 ± 8.3), *Pithecellobium confine* (21.3 ± 5.0) y *Turnera diffusa* (22.8 ± 9.0) fueron las de mayor contenido, mientras que *Cercidium floridum* (12.5 ± 5.2), *Opuntia cholla* (9.8 ± 2.1) y *Prosopis sp.* (10.9 ± 1.8) las de menor contenido promedio de lignina (Figura 12).

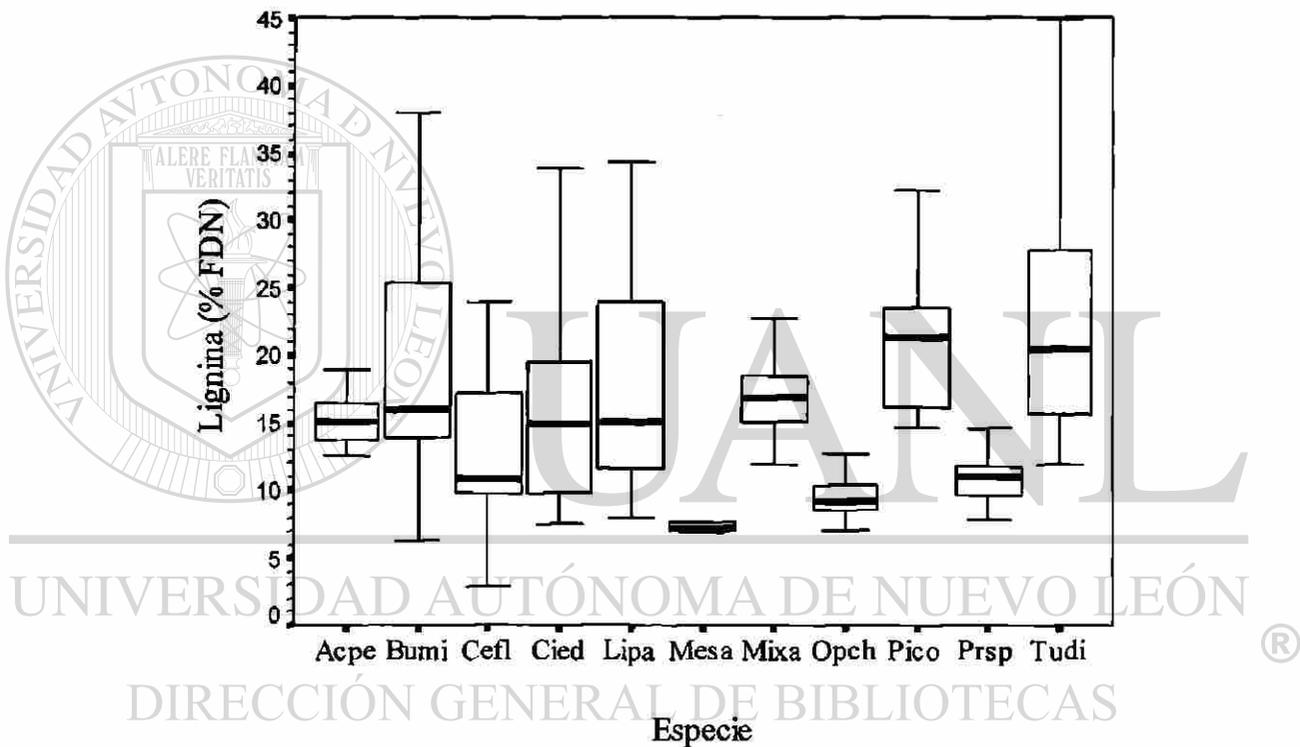


Figura 16. Diagrama de caja para el contenido de lignina en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

A diferencia de las especies leguminosas (15.4 ± 5.2), las no leguminosas (17.1 ± 8.3) variaron la concentración de lignina según la estación del año (Figura 13). Las diferencias entre ambos tipos de plantas fueron evidentemente significativas en la Primavera y en el Otoño (Tabla 6). En la Primavera las no leguminosas incrementaron significativamente la concentración de lignina, mientras que en el Otoño la redujeron. Las leguminosas no se vieron afectada por la estación de muestreo o el año de estudio, sin embargo las no leguminosas tuvieron un menor contenido de lignina en 1993 cuando la precipitación pluvial fue mayor.

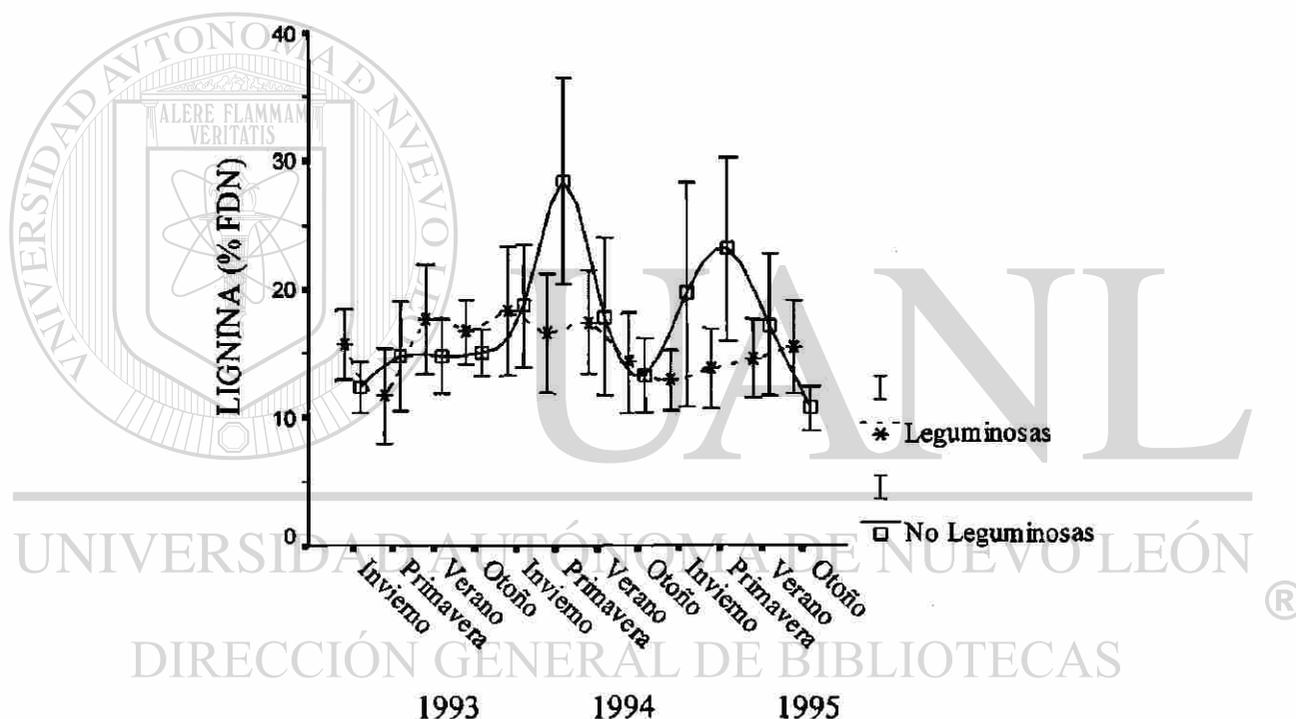


Figura 17. Contenido estacional promedio (\pm EE) de lignina en especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

4.2.2 Taninos

Lippia palmeri, *Opuntia cholla* y *Prosopis sp.* al igual que el heno de alfalfa tuvieron concentraciones de taninos muy bajas o no tuvieron (< 1 % de MS). *Cercidium floridum* (9.3 ± 2.8) fue la especie con un mayor contenido promedio (Figura 14), sin embargo, solamente *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii* y *Opuntia cholla* redujeron el contenido de taninos durante la Primavera (Tabla 7).

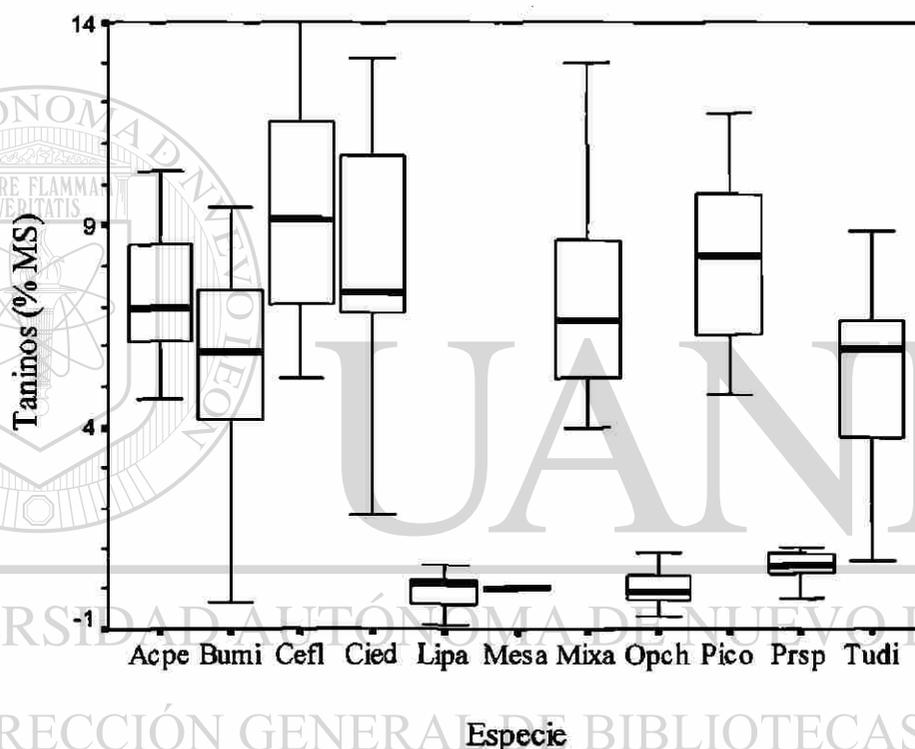


Figura 18. Diagrama de caja para el contenido de taninos en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

Tabla 7.

Cambios estacionales (media de tres años) y anuales del contenido de taninos y extracto etéreo (% MS) en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México, durante 1993 a 1995.

Especie	Taninos				Extracto Etéreo			
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
<i>Medicago sativa</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	2.9	3.1	2.5
<i>Acacia peninsularis</i>	7.6	7.1	7.5	6.8	6.5	6.7	15.5	7.8
<i>Cercidium floridum</i>	8.8	8.1	9.9	10.4	5.3	8.0	8.1	8.2
<i>Mimosa xantii</i>	6.5	5.9	7.4	8.8	6.6	10.2	8.7	7.4
<i>Pithecellobium confine</i>	7.9	7.4	8.5	8.4	8.1	10.1	10.9	9.1
<i>Prosopis sp.</i>	0.2	0.4	0.6	0.9	5.4	7.9	10.4	5.4
Leguminosas ¹	6.2 ^a	5.8 ^a	6.8 ^a	7.0 ^a	6.4 ^c	8.6 ^b	10.7 ^a	7.6 ^{bc}
<i>Bursera microphylla</i>	4.4	5.9	6.1	5.7	8.5	7.5	10.7	8.2
<i>Cyrtocarpa edulis</i>	8.3	6.9	8.4	9.0	7.2	7.1	8.9	11.0
<i>Lippia palmeri</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	7.9	7.1	7.3
<i>Opuntia cholla</i>	0.0	0.0	0.0	0.2	5.3	5.9	8.3	4.8
<i>Turnera diffusa</i>	6.9	4.0	5.5	6.0	5.6	5.6	8.3	8.5
No Leguminosas ¹	3.9 ^a	3.3 ^a	4.2 ^a	4.1 ^a	6.7 ^c	6.8 ^{bc}	8.8 ^a	8.0 ^{ab}
Efecto: Tipo de Planta ²								
Contraste	*	**	*	**	ns	**	*	ns
EE	.95	.90	1.0	1.0	.50	.57	.79	.72
Media Estacional ¹	5.1 ^a	4.5 ^a	5.6 ^a	5.6 ^a	6.6 ^c	7.7 ^b	9.8 ^a	7.8 ^b
Efecto: Año ¹	1993	1994	1995	1993	1994	1995		
Leguminosas	4.7 ^c	6.4 ^b	8.3 ^a	6.9 ^b	8.7 ^a	9.3 ^a		
No Leguminosas	3.1 ^b	3.4 ^{ab}	5.1 ^a	7.1 ^a	7.9 ^a	7.6 ^a		
Media Anual	3.9 ^b	4.9 ^b	6.7 ^a	7.0 ^b	8.3 ^a	8.5 ^a		

¹ Medias dentro de hileras para cada variable con diferente superíndice difieren por estación ($P < 0.05$)

² Significancia y error estándar (EE) del Contraste entre tipo de planta por estación.

*** = $P < 0.001$; ** = $P < 0.01$; * = $P < 0.05$; ns = no significativa.

En la Figura 15 se aprecia un mayor efecto del año de estudio en leguminosas que en no leguminosas. El contenido promedio de taninos en las leguminosas (6.5 ± 3.7) fue mayor que en las no leguminosas (3.9 ± 3.9) en todas las estaciones de muestreo (Tabla 7). En ambos tipos de plantas el contenido de taninos fue menor en 1993, cuando la precipitación pluvial fue mayor.

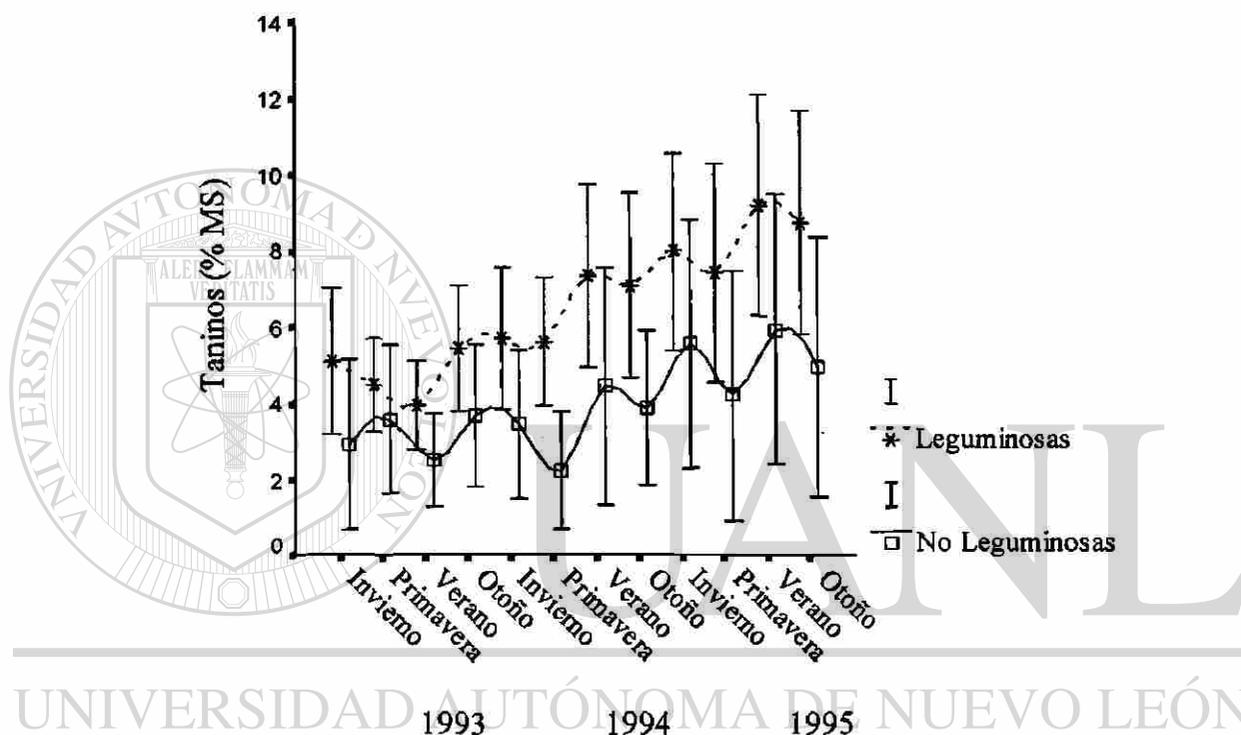


Figura 19. Contenido estacional promedio (\pm EE) de Taninos en especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

4.2.3 Extracto etéreo (EE)

Mientras que el heno de alfalfa tuvo un contenido de EE inferior al 5% de MS, todas las especies estudiadas resultaron con valores promedio entre 5 y 10% (Figura 16). *Acacia peninsularis* y *Prosopis sp.* incrementaron su contenido de EE durante el Verano,

Mimosa xantii en la Primavera, mientras que *Turnera diffusa* disminuyó en el Invierno y la Primavera (Tabla 7).

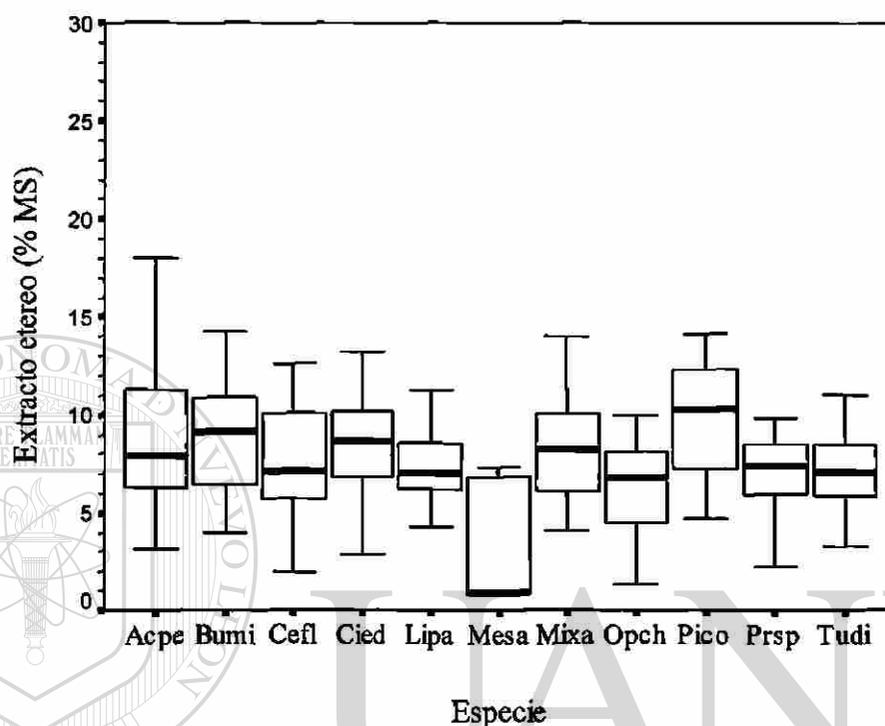


Figura 20. Diagrama de caja para el contenido de extracto etéreo en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

De manera general, el contenido de EE en leguminosas (8.3 ± 3.4) fue similar al de las no leguminosas (7.6 ± 2.7), existiendo diferencia significativa entre estos tipos de plantas en Primavera y Verano (Tabla 7). Ambos tipos de planta incrementaron su contenido de EE de manera significativa del Invierno al Verano, para después disminuir en el Otoño. Las no leguminosas no tuvieron efecto de año, pero las leguminosas tuvieron un menor contenido de EE durante 1993. Este comportamiento estacional en el contenido de EE fue más consistente en las leguminosas durante los tres años de estudio (Figura 17).

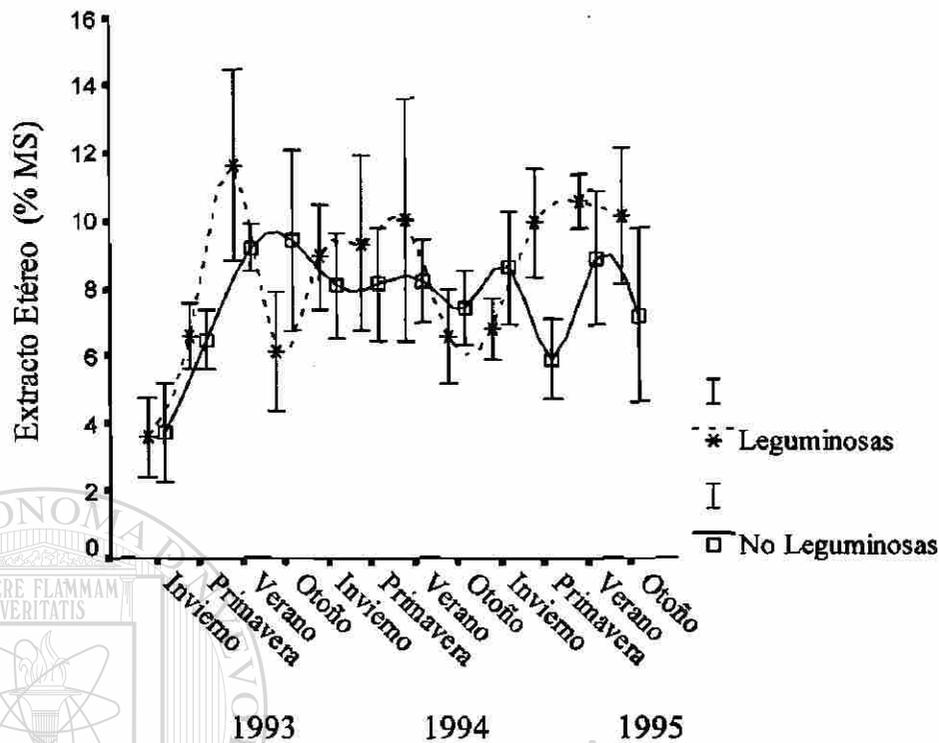


Figura 21. Contenido estacional promedio (\pm EE) de extracto etéreo en especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

4.2.4 Materia orgánica (MO)

Opuntia cholla (84.7 ± 3.3) fue notablemente la especie con menor contenido de MO (% de MS) comparada con el resto de las especies. Todas las especies estudiadas tuvieron igual o mayor concentración de MO que el heno de alfalfa (88.8 ± 0.2). *Opuntia cholla* y *Lippia palmeri* (92.1 ± 2.6) fueron las especies con mayor rango de variación a lo largo de las estaciones de muestreo (Figura 18). A excepción de *Opuntia cholla*, todas las especies tuvieron en promedio de un 90 a 94 % de MO.

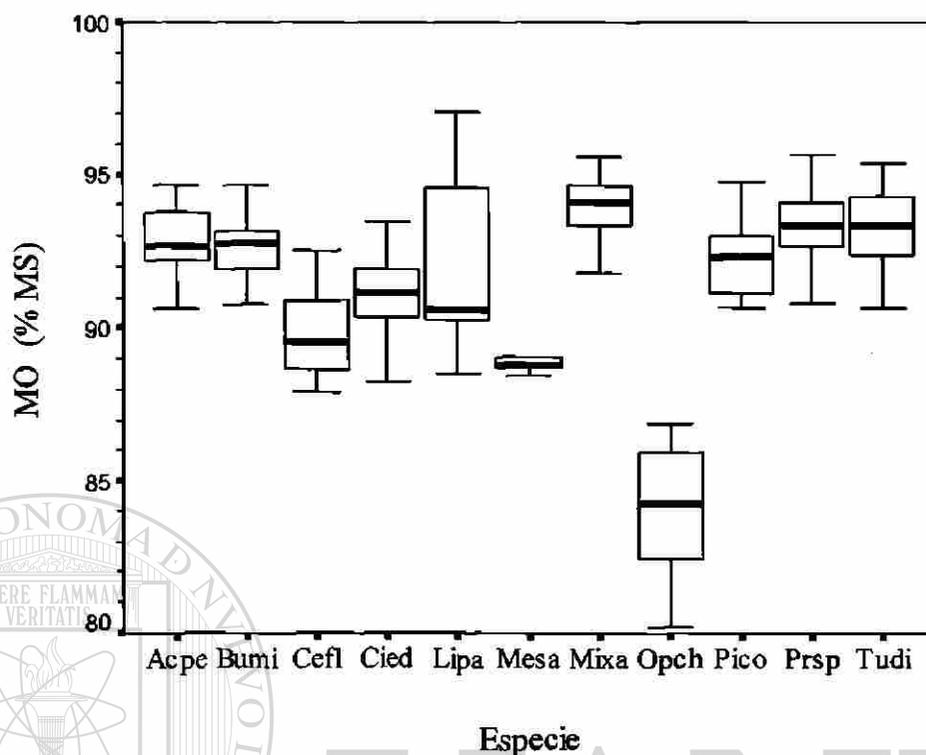


Figura 22. Diagrama de caja para el contenido de materia orgánica en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

Las no leguminosas tuvieron una variación mayor que las leguminosas en todas las estaciones muestreadas, especialmente durante la Primavera y el Verano (Figura 19). Solamente en Invierno y Otoño existió diferencia significativa entre leguminosas y no leguminosas en el contenido de MO (Tabla 8), sin embargo, no existió diferencia debido a la estación o año de estudio para ambos tipos de planta.

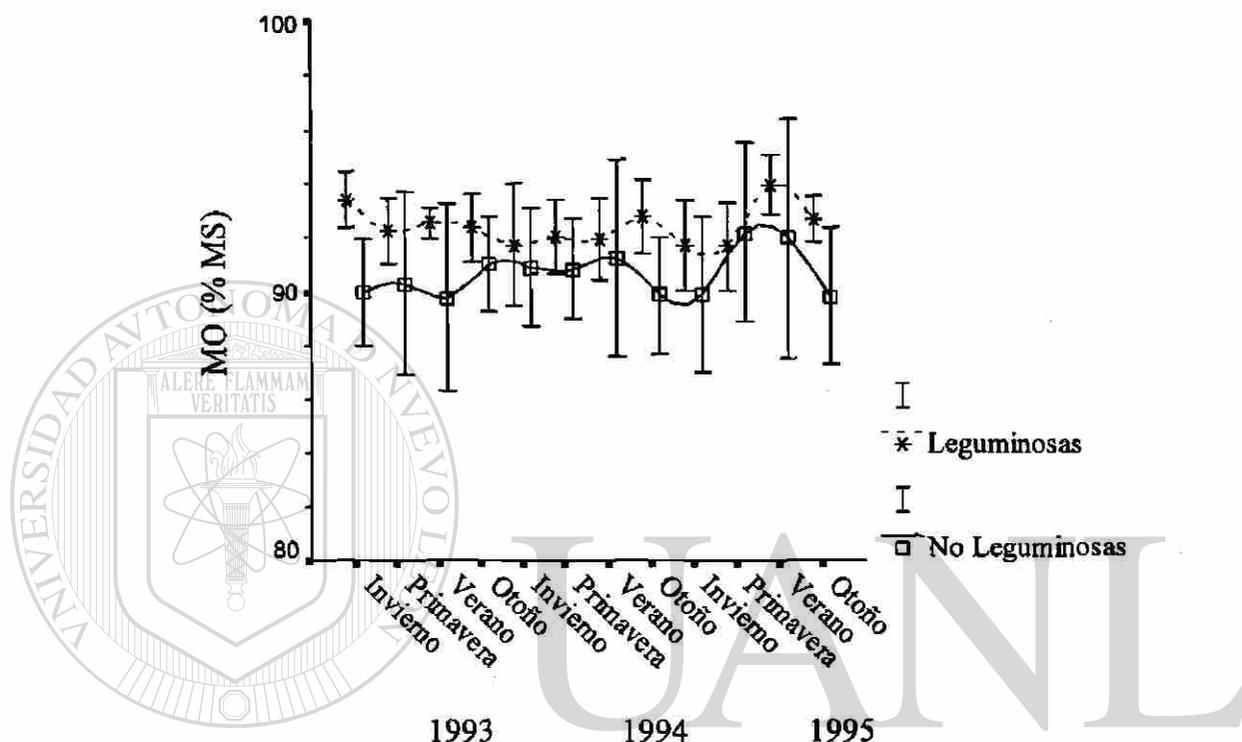


Figura 23. Contenido estacional promedio (\pm EE) de materia orgánica en especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

Tabla 8.

Cambios estacionales (media de tres años) y anuales del contenido de materia orgánica (% MS) en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México, durante 1993 a 1995.

Especie	Materia Orgánica			
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
<i>Medicago sativa</i>	87.5	88.0	88.8	87.8
<i>Acacia peninsularis</i>	93.0	91.4	93.4	93.1
<i>Cercidium floridum</i>	88.5	89.4	90.8	89.7
<i>Mimosa xantii</i>	94.1	93.3	94.4	93.9
<i>Pithecellobium confine</i>	92.3	91.1	92.9	92.8
<i>Prosopis sp.</i>	93.2	94.3	92.3	93.3
Leguminosas ¹	92.2 ^a	91.9 ^a	92.7 ^a	92.6 ^a
<i>Bursera microphylla</i>	92.3	92.0	93.8	92.5
<i>Cyrtocarpa edulis</i>	89.5	91.5	93.2	90.2
<i>Lippia palmeri</i>	91.2	93.6	93.4	90.1
<i>Opuntia cholla</i>	87.4	84.0	81.9	85.1
<i>Turnera diffusa</i>	90.5	94.0	93.2	93.0
No Leguminosas ¹	90.2 ^a	91.0 ^a	90.9 ^a	90.2 ^a
Efecto: Tipo de Planta ²				
Contraste	**	ns	ns	***
EE	.70	.83	1.0	.63
Media Estacional ¹	91.2 ^a	91.5 ^a	91.9 ^a	91.4 ^a
Efecto:Año ¹	1993	1994	1995	
Leguminosas	92.6 ^a	92.1 ^a	92.5 ^a	
No Leguminosas	90.2 ^a	90.6 ^a	90.9 ^a	
Media Anual	91.4 ^a	91.4 ^a	91.7 ^a	

¹ Medias dentro de hileras para cada variable con diferente superíndice difieren por estación (P<0.05)

² Significancia y error estándar (EE) del Contraste entre tipo de planta por estación.

*** = P<0.001; ** = P<0.01; * = P<0.05; ns = no significativa.

4.2.5 Fracciones de Proteína

En base a la significancia y los valores de F, los efectos principales en orden de importancia fueron el tipo de planta, la estación y el año de estudio, excepto para PIDN-PIDA. La interacción año x estación fue más importante para determinar el contenido de PC, mientras que la interacción estación x tipo de planta fue más importante para determinar PIDN y PIDA. Para la variable PIDN-PIDA la interacción año x tipo de planta fue mas determinante (Tabla 9).

Tabla 9

Valor de F y significancia del modelo usado para analizar estadísticamente las fracciones de proteína cruda (PC) en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México.

Efecto	PC	PIDN	PIDA	PIDN-PIDA
Año	5.3 **	9.4 ***	11.6 ***	2.3 ns
Estación	16.0 ***	9.8 ***	30.9 ***	1.6 ns
Tipo de planta	331.4 ***	35.6 ***	72.7 ***	0.8 ns
Año x Estación	14.5 ***	3.5 **	4.6 ***	2.5 *
Año x Tipo de planta	0.1 ns	1.1 ns	1.0 ns	11.6 ***
Estación x Tipo de planta	1.7 ns	7.5 ***	17.1 ***	1.4 ns
Año x Estación x Tipo de planta	1.4 ns	0.3 ns	0.5 ns	1.5 ns

PIDN = Proteína insoluble en detergente neutro,

PIDA = Proteína insoluble en detergente ácido,

PIDN-PIDA = Proteína disponible de la pared celular.

*** = P<0.001; ** = P<0.01; * = P<0.05; ns = no significativa.

4.2.5.1 Proteína cruda (PC)

La especie con mayor variación en el contenido de PC (% de MS) a través de las estaciones de muestreo fue *Lippia palmeri* (8.3 ± 4.0), aunque esta especie junto con *Bursera microphylla* (8.9 ± 2.3), *Opuntia cholla* (6.0 ± 2.8) y *Turnera diffusa* (8.5 ± 2.5)

tuvieron los valores promedio más bajos. Únicamente *Prosopis sp.* (19.4 ± 3.4) superó y *Pithecellobium confine* (16.9 ± 3.7) igualó al heno de alfalfa (16.1 ± 2.7 ; Figura 20). Algunas especies mostraron una reducción significativa del contenido de PC durante la Primavera (*Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Lippia palmeri* y *Turnera diffusa*) o el Verano (*Cyrtocarpa edulis*). En general las leguminosas tuvieron significativamente un mayor contenido de PC (15.8 ± 3.9) que las no leguminosas (8.7 ± 3.5 ; Tabla 10); la diferencia entre tipo de plantas fue significativa en todas las estaciones.

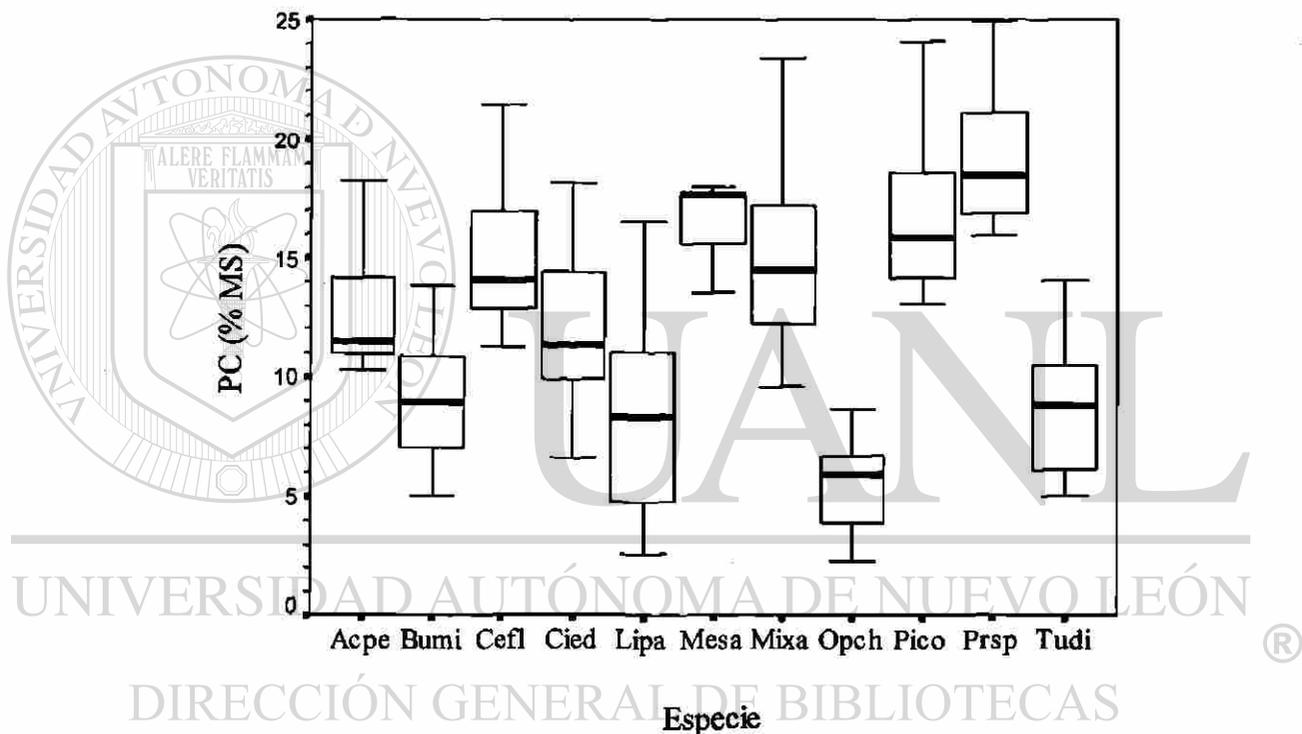


Figura 24. Diagrama de caja para el contenido de proteína cruda en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

Tabla 10.

Cambios estacionales (media de tres años) y anuales del contenido de proteína cruda (PC, % MS) y proteína insoluble en detergente neutro (PIDN, % PC) en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México, durante 1993 a 1995.

Especie	PC				PIDN			
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
<i>Medicago sativa</i>	15.6	17.7	15.6	15.6	14.4	12.0	15.7	14.4
<i>Acacia peninsularis</i>	13.8	10.8	11.5	13.9	35.5	29.6	30.8	30.7
<i>Cercidium floridum</i>	17.1	12.4	13.8	16.8	28.1	33.6	28.4	28.3
<i>Mimosa xantii</i>	14.4	11.6	17.9	16.2	25.8	30.3	21.6	23.9
<i>Pithecellobium confine</i>	19.6	15.8	14.7	17.5	30.2	29.3	29.9	33.8
<i>Prosopis</i> sp.	21.4	18.6	17.6	20.0	23.8	20.4	18.9	20.4
Leguminosas ¹	17.3 ^a	13.8 ^c	15.1 ^{bc}	16.9 ^{ab}	28.7 ^a	28.6 ^a	25.9 ^a	27.4 ^a
<i>Bursera microphylla</i>	9.2	7.5	9.5	9.6	26.0	59.3	26.4	27.7
<i>Cyrtocarpa edulis</i>	11.6	10.6	10.4	15.1	34.5	44.6	46.8	25.4
<i>Lippia palmeri</i>	9.3	4.8	7.5	11.2	44.7	53.6	53.3	32.8
<i>Opuntia cholla</i>	5.1	4.3	7.5	7.2	30.5	32.1	23.9	27.8
<i>Turnera diffusa</i>	8.9	5.9	8.9	10.2	29.0	35.5	29.8	25.1
No Leguminosas ¹	8.8 ^b	6.6 ^c	8.9 ^b	10.7 ^a	32.9 ^{bc}	45.0 ^a	34.8 ^b	27.8 ^c
Efecto: Tipo de Planta								
Contraste	***	***	***	***	ns	***	**	ns
EE	1.0	0.8	0.8	0.8	2.5	3.0	2.9	1.8
Media Estacional ¹	13.0 ^{ab}	10.2 ^c	12.1 ^b	13.8 ^a	30.8 ^b	36.8 ^a	30.2 ^b	27.6 ^b
Efecto: Año ¹								
Leguminosas	1993	1994	1995	1993	1994	1995	1993	1994
No Leguminosas	16.0 ^a	15.0 ^a	16.3 ^a	23.0 ^c	31.9 ^a	28.1 ^b	33.3 ^a	38.1 ^a
Media Anual	9.0 ^{ab}	7.8 ^b	9.4 ^a	28.1 ^c	34.9 ^a	31.2 ^b	34.3 ^a	38.1 ^a

¹ Medias dentro de hileras para cada variable con diferente superíndice difieren por estación ($P < 0.05$)

² Significancia y error estándar (EE) del Contraste entre tipo de planta por estación.

*** = $P < 0.001$; ** = $P < 0.01$; * = $P < 0.05$; ns = no significativa.

Durante la Primavera, ambos tipos de plantas manifestaron su contenido mas bajo de PC, sin embargo, en las especies no leguminosas también se redujo significativamente la concentración de PC durante 1994, mientras que las leguminosas no se afectaron significativamente por el año pero si disminuyeron su contenido de PC en este mismo año. En 1994 ambos tipos de plantas incrementaron su concentración de PC durante el Otoño, después de la temporada de lluvias (Figura 21).

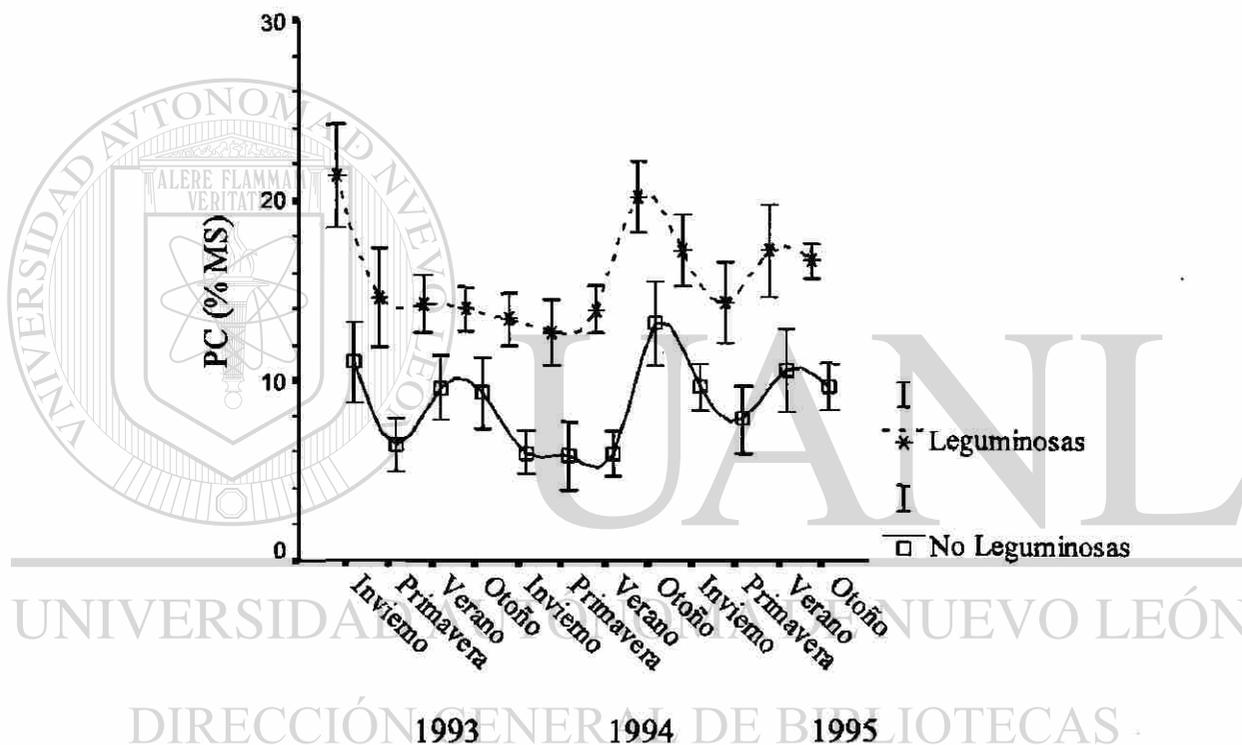


Figura 25. Contenido estacional promedio (\pm EE) de proteína cruda (PC) en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia pensularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

4.2.5.2 Proteína insoluble en detergente neutro (PIDN)

Todas la especies estudiadas tuvieron valores superiores al heno de alfalfa (14.1 ± 5.9) en concentración de PIDN (% de PC), sin embargo, *Bursera microphylla* (34.9 ± 16.2), *Cyrtocarpa edulis* (37.8 ± 10.9), *Lippia palmeri* (45.4 ± 15.4) y *Turnera diffusa* (29.9 ± 9.6) fueron más variables a través de las estaciones de muestreo (Figura 22).

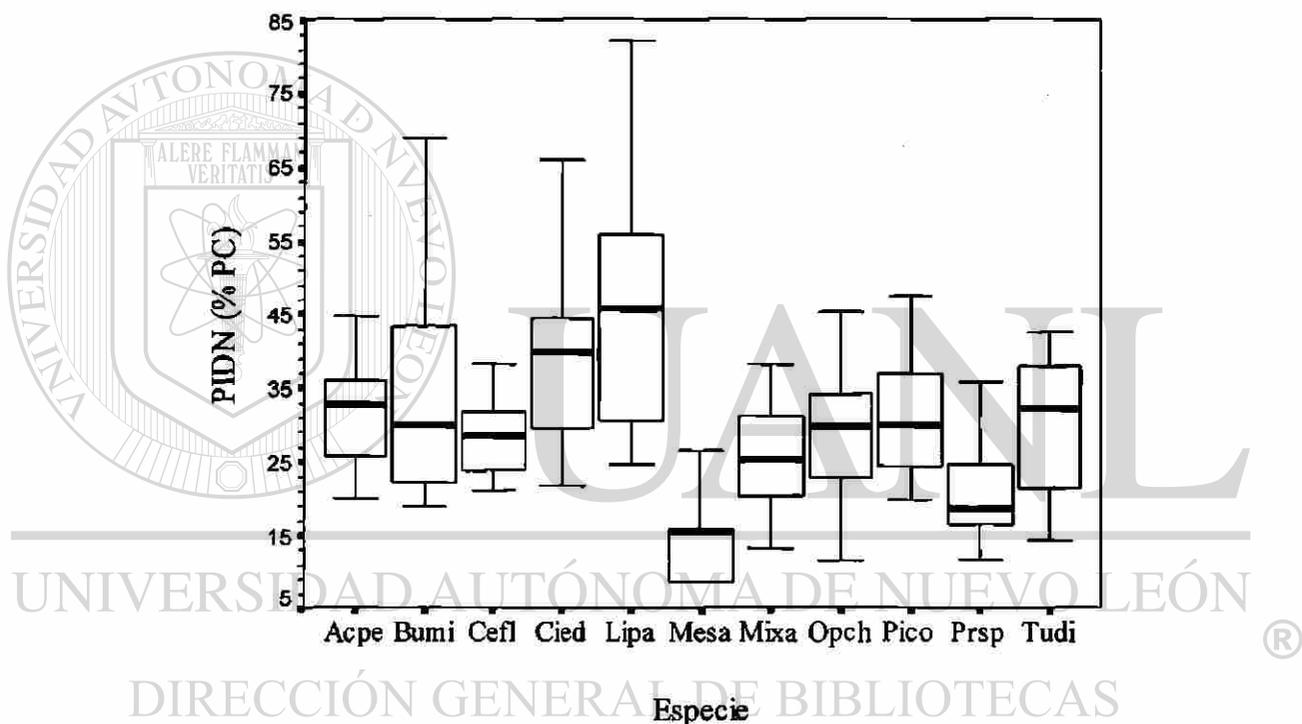


Figura 26. Diagrama de caja para el contenido de proteína insoluble en detergente neutro en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

El contenido de PIDN en las no leguminosas (35.1 ± 13.6) fue mayor y más variable a través de las estaciones de muestreo que las leguminosas (27.7 ± 8.0). Esta diferencia se manifestó sobre todo durante la Primavera (Figura 23); sin embargo, las diferencias

entre especies fueron significativas en la Primavera y el Verano (Tabla 10). Las no leguminosas tuvieron significativamente un mayor contenido de PIDN durante la Primavera, mientras que las leguminosas no tuvieron efecto significativo de la estación de muestreo; sin embargo, en las leguminosas el contenido de PIDN fue mayor en 1994, el año de menor precipitación pluvial, y al parecer esta variable esta correlacionada con la precipitación media anual. En las no leguminosas el efecto del año no fue significativo, pero sin embargo tuvieron la misma tendencia.

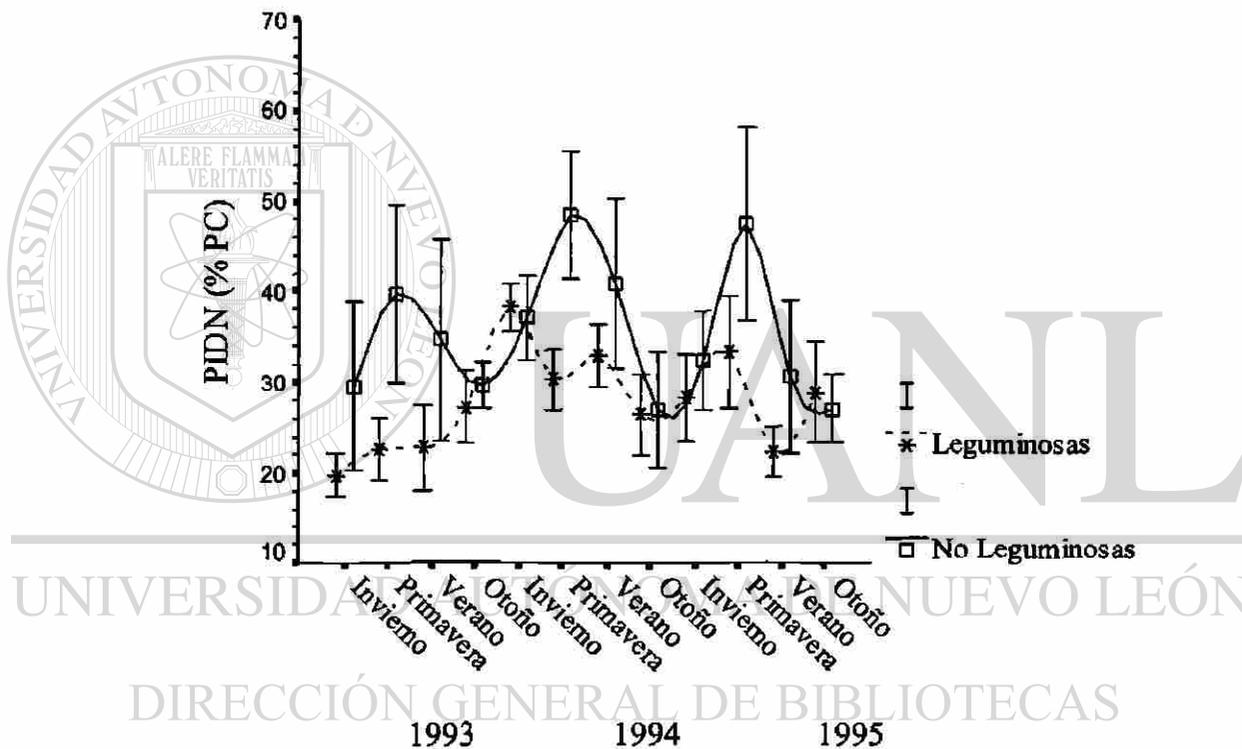


Figura 27. Contenido estacional promedio (\pm EE) de proteína insoluble en detergente neutro en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

4.2.5.3 Proteína insoluble en detergente ácido (PIDA).

Todas las especies estudiadas tuvieron valores superiores al heno de alfalfa (6.0 ± 1.7) en PIDA (% de PC), sin embargo, *Bursera microphylla* (28.6 ± 16.0), *Cyrtocarpa edulis* (21.9 ± 9.8), *Lippia palmeri* (31.0 ± 15.9) y *Turnera diffusa* (26.0 ± 12.8) fueron más variables a través de las estaciones de muestreo (Figura 24).

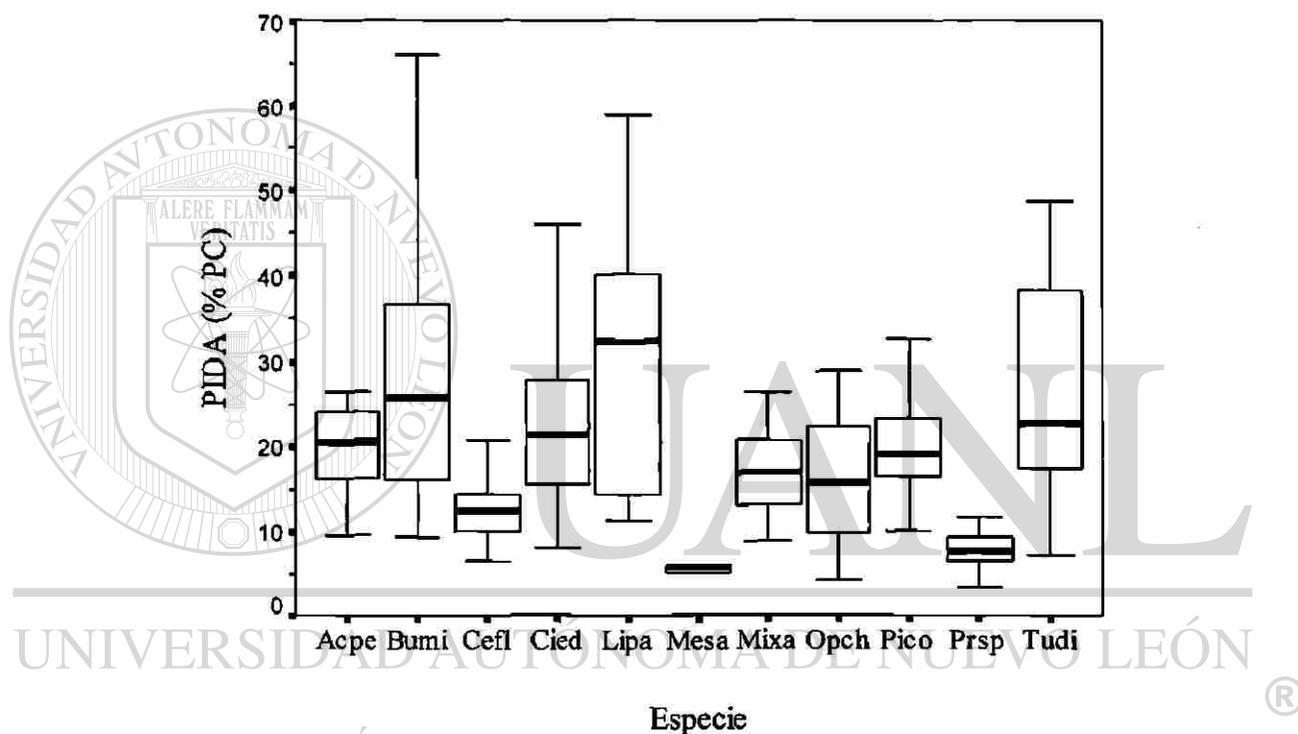


Figura 28. Diagrama de caja para el contenido de proteína insoluble en detergente ácido en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

En la Figura 25 se observa un mayor y más variable contenido de PIDA en las no leguminosas (24.6 ± 13.6) en comparación con las leguminosas (15.7 ± 6.9) a lo largo de las estaciones de muestreo. Esta diferencia en contenido de PIDA fueron significativas

en la Primavera, Verano y Otoño (Tabla 11). Mientras que las leguminosas no mostraron efecto de estación, las no leguminosas incrementaron de manera significativa su contenido de PIDA durante la Primavera y Verano, siendo la Primavera la estación de mayor contenido de PIDA.

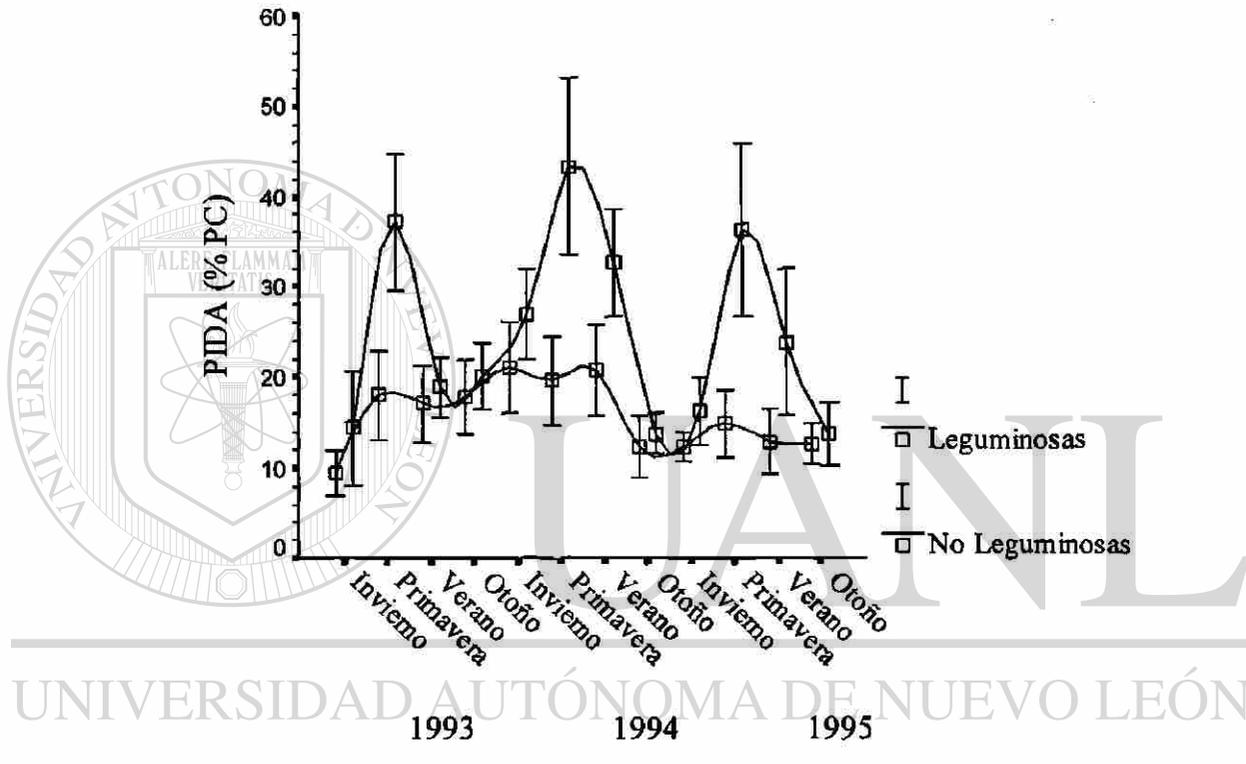


Figura 29. Contenido estacional promedio (\pm EE) de proteína insoluble en detergente ácido en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

Tabla 11

Cambios estacionales (media de tres años) y anuales del contenido de proteína insoluble en detergente ácido (PIDA; % PC) y proteína disponible de la pared celular (PIDN-PIDA; % PC) en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México, durante 1993 a 1995.

Especie	PIDA				PIDN-PIDA			
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
<i>Medicago sativa</i>	6.6	5.3	5.3	6.6	7.7	6.6	10.3	7.7
<i>Acacia peninsularis</i>	16.1	21.5	22.3	18.7	19.4	8.0	8.4	11.9
<i>Cercidium floridum</i>	16.3	13.0	15.7	11.1	11.8	20.6	12.6	17.1
<i>Mimosa xantii</i>	16.4	22.1	13.8	14.6	9.3	8.2	7.7	9.2
<i>Pithecellobium confine</i>	15.0	23.1	23.7	19.3	15.2	6.1	6.2	14.5
<i>Prosopis</i> sp.	7.4	7.2	8.7	7.2	16.3	13.1	10.1	13.2
Leguminosas ¹	14.2 ^a	17.4 ^a	16.9 ^a	14.2 ^a	14.4 ^a	11.2 ^{ab}	9.0 ^b	13.2 ^a
<i>Bursera microphylla</i>	19.7	51.0	24.6	19.1	6.3	11.4	5.0	8.5
<i>Cyrtocarpa edulis</i>	15.5	32.2	26.4	13.4	19.0	12.4	20.4	11.9
<i>Lippia palmeri</i>	28.3	49.7	27.3	17.6	16.3	19.0	25.9	15.2
<i>Opuntia cholla</i>	14.9	21.3	16.3	11.2	15.5	10.8	7.5	16.6
<i>Turnera diffusa</i>	16.9	40.4	28.8	17.8	12.1	5.0	5.4	7.3
No Leguminosas ¹	19.1 ^{bc}	38.9 ^a	24.5 ^b	15.8 ^c	13.8 ^a	12.4 ^a	13.0 ^a	11.9 ^a
Efecto: Tipo de Planta ²								
Contraste	*	***	**	ns	ns	ns	ns	ns
EE	2.1	2.8	2.3	2.4	1.7	2.4	2.7	2.0
Media Estacional ¹	16.6 ^a	28.1 ^c	20.5 ^b	15.0 ^a	14.1 ^a	11.7 ^{ab}	10.8 ^b	12.5 ^{ab}
Efecto: Año ¹								
Leguminosas	15.5 ^b	18.4 ^a	13.1 ^b		7.4 ^b	13.4 ^a	15.0 ^a	
No Leguminosas	22.6 ^b	28.9 ^a	22.5 ^b		14.9 ^a	10.6 ^b	12.9 ^{ab}	
Media Anual	19.0 ^b	23.5 ^a	17.8 ^b		10.9 ^b	12.1 ^{ab}	14.0 ^a	

¹ Medias dentro de hileras para cada variable con diferente superíndice difieren por estación ($P < 0.05$)

² Significancia y error estándar (EE) del Contraste entre tipo de planta por estación.

*** = $P < 0.001$; ** = $P < 0.01$; * = $P < 0.05$; ns = no significativa.

4.2.5.4 Proteína disponible de la pared celular (PIDN-PIDA)

Bursera microphylla (7.9 ± 7.6) *Mimosa xantii* (8.6 ± 4.9) y *Turnera diffusa* (8.1 ± 5.8) fueron las especies con contenido menor de PID-PIDA (% de PC), pero similar al heno de alfalfa (8.1 ± 4.9). *Lippia palmeri* (18.4 ± 13.2) fue la de mayor contenido promedio y la más variable a lo largo de las estaciones de muestreo (Figura 26).

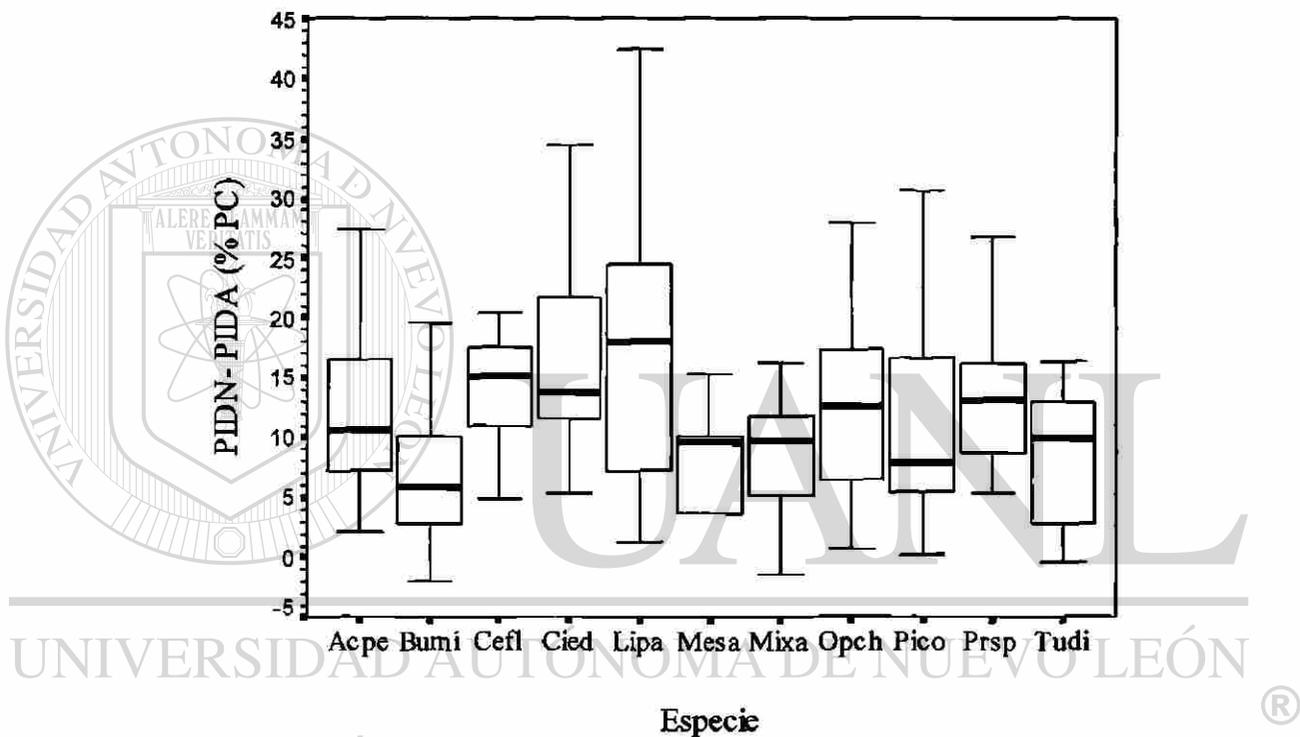


Figura 30. Diagrama de caja para el contenido de proteína disponible de la pared celular (PIDN-PIDA) en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

Para las leguminosas (11.9 ± 7.0), en general existió efecto de la estación de muestreo con una disminución en el contenido de esta fracción durante la Primavera y el Verano, así como también, efecto del año de estudio con un contenido menor de PIDN-PIDA durante 1993, el año de mayor precipitación pluvial (Tabla 11). En las no leguminosas

(12.8 ± 9.2) no existió efecto de año o estación de muestreo, sin embargo, no existieron diferencias significativas entre tipos de plantas a excepción de la Primavera y Verano de 1993, cuando las leguminosas redujeron el contenido de PIDN-PIDA, mientras que las no leguminosas lo incrementaron (Figura 27).

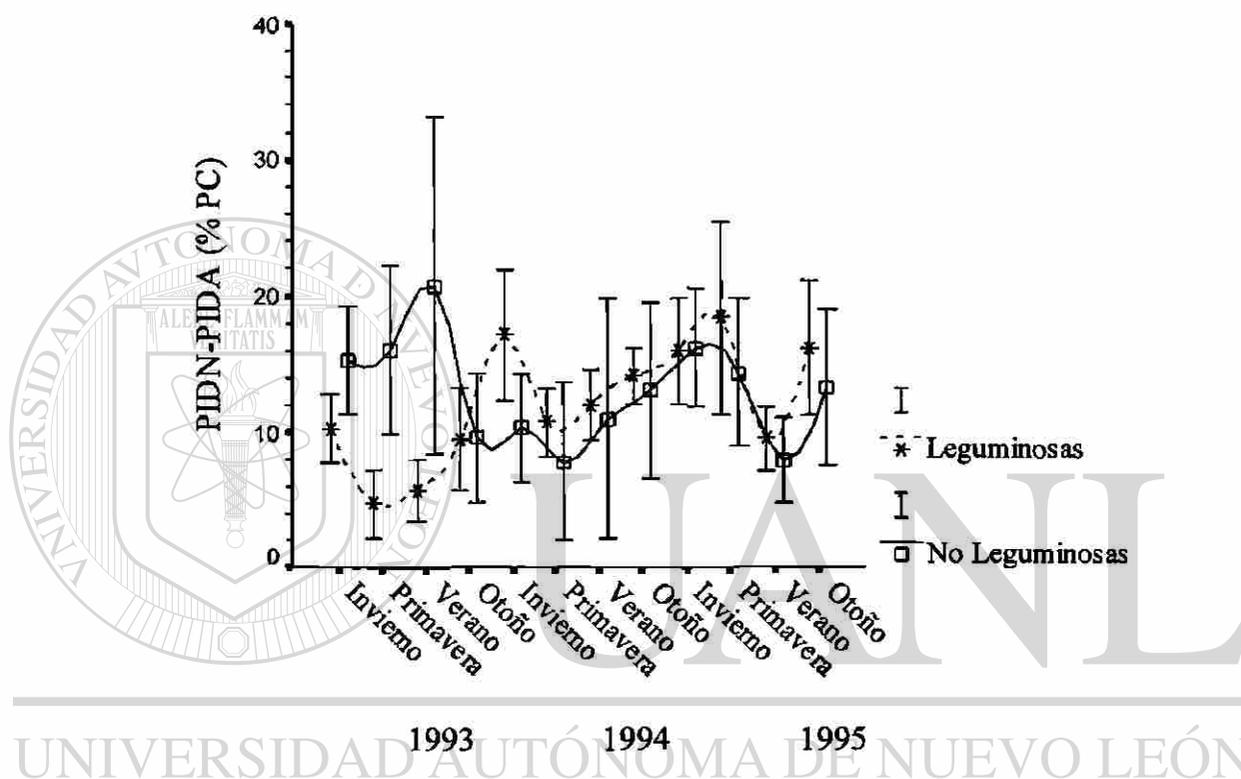


Figura 31. Contenido estacional promedio (\pm EE) de proteína disponible de la pared celular en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

4.3 Degradabilidad Ruminal de la Materia Orgánica y Proteína Cruda

4.3.1 Degradabilidad Ruminal de la Materia Orgánica

De los efectos principales, el tipo de planta fue el de mayor importancia en determinar la fracción *a*, *kd* y DEMO (Tabla 12), seguido por el efecto de la estación y del año para DEMO; sin embargo, la interacción estación x tipo de planta fue mas determinante de la DEMO que el solo efecto de la estación y que cualquier otro tipo de interacción. Esta interacción también fue importante en determinar las fracciones *a* y *b*.

Tabla 12

Valor de F y significancia del modelo usado para analizar estadísticamente los parámetros de degradabilidad de la materia orgánica en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México.

Efecto	Fracción <i>a</i>	Fracción <i>b</i>	<i>kd</i>	DEMO
Año	8.8 ***	1.0 ns	25.2 ***	13.0 ***
Estación	7.7 ***	9.9 ***	7.2 ***	18.2 ***
Tipo de planta	38.3 ***	.23 ns	104.6 ***	35.6 ***
Año x Estación	1.8 ns	4.3 ***	3.6 **	2.6 *
Año x Tipo de planta	5.0 **	.94 ns	4.7 **	13.3 ***
Estación x Tipo de planta	7.2 ***	7.4 ***	1.3 ns	22.6 ***
Año x Estación x Tipo de planta	1.5 ns	5.1 ***	5.4 ***	3.6 ***

*** = P<0.001, ** = P<0.01, * = P<0.05, ns = no significativa.

4.3.1.1 Fracción soluble (fracción *a*) de materia orgánica.

Lippia palmeri (6.2 ± 6.1) y *Turnera diffusa* (8.5 ± 7.6) tuvieron las medias más bajas, en tanto que *Opuntia cholla* (50.5 ± 4.4) y *Prosopis sp.* (48.4 ± 4.9) presentaron las mas altas de fracción *a* de MO (% de MO), superando incluso al heno de alfalfa (42.3 ± 6.5),

mientras que *Bursera microphylla* (41.9 ± 12.5) tuvo el mayor rango de variación durante las estaciones de muestreo (Figura 28).

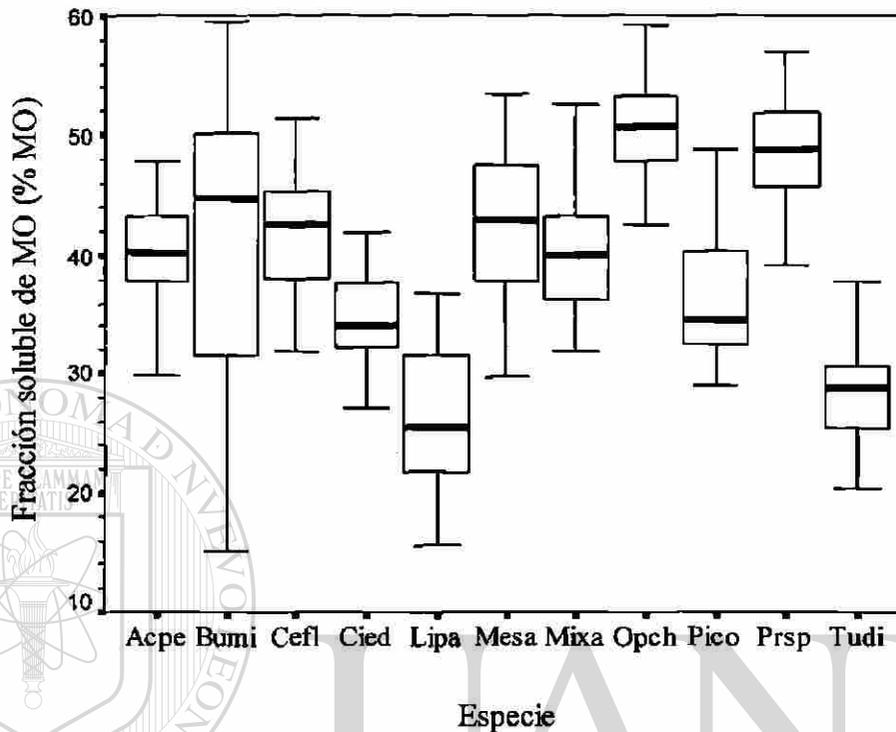


Figura 32. Diagrama de caja para el contenido de fracción soluble (a) de la materia orgánica en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis* sp. (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

Algunas de las especies no leguminosas redujeron la fracción *a* durante la Primavera (*Bursera microphylla* y *Turnera diffusa*) y el Verano (*Lippia palmeri* y *Turnera diffusa*). Por el contrario, algunas de las leguminosas incrementaron esta fracción en la Primavera (*Acacia peninsularis* y *Pithecellobium confine*) y el Verano (*Acacia peninsularis*); sin embargo, solamente las no leguminosas mostraron una disminución significativa de esta fracción durante la Primavera (Tabla 13). Por otro lado, solo las leguminosas tuvieron efecto del año de estudio, con una fracción soluble menor durante el año de mayor precipitación pluvial.

Tabla 13.

Cambios estacionales (media de tres años) y anuales de la fracción soluble (*a*; % MO) y degradable (*b*; % MO) de la material orgánica en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México, durante 1993 a 1995.

Especie	Fracción <i>a</i>				Fracción <i>b</i>			
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
<i>Medicago sativa</i>	39.1	43.2	46.4	40.4	40.0	34.0	33.1	38.9
<i>Acacia peninsularis</i>	36.9	41.3	42.6	38.8	35.9	33.6	38.2	36.7
<i>Cercidium floridum</i>	41.5	39.1	42.6	44.0	44.3	41.2	43.4	41.3
<i>Mimosa xantii</i>	42.5	39.6	39.0	41.2	29.7	30.7	32.5	35.8
<i>Pithecellobium confine</i>	36.4	40.8	36.2	34.1	23.0	17.4	19.2	24.1
<i>Prosopis sp.</i>	46.3	46.7	50.5	50.0	24.4	25.8	17.3	23.7
Leguminosas ¹	40.7 ^a	41.5 ^a	42.2 ^a	41.6 ^a	31.5 ^a	29.8 ^a	30.1 ^a	32.3 ^a
<i>Bursera microphylla</i>	43.7	22.4	52.1	49.4	27.6	15.9	27.9	28.1
<i>Cyrtocarpa edulis</i>	34.3	31.0	35.4	37.1	42.2	24.2	46.8	40.1
<i>Lippia palmeri</i>	28.2	23.8	21.0	29.9	34.9	19.1	29.1	40.2
<i>Opuntia cholla</i>	50.0	49.6	52.9	49.4	29.2	26.1	23.9	23.5
<i>Turnera diffusa</i>	30.9	24.3	24.4	34.5	27.2	21.4	46.8	27.1
No Leguminosas ¹	37.4 ^a	30.2 ^b	38.3 ^a	40.1 ^a	32.2 ^a	21.3 ^b	35.3 ^a	31.8 ^a
Efecto: Tipo de Planta ²								
Contraste	*	***	ns	ns	ns	***	*	ns
EE	1.3	1.5	2.0	1.4	1.7	2.1	2.9	1.7
Media Estacional ¹	39.1 ^a	35.9 ^b	40.3 ^a	40.9 ^a	31.8 ^a	25.5 ^b	32.6 ^a	32.1 ^a
Efecto: Año ¹	1993	1994	1995		1993	1994	1995	
Leguminosas	38.2 ^c	41.1 ^b	45.2 ^a		31.4 ^a	30.0 ^a	31.4 ^a	
No Leguminosas	36.6 ^a	35.4 ^a	37.4 ^a		32.1 ^a	29.4 ^a	28.7 ^a	
Media Anual	37.4 ^b	38.3 ^b	41.3 ^a		31.7 ^a	29.7 ^a	30.0 ^a	

¹ Medias dentro de hileras para cada variable con diferente superíndice difieren por estación ($P < 0.05$)

² Significancia y error estándar (EE) del Contraste entre tipo de planta por estación.

*** = $P < 0.001$, ** = $P < 0.01$, * = $P < 0.05$, ns = no significativa.

En la Figura 29 se aprecia que a diferencia de las especies leguminosas (41.5 ± 6.3), las especies no leguminosas (36.5 ± 11.7) mostraron una marcada variación estacional de esta fracción, manifestándose esto en diferencias significativas entre ambos tipos de plantas en Invierno, pero más notoriamente en Primavera (Tabla 13), siendo consistente este patrón estacional en los tres años de estudio.

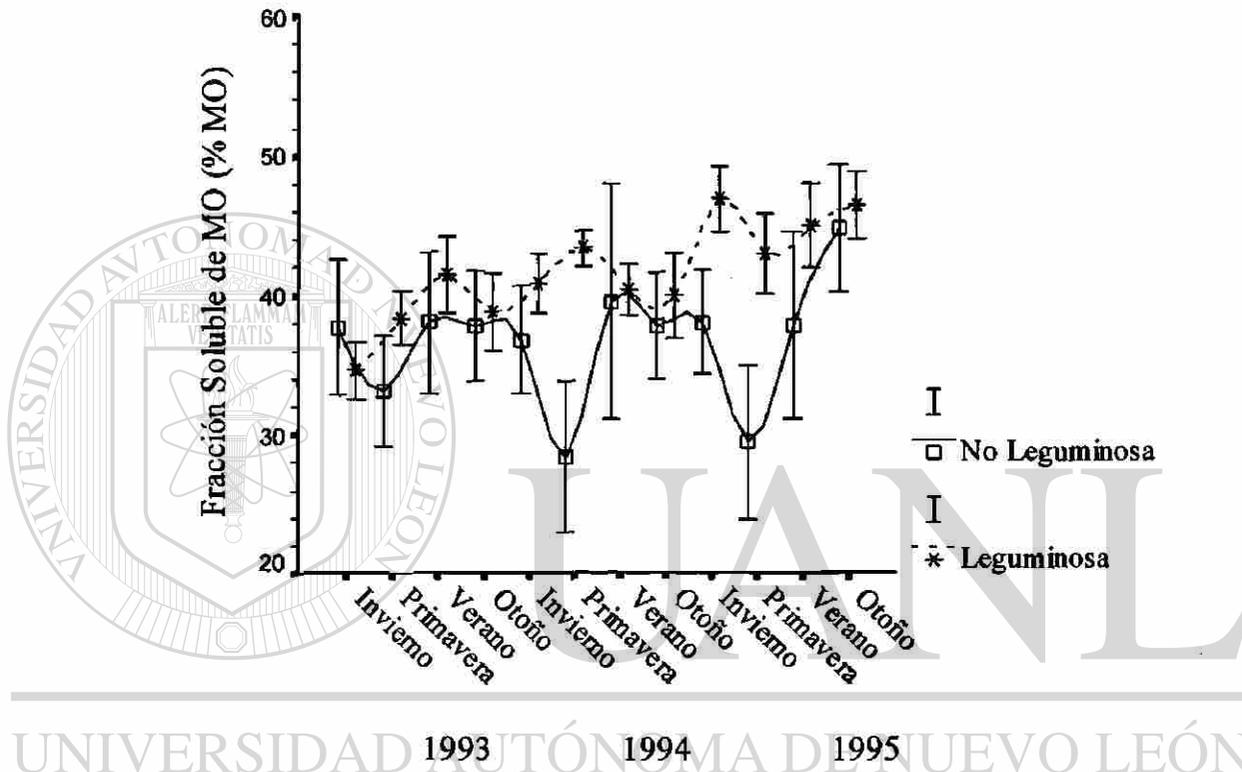


Figura 33. Contenido estacional promedio (\pm EE) de fracción soluble de materia orgánica en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp.*) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

4.3.1.2 Fracción potencialmente degradable (fracción b) de la materia orgánica

Cercidium floridum (42.5 ± 7.7) fue la especie con la media mayor en fracción b de MO (% de la MO), superando incluso al heno de alfalfa (36.5 ± 9.0), *Pithecellobium confine* (20.9 ± 4.5) y *Prosopis sp.* (22.8 ± 7.3) fueron las más bajas y *Lippia palmeri* (31.0 ± 20.0) fue la especie más variable (Figura 30).

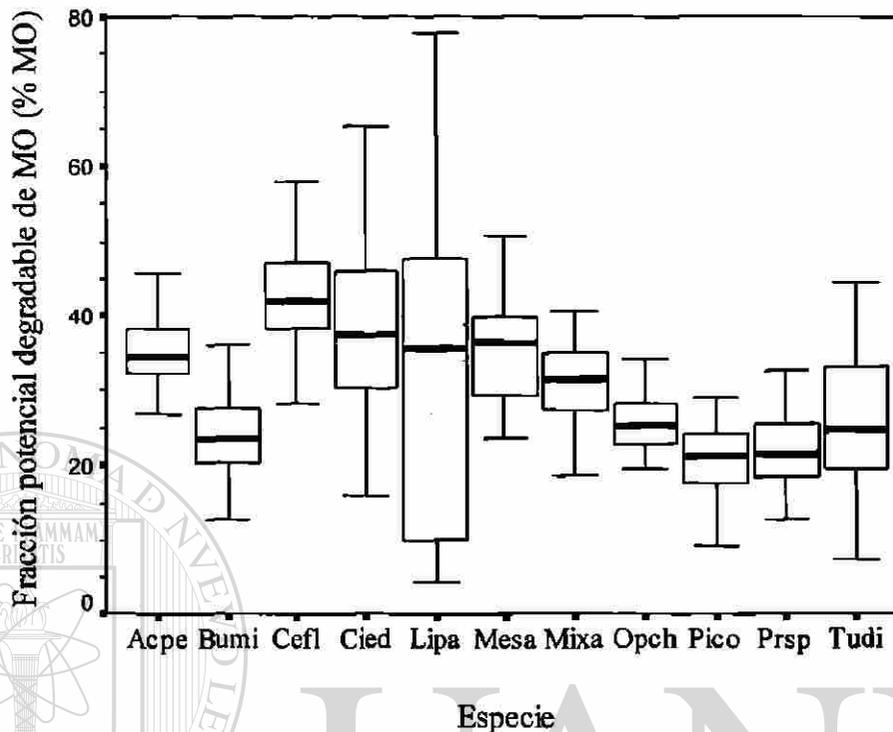


Figura 34. Diagrama de caja para el contenido de fracción potencialmente degradable (*b*) de la materia orgánica en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

Bursera microphylla, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri* y *Pithecellobium confine* redujeron esta fracción durante la Primavera, en el Verano *Pithecellobium confine* permaneció con una reducida fracción *b* (Tabla 13). Aunque no existieron diferencias estadísticas debido al año entre no leguminosas (30.1 ± 14.9) y leguminosas (30.9 ± 10.5), ambos tipos de plantas se comportaron de manera diferente a través de las estaciones (Figura 31), las no leguminosas redujeron la fracción *b* de materia orgánica durante la Primavera (Tabla 13), pero las leguminosas no mostraron variación debido a la estación, por lo que hubo diferencias significativas entre tipos de planta en Primavera y Verano.

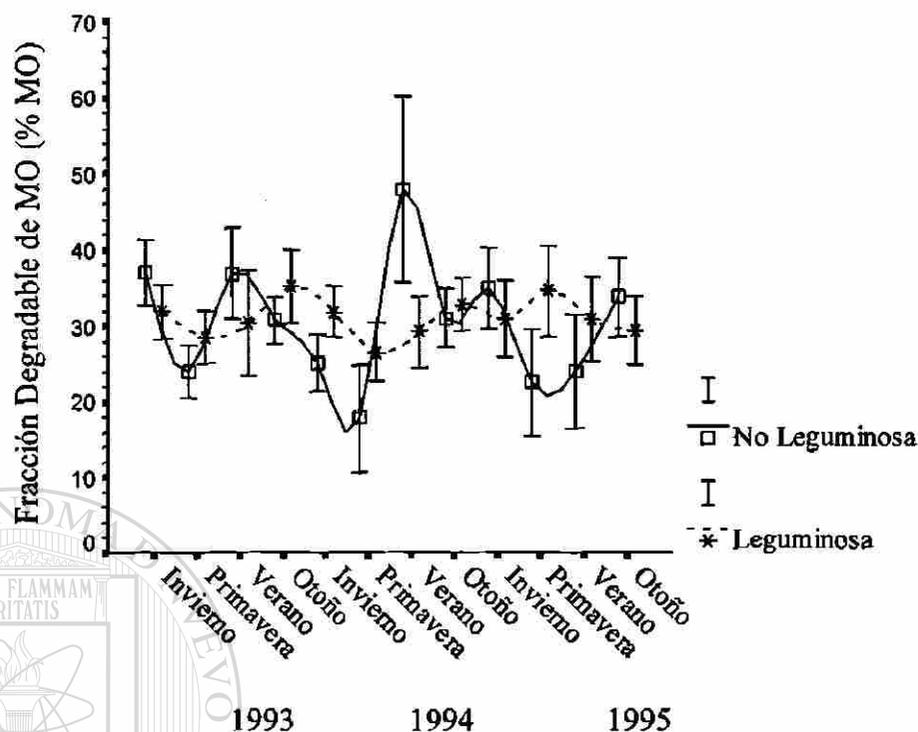


Figura 35. Contenido estacional promedio (\pm EE) de fracción degradable (*b*) de materia orgánica en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

4.3.1.3 Tasa de degradación (kd) de la materia orgánica

Todas las especies estudiadas tuvieron una menor tasa de degradación (%/h) de MO que el heno de alfalfa (13.5 ± 4.3). *Acacia peninsularis* (4.3 ± 2.2), *Cyrtocarpa edulis* (4.8 ± 3.8), *Mimosa xantii* (4.4 ± 3.5) y *Pithecellobium confine* (4.7 ± 3.2) fueron las especies con menor tasa de degradación promedio a lo largo de las estaciones de muestreo, *Bursera microphylla* (10.0 ± 4.7) y *Turnera diffusa* (11.5 ± 6.1) fueron las de mayor variación (Figura 32).

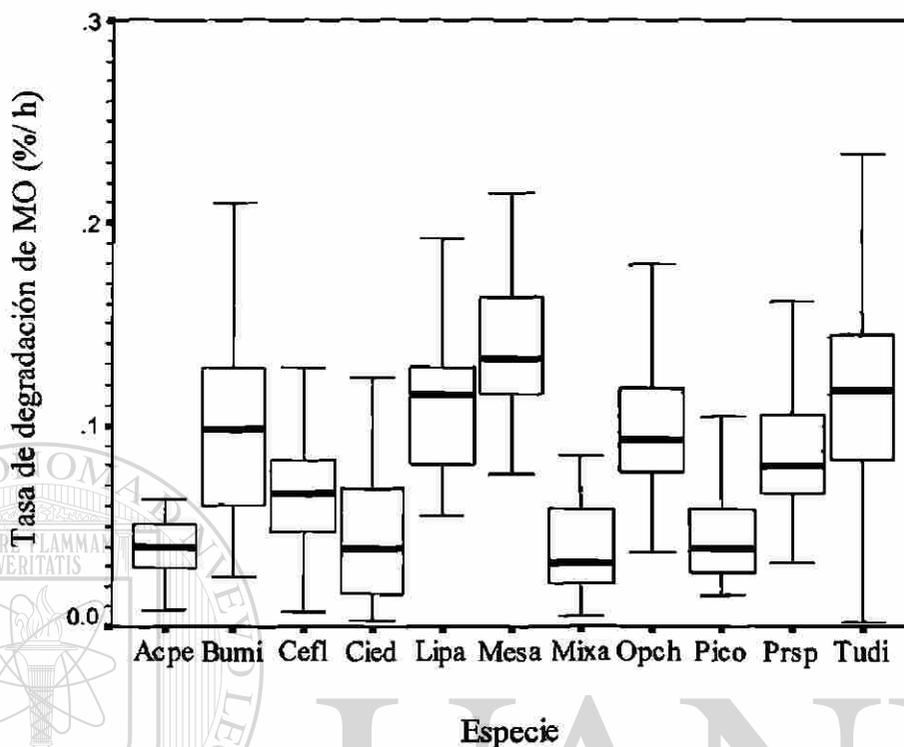


Figura 36. Diagrama de caja para la tasa de degradación (k_d) de la materia orgánica en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

La tasa de degradación de MO difirió entre leguminosas (5.6 ± 3.4) y no leguminosas (9.4 ± 5.0) en todas las estaciones de muestreo (Tabla 14), siendo mayor en las plantas no leguminosas.

Tabla 14.

Cambios estacionales (media de tres años) y anuales de la tasa de degradación (%/h) y degradabilidad efectiva de la material orgánica (DEMO; %) en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México durante 1993 a 1995.

Especie	Tasa de Degradación				DEMO			
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
<i>Medicago sativa</i>	11.1	17.2	13.3	12.4	65.2	66.3	67.0	69.2
<i>Acacia peninsularis</i>	4.7	5.1	3.6	4.0	57.9	60.8	61.9	59.3
<i>Cercidium floridum</i>	6.2	8.9	5.2	6.1	70.2	69.2	67.2	70.2
<i>Mimosa xantii</i>	5.4	6.1	3.6	2.4	59.6	59.7	56.9	58.3
<i>Pithecellobium confine</i>	6.8	6.4	3.1	2.4	50.4	51.9	47.1	46.1
<i>Prosopis</i> sp.	9.5	8.4	8.4	6.9	62.5	61.6	60.7	62.9
Leguminosas ¹	6.5 ^a	7.0 ^a	4.8 ^b	4.4 ^b	60.1 ^a	60.6 ^a	58.8 ^a	59.4 ^a
<i>Bursera microphylla</i>	10.7	9.4	11.2	8.6	62.0	30.5	68.9	67.3
<i>Cyrtocarpa edulis</i>	6.5	7.7	1.1	3.9	62.3	45.5	49.3	58.5
<i>Lippia palmeri</i>	11.4	9.0	12.1	11.2	54.1	32.2	42.8	60.1
<i>Opuntia cholla</i>	8.7	10.5	11.3	8.7	69.4	65.9	67.4	64.4
<i>Turnera diffusa</i>	12.5	12.1	8.2	13.2	48.5	33.7	40.6	52.0
No Leguminosas ¹	9.9 ^a	9.7 ^a	8.6 ^a	9.1 ^a	59.2 ^{ab}	41.5 ^c	54.6 ^b	60.5 ^a
Efecto: Tipo de Planta ²								
Contraste	***	***	***	***	ns	***	ns	ns
EE	.60	.80	.80	.7	1.5	2.1	2.4	1.4
Media Estacional ¹	8.2 ^a	8.4 ^a	6.6 ^b	6.7 ^b	59.7 ^a	51.1 ^c	56.7 ^b	56.9 ^a
Efecto: Año ¹	1993	1994	1995	1993	1994	1995	1993	1994
Leguminosas	4.8 ^b	5.5 ^b	6.6 ^a	55.3 ^c	58.9 ^b	64.9 ^a	55.3 ^c	58.9 ^b
No Leguminosas	7.3 ^c	9.0 ^b	11.7 ^a	56.6 ^a	49.5 ^b	55.5 ^a	56.6 ^a	49.5 ^b
Media Anual	6.1 ^c	7.2 ^b	9.1 ^a	56.0 ^b	54.3 ^b	60.2 ^a	56.0 ^b	54.3 ^b

¹ Medias dentro de hileras para cada variable con diferente superíndice difieren por estación ($P < 0.05$)

² Significancia y error estándar (EE) del Contraste entre tipo de planta por estación.

*** = $P < 0.001$, ** = $P < 0.01$, * = $P < 0.05$, ns = no significativa.

Las leguminosas incrementaron su tasa de degradación en Invierno y Primavera, mientras que las no leguminosas no tuvieron efecto de estación, sin embargo, las leguminosas fueron consistentes en el comportamiento estacional de la tasa de degradación durante los tres años de estudio y las no leguminosas tuvieron un comportamiento muy variable y no bien definido (Figura 33). Ambos tipos de planta incrementaron significativamente su tasa de degradación de 1993 a 1995.

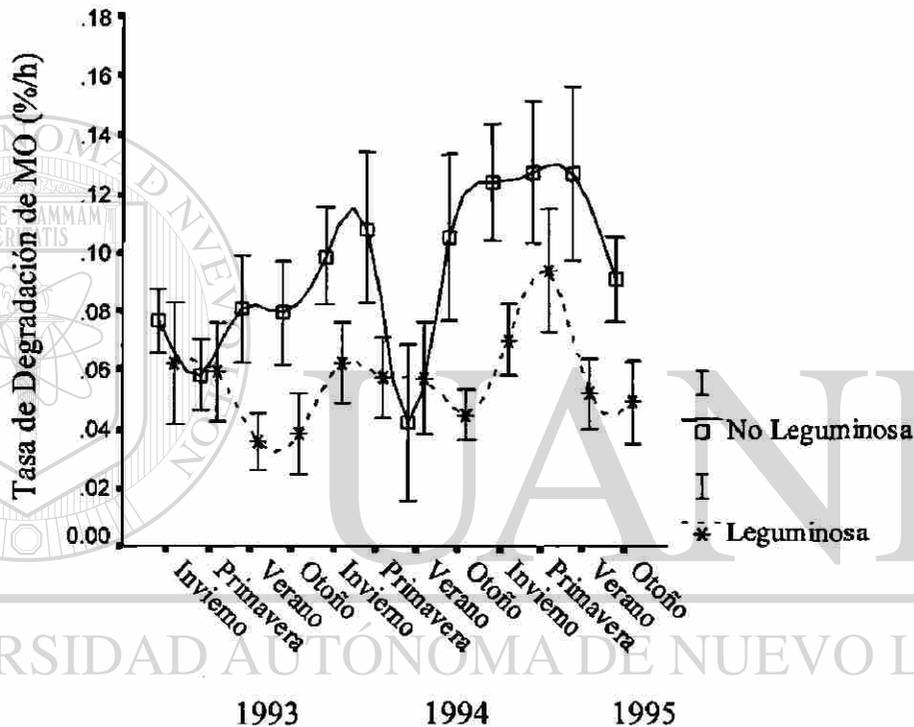


Figura 37. Tasa estacional de degradación (kd) de la de materia orgánica (\pm EE) en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

4.3.1.4 Degradabilidad efectiva de la materia orgánica.

Cercidium floridum (69.2 ± 5.6), *Opuntia cholla* (66.8 ± 3.5) tuvieron un promedio similar al heno de alfalfa (66.9 ± 5.5) en degradabilidad efectiva de MO (% de MO), *Pithecellobium confine* (48.9 ± 5.5) y *Turnera diffusa* (43.7 ± 13.1) fueron las de menor degradabilidad efectiva, *Lippia palmeri* (47.7 ± 19.5) fue la más variable a lo largo de las estaciones de muestreo (Figura 34).

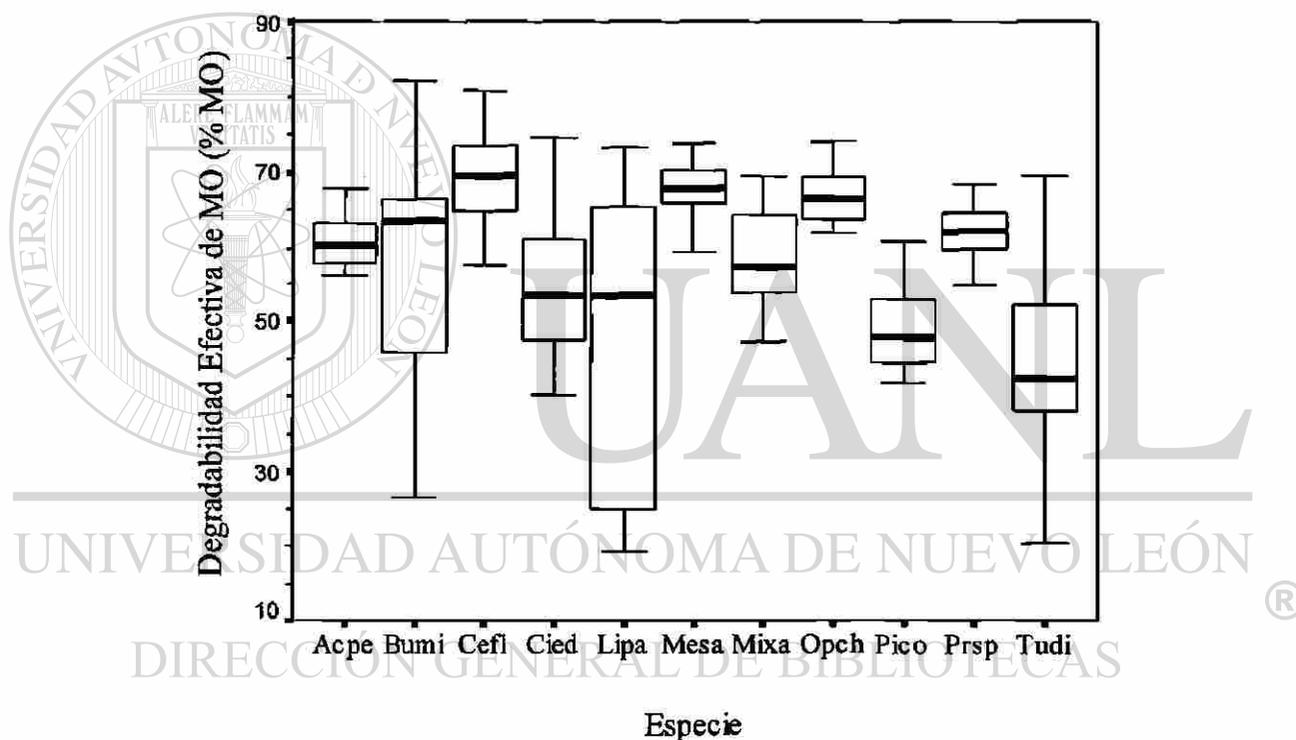


Figura 38. Diagrama de caja para la degradabilidad efectiva de la materia orgánica en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

Algunas especies de plantas tuvieron una reducción en la degradabilidad efectiva de la MO durante la Primavera y el Verano (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri* y *Turnera diffusa*), por lo que las no leguminosas tuvieron efecto de la estación del año, disminuyendo significativamente la degradabilidad efectiva de MO en Primavera y Verano (Tabla 14). Esta disminución fue más consistente para la Primavera en los tres años de estudio (Figura 35). En Primavera la diferencia entre tipos de plantas fue significativa. Ambos tipos de plantas mostraron efecto de año, aunque en las no leguminosas parece haber una relación entre esta variable y la precipitación media anual.

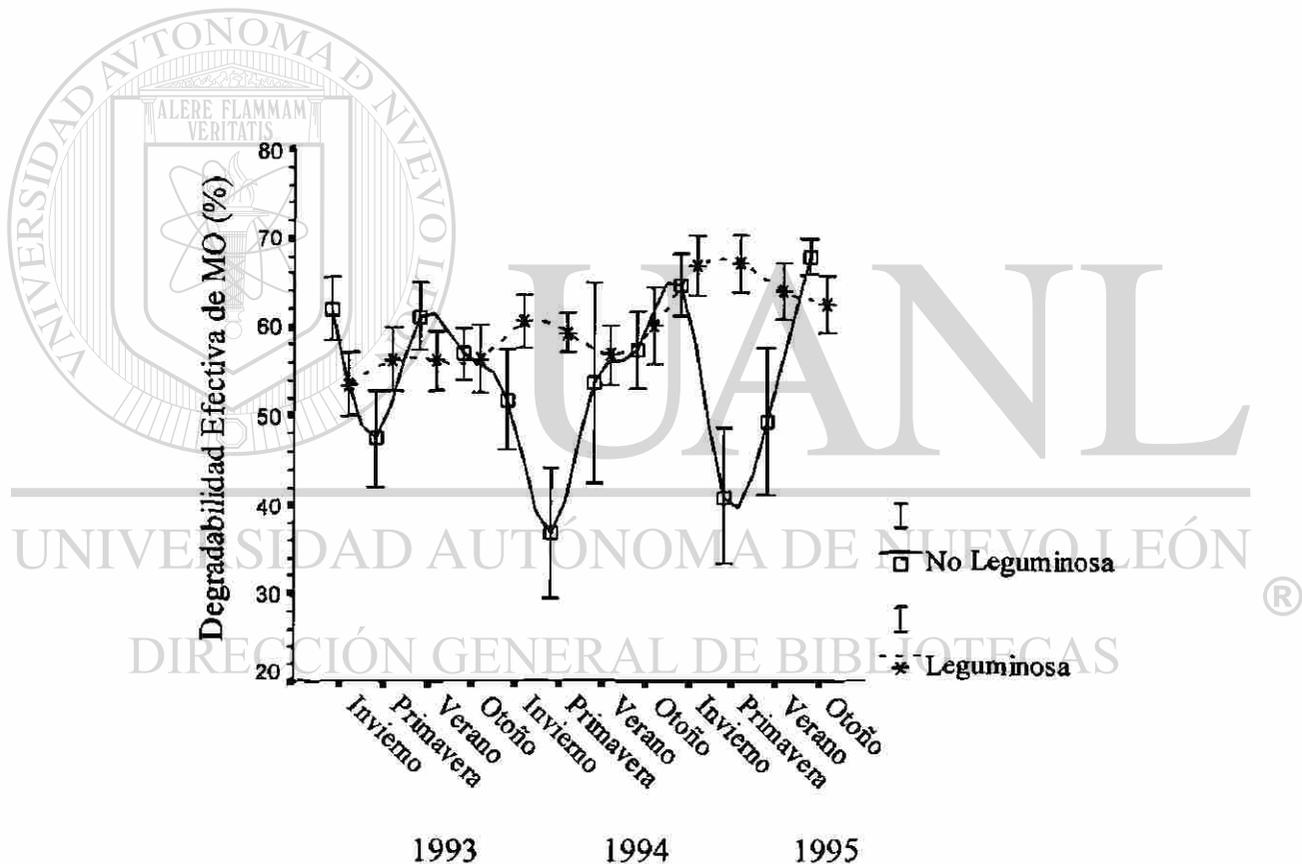


Figura 39. Degradabilidad efectiva estacional (\pm EE) de materia orgánica en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis* sp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

4.3.2 Degradabilidad Ruminal de la Proteína Cruda

De los efectos principales, el año de estudio parece ser más determinante de las fracciones soluble y degradable y degradabilidad efectiva de la proteína cruda, mientras que el tipo de planta determinó en mayor medida la tasa de degradación. La interacción año x estación fue más significativa sobre las fracciones soluble y degradable que cualquier otra interacción, sin embargo, de las interacciones, la interacción estación x tipo de planta fue más significativa sobre DEPC (Tabla 15).

Tabla 15

Valor de F y significancia para el modelo usado para analizar estadísticamente los parámetros de degradabilidad y degradabilidad efectiva (DEPC) de la proteína en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México.

Efecto	Fracción Soluble (% PC)	Fracción Degradable (% PC)	Tasa de Degradación (%/h)	DEPC (%)
Año	92.7 ***	33.3 ***	6.6 **	63.5 ***
Estación	14.8 ***	3.7 *	2.3 ns	24.0 ***
Tipo de planta	27.7 ***	6.2 *	12.1 **	28.2 ***
Año x Estación	11.6 ***	14.2 ***	1.2 ns	3.3 **
Año x Tipo de planta	3.7 *	6.2 **	0.7 ns	3.6 *
Estación x Tipo de planta	4.0 **	3.5 *	0.8 ns	9.2 ***
Año x Estación x Tipo de planta	1.4 ns	1.2 ns	2.4 *	2.8 **

*** = P<0.001; ** = P<0.01; * = P<0.05; ns = no significativa.

4.3.2.1 Fracción soluble (fracción a) de proteína cruda

Opuntia cholla (56.9 ± 24.5) y *Prosopis sp.* (63.3 ± 9.4) fueron las especies con media de la fracción a de PC (% de PC) mayor, superando al heno de alfalfa (49.3 ± 11.6). *Opuntia cholla* fue también la especie más variable a través de las estaciones de muestreo (Figura 36).

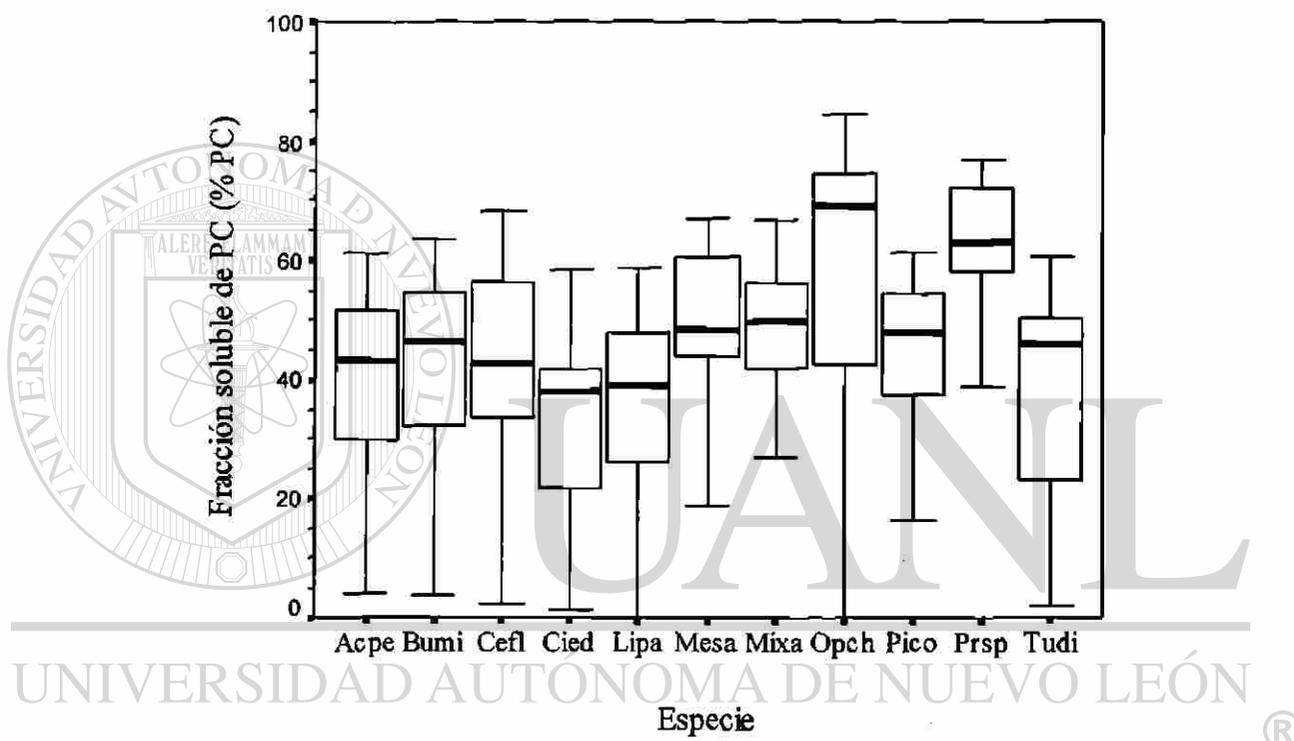


Figura 40. Diagrama de caja para la fracción soluble (a) de la proteína cruda en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

En general, el comportamiento a lo largo de las estaciones de muestreo de la fracción a de PC en leguminosas parece ser similar al de las no leguminosas (Figura 37), sin embargo, existió diferencia entre tipos de plantas durante el Invierno, Primavera y Verano (Tabla 16).

Bursera microphylla redujo la fracción *a* en Primavera; *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa* en el Verano; *Cyrtocarpa edulis* en el Invierno, mientras que *Lippia palmeri* tuvo una mayor fracción *a* durante el Otoño (Tabla 16). En las leguminosas esta fracción se incrementó significativamente en Otoño, mientras que en las no leguminosas, se observó una reducción significativa de esta fracción durante la Primavera y Verano y posteriormente una proporción mayor de esta fracción durante el Otoño, después de la temporada de lluvias. En ambos tipos de plantas, esta fracción fue menor en el año de mayor precipitación pluvial (1993), e incrementó linealmente hasta alcanzar una mayor proporción en 1995.

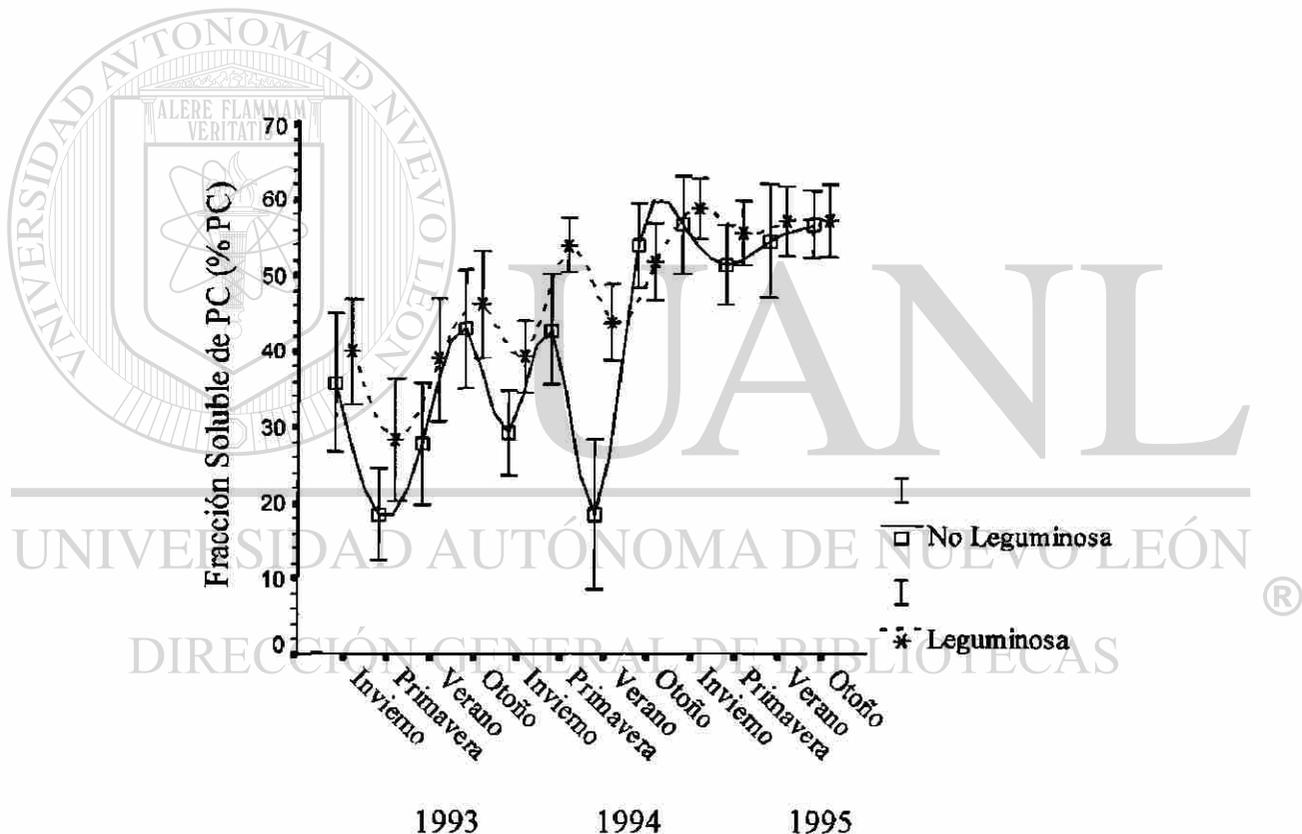


Figura 41. Fracción soluble (*a*) estacional de la de proteína cruda (\pm EE) en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis* sp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

Tabla 16.

Cambios estacionales (media de tres años) y anuales del contenido de fracción soluble de la proteína (fracción *a*, %) y fracción degradable de proteína (fracción *b*, %) en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México durante 1993 a 1995.

Especie	Fracción soluble				Fracción Degradable			
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
<i>Medicago sativa</i>	47.1	46.7	51.2	51.9	43.9	31.7	40.6	43.0
<i>Acacia peninsularis</i>	34.5	40.7	38.8	41.8	50.4	45.7	56.1	42.2
<i>Cercidium floridum</i>	43.6	39.8	38.0	52.2	41.4	52.8	48.5	45.5
<i>Mimosa xantii</i>	48.1	44.0	45.3	50.3	40.2	42.3	28.7	39.4
<i>Pithecellobium confine</i>	42.5	42.9	44.4	47.1	21.7	44.3	31.4	35.1
<i>Prosopis</i> sp.	60.4	61.4	65.7	65.7	30.4	25.9	22.4	23.3
Leguminosas ¹	45.8 ^b	45.7 ^b	46.5 ^b	51.4 ^a	36.8 ^a	42.2 ^a	37.4 ^a	37.1 ^a
<i>Bursera microphylla</i>	44.2	25.9	46.5	48.4	38.3	33.7	29.7	30.1
<i>Cyrtocarpa edulis</i>	21.9	31.2	32.5	43.7	70.9	52.8	60.4	47.3
<i>Lippia palmeri</i>	35.5	32.5	23.8	45.3	45.4	54.3	32.5	40.0
<i>Opuntia cholla</i>	57.8	57.5	42.7	69.6	32.0	34.8	47.4	20.5
<i>Turnera diffusa</i>	42.5	39.5	23.3	47.9	49.8	38.9	49.2	33.0
No Leguminosas ¹	40.4 ^b	37.3 ^{bc}	34.5 ^c	51.0 ^a	47.3 ^a	42.9 ^a	44.6 ^a	34.2 ^b
Efecto: Tipo de Planta								
Contraste	*	***	***	ns	**	ns	*	ns
EE	2.5	2.4	2.9	2.4	3.3	3.1	4.0	2.6
Media Estacional ¹	43.1 ^b	41.5 ^b	40.7 ^b	51.2 ^a	42.0 ^a	42.6 ^a	40.9 ^a	35.6 ^b
Efecto: Año ¹	1993	1994	1995	1993	1994	1995	1993	1994
Leguminosas	38.1 ^c	47.0 ^b	56.9 ^a	47.0 ^a	33.5 ^b	34.7 ^b	47.0 ^a	33.5 ^b
No Leguminosas	31.1 ^c	36.8 ^b	54.6 ^a	51.8 ^a	43.6 ^b	31.3 ^c	51.8 ^a	43.6 ^b
Media Anual	34.6 ^c	42.0 ^b	55.8 ^a	49.4 ^a	38.4 ^b	33.0 ^c	49.4 ^a	38.4 ^b

¹ Medias dentro de hileras para cada variable con diferente superíndice difieren por estación (P<0.05)

² Significancia y error estándar (EE) del Contraste entre tipo de planta por estación.

*** = P<0.001; ** = P<0.01; * = P<0.05; ns = no significativo.

4.3.2.2 Fracción potencialmente degradable (fracción b) de la proteína cruda

Acacia peninsularis (48.6 ± 17.8), *Cercidium floridum* (47.1 ± 16.1), *Cyrtocarpa edulis* (57.9 ± 20.9) y *Lippia palmeri* (44.0 ± 21.7) superaron al heno de alfalfa (39.8 ± 13.5) en la fracción potencialmente degradable de PC (%PC). *Opuntia cholla* (33.7 ± 25.9) y *Prosopis sp.* (25.5 ± 9.7) fueron las especies inferiores y *Turnera diffusa* (42.7 ± 26.5) la de mayor variación (Figura 38).

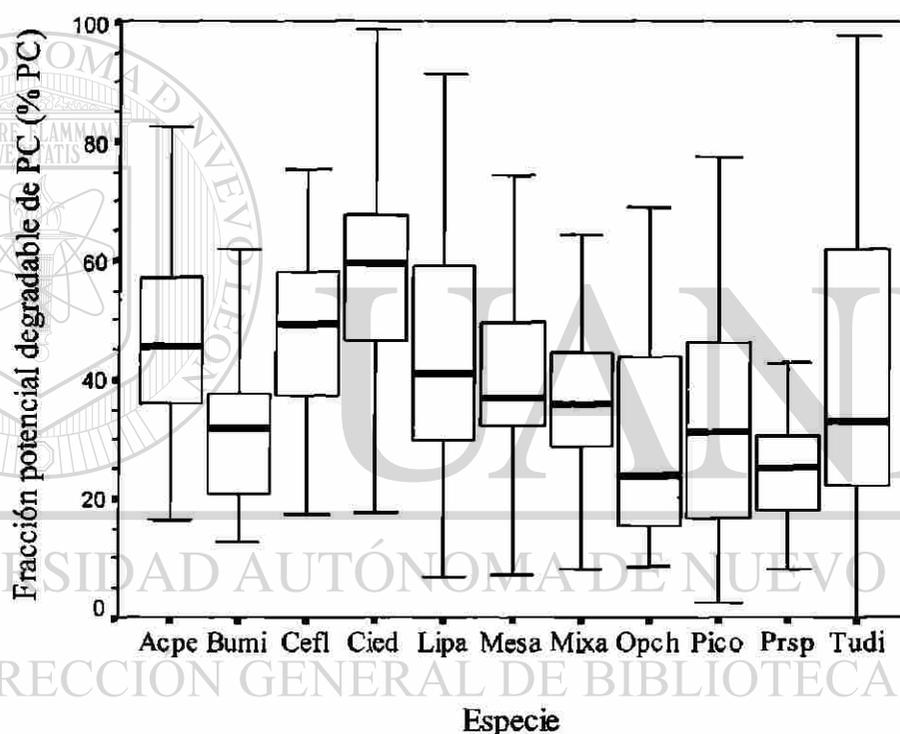


Figura 42. Diagrama de caja para la fracción potencialmente degradable (**b**) de la proteína cruda en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

Tanto las leguminosas (38.4 ± 18.2) como las no leguminosas (42.2 ± 23.9) se comportaron de manera similar a lo largo de las estaciones de muestreo (Figura 39) existiendo diferencias significativas entre estos dos tipos de plantas en Invierno y Verano (Tabla 16). Las no leguminosas tuvieron una menor proporción de esta fracción durante el Otoño, sin embargo en ambos tipos de planta esta fracción fue menor durante 1994 y 1995; los años de menor precipitación pluvial.

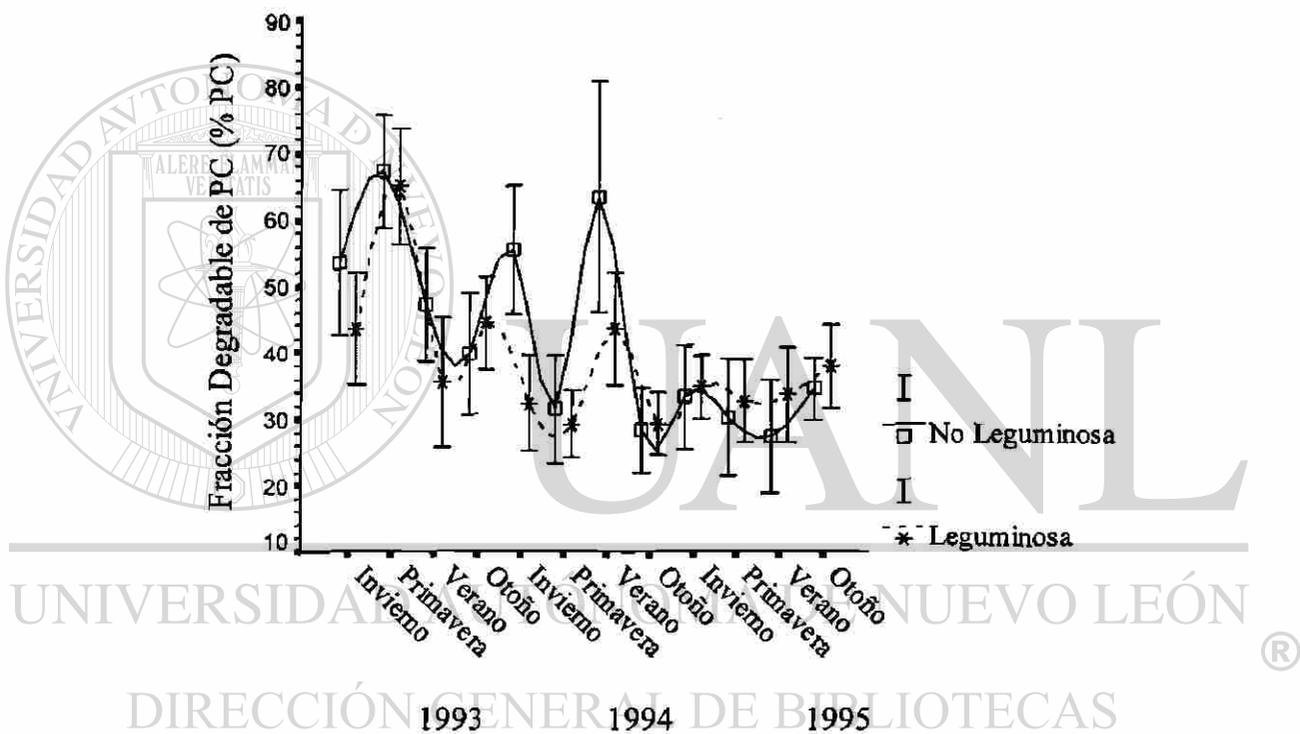


Figura 43. Fracción degradable (b)estacional de la de proteína cruda (\pm EE) en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

4.3.2.3 Tasa de degradación de proteína cruda

La tasa de degradación (%/ h.) de la PC de todas las especies estudiadas fue menor a la del heno de alfalfa (13.6 ± 7.8). *Acacia peninsularis* (3.5 ± 2.2), *Cyrtocarpa edulis* (1.8 ± 2.3), *Mimosa xantii* (3.1 ± 3.1) y *Pithecellobium confine* (4.9 ± 9.2) fueron las especies con menor tasa de degradación de PC promedio a lo largo de las estaciones de muestreo, *Bursera microphylla* (12.8 ± 11.9) y *Turnera diffusa* (9.7 ± 8.1) fueron las de mayor variación (Figura 40).

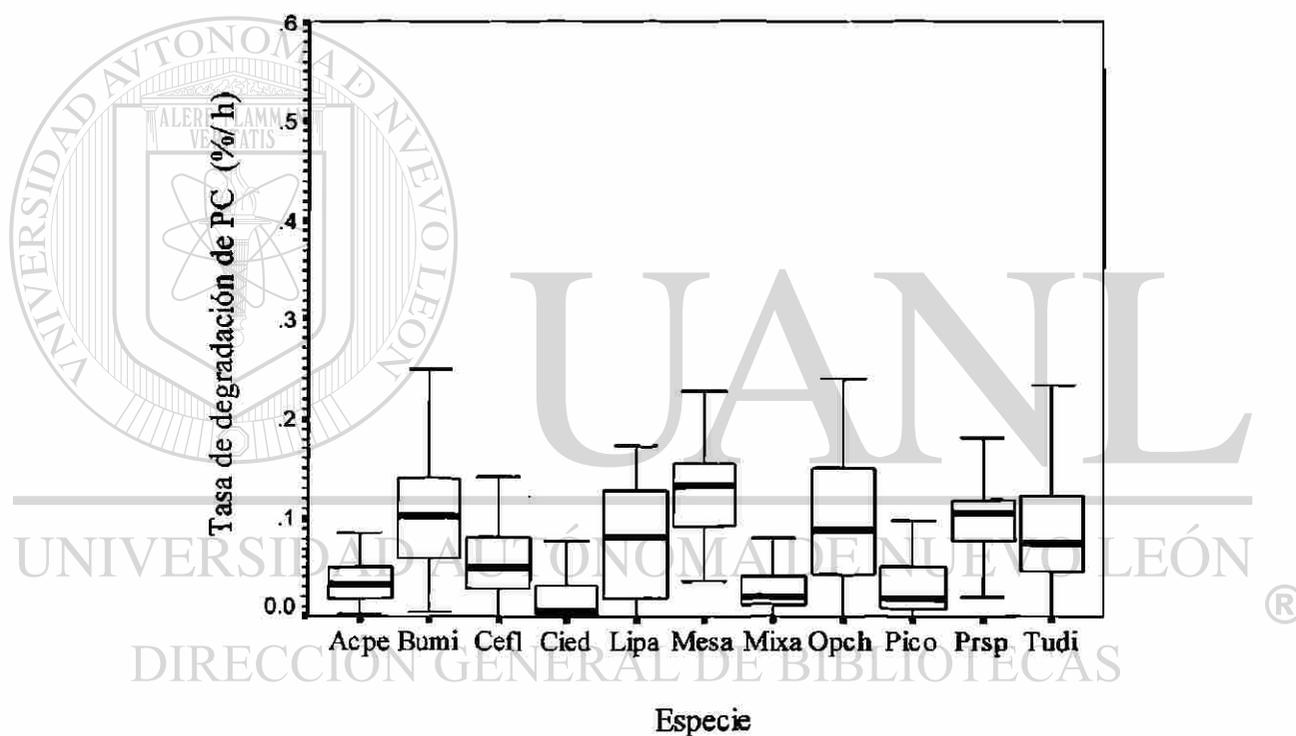


Figura 44. Diagrama de caja para la tasa de degradación (kd) de la proteína cruda en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

La tasa de degradación de PC se comportó de manera diferente en leguminosas (6.0 ± 8.5) y no leguminosas (9.2 ± 11.1) a lo largo de las estaciones de muestreo (Figura 41), sin embargo, las diferencias solo fueron significativas en Otoño (Tabla 17). Las leguminosas tuvieron una mayor tasa de degradación durante el Invierno y una menor durante el Otoño, aunque ambos tipos de planta tuvieron una mayor tasa de degradación durante 1994.

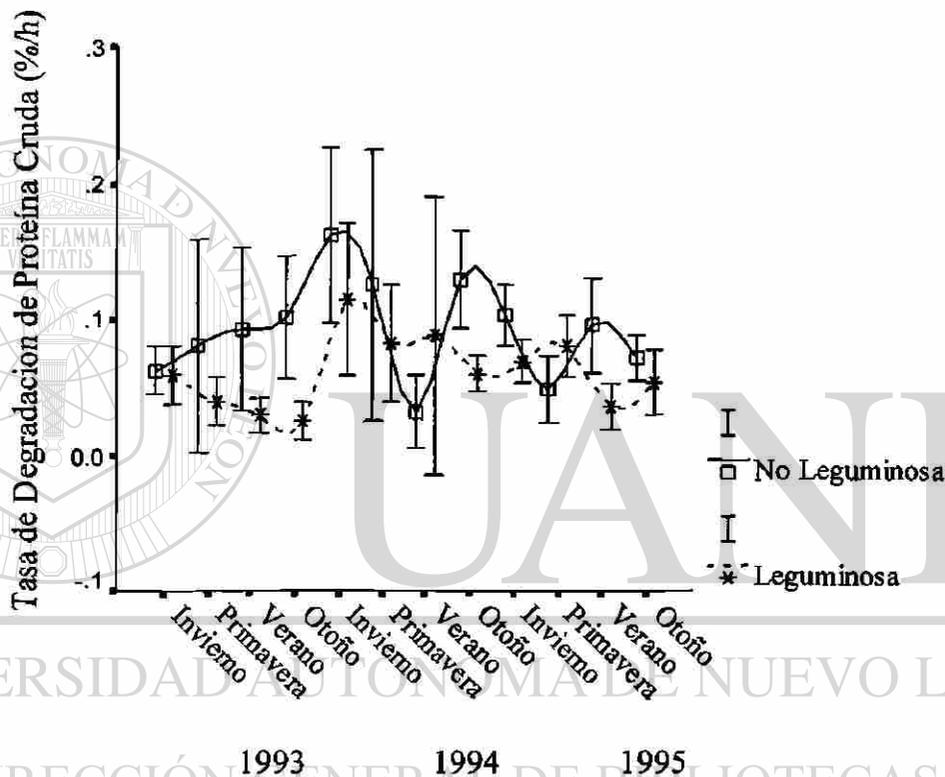


Figura 45. Tasa de degradación (kd) estacional de la de proteína cruda (\pm EE) en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis* sp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

Tabla 17

Cambios estacionales (media de tres años) y anuales de la tasa de degradación ruminal (%/h) y degradabilidad efectiva de la proteína cruda (DEPC, %) en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México, durante 1993 a 1995.

	Tasa de Degradación				DEPC			
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
<i>Medicago sativa</i>	11.3	16.9	14.5	11.7	74.4	64.2	74.0	76.8
<i>Acacia peninsularis</i>	4.2	3.8	2.7	3.4	62.3	63.2	60.6	64.5
<i>Cercidium floridum</i>	6.2	8.0	10.1	5.0	67.7	71.8	55.5	78.0
<i>Mimosa xantii</i>	6.1	2.6	2.1	1.8	64.1	63.1	58.6	65.0
<i>Pithecellobium confine</i>	13.2	3.0	1.7	2.0	55.8	56.3	54.3	57.5
<i>Prosopis</i> sp.	10.4	15.7	8.2	10.1	78.8	75.9	80.0	81.7
Leguminosas ¹	8.0 ^a	6.6 ^{ab}	5.0 ^{ab}	4.5 ^b	65.7 ^{ab}	66.1 ^{ab}	61.8 ^b	69.3 ^a
<i>Bursera microphylla</i>	10.9	12.8	14.2	13.4	66.5	40.7	64.1	66.0
<i>Cyrtocarpa edulis</i>	3.8	0.5	0.2	2.9	57.3	41.3	38.7	60.5
<i>Lippia palmeri</i>	18.9	9.1	10.0	10.4	59.8	44.2	38.8	68.8
<i>Opuntia cholla</i>	13.2	8.4	8.1	8.9	76.1	77.5	58.3	82.1
<i>Turnera diffusa</i>	7.4	11.2	6.0	14.2	71.7	58.2	41.3	66.1
No Leguminosas ¹	10.8 ^a	8.4 ^a	7.5 ^a	9.9 ^a	66.3 ^a	52.4 ^b	48.9 ^b	68.7 ^a
Efecto: tipo de Planta								
Contraste	ns	ns	ns	***	ns	***	**	ns
EE	.02	.02	.02	.01	2.6	3.0	3.7	2.5
Media Estacional ¹	9.4 ^a	7.5 ^{ab}	6.2 ^b	7.2 ^{ab}	66.0 ^a	59.2 ^b	55.6 ^b	69.0 ^a
Efecto: Año ¹	1993	1994	1995		1993	1994	1995	
Leguminosas	3.7 ^b	8.5 ^a	5.8 ^b		56.9 ^c	64.1 ^b	76.1 ^a	
No Leguminosas	8.3 ^{ab}	11.5 ^a	7.8 ^b		54.4 ^b	54.1 ^b	68.9 ^a	
Media Anual	6.0 ^b	10.0 ^a	6.8 ^b		55.7 ^c	59.2 ^b	72.5 ^a	

¹ Medias dentro de hileras para cada variable con diferente superíndice difieren por estación (P<0.05)

² Significancia y error estándar (EE) del Contraste entre tipo de planta por estación.

*** = P<0.001; ** = P<0.01; * = P<0.05; ns = no significativa.

4.3.2.4 Degradabilidad efectiva de la proteína cruda

Opuntia cholla (73.5 ± 19.2), *Prosopis sp.* (79.1 ± 5.8) y *Cercidium floridum* (68.3 ± 15.9) tuvieron valores promedio similar al heno de alfalfa (72.3 ± 9.0) en degradabilidad de PC (% de la PC) a una tasa de pasaje de 2 %/h (Figura 42). *Cyrtocarpa edulis* (49.5 ± 15.1) y *Lippia palmeri* (54.2 ± 16.1) tuvieron la degradabilidad efectiva de PC más baja, *Lippia palmeri* también fue la especie de mayor rango de variación.

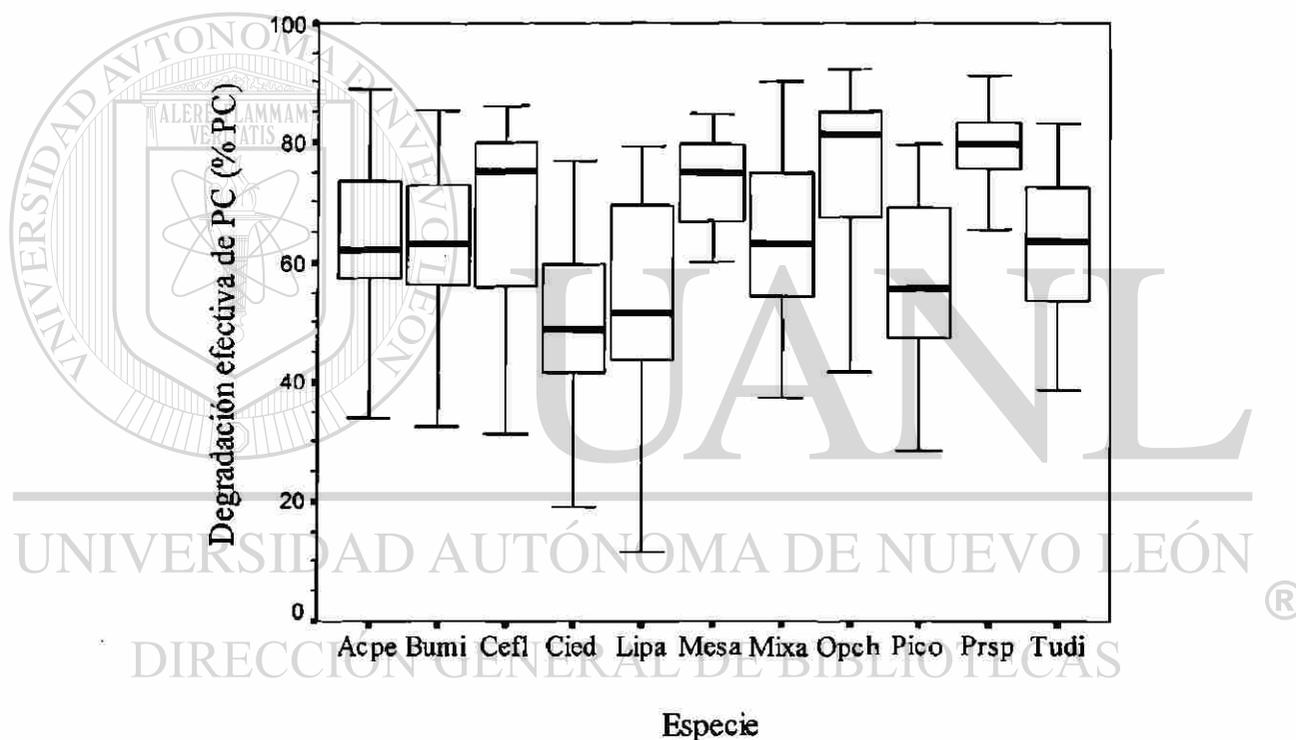


Figura 46. Diagrama de caja para la degradabilidad efectiva de la proteína cruda calculada a una tasa de pasaje $kp = 2\%/h$ en heno de alfalfa (Mesa), cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

Prosopis sp. mostró una ligera reducción de la degradabilidad efectiva en la Primavera, en cambio *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Cercidium floridum*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa* mostraron una disminución de la degradabilidad efectiva mucho mayor en magnitud durante la Primavera y también el Verano (Tabla 17). Las diferencias entre leguminosas y no leguminosas fueron significativas únicamente en Primavera y Verano. Las leguminosas parecen ser mas afectadas por el año de estudio que por la estación (Figura 43). En leguminosas, el efecto del año es mayor en magnitud que el efecto de la estación, mientras que en las no leguminosas, la degradabilidad efectiva de la PC se ve afectada tanto por el año como por la estación, reduciendo la degradabilidad efectiva de la PC en Primavera y Verano (Tabla 17).

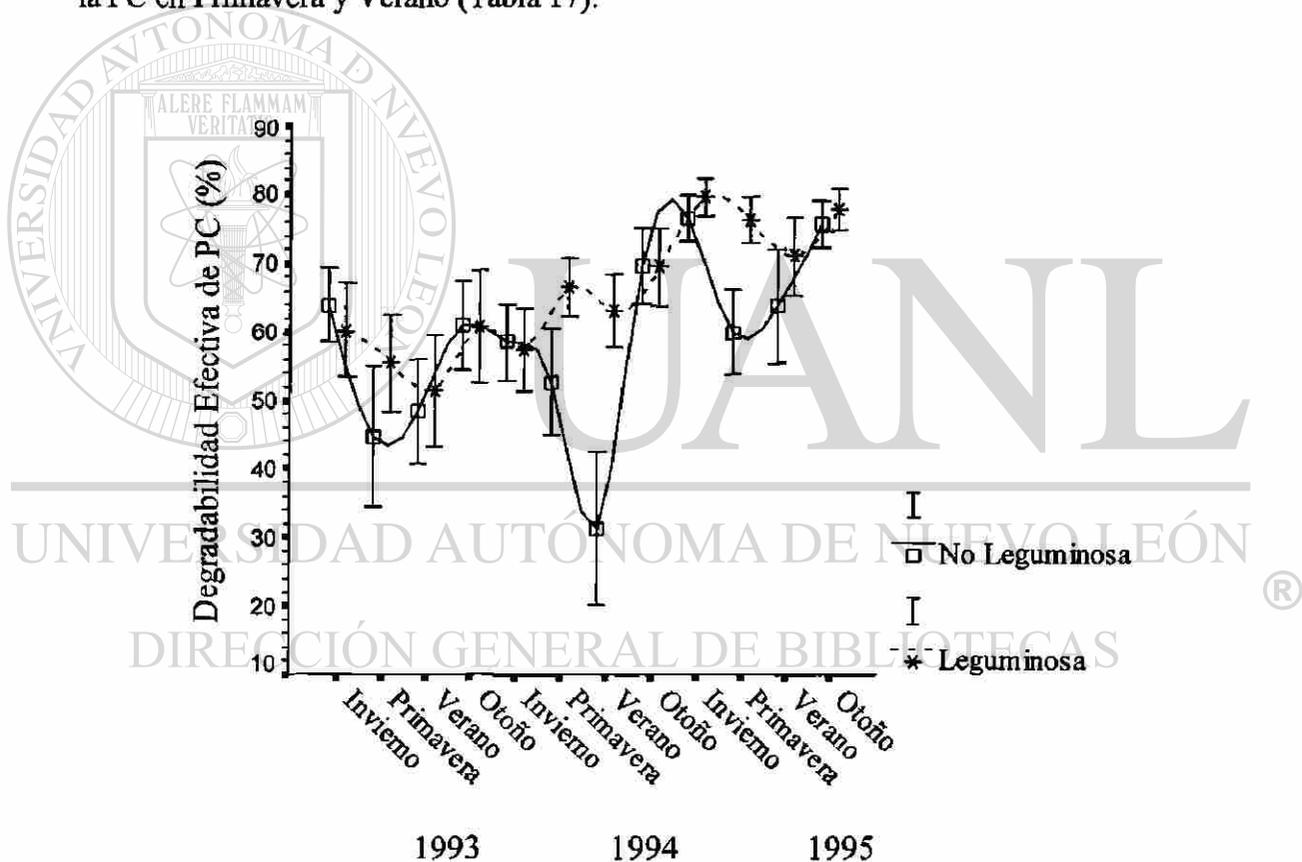


Figura 47. Degradabilidad efectiva estacional de la proteína cruda calculada a una tasa de pasaje $kp = 2\%/h$ (\pm EE) en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp.*) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

4.4 Contenido de Minerales

El año fue el principal factor que afectó la concentración de Ca, P, Mg, Mn, Cu y Zn. La estación afectó principalmente la concentración de K y fue el segundo factor en importancia que afectó el Ca, P, Na, Fe y Zn. El tipo de planta fue también importante en determinar las concentraciones de Na y Fe. Las interacciones fueron de menor importancia en determinar la concentración mineral, la interacción año x estación fue significativa para el Ca, P y Zn, y la interacción año x estación x tipo de planta fue significativa para el P y Mn (Tabla 18).

4.4.1 Macrominerales

4.4.1.1 Calcio

Opuntia cholla (45.9 ± 9.7) presentó una mayor concentración de Ca ($\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$) que el resto de las especies estudiadas. *Cercidium floridum* (39.2 ± 22.2) fue la especie con el rango más amplio de concentración de Ca. *Bursera microphylla* (17.9 ± 4.5), *Mimosa xantii* (19.3 ± 9.3), *Prosopis sp.* (18.5 ± 6.1) y *Turnera diffusa* (19.9 ± 7.9) fueron las especies con contenido menor de Ca (Figura 44).

La concentración de Ca fue similar entre leguminosas (24.9 ± 14.3) y no leguminosas (26.2 ± 13.3) a través de las estaciones de muestreo (Figura 45), no existiendo diferencia significativa entre tipo de planta (Tabla 19). Ambos tipos de planta tuvieron una reducción del contenido de Ca en Primavera y Verano, pero solo las leguminosas manifestaron efecto del año de estudio, sin embargo, el comportamiento dentro de ambos tipos de planta fue muy variable (Tabla 19), mientras que *Acacia peninsularis*, *Pithecellobium confine* y *Opuntia cholla* no tuvieron variación estacional, algunas redujeron su concentración de Ca en Invierno (*Prosopis sp.*), otras en Primavera (*Turnera diffusa*, *Bursera microphylla* y *Lippia palmeri*) y en Verano (*Bursera microphylla*, *Lippia palmeri*, *Cercidium floridum*, *Cyrtocarpa edulis* y *Mimosa xantii*).

Tabla 18.

Valor de F y significancia para el modelo usado para analizar estadísticamente el contenido de minerales en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México.

<i>Variable</i>	<i>Año</i>	<i>Estación</i>	<i>Tipo de planta</i>	<i>Año x Estación</i>	<i>Año x Tipo de planta</i>	<i>Estación x Tipo de planta</i>	<i>Año x Estación x Tipo de planta</i>
Ca	8.3 ***	5.7 **	0.9 ns	3.4 **	2.6 ns	0.4 ns	1.2 ns
P	118.6 ***	6.3 ***	0.2 ns	5.3 ***	1.4 ns	1.1 ns	4.3 ***
Mg	19.7 ***	0.6 ns	0.9 ns	0.8 ns	5.1 **	1.0 ns	0.4 ns
Na	8.6 ***	14.3 ***	63.2 ***	3.0 **	0.9 ns	3.5 *	0.9 ns
K	5.5 **	10.7 ***	3.0 ns	1.4 ns	1.1 ns	0.3 ns	1.0 ns
Mn	109.9 ***	1.1 ns	24.4 ***	1.2 ns	1.1 ns	0.6 ns	4.9 ***
Cu	99.1 ***	5.1 **	17.1 ***	2.5 *	6.1 **	0.6 ns	1.6 ns
Fe	1.7 ns	11.6 ***	14.9 ***	3.2 **	0.1 ns	4.7 **	2.7 *
Zn	93.2 ***	7.8 ***	1.1 ns	6.2 ***	1.2 ns	0.5 ns	2.7 *

*** = P<0.001; ** = P<0.01; * = P<0.05; ns = no significativa

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN[®]
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

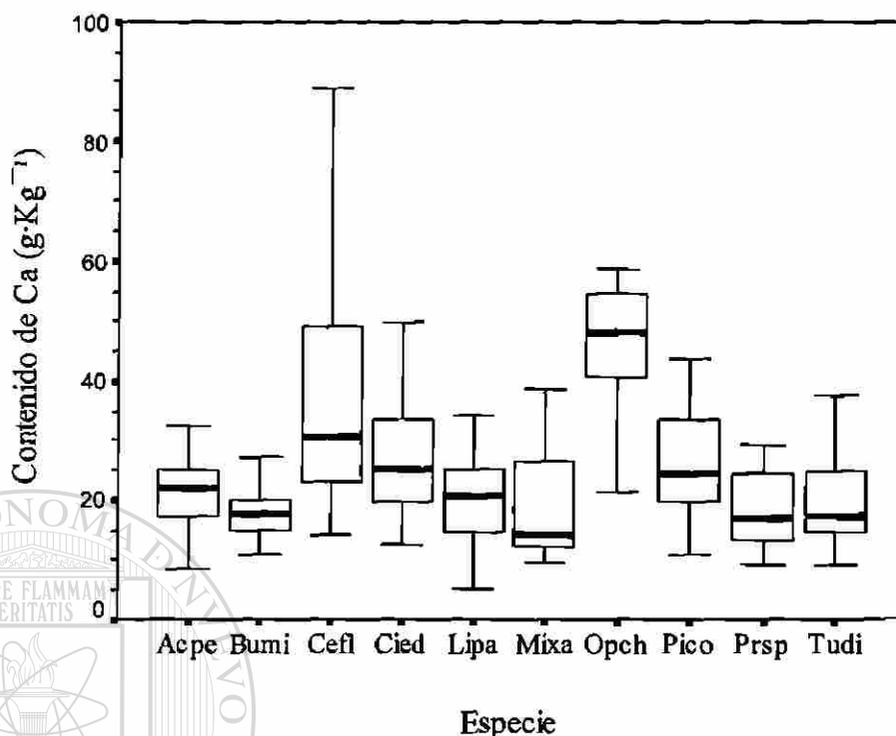


Figura 48. Diagrama de caja para el contenido de calcio en cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

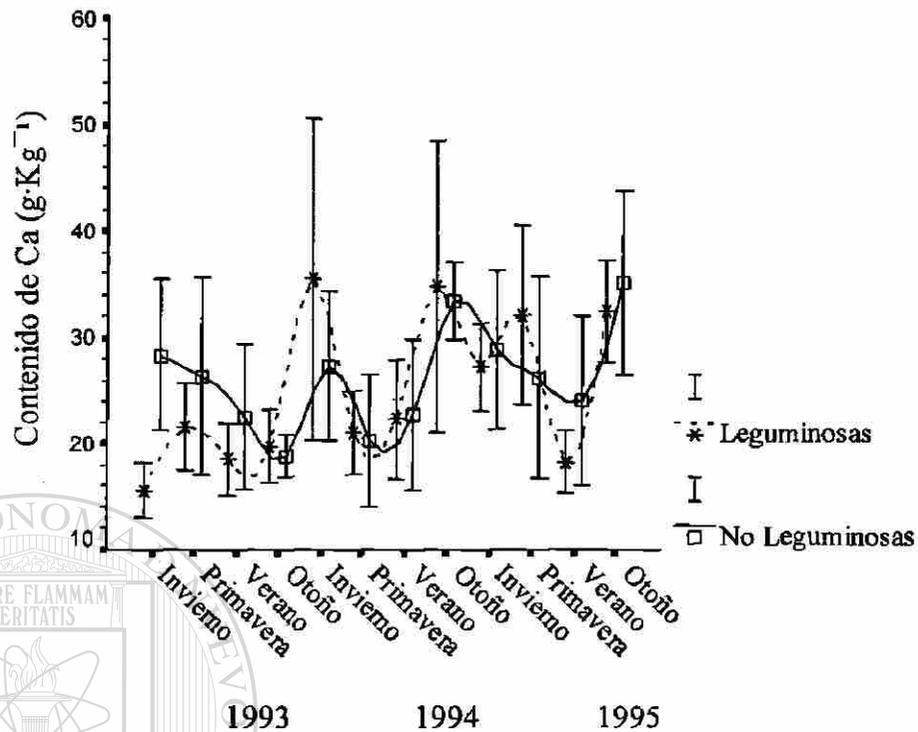


Figura 49. Contenido estacional de calcio (\pm EE) en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis* sp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN[®]
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tabla 19.

Cambios estacionales (media de tres años) y anuales del contenido de Ca y P ($\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$) en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México, durante 1993 a 1995.

Especie	Ca				P			
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
<i>Acacia peninsularis</i>	20.8	19.6	22.7	21.8	2.4	1.6	1.9	2.4
<i>Cercidium floridum</i>	48.7	35.2	21.5	51.6	1.9	2.3	2.1	2.0
<i>Mimosa xantii</i>	24.9	18.6	12.4	21.4	1.8	1.7	2.9	1.9
<i>Pithecellobium confine</i>	21.3	33.2	23.0	26.7	1.4	1.2	1.3	1.3
<i>Prosopis</i> sp.	14.3	17.7	18.9	23.2	2.3	2.1	2.0	1.7
Leguminosas ¹	26.0 ^a	24.8 ^{ab}	19.7 ^b	29.0 ^a	1.9 ^{ab}	1.8 ^b	2.0 ^a	1.9 ^{ab}
<i>Bursera microphylla</i>	18.2	15.0	15.8	22.7	1.9	1.6	2.9	2.0
<i>Cyrtocarpa edulis</i>	28.0	27.4	18.8	33.8	1.8	2.4	2.6	2.3
<i>Lippia palmeri</i>	24.2	13.9	12.9	24.7	2.7	1.7	2.5	2.3
<i>Opuntia cholla</i>	47.9	50.1	44.6	41.2	1.6	1.2	2.2	1.2
<i>Turnera difidusa</i>	22.3	14.8	19.9	22.7	1.5	1.4	1.4	1.5
No Leguminosas ¹	28.1 ^{ab}	24.2 ^b	23.1 ^b	29.0 ^a	1.9 ^b	1.7 ^b	2.3 ^a	1.9 ^b
Efecto: Tipo de Planta								
Contraste	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
EE	3.3	2.8	2.2	3.0	.17	.17	.22	.18
Media Estacional ¹	27.1 ^{ab}	24.5 ^{bc}	21.3 ^c	29.0 ^a	1.9 ^b	1.7 ^b	2.2 ^a	1.9 ^b
Efecto: Año	1993	1994	1995	1993	1994	1995		
Leguminosas	18.9 ^b	28.3 ^a	27.4 ^a	2.6 ^a	1.7 ^b	1.4 ^c		
No Leguminosas	24.0 ^a	26.1 ^a	28.5 ^a	2.8 ^a	1.6 ^b	1.5 ^b		
Media Anual	21.4 ^b	27.2 ^a	28.0 ^a	2.7 ^a	1.7 ^b	1.5 ^c		

¹ Medias dentro de hileras para cada variable con diferente superíndice difieren por estación ($P < 0.05$)

² Significancia y error estándar (EE) del Contraste entre tipo de planta por estación.

*** = $P < 0.001$; ** = $P < 0.01$; * = $P < 0.05$; ns = no significativa.

4.4.1.2 Fósforo

Todas las especies tuvieron valores medios y rangos de variación muy similares, *Pithecellobium confine* (1.3 ± 0.6 g/kg) *Opuntia cholla* (1.5 ± 0.8) y *Turnera diffusa* (1.4 ± 0.7) fueron las especies con menos contenido de P (Figura 46).

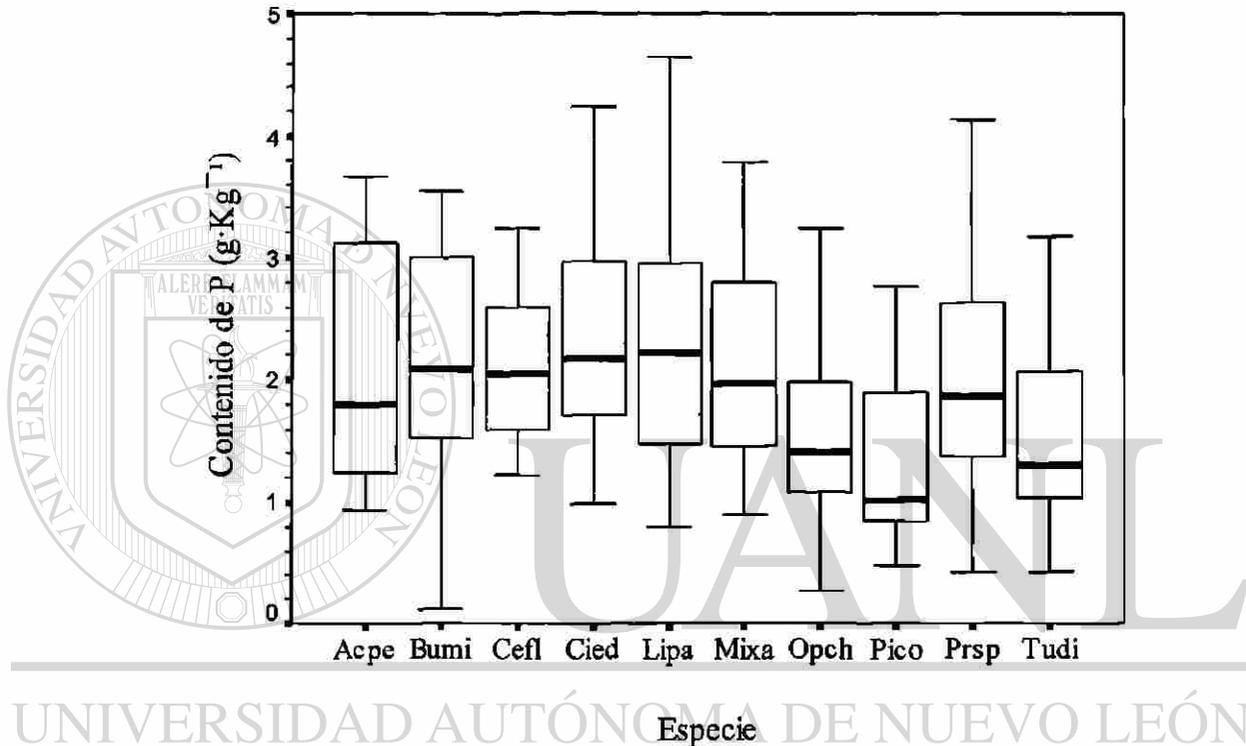


Figura 50. Diagrama de caja para el contenido de fósforo en cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

El contenido de P en leguminosas (1.9 ± 0.8) y no leguminosas (1.9 ± 0.9) tuvo un comportamiento muy similar (Figura 47), sin diferencias significativas entre tipo de plantas (Tabla 19). Ambos tipos de planta incrementaron la concentración de P en el Verano. En 1993 ambos tipos de planta presentaron el mayor contenido de P, pero disminuyó significativamente en 1994 y 1995.

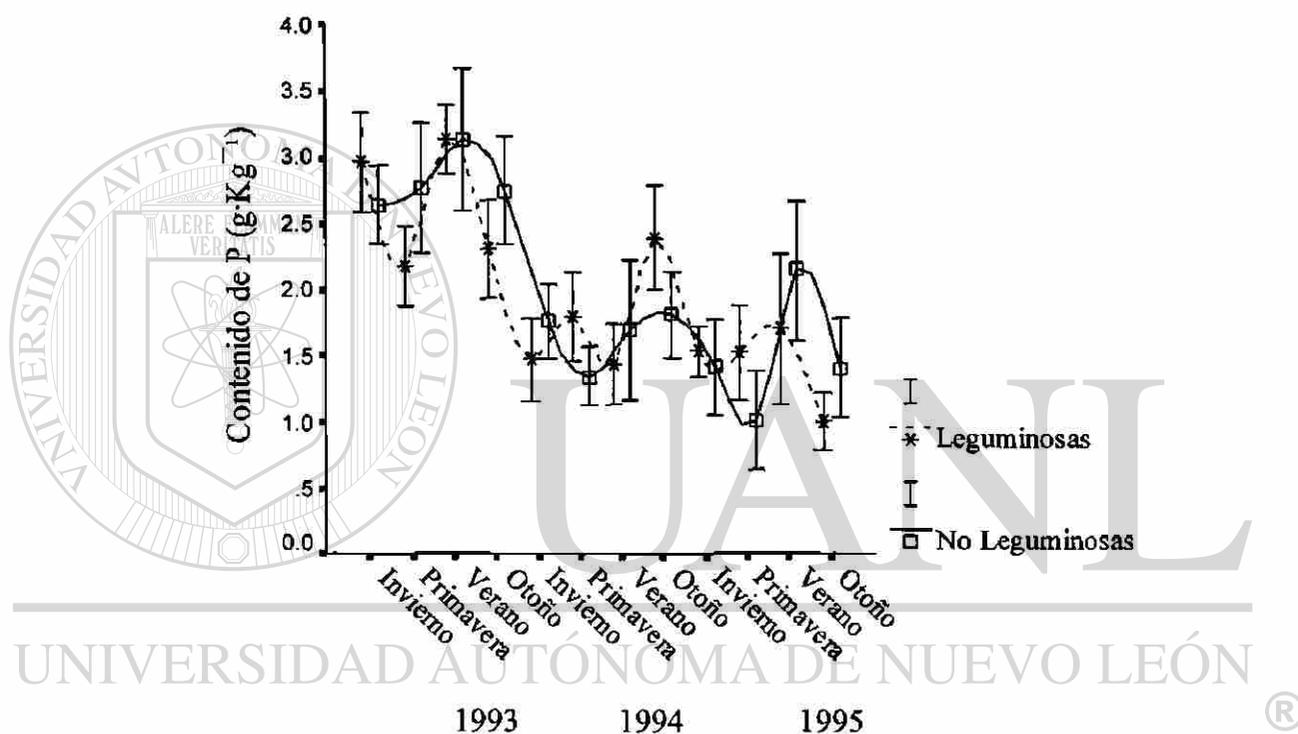


Figura 51. Contenido estacional de fósforo (\pm EE) en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis* sp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

4.4.1.3 Magnesio

Opuntia cholla (9.1 ± 5.4) fue la especie con mayor contenido de Mg que el resto de las especies y también fue la especie con mayor rango de variación (Figura 48). Las diferencias entre especies fueron significativas en todas las estaciones (Tabla 20). Las especies individuales de plantas se comportaron de manera diferente, *Acacia peninsularis* incrementó el contenido de Mg en Primavera, *Opuntia cholla* en el Verano, pero *Bursera microphylla* y *Turnera diffusa* redujeron su contenido de Mg en Primavera.

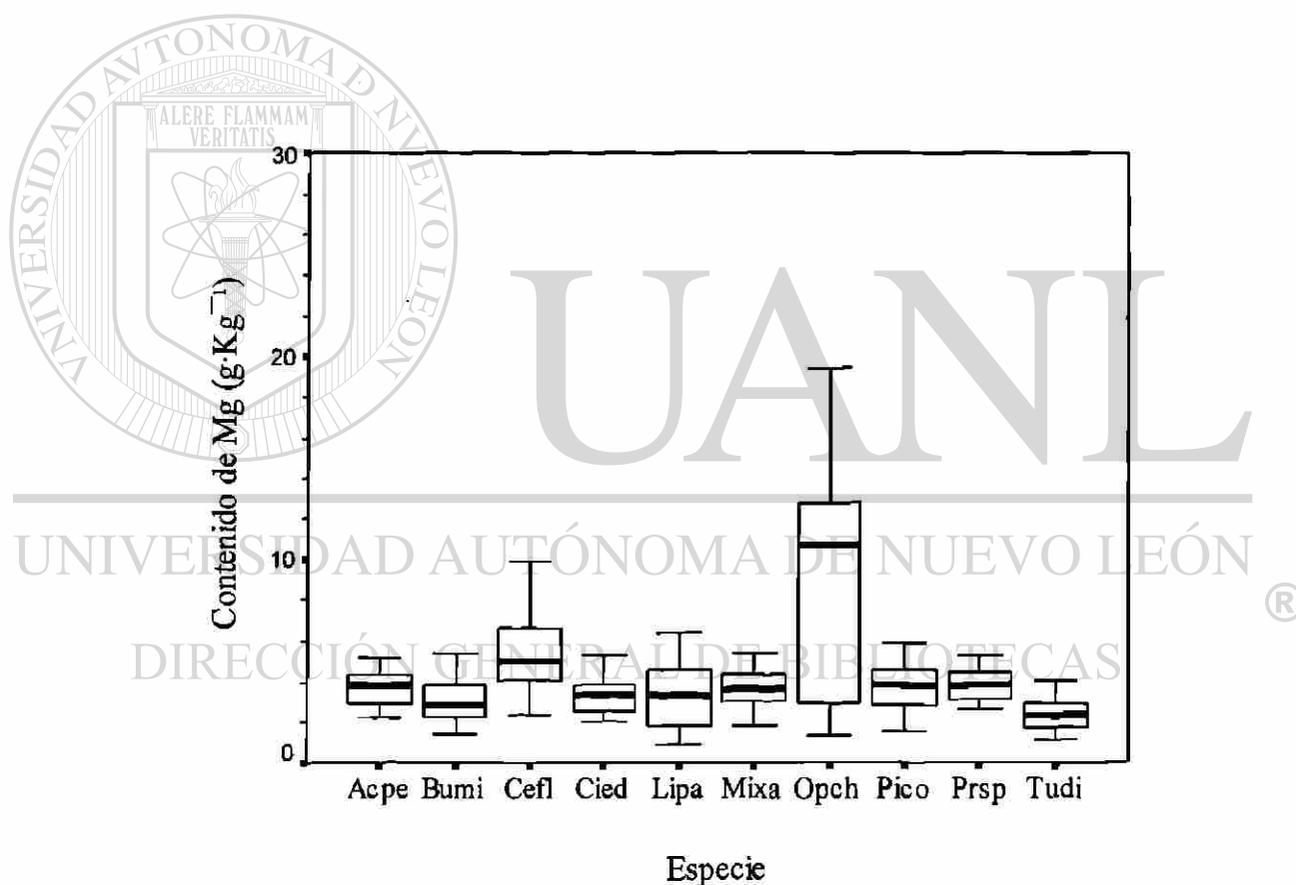


Figura 52. Diagrama de caja para el contenido de magnesio en cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

Tabla 20

Cambios estacionales (media de tres años) y anuales del contenido de Mg y Na ($\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$) en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México, durante 1993 a 1995.

Especie	Mg				Na			
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
<i>Acacia peninsularis</i>	3.1	4.5	3.7	3.4	0.4	0.8	.5	.5
<i>Cercidium floridum</i>	5.2	5.5	5.6	5.2	1.0	1.3	.7	.8
<i>Mimosa xantii</i>	3.6	4.2	3.1	3.7	.3	.7	.8	.7
<i>Pithecellobium confine</i>	3.3	3.5	3.7	4.0	.6	1.0	.6	.6
<i>Prosopis</i> sp.	3.6	4.1	4.0	3.5	.3	.7	.6	.3
Leguminosas ¹	3.8 ^b	4.4 ^a	4.0 ^{ab}	4.0 ^{ab}	.5 ^b	.9 ^a	.6 ^b	.6 ^b
<i>Bursera microphylla</i>	2.9	2.1	3.3	3.6	2.1	3.2	1.2	1.8
<i>Cyrtocarpa edulis</i>	3.0	3.9	3.1	3.2	1.4	1.9	.9	1.0
<i>Lippia palmeri</i>	3.6	2.5	3.1	3.8	1.4	1.4	1.0	1.0
<i>Opuntia cholla</i>	8.2	9.3	12.0	7.1	.3	.4	.2	.2
<i>Turnera diffusa</i>	2.7	1.6	2.2	3.0	.9	1.0	.8	.8
No Leguminosas ¹	4.1 ^a	3.9 ^a	4.9 ^a	4.1 ^a	1.2 ^b	1.6 ^a	.8 ^c	1.0 ^{bc}
Efecto: Tipo de Planta ²								
Contraste	ns	ns	ns	ns	***	***	**	***
EE	.4	.6	.7	.4	.1	.1	.1	.1
Media Estacional ¹	3.9 ^a	4.1 ^a	4.4 ^a	4.0 ^a	0.9 ^b	1.2 ^a	0.7 ^b	0.8 ^b
Efecto: Año	1993	1994	1995		1993	1994	1995	
Leguminosas	4.3 ^a	4.4 ^a	3.4 ^b		.6 ^b	.8 ^a	.6 ^b	
No Leguminosas	5.4 ^a	4.9 ^a	2.5 ^b		.9 ^b	1.3 ^a	1.2 ^{ab}	
Media Anual	4.8 ^a	4.6 ^a	2.9 ^b		.7 ^c	1.1 ^a	.9 ^b	

¹ Medias dentro de hileras para cada variable con diferente superíndice difieren por estación ($P < 0.05$)

² Significancia y error estándar (EE) del Contraste entre tipo de planta por estación.

*** = $P < 0.001$; ** = $P < 0.01$; * = $P < 0.05$; ns = no significativa.

Las especies leguminosas (4.0 ± 1.3) difirieron en comportamiento de las no leguminosas (4.2 ± 3.6), a lo largo de las estaciones de muestreo (Figura 49). Aunque no existieron diferencias entre tipo de planta en ninguna estación (Tabla 20). Las leguminosas mostraron un contenido mas bajo en Invierno, pero ambos tipos de planta presentaron un contenido menor durante 1995.

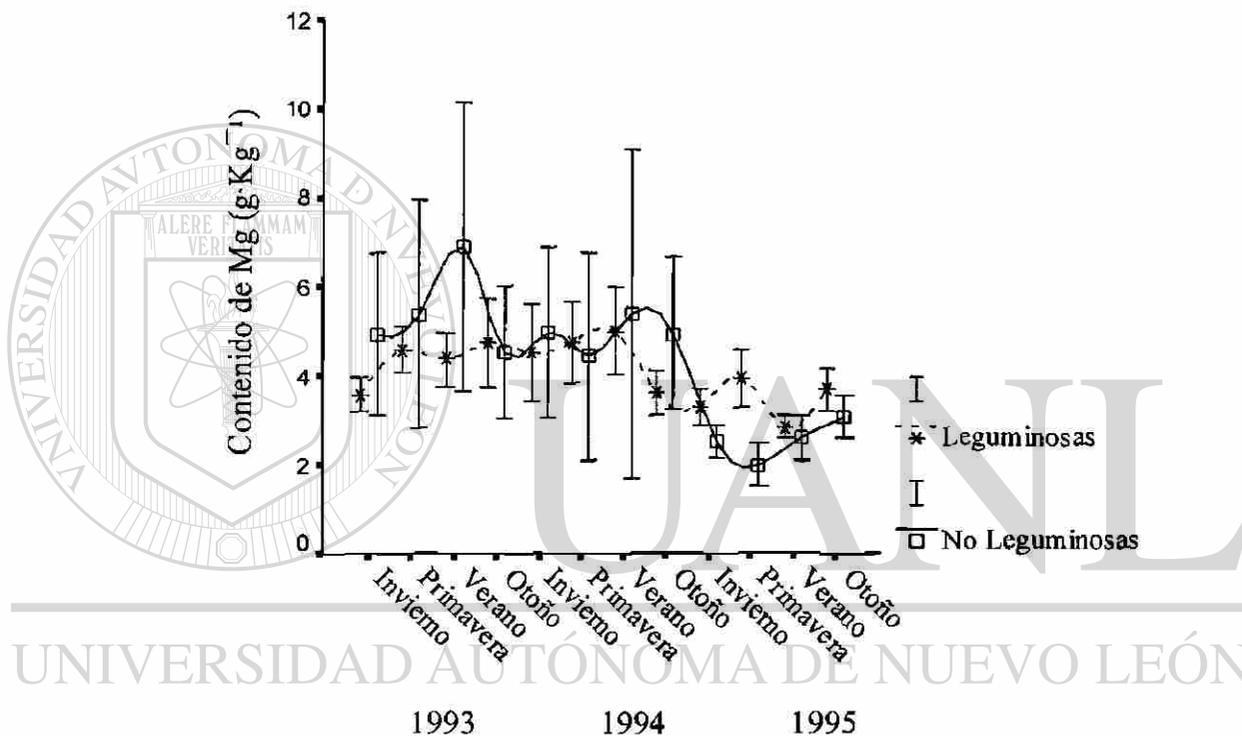


Figura 53. Contenido estacional de magnesio (\pm EE) en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis* sp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

4.4.1.4 Sodio

Bursera microphylla (2.1 ± 0.8) presento un contenido mayor de Na que el resto de las especies, también fue la especie más variable. *Opuntia cholla* (0.2 ± 0.1) fue la especie

con menor contenido de Na (Figura 50). *Acacia peninsularis*, *Bursera microphylla*, *Cercidium floridum*, *Cyrtocarpa edulis*, *Opuntia cholla* y *Pithecellobium confine*, incrementaron su contenido de Na en la Primavera, mientras que *Mimosa xantii* y *Acacia peninsularis* redujeron su contenido de Na en el Invierno y *Bursera microphylla* en el Verano (Tablas 20).

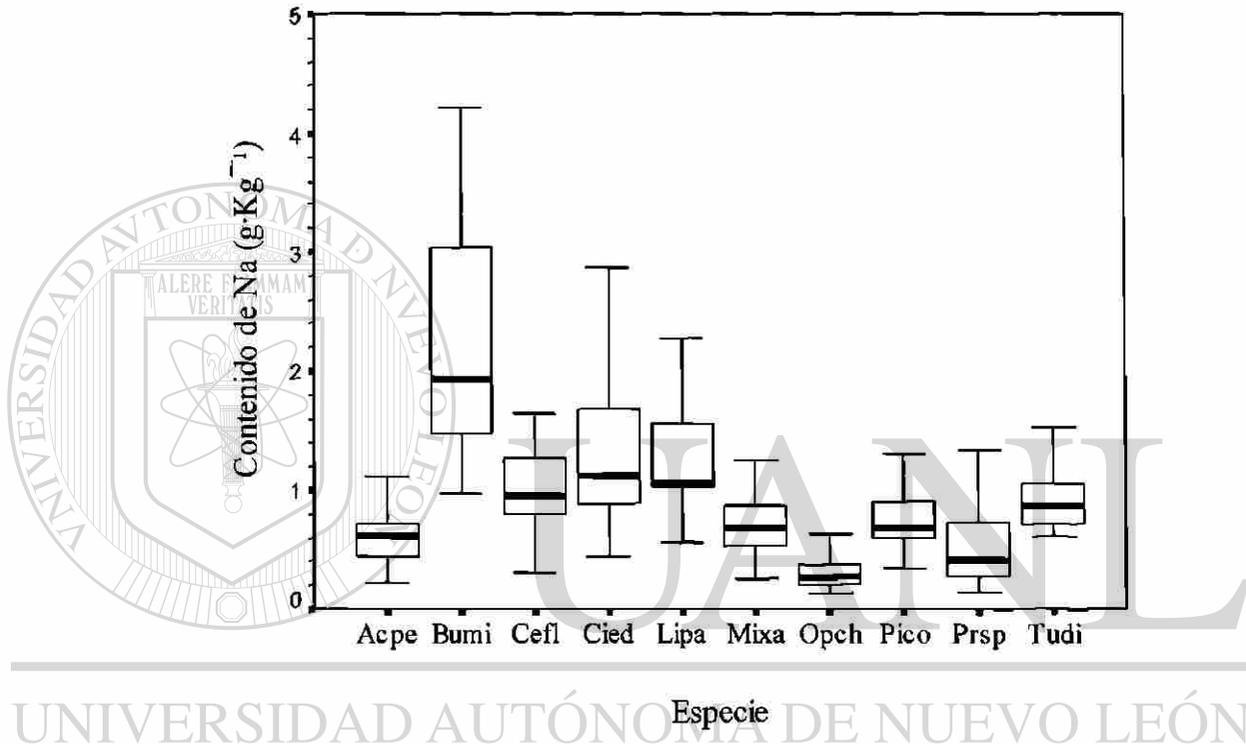


Figura 54. Diagrama de caja para el contenido de sodio en heno de cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

Las no leguminosas (1.2 ± 0.8) mostraron un mayor contenido de Na que las leguminosas (0.7 ± 0.3) en todas las estaciones de muestreo (Tabla 20). Ambos tipos de plantas tuvieron un incremento en el contenido de Na en la Primavera, este comportamiento estacional fue consistente durante los tres años de estudio (Figura 51).

Similarmente, ambos tipos tuvieron también efecto del año, aumentando el contenido de Na en 1994 y 1995, los años más secos.

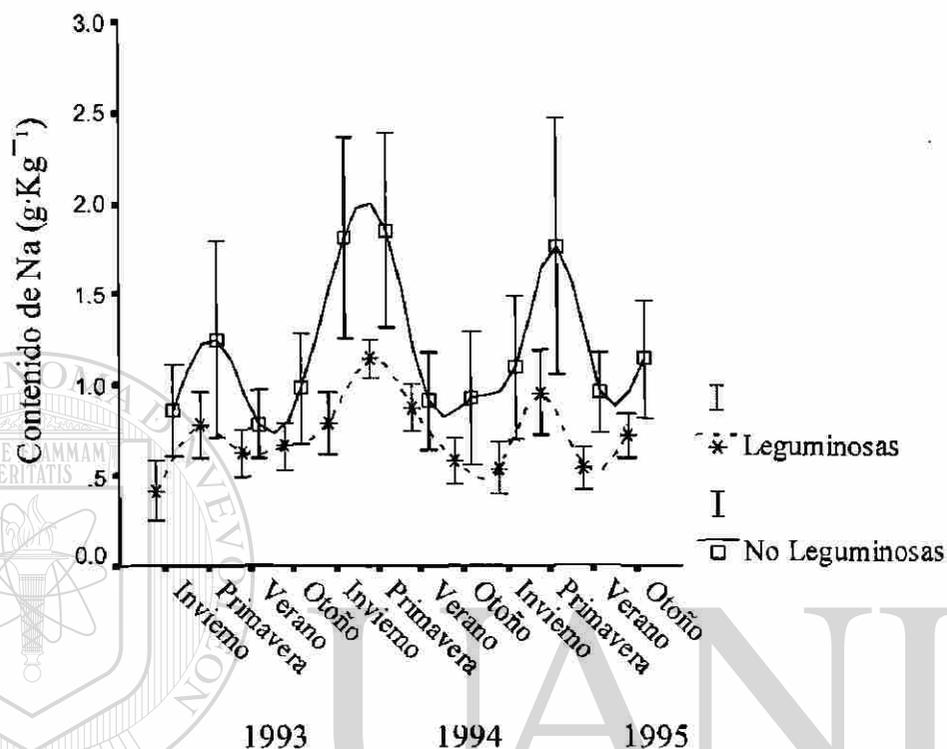


Figura 55. Contenido estacional de sodio (\pm EE) en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis* sp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

4.4.1.5 Potasio

Opuntia cholla (24.9 ± 6.6) mostró un elevado contenido medio de K, el cual fue superior al resto de las especies. *Acacia peninsularis* (9.8 ± 3.3), *Mimosa xantii* (9.3 ± 3.1) y *Turnera diffusa* (6.7 ± 3.3) fueron las más bajas y *Cercidium floridum* (18.9 ± 9.0) fue la especie con rango de variación más grande (Figura 52).

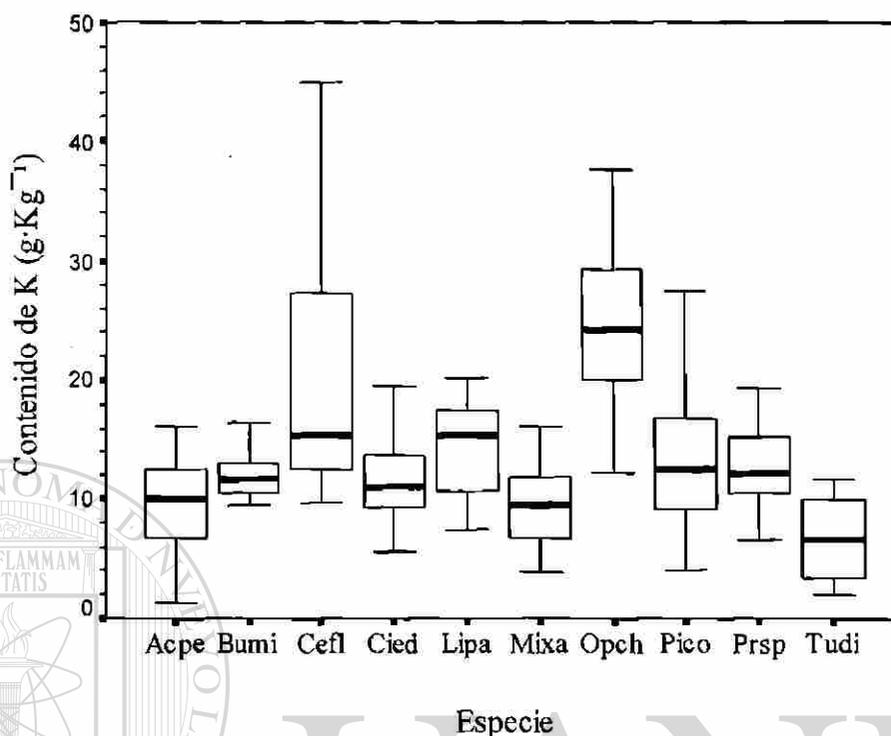


Figura 56. Diagrama de caja para el contenido de potasio en cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

En la Primavera, algunas especies redujeron su contenido de K (*Cercidium floridum*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla*, *Pithecellobium confine* y *Turnera diffusa*), mientras que *Cercidium floridum* redujo su contenido de K también en el Verano. Por el contrario, *Cyrtocarpa edulis* tuvo un incremento en K en el Otoño y *Mimosa xantii* en Invierno (Tabla 21).

Tabla 21.

Cambios estacionales (media de tres años) y anuales del contenido de K ($\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$) y Mn ($\text{mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$) en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México.

Plantas	K				Mn			
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
<i>Acacia peninsularis</i>	10.8	7.5	11.5	9.6	32.9	33.4	34.8	31.7
<i>Cercidium floridum</i>	22.8	12.3	14.4	26.0	47.2	48.3	41.7	49.8
<i>Mimosa xantii</i>	11.7	6.3	10.0	9.1	34.9	33.2	33.4	30.1
<i>Pithecellobium confine</i>	11.8	8.3	18.1	15.7	31.3	37.1	23.5	29.5
<i>Prosopis</i> sp.	13.0	13.4	12.2	12.4	43.0	36.1	60.4	41.4
Leguminosas ¹	14.0 ^a	9.5 ^b	13.3 ^a	14.6 ^a	37.9 ^a	37.6 ^a	38.8 ^a	36.5 ^a
<i>Bursera microphylla</i>	11.7	11.1	12.7	12.7	58.5	70.4	39.3	58.7
<i>Cyrtocarpa edulis</i>	10.4	10.9	10.8	14.7	21.7	29.7	27.2	32.4
<i>Lippia palmeri</i>	15.9	11.4	14.0	16.3	35.5	25.8	53.0	35.4
<i>Opuntia cholla</i>	24.9	18.9	26.2	29.4	76.5	71.3	72.6	38.2
<i>Turnera diffusa</i>	9.3	2.9	7.2	7.4	67.5	46.6	52.4	60.5
No Leguminosas ¹	14.5 ^a	11.0 ^b	14.2 ^a	16.1 ^a	51.9 ^a	48.8 ^a	48.6 ^a	45.0 ^a
Efecto: Tipo de Planta ²								
Contraste	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns
EE	1.2	1.0	1.3	1.8	5.1	5.5	6.2	4.3
Media Estacional ¹	14.2 ^{ab}	10.3 ^c	13.7 ^b	15.3 ^a	44.9 ^a	43.2 ^a	43.5 ^a	40.8 ^a
Efecto: Año	1993	1994	1995		1993	1994	1995	
Leguminosas	11.0 ^b	13.0 ^{ab}	14.6 ^a		54.8 ^a	17.7 ^c	40.6 ^b	
No Leguminosas	13.2 ^a	13.2 ^a	15.5 ^a		68.8 ^a	29.6 ^c	46.4 ^b	
Media Anual	12.1 ^b	13.1 ^b	15.0 ^a		61.8 ^a	23.5 ^c	43.5 ^b	

¹ Medias dentro de hileras para cada variable con diferente superíndice difieren por estación ($P < 0.05$)

² Significancia y error estándar (EE) del Contraste entre tipo de planta por estación.

*** = $P < 0.001$; ** = $P < 0.01$; * = $P < 0.05$; ns = no significativa.

Las leguminosas (12.8 ± 6.4) y no leguminosas (14.0 ± 7.3) tuvieron un contenido de K dependiente de la estación del año (Figura 53). No se observaron diferencias significativas entre estos tipos de plantas (Tabla 21). Ambos tipos de plantas redujeron su contenido de K en Primavera. Las leguminosas también mostraron un menor contenido de K en 1993.

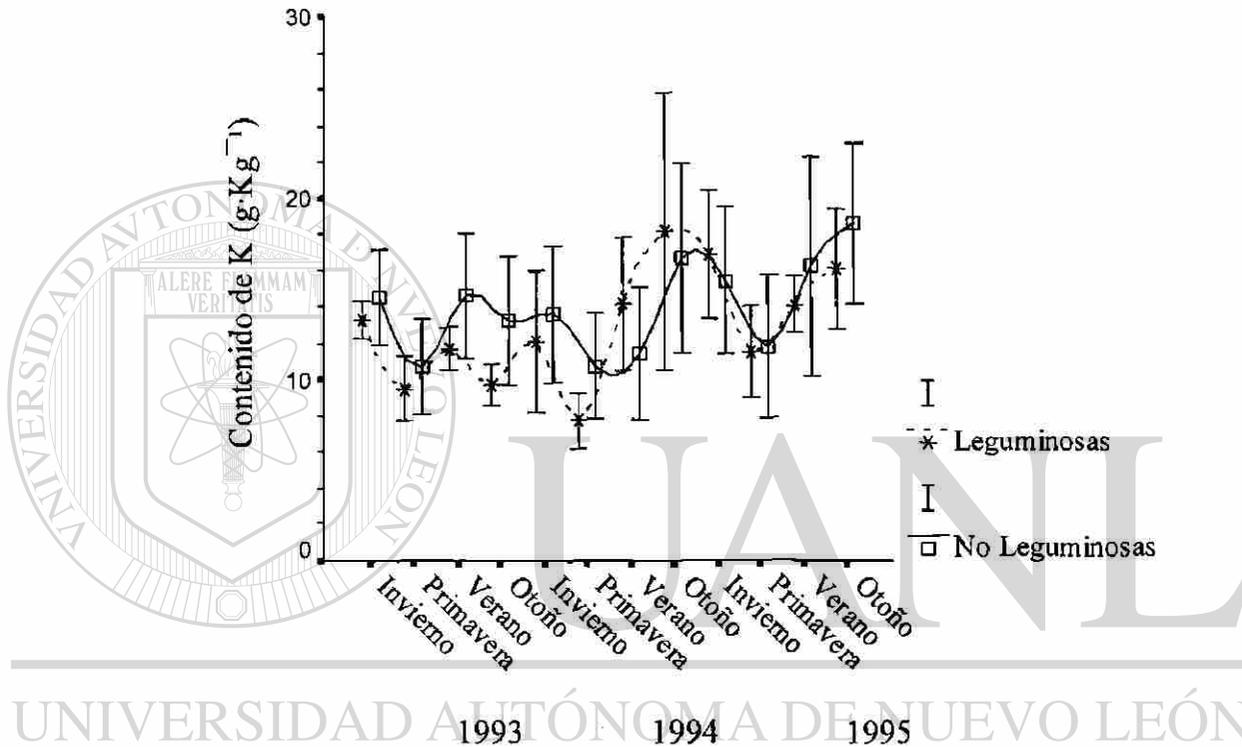


Figura 57. Contenido estacional de potasio (\pm EE) en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis* sp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

4.4.2 Microminerales

4.4.2.1 Manganeso

Bursera microphylla (56.7 ± 27.6), *Opuntia cholla* (64.6 ± 30.6) y *Turnera diffusa* (56.7 ± 29.2) mostraron el mas alto valor promedio, *Cyrtocarpa edulis* (27.7 ± 11.5) el menor y *Prosopis sp.* (45.2 ± 38.0) el más variable (Figura 54).

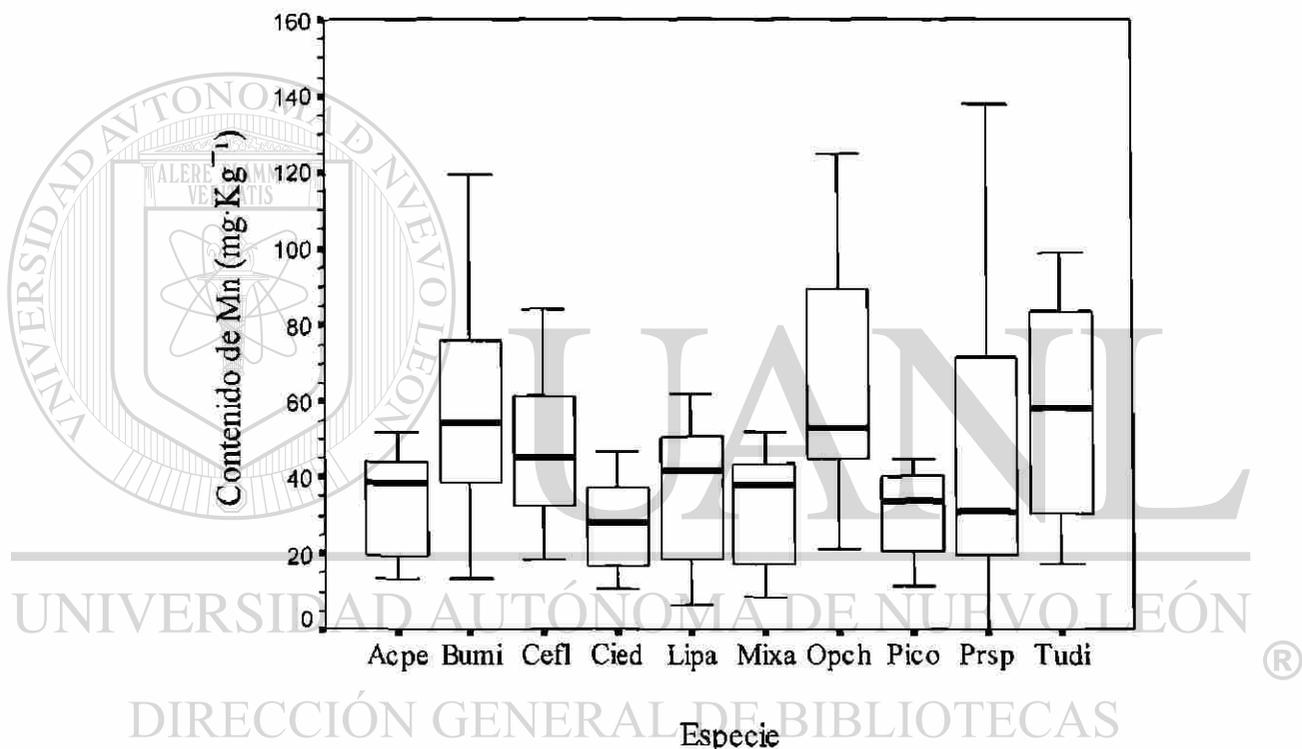


Figura 58. Diagrama de caja para el contenido de manganeso en cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

Bursera microphylla redujo su contenido de Mn en el Verano, *Cyrtocarpa edulis* en el Invierno, *Opuntia cholla* tuvo un menor contenido en el Otoño en tanto que

Pithecellobium confine incremento en Primavera y luego redujo su contenido de Mn en el Verano (Tabla 21). Las leguminosas (37.7 ± 21.9) parecen tener un contenido menor de Mn en relación a las no leguminosas (48.6 ± 28.0), sin embargo, debido a la gran variabilidad en este mineral (Figura 55), solo existió diferencias significativas en Invierno (Tabla 21). El efecto del año se manifestó en ambos tipos de plantas, al parecer el contenido de Mn esta relacionada a la precipitación media anual.

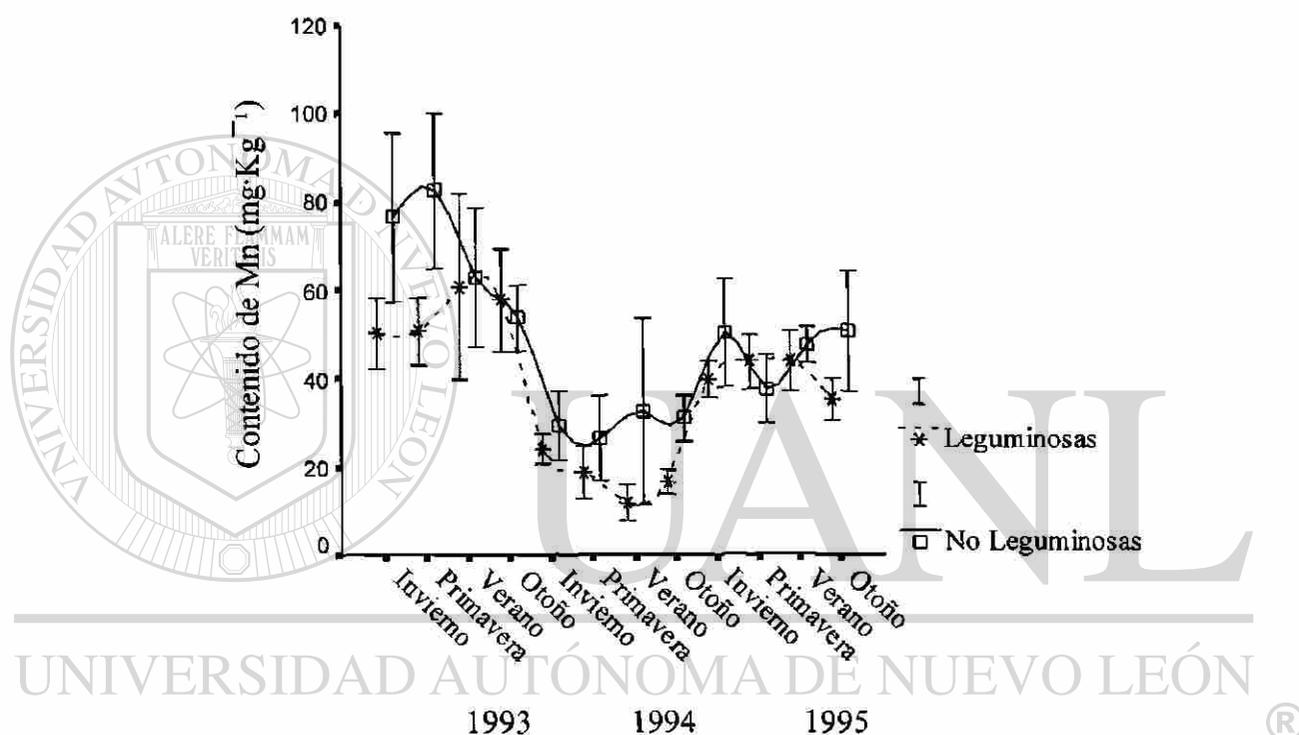


Figura 59. Contenido estacional de manganeso (\pm EE) en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis* sp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

4.4.2.2 Cobre

Acacia peninsularis (6.8 ± 1.7), *Turnera diffusa* (6.2 ± 1.9), *Bursera microphylla* (6.3 ± 2.5) y *Lippia palmeri* (6.5 ± 2.8) fueron las especies con un mayor valor promedio de Cu y las más variables. *Mimosa xantii* (4.2 ± 1.3) y *Opuntia cholla* (3.9 ± 1.2) las de menor

contenido promedio de Cu (Figura 56). *Cyrtocarpa edulis* y *Lippia palmeri* fueron las únicas que tuvieron una disminución del contenido de Cu en Primavera.

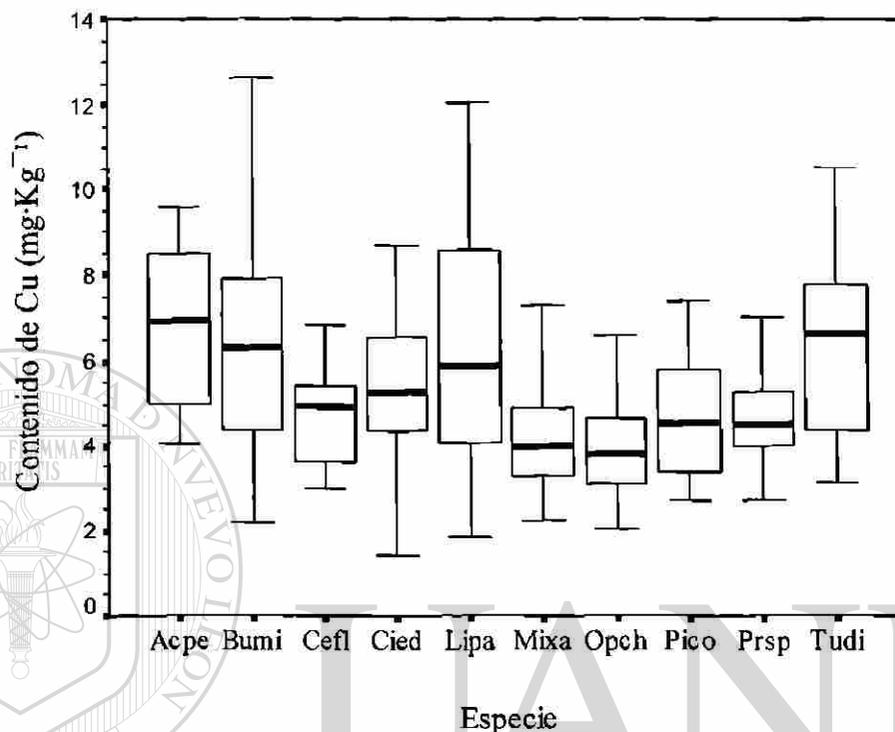


Figura 60. Diagrama de caja para el contenido de cobre en cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

Las leguminosas (5.0 ± 1.6) y no leguminosas (5.7 ± 2.2) presentaron un comportamiento paralelo en el contenido de Cu a través de todas las estaciones de muestreo con un contenido aparentemente mayor en no leguminosas (Figura 57), aunque esta diferencia solo fue significativa en Verano y Otoño (Tabla 22). Ambos tipos de plantas disminuyeron su contenido de Cu durante la Primavera y también durante 1994 y 1995, los años de menor precipitación pluvial.

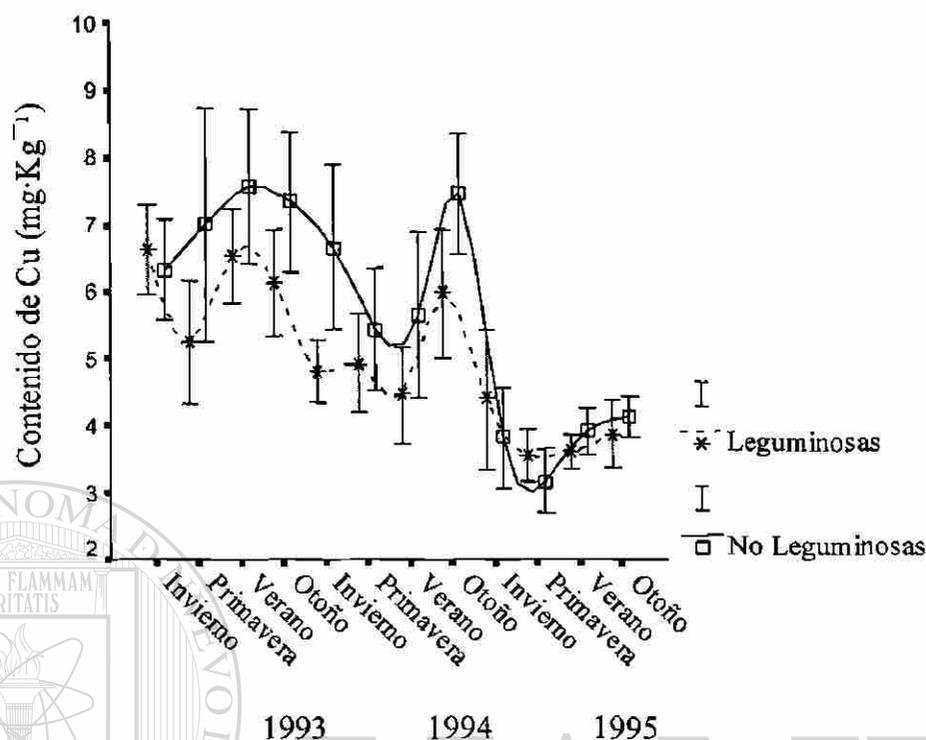


Figura 61. Contenido estacional de cobre (\pm EE) en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tabla 22.

Cambios estacionales (media de tres años) y anuales del contenido de Cu y Fe ($\text{mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$) en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México, durante 1993 a 1995.

Plantas	Cu				Fe			
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
<i>Acacia peninsularis</i>	7.3	6.3	6.3	7.4	172.3	368.6	152.1	217.8
<i>Cercidium floridum</i>	4.8	4.4	4.8	4.8	260.8	402.0	264.9	212.5
<i>Mimosa xantii</i>	4.1	3.8	4.5	4.4	212.0	298.8	320.9	227.6
<i>Pithecellobium confine</i>	4.8	4.0	4.5	4.9	205.6	326.2	141.3	180.6
<i>Prosopis</i> sp.	5.2	4.2	3.9	4.9	194.4	210.5	193.2	165.1
Leguminosas ¹	5.2 ^a	4.5 ^b	4.8 ^{ab}	5.3 ^a	209.0 ^b	321.2 ^a	214.5 ^b	200.7 ^b
<i>Bursera microphylla</i>	5.6	7.6	5.6	6.5	254.2	432.7	126.4	218.7
<i>Cyrtocarpa edulis</i>	5.3	4.3	5.4	6.6	393.0	398.0	258.5	321.4
<i>Lippia palmeri</i>	7.1	4.1	7.4	7.5	285.5	176.8	337.2	394.6
<i>Opuntia cholla</i>	3.3	3.5	4.4	4.4	147.0	185.7	146.7	119.3
<i>Turnera diffusa</i>	6.3	6.3	6.0	6.4	405.1	325.9	368.3	366.6
No Leguminosas ¹	5.6 ^{ab}	5.2 ^b	5.7 ^{ab}	6.3 ^a	297.0 ^a	303.8 ^a	241.0 ^b	284.1 ^{ab}
Efecto: Tipo de Planta ²								
Contraste	ns	ns	*	*	***	ns	ns	***
EE	.40	.44	.42	.40	21.9	21.9	24.4	23.4
Media Estacional ¹	5.4 ^{ab}	4.8 ^c	5.2 ^{bc}	5.8 ^a	253.0 ^b	312.5 ^a	227.3 ^b	242.4 ^b
Efecto: Año	1993	1994	1995	1993	1994	1995		
Leguminosas	6.1 ^a	5.0 ^b	3.8 ^c	220.3 ^b	253.2 ^a	235.6 ^{ab}		
No Leguminosas	7.0 ^a	6.3 ^b	3.7 ^c	273.7 ^a	289.5 ^a	283.7 ^a		
Media Anual	6.5 ^a	5.6 ^b	3.8 ^c	247.0 ^a	270.9 ^a	259.6 ^a		

¹ Medias dentro de hileras para cada variable con diferente superíndice difieren por estación ($P < 0.05$)

² Significancia y error estándar (EE) del Contraste entre tipo de planta por estación.

*** = $P < 0.001$; ** = $P < 0.01$; * = $P < 0.05$; ns = no significativa.

4.4.2.3 Hierro

Cercidium floridum (285.0 ± 90.6) y *Turnera diffusa* (366.5 ± 37.8) fueron las especies con un promedio más alto, *Opuntia cholla* (149.7 ± 55.9) fue la más baja y *Lippia palmeri* (295.0 ± 141.1) la más variable (Figura 58).

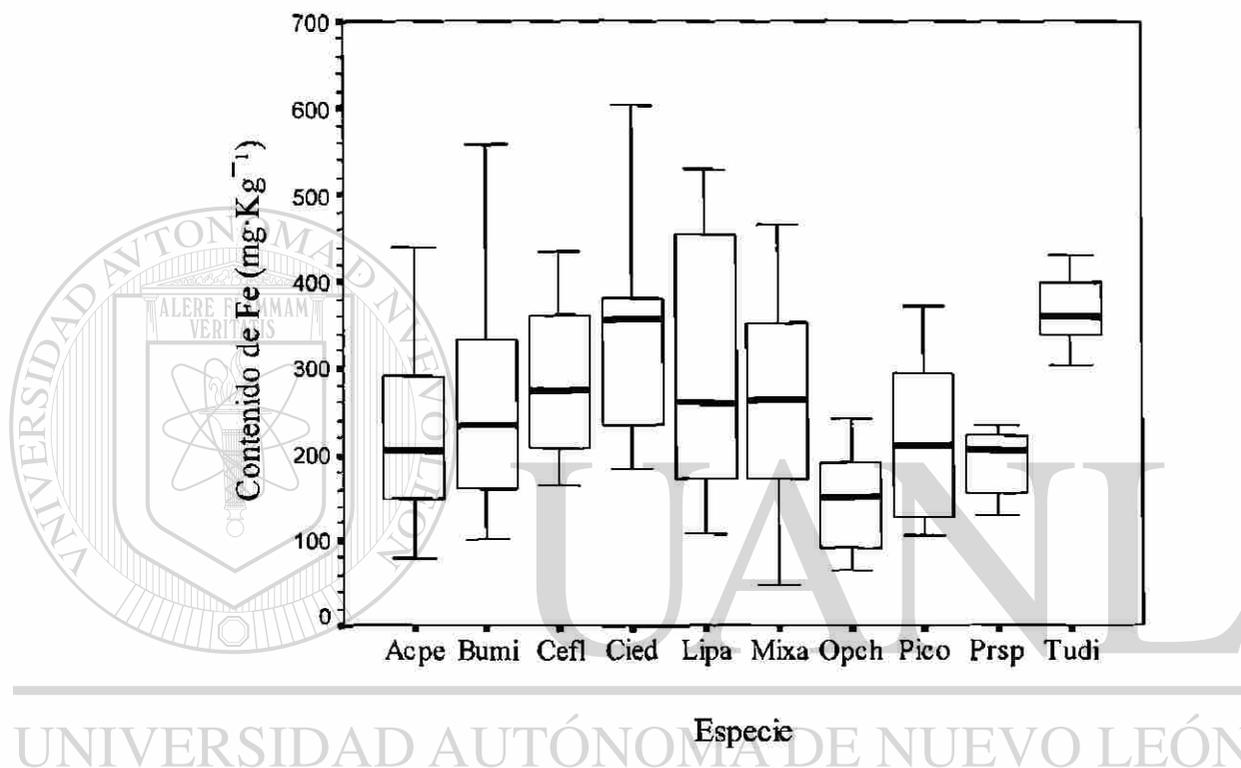


Figura 62. Diagrama de caja para la concentración de hierro en cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

Cercidium floridum, *Mimosa xantii* y *Prosopis sp.* incrementaron el contenido de Fe en el Verano y con excepción de *Mimosa xantii* también en la Primavera. Otras especies (*Acacia peninsularis*, *Bursera microphylla* y *Pithecellobium confine*), también mostraron un mayor contenido de Fe durante la Primavera (Tabla 22). Por el contrario, *Turnera diffusa* tuvo una reducción del contenido de Fe en la Primavera y *Lippia palmeri* durante el Invierno y la Primavera.

Como se aprecia en la figura 59, las no leguminosas (236.4 ± 98.7) tuvieron un contenido promedio menor de Fe que las leguminosas (282.2 ± 128.1), sin embargo, debido a la variabilidad, las diferencias fueron evidentes solo en Invierno y Otoño (Tabla 22), esto debido a que las leguminosas incrementan su contenido de Fe durante la Primavera, mientras que las no leguminosas redujeron su contenido en Verano. Adicionalmente, las leguminosas incrementaron el contenido de Fe en los años mas secos (1994 y 1995).

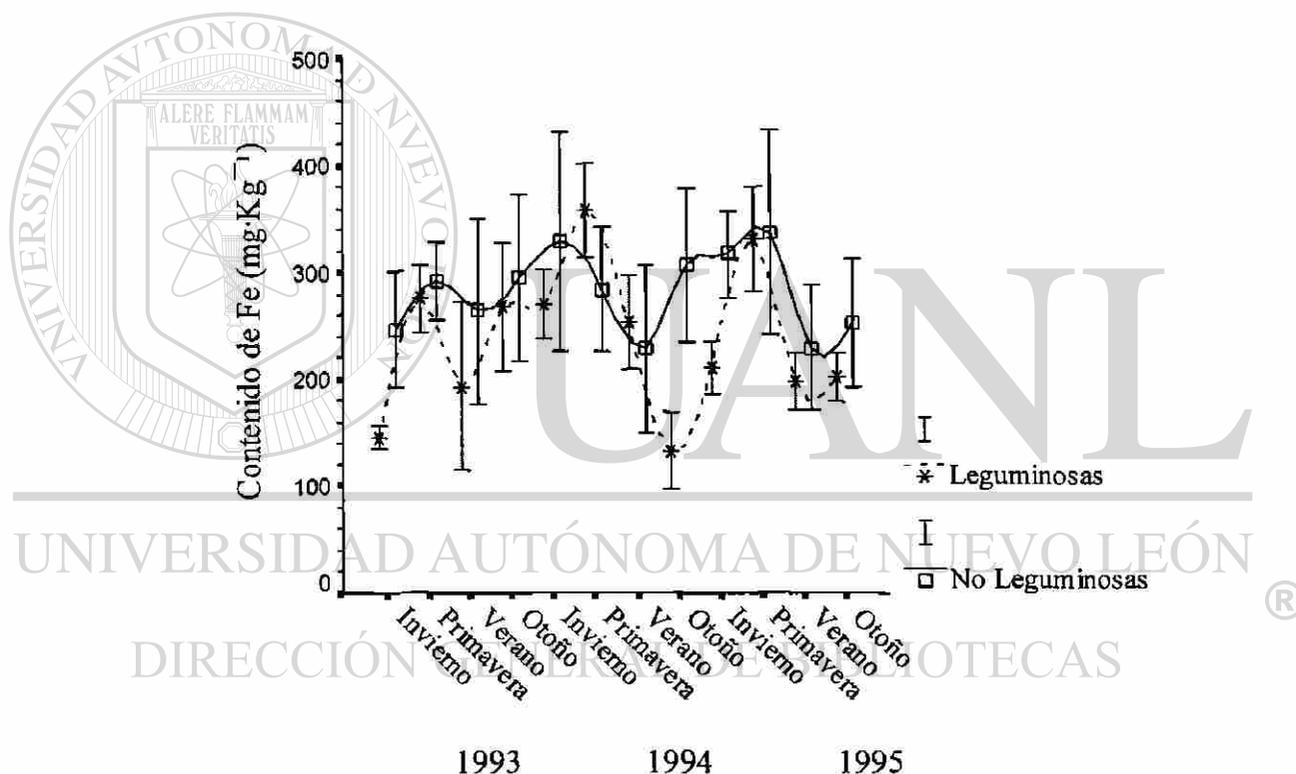


Figura 63. Contenido estacional de hierro (\pm EE) en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis sp*) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

4.4.2.4 Zinc

Cercidium floridum (19.4 ± 4.4) tuvo el mayor valor promedio en contenido de Zn, *Opuntia cholla* (11.5 ± 3.9) y *Pithecellobium confine* (11.7 ± 3.3) el menor, y *Prosopis sp.* (18.8 ± 6.2) el más variable (Figura 60). Algunas especies incrementaron su contenido de Zn en el Invierno (*Cercidium floridum*, *Bursera microphylla* y *Pithecellobium confine*) y Primavera (*Pithecellobium confine*), otras en el Verano (*Mimosa xantii* y *Lippia palmeri*), *Lippia palmeri* tuvo una disminución previa en la Primavera (Tabla 23).

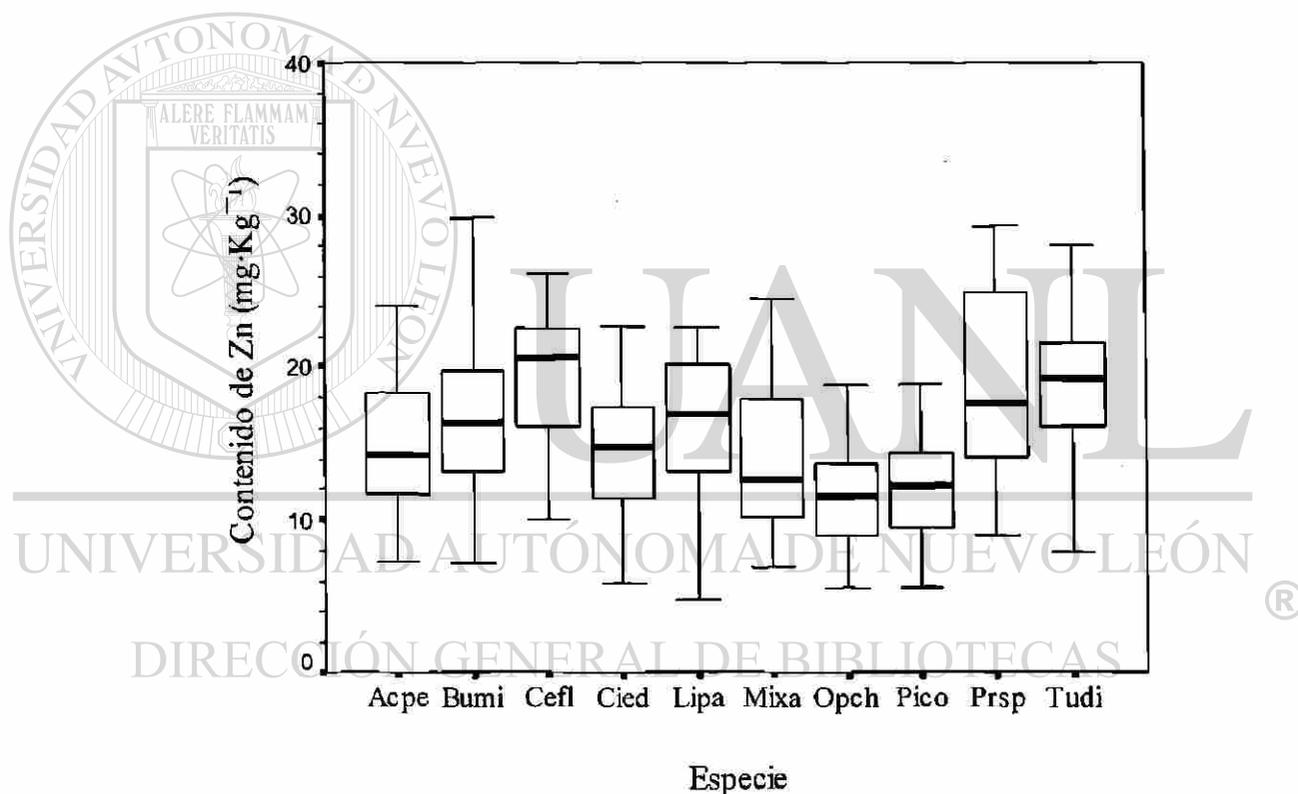


Figura 64. Diagrama de caja para el contenido de zinc en cinco especies arbustivas leguminosas: *Acacia peninsularis* (Acpe), *Cercidium floridum* (Cefl), *Mimosa xantii* (Mixa), *Pithecellobium confine* (Pico), *Prosopis sp.* (Prsp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: *Bursera microphylla* (Bumi), *Cyrtocarpa edulis* (Cied), *Lippia palmeri* (Lipa), *Opuntia cholla* (Opch) y *Turnera diffusa* (Tudi), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

Tabla 23.

Cambios estacionales (media de tres años) y anuales del contenido de Zn ($\text{mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$) en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México, durante 1993 a 1995.

Especie	Zn			
	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
<i>Acacia peninsularis</i>	15.8	14.2	14.2	14.2
<i>Cercidium floridum</i>	21.7	18.4	19.6	17.9
<i>Mimosa xantii</i>	15.4	12.9	16.9	11.4
<i>Pithecellobium confine</i>	13.9	12.8	10.1	9.8
<i>Prosopis</i> sp.	19.9	19.8	19.7	15.9
Leguminosas ¹	17.3 ^a	15.6 ^{ab}	16.1 ^a	13.8 ^b
<i>Bursera microphylla</i>	19.8	17.6	15.6	14.5
<i>Cyrtocarpa edulis</i>	13.4	17.2	13.1	14.8
<i>Lippia palmeri</i>	18.0	10.6	21.9	14.7
<i>Opuntia cholla</i>	11.6	9.7	14.2	10.5
<i>Turnera diffusa</i>	20.2	17.0	18.0	17.7
No Leguminosas ¹	16.6 ^a	14.4 ^b	16.2 ^a	14.5 ^b
Efecto: Tipo de Planta ²				
Contraste	ns	ns	ns	ns
EE	1.1	1.0	1.2	1.0
Media Estacional ¹	17.0 ^a	15.0 ^{bc}	16.1 ^{ab}	14.1 ^c
Efecto: Año	1993	1994	1995	
Leguminosas	16.8 ^b	11.4 ^c	19.0 ^a	
No Leguminosas	17.2 ^a	11.2 ^b	17.5 ^a	
Media Anual	17.0 ^b	11.3 ^c	18.2 ^a	

¹ Medias dentro de hileras para cada variable con diferente superíndice difieren por estación ($P < 0.05$)

² Significancia y error estándar (EE) del Contraste entre tipo de planta por estación.

*** = $P < 0.001$; ** = $P < 0.01$; * = $P < 0.05$; ns = no significativa.

Las leguminosas (15.7 ± 5.5) y no leguminosas (15.4 ± 5.3) mostraron un comportamiento muy similar en el contenido de Zn a lo largo de las estaciones de muestreo, siendo el año al parecer el de mayor efecto sobre esta variable (Figura 61). No existió diferencia significativa entre leguminosas y no leguminosas. Ambos tipos de plantas tuvieron efecto del año de estudio e incrementaron su contenido de Zn durante el Invierno y el Verano (Tabla 23).

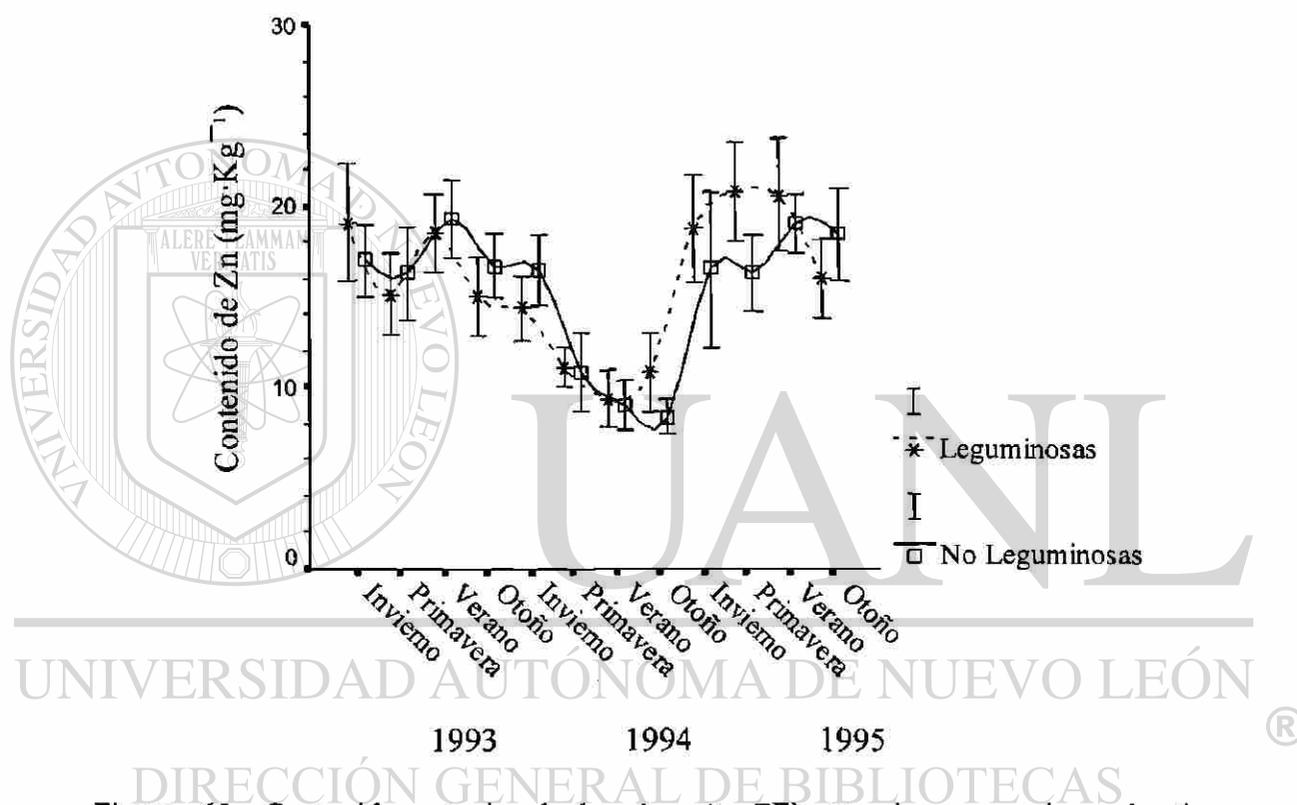


Figura 65. Contenido estacional de zinc (\pm EE) en cinco especies arbustivas leguminosas: (*Acacia peninsularis*, *Cercidium floridum*, *Mimosa xantii*, *Pithecellobium confine*, *Prosopis* sp) y cinco especies arbustivas no leguminosas: (*Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*), nativas de Baja California Sur, durante 1993 a 1995.

4.5 Variables Relacionadas con la Degradabilidad Efectiva de Materia

Orgánica y Proteína Cruda

Las entidades nutritivas de la pared celular como FDN, FDA, Lignina y PIDA estuvieron consistente y sistemáticamente correlacionadas negativamente ($P < 0.05$) con la degradabilidad efectiva de MO y PC calculada a tasas de pasaje ruminal de 2, 5 y 8%/h en leguminosas y no leguminosas (Tabla 24). El contenido de celulosa se correlacionó negativamente con la DEMO en leguminosas y no leguminosas, pero no con la DEPC. En este estudio, los taninos no mostraron correlación con la degradabilidad de MO o PC en ningún tipo de planta. El contenido de MO se correlacionó negativamente con DEMO y DEPC.

La proteína disponible de la pared celular se correlacionó positivamente con DEPC solo en las leguminosas, mientras que la PIDN se correlacionó negativamente con DEPC en ambos tipos de planta.

El contenido de Ca se correlacionó positivamente con la DEMO, pero no con DEPC, mientras que el P y Cu se correlacionaron negativamente con DEPC. El Na y Fe se correlacionaron negativamente con DEMO y DEPC pero solo en las no leguminosas, mientras que Zn se correlaciono con DEMO y DEPC pero solo en las leguminosas. El contenido de K se correlacionó positivamente con DEMO y DEPC en ambos tipos de planta. El contenido de Mg solo se correlacionó con DEMO en no leguminosas.

Tabla 24

VARIABLES correlacionadas ($P < 0.05$) con la degradabilidad efectiva de MO (DEMO) y PC (DEPC) calculada a tasas de pasaje ruminal (kp) de 2, 5 y 8 %/h en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México.

Variable	DEMO		DEPC	
	Leguminosas	No Leguminosas	Leguminosas	No Leguminosas
FDN	-	-	-	-
FDA	-	-	-	-
Lignina	-	-	-	-
Celulosa	-	-	ns	ns
Taninos	ns	ns	ns	ns
MO	-	-	-	-
PIDN	ns	-	-	-
PIDA	-	-	-	-
PIDN-PIDA	+	+	+	ns
Ca	+	+	ns	+
P	ns	ns	-	-
Na	ns	-	ns	-
K	+	+	+	+
Mg	ns	+	ns	ns
Cu	-	ns	-	-
Fe	ns	-	ns	-
Zn	+	ns	+	ns

- = Correlación negativa; + = Correlación positiva; ns = no significativa ($P > 0.05$).

tipo de planta a una tasa de pasaje de 2%/h estuvo mas correlacionada y fue principalmente determinada por el contenido de FDA, seguido en orden de importancia por el contenido de FDN. Dentro de los minerales, el Mg, Ca y K, en orden de importancia fueron los que determinaron la DEMO (Tabla 25).

Tabla 25

Ecuación de predicción para la degradabilidad efectiva de la materia orgánica (DEMO) en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México.

Variable	Coefficientes no Estandarizados	EE	Coefficientes Estandarizados	P	Correlación Parcial	R ² Ajustada	EE	P
Constante	88.1	2.1		***				
FDA	-.50	.08	-.39	***	-.37			
FDN	-.40	.06	-.32	***	-.39			
K	.14	.07	.07	*	.12			
Mg	.55	.17	.11	**	.20			
PIDA	-.12	.04	-.11	*	-.16			
Ca	.08	.03	.08	*	.13	.79	5.6	*

*** = P<0.001, ** = P<0.01, * = P<0.05, ns = no significativa.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

La DEPC fue principalmente determinada por la proteína de la pared celular (PIDA y PIDN). El contenido de K y P fueron los minerales que determinaron la DEPC (Tabla 26).

Tabla 26.

Ecuación de predicción para la degradabilidad efectiva de la proteína cruda (DEPC) en arbustos de leguminosas y no leguminosas nativos de Baja California Sur, México.

Variable	Coefficientes no Estandarizados	EE	Coefficientes Estandarizados	P	Correlación Parcial	R ² Ajustada	EE	P
Constante	95.8	3.4		***				
PIDA	-.54	.08	-.39	***	-.39			
K	.52	.10	.21	***	.30			
PIDN	-.28	.08	-.20	***	-.23			
P	-2.57	.93	-.13	**	-.18	.58	10.4	**

PHE = Precipitación histórica de la estación de las observaciones.

PAAnt= Precipitación del año anterior a las observaciones.

*** = P<0.001; ** = P<0.01; * = P<0.05; ns = no significativa.

Cuando el proceso de selección de variables se efectuó para cada tipo de planta, los valores de predicción de la degradabilidad efectiva se mejoraron tanto para DEMO como para DEPC, aunque siempre fueron mejores para DEMO. En las leguminosas el contenido de FDA fue el más correlacionado y determinante de DEMO, seguido en importancia por PIDA. El contenido de Ca fue menos significativo (Tabla 27). En no leguminosas el contenido de FDN fue más determinante y estuvo más correlacionado con DEMO que el contenido de FDA, sin embargo, ambas entidades nutritivas fueron altamente significativas. Además, el contenido de K tuvo una alta correlación y fue altamente significativo en determinar DEMO (Tabla 28).

Tabla 27.

Ecuación de predicción para la degradabilidad efectiva de la materia orgánica (DEMO) en arbustos de leguminosas nativos de Baja California Sur, México.

Variable	Coefficientes no Estandarizados	EE	Coefficientes Estandarizados	P	Correlación Parcial	R ² Ajustada	EE	P
Constante	96.0	2.0		***				
FDA	-1.5	.09	-1.0	***	-.83			
PIDA	.38	.07	.31	***	.46			
Celulosa	.24	.08	.12	**	.26			
Ca	.05	.02	.08	*	.19	.83	3.3	*

*** = P<0.001; ** = P<0.01; * = P<0.05; ns = no significativa.

Tabla 28

Ecuación de predicción para la degradabilidad efectiva de la materia orgánica (DEMO) en arbustos de no leguminosas nativos de Baja California Sur, México

Variable	Coefficientes no Estandarizados	EE	Coefficientes Estandarizados	P	Correlación Parcial	R ² Ajustada	EE	P
Constante	82.3	2.9		***				
FDA	-.37	.10	-.30	***	-.33			
K	.55	.10	.25	***	.46			
FDN	-.47	.08	-.39	***	-.46			
PIDA	-.15	.06	-.13	*	-.22	.81	6.6	*

*** = P<0.001; ** = P<0.01; * = P<0.05; ns = no significativa.

Para la DEPC en leguminosas, el contenido de FDA y PIDA fueron los más determinantes y correlacionados. El contenido de P y la PAAnt fueron igual de importantes, aunque el P fue más significativo. El contenido de celulosa y Zn fueron los menos importantes (Tabla 29).

Tabal 29.

Ecuación de predicción para la degradabilidad efectiva de la proteína cruda (DEPC) en arbustos de leguminosas nativos de Baja California Sur, México.

Variable	Coefficientes no Estandarizados	EE	Coefficientes Estandarizados	P	Correlación Parcial	R ² Ajustada	EE	P
Constante	127.6	6.9		***				
PIDA	-.89	.14	-.46	***	-.50			
P	-4.7	1.2	-.28	***	-.32			
FDA	-1.0	.20	-.44	***	-.43			
Celulosa	.54	.18	.17	**	.27			
Zn	-.45	.20	-.18	*	-.20	.67	7.6	*

*** = P<0.001; ** = P<0.01; * = P<0.05; ns = no significativa.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Para las no leguminosas el contenido de PIDA fue el más correlacionado e importante en determinar DEPC, seguido por el contenido de K. Ambas fueron similares en importancia y estuvieron altamente correlacionados con DEPC. La variable menos importante pero altamente significativa fue PIDN-PIDA (Tabla 30).

Tabla 30

Ecuación de predicción para la degradabilidad efectiva de la proteína cruda (DEPC) en arbustos de no leguminosas nativos de Baja California Sur, México

Variable	Coefficientes no Estandarizados	EE	Coefficientes Estandarizados	P	Correlación Parcial	R ² Ajustada	EE	P
Constante	89.3	5.1		***				
PIDA	-.75	.09	-.56	***	-.61			
K	.88	.16	.35	***	.46			
PIDN-PIDA	-.45	.10	-.29	***	-.40	.63	11.0	***

*** = P<0.001; ** = P<0.01; * = P<0.05; ns = no significativa.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

5 DISCUSIÓN

La cobertura promedio del área de estudio fue escasa, aunque se observa una variación dinámica en la cobertura, frecuencia, densidad y valor de importancia. Con la excepción de *Prosopis sp.*, las leguminosas parecen tener un menor valor de importancia que las no leguminosas, principalmente por la menor frecuencia relativa, lo cual podría ser debido a que son más consumidas por el ganado, o por que su propagación se ve limitada por el crecimiento de plantas con uso más eficiente del agua o a ambos factores.

Es de importancia notar la presencia de especies tóxicas como: 1) *Sapium biloculare* con una frecuencia relativa similar al promedio de las especies leguminosas de este estudio (13.1 y 14.5% respectivamente), el látex de esta planta puede producir úlceras en los ojos causando dolor y ceguera (De la Luz y Coria, 1992) y 2) *Karwinskia humboldtiana*, aunque presente una menor frecuencia puede ser causa de pérdidas económicas para los ganaderos de la región dado que de esta planta se han aislado diversos compuestos derivados de la antracena y de varias dionas, las cuales causan parálisis de extremidades inferiores, pudiendo causar parálisis bulbar y muerte (Contreras y Zolla, 1982).

De los resultados de composición nutritiva del forraje y degradabilidad ruminal, se pudo detectar un comportamiento bifásico en la calidad del forraje a lo largo del año, con una estación de baja o mala calidad del forraje en Primavera - Verano y otra de buena calidad en Otoño - Invierno. Algunos autores mencionan que la técnica *in situ* es una forma viable de clasificar comparativamente la calidad del forraje de árboles y arbustos para estudios posteriores en nutrición animal (Singh et al., 1989; Larbi et al., 1997; Larbi et al., 1998).

El hecho de que las leguminosas incrementen el contenido de CNE en la Primavera con una ligera disminución del contenido de PC, pero no de las fracciones de proteína, es indicativo de una mejor calidad del forraje si se comparan con las no leguminosas, dado que estas últimas, además de un menor contenido de PC tuvieron una reducción en CNE y PC, y también sufrieron cambios en las fracciones de proteína que sugieren una menor disponibilidad de la PC, puesto que se observó un incremento en PIDN y PIDA en

Primavera y Verano y de lignina en Primavera. La PIDA es considerada como proteína insoluble no disponible (Pichard y Van Soest, 1977), dado que puede estar asociada con la lignina, taninos o bien como compuestos Maillard (Krishnamoorthy et al., 1982). Algunos autores (Nelson y Moser, 1994; Van Soest, 1994) señalan que el efecto de la madurez en leguminosas se refleja en la reducción de la relación hoja:tallo, sin cambios significativos en la composición, a diferencia de las gramíneas en las que existen cambios marcados en la fracción fibrosa del forraje, similar a los encontrados en este trabajo.

Los resultados de degradabilidad de MO y PC confirman los datos de composición en el sentido de que las leguminosas conservan una mejor calidad del forraje durante la Primavera y Verano, dado que en las leguminosas no hubo cambios considerables en las fracciones *a*, y *b* de MO y PC debido a la estación del año.

La reducción en la degradabilidad efectiva de la PC en leguminosas durante el Verano pudo estar relacionada a la significativa reducción en la proteína disponible de la pared celular (PIDN-PIDA) en esta estación. En contraste, en las no leguminosas la reducción en degradabilidad efectiva de MO y PC en Primavera y Verano pudo haberse debido a la reducción en la fracción *a* y *b* de MO y en la fracción *a* de PC respectivamente, estos cambios a su vez pueden estar relacionados a la reducción en CNE y el correspondiente incremento en los componentes estructurales de la pared celular del forraje (FDN, FDA, lignina, celulosa, PIDN y PIDA). Estos cambios han sido encontrados durante la maduración de pastos y otros forrajes (Jung y Deetz, 1993; Fick et al., 1994; Cone et al., 1999).

Sin embargo, dentro de estos dos tipos de plantas existen variaciones en la dinámica estacional del contenido de nutrientes y degradabilidad. Por ejemplo, dentro de las leguminosas, *Mimosa xantii* manifestó cambios en el contenido de PC y PIDA de manera similar a las no leguminosas, aunque su contenido de PC fue mayor. Por otro lado, a pesar de su elevado contenido de PC, el elevado contenido de lignina en *Pithecellobium confine* y de taninos en *Cercidium floridum* podrían representar

limitaciones para la digestibilidad de MO y PC. Dentro de la especies leguminosas *Pithecellobium confine* tuvo la más baja degradabilidad efectiva de MO y PC que puede estar relacionado al elevado contenido de lignina y taninos de esta especie. En contraste, dentro de las no leguminosas, *Opuntia cholla* mostro la mayor degradabilidad efectiva de MO, lo cual puede ser debido a su bajo contenido de lignina y taninos y su elevado contenido en hemicelulosa. Otros autores han encontrado una gran variación dentro y entre especies de plantas (Hoffman et al., 1993; Larbi et al., 1997; Vadiveloo y Fadel, 1992), concluyendo que la interacción de especies y estados de madurez es diversa provocando que la clasificación convencional de los forrajes no sea un reflejo de los atributos de composición o degradabilidad.

Los resultados indican que las no leguminosas responden estacionalmente con cambios drásticos en el contenido de nutrientes, mientras que en las leguminosas estos cambios también se manifiestan estacionalmente pero en menor magnitud, y, el efecto del año de estudio, parece ser de mayor importancia, sobre todo para el contenido de PC, FDN y las fracciones de proteína. De manera similar, estos datos sugieren que los parámetros de degradación, principalmente la fracción *a* y la degradabilidad efectiva de MO y PC se ven influenciadas principalmente por el año de estudio en las leguminosas, mientras que en las no leguminosas, los cambios debido al año de estudio son de mayor magnitud y significancia.

Las diferencias en el comportamiento en la estructura vegetal, composición y características de degradación entre especies leguminosas y no leguminosas podrían en parte ser explicadas en términos de las estrategias de uso del agua por parte de los diferentes tipos de plantas. Burgess (1995) señala que la variable disponibilidad de agua en el suelo se refleja en una variedad de formas de crecimiento de plantas coexistentes. Cada forma representando un modo de uso del agua y describe una clasificación simple de las estrategias de uso del agua para entender la estructura de la vegetación de agostaderos desérticos comparando la estructura del sistema radicular y la variación del contenido de agua en el interior de la planta, definiendo tres tipos de estrategias: 1) Explotadores intensivos.- dentro de los cuales se encuentran muchas especies arbustivas

con raíces superficiales y periodos largos de latencia, que utilizan de manera rápida el agua de lluvias del horizonte superficial del suelo, y que limitan el desarrollo de plantas con sistemas radiculares profundos, dentro de este tipo podrían encontrarse las especies no leguminosas *Bursera microphylla*, *Cyrtocarpa edulis*, *Lippia palmeri* y *Turnera diffusa* de este estudio; 2) Explotadores extensivos.- dentro de los cuales se encuentran muchas de las especies maderables y que poseen raíces profundas (como el caso extremo de *Prosopis sp.* cuyas raíces pueden tener 50 m de profundidad y 15 m de extensión radial superficial) que utilizan la humedad de las precipitaciones infrecuente pero que permanece disponible por varios meses retenida en el suelo como podría ser el caso de las especies leguminosas de este estudio y 3) Conservadores de agua.- los cuales pueden almacenar relativamente grandes cantidades de agua internamente y que actúa como un buffer en contra del rápido inicio del estrés por sequía, algunas plantas emplean un ruta fotosintética llamado metabolismo ácido de las crasuláceas, que les permite hacer un uso muy eficiente del agua como es el caso de *Opuntia cholla*.

Aunque la concentración de minerales en las plantas estudiadas varió estacionalmente, todas las especies tuvieron una concentración superior al requerimiento de rumiantes en Mg ($>1.0 \text{ g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ de MS), Ca (>1.9 a $7.3 \text{ g}\cdot\text{Kg}^{-1}$), K ($>6.0 \text{ g}\cdot\text{Kg}^{-1}$) y Fe ($>50 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$), pero las concentraciones de Zn ($<30 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$) y Cu ($<10 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$) fueron deficientes (NRC, 1996). Dado que la concentración de P y Mn se vieron afectadas por el año de estudio mas que por la estación de muestreo, las plantas estudiadas cubrieron mejor los requerimientos de P (1.8 a $3.8 \text{ g}\cdot\text{Kg}^{-1}$) y Mn ($20 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$) del ganado en algunos años y fueron deficientes en otros. Las especies no leguminosas cubrieron mejor los requerimientos de Na (0.6 a $0.8 \text{ g}\cdot\text{Kg}^{-1}$), del ganado bovino. Las especies no leguminosas estudiadas parecen ser una fuente rica en Na (*Bursera microphylla* y *Cyrtocarpa edulis*) y Mn (*Bursera microphylla*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa*).

Los valores de Ca encontrados en este estudio fueron de dos a cuatro veces los valores reportados por Ramírez et al. (2001) y cerca de 10 veces los valores reportados por Barnes et al. (1990) en arbustos nativos del sur de Texas (valores de 1.5 a $5.7 \text{ g}\cdot\text{Kg}^{-1}$); sin embargo son similares a los reportados por Khanal y Subba (2001) para árboles de Nepal y los reportados por Kallah et al. (2000) para arbustos de Nigeria. El alto

contenido de Ca en estas plantas puede ser debido al alto contenido de Ca y alto pH del suelo (Spears, 1994). El nivel de Ca considerado como normal en la parte aérea de las plantas superiores es de $5 \text{ g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ (Salisbury y Ross, 1994a), esta concentración puede variar de 2 a $35 \text{ g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ en plantas sanas completas (Curtis y Barnes, 2000), sin embargo, algunos resultados indican que la concentración óptima de Ca en 11 monocotiledóneas puede ser de $1 \text{ g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ y en 18 dicotiledóneas puede ser de $2 \text{ g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ (Salisbury y Ross, 1994a). Las plantas en este estudio mostraron valores superiores a $20 \text{ g}\cdot\text{Kg}^{-1}$.

En contraste con la falta de variación estacional en el contenido de Ca encontrada en este estudio, Ramírez et al. (2001) encontraron un alto contenido de Ca durante el verano. Grenne et al. (1987) encontró una concentración de Ca altamente variable y difícil de interpretar con relación a la dinámica estacional, mientras que Grings et al. (1996) encontraron en pastos del Oeste de los EUA, bromo anual y hierbas, que la concentración de Ca varió con el tiempo y que el patrón de este cambio varió según la especie. Esta variación estacional interespecífica pudo ser la causa de la falta de efecto de estación. Por ejemplo, algunas leguminosas como *Acacia peninsularis* tuvo el más bajo contenido de Ca en Primavera, *Cercidium floridum* y *Mimosa xantii* en Verano, mientras que *Pithecellobium confine* tuvo el más alto contenido de Ca en Primavera. Similarmente dentro de las no leguminosas *Cyrtocarpa edulis* y *Opuntia cholla* tuvieron el más bajo contenido de Ca en Verano y *Turnera diffusa* en Primavera. Los altos contenidos de Ca y la diferencia en el patrón de cambio estacional entre especies pueden ser característica de adaptación relacionadas a las diferencias en la respuesta de las plantas al estrés hídrico como se discute más adelante.

Los valores de P (1.2 a $2.9 \text{ g}\cdot\text{Kg}^{-1}$) encontrados en este estudio, concuerdan con valores reportados por Barnes et al. (1990) y Ramírez et al. (2001), quienes reportan valores de 0.8 a $2.8 \text{ g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ y de 0.1 a $2.6 \text{ g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ respectivamente. Valores superiores (1.6 a $4.0 \text{ g}\cdot\text{Kg}^{-1}$) han sido reportados en árboles de Nepal (Khanal y Subba; 2001). Similarmente a los resultados de este estudio, otros autores (Greene et al., 1987; Grings et al., 1996; Ramírez et al., 2001) han reportado diferencias estacionales en la concentración de P, reportan mayores niveles de P durante los periodos de crecimiento vegetativo activo y valores más bajos durante la dormancia. Los bajos valores de P y altos contenidos de

Ca en algunas plantas como *Opuntia cholla* resultaron en relaciones Ca:P inusualmente amplias de 4:1 a 42:1. Similares relaciones Ca:P han sido reportadas por Kallah et al. (2000).

Los valores de Mg encontrados en este estudio concuerdan con los reportados por Ramírez et al (2001) y Khannal y Subba (2001). De manera similar a los resultados obtenidos Greene et al. (1987) y Ramírez et al. (2001) reportan una variación estacional en los niveles de Mg.

En contraste con otros autores, que han encontrado bajas y aparentemente deficientes concentraciones de Na (Kallah et al., 2000; Khanal y Subba, 2001; Moya et al., 2002), los niveles de Na encontrados en este estudio fueron altos y superiores al requerimiento de rumiantes. En este estudio las plantas acumularon Na durante las estaciones y años más secos. Las plantas del desierto acumulan Na con la finalidad de aliviar el estrés hídrico y salino. Cuando el suelo se torna seco, la concentración de sal en el suelo se incrementa y el potencial osmótico se torna más negativo, disminuyendo el potencial hídrico del suelo, el flujo de agua dentro de la planta decrece a menos que la planta sea capaz de ajustar su potencial hídrico interno por debajo de el del suelo. El NaCl es necesario para este ajuste osmótico en ambientes salinos, sin embargo la absorción de sal puede incrementar la toxicidad potencial del Na para la planta (Salisbury y Ross, 1994b; Miller y Doescher, 1995; Curtis y Barnes, 2000).

Similar a los resultados de Greene et al. (1987) y Grings et al. (1996), la variación estacional en el contenido de K parece estar relacionada a la disponibilidad de agua, dado que la absorción de K por la raíz esta ligada a la humedad del suelo como lo reportan Lonegran (1973) y Charley (1977). Bajo condiciones optimas de humedad del suelo, la concentración de K usualmente excede el requerimiento de la planta, pero bajo condiciones de estrés la absorción de K puede ser limitada y llevar a la deficiencia de K. Las sales de iones como Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , y SO_4^{2-} pueden inducir la deficiencia de nutrientes limitando la absorción de nutrientes esenciales como K^+ , Ca^{++} , HPO_4^{2-} , NH_4^+ , y NO_3^- (Salisbury y Ross, 1994b,c; Miller y Doescher, 1995). Por tanto, los altos contenidos de Na encontrados en las plantas de este estudio durante el estrés hídrico de Primavera y los años de sequía pudieron causar la baja concentración de K encontradas

en Primavera y los años de menor precipitación pluvial. Sin embargo los altos contenidos de Ca encontradas pueden ayudar a mejorar el estatus de K en estas plantas, dado que el Ca permite la absorción preferencial de K en lugar del Na (Salisbury y Ross, 1994c).

Los contenidos de Mn encontrados en este estudio parecen estar relacionadas a la precipitación anual. Algunos autores (Spears, 1994; Grings et al., 1996; Ramírez et al., 2001) reportan una gran variación en la concentración de Mn entre y dentro de especies de plantas. Esta variación pudo ser apreciada en este estudio para las leguminosas (37.7 ± 21.9) y no leguminosas (48.6 ± 28.0) y puede ser la razón de la falta de estacionalidad en ambos tipos de planta, sin embargo, Ramírez et al. (2001) y Moya et al. (2002) encontraron una alta concentración de Mn en Invierno y Primavera en arbustos nativos del Noreste de México. Aunque todas las plantas pudieron cubrir el requerimiento de rumiantes de este mineral, la concentración de Mn en las plantas fue deficiente para la reproducción de rumiantes (<20 a $40 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$; NRC, 1984) en 1994, cuando la precipitación fue escasa, debido a la variación anual en el contenido de este mineral. Adicionalmente, los altos niveles de Ca pueden incrementar el requerimiento de Mn (Hidiroglou, 1979) y la disponibilidad de Mn puede verse limitada debido a que una alta proporción (22 a 94%) esta ligada a los componentes de la pared celular del forraje (Spears, 1994).

En el presente estudio el contenido de Cu en ambos tipos de planta se redujo durante la Primavera y durante los años más secos. Al respecto Spears (1994) señala que la disminución en la concentración de Cu puede ocurrir con el avance de la madurez y debido a cambios climáticos y ambientales. En las plantas, este mineral funciona como un componente esencial de muchas enzimas (Curtis y Barnes, 2000). Ramírez et al. (2001) encontraron una alta concentración de Cu durante la Primavera en arbustos del Noreste de México, indicando que este es el periodo activo de crecimiento vegetativo, mientras que en este estudio, la Primavera fue la estación de sequía y dormancia. A pesar de que todas las plantas fueron deficientes en Cu con respecto al requerimiento de rumiantes, en Primavera el bajo contenido de Cu puede limitar la disponibilidad de Cu debido al incremento en FDN y componentes de la pared celular encontrados en este

estudio durante la Primavera, dado que la asociación del Cu con la pared celular disminuye la tasa y grado de liberación del Cu en el tracto gastrointestinal (Spears, 1994).

Tanto las leguminosas como no leguminosas incrementaron la concentración de Fe durante la Primavera. El Fe es traslocado lentamente a través del floema, de las hojas viejas a las jóvenes, por lo tanto tiende a acumularse en las hojas viejas (Salisbury y Ross, 1994a). Similar a los resultados de este estudio, los arbustos de regiones semiáridas de México tienen niveles de Fe en cantidades sustanciales para llenar el requerimiento de rumiantes (Ramírez et al., 2001; Moya et al., 2002). Algunas evidencias indican que niveles de Fe de 250 a 1200 mg·Kg⁻¹ pueden afectar negativamente el estatus de Cu en el ganado y en borregos (Spears, 1994), por lo que los altos niveles de Fe pueden incrementar aun más el requerimiento de Cu especialmente durante la Primavera.

Los valores mas altos en el contenido de Zn encontrados durante Verano e Invierno podrían estar relacionados a las lluvias de Verano e Invierno. Algunos arbustos del sur de Texas (Barnes et al., 1990) y Noreste de México (Ramírez et al., 2001; Moya et al., 2002) tienen niveles de Zn que variaron estacionalmente, pero solo algunos de ellos tuvieron niveles de Zn para cubrir el requerimiento de rumiantes. Sin embargo, estos resultados reportan niveles mayores de Zn que las plantas de este estudio, por lo que todas las plantas del presente estudio resultaron con niveles inferiores al requerimiento de rumiantes. Aunque los rumiantes alimentados a base de forraje pueden tener menores requerimientos de Zn debido a su más lento crecimiento, la asociación del Zn con la pared celular del forraje (29-45 % del total de Zn) puede limitar la disponibilidad de Zn y por tanto incrementar el requerimiento (Spears, 1994).

La degradabilidad efectiva de MO y PC en leguminosas y no leguminosas se vio limitada por los componentes de la pared celular. El contenido de FDA fue importante en determinar DEMO en ambos tipos de planta, mientras que FDN fue importante en no leguminosas. Van Soest (1982) señala que el problema de la predicción de la digestibilidad del forraje es el de estimar la digestibilidad de la pared celular, y el uso de la fibra detergente ácido (FDA) como un predictor de la digestibilidad no tiene fundamentos

teóricos sólidos más que la asociación estadística; adicionalmente señala que la FDA es un proceso preparativo para la determinación de celulosa, lignina, PIDA, minerales insolubles en detergente ácido y sílice y no es una fracción de fibra válida para la predicción de la digestibilidad, (Van Soest et al., 1991).

La pared celular de la planta determinada como FDN ha probado ser una característica fundamental principalmente en la predicción del consumo (Colburn et al., 1968; Fahey y Merchen, 1986; Mertens, 1987; Reid et al., 1988), sin embargo su relación con la digestibilidad es baja debido a la variable digestibilidad de la pared celular (Jung y Deetz, 1993).

El contenido de PIDA fue la variable más importante en limitar la DEPC en ambos tipos de planta, esta fracción es esencialmente la porción indigestible y se encuentra principalmente ligada a la lignina (Galyean, 1980; Sniffen et al., 1992), debido a que esta fracción se determina a partir de la determinación de N en el residuo FDA (Van Soest, 1991), por lo tanto, era de esperarse que la fracción FDA también se relacionara negativamente con DEPC en leguminosas.

En no leguminosas el contenido de PIDN-PIDA también fue importante en determinar DEPC, esta fracción es considerada como la proteína de lenta disponibilidad por estar asociada a los componentes de la pared celular de las plantas (Van Soest et al., 1981; Krishnamoorthy et al., 1983) y su grado de degradación en el rumen depende de las tasas relativas de degradación y pasaje de la fracción fibrosa del forraje (Sniffen et al., 1992), dado que solo es parcialmente degradada en el rumen, frecuentemente se le considera como la porción de la proteína total que potencialmente puede pasar por el rumen sin ser degradada (by-pass), también llamada proteína de sobrepaso (Galyean, 1980).

Algunos minerales también resultaron estar relacionados con la degradabilidad efectiva de MO y PC en leguminosas (Zn, P y Ca) y no leguminosas (K), sugiriendo en algunos casos, que su deficiencia no únicamente causaría desordenes metabólicos sino que también podría limitar la degradación de PC (P, Zn). Varios minerales, como fósforo y el azufre, son requeridos por los microorganismos ruminales para su crecimiento normal y metabolismo, por lo que bajas concentraciones de estos minerales pueden impedir la habilidad de los

microorganismos para digerir la fibra (Spears, 1994). Algunos otros autores (Van Soest et al., 1991; López-Guisa y Satter, 1992) sugieren que algunos cationes como el Cu^+ , Co^+ , K^+ , Ca^{++} , Na^+ y Mg^{++} pueden servir como unión entre la superficie cargada negativamente de los microorganismos y la pared celular de la planta, facilitando la digestión, lo cual podría explicar la correlación positiva del K con DEMO y DEPC en no leguminosas y del Ca con DEMO en leguminosas.

En este estudio, los taninos no estuvieron relacionados con la DEMO o la DEPC debido a los efectos variables de los taninos sobre la calidad del forraje. Burns (1978) señala que el efecto específico de los taninos depende de la interacción entre las características de los taninos, como el tamaño molecular, configuración estereoquímica (Robbins et al., 1991; Hagerman et al., 1992) y estabilidad química (Zucker, 1983) y la adaptación del animal para neutralizarlos y metabolizarlos. Por lo tanto, para comprender el efecto de los taninos, se requiere de un mayor entendimiento de sus características estructurales y de la fisiología, ecología y evolución del animal (Robbins et al., 1991).

Aunque el contenido de lignina estuvo correlacionado negativamente con DEMO de leguminosas ($r=-0.56$, $P<.001$) y no leguminosas ($r=-0.69$, $P<.001$) y con DEPC de leguminosas ($r=-0.55$; $P<.001$) y no leguminosas ($r=-0.31$; $P<.001$), sin embargo esta variable no fue seleccionada por el procedimiento de selección stepwise. De la revisión de literatura, hay que recordar que la cantidad de lignina puede ser el factor clave que limite la degradación de la pared celular, sin embargo, la organización de la matriz de la pared en la cual se encuentra la lignina, puede regular el grado de su influencia sobre la degradación de los polisacáridos de la pared (Hatfield, 1993), y que este grado de influencia ha probado ser distinto entre leguminosas y gramíneas (Jung y Deetz, 1993).

6 CONCLUSIONES

Con excepción de *Prosopis sp.*, las leguminosas presentaron un valor de importancia relativamente bajo con respecto a otras especies, principalmente por su baja frecuencia. Las leguminosas constituyen una fuente de forraje de mejor calidad que las no leguminosas durante la estación de sequía (Primavera - Verano), aportando una mayor cantidad de PC disponible y MO fermentable, además, estas especies se mantienen con una buena calidad durante todo el año, sin embargo la variación anual parece afectar la degradabilidad efectiva de MO y PC de estas. Por el contrario, en las especies no leguminosas se observaron cambios estacionales drásticos en su composición, nutritiva y características de degradación, al parecer, en respuesta a la variación estacional en la precipitación.

Dentro de las especies leguminosas, *Pithecellobium confine* fue la especie de menor calidad nutritiva por su mayor contenido de pared celular (FDN) y lignina. *Cercidium floridum* y *Prosopis sp.* fueron las de mejor calidad, por su mayor disponibilidad de PC y MO, pese al relativamente alto contenido de taninos en *Cercidium floridum*. *Opuntia cholla* parece ser una buena fuente de MO fermentable.

Todas las especies estudiadas fueron deficientes, con respecto al requerimiento del ganado, en Zn y Cu, y, debido a la variación estacional en el contenido de estos minerales, pueden llegar a ser deficientes en Mn y P. *Bursera microphylla* y *Cyrtocarpa edulis* son una fuente rica en Na, y *Bursera microphylla*, *Opuntia cholla* y *Turnera diffusa* en Mn para el ganado que las consume.

El contenido de taninos, lignina, FDN, FDA y PIDA limitaron la degradabilidad efectiva de MO y PC en leguminosas y no leguminosas. Algunos de los minerales como el Zn y P encontrados en concentraciones por debajo del requerimiento de bovinos en pastoreo también podrían limitar la degradabilidad efectiva de MO y PC, otros minerales como el Ca y K podrían favorecerla.

7 RECOMENDACIONES

Se recomienda la implementación de prácticas de control de malezas tendientes a eliminar plantas tóxicas y especies poco deseables como sería el caso de *Sapium biloculare* y *Karwinskia humboldtiana*, así como implementar estrategias que permitan la propagación de especies leguminosas como *Cercidium floridum* y *Prosopis sp.* por su elevado valor como fuente de proteína, y de especies no leguminosas como *Cyrtocarpa edulis* por su contenido de Na y *Opuntia cholla* como fuente Mn y MO fermentable a la dieta del ganado durante la estación de sequía.

Se recomienda la administración de un complemento mineral que permita un consumo adecuado en Zn, Cu, Mn y P durante la estación y años de sequía, mientras no se cuente con datos más precisos sobre el consumo de minerales por el ganado en pastoreo y del requerimiento de estos minerales bajo estas situaciones de producción específicas.

Se requiere también de mayores esfuerzos de investigación sobre la importancia de las diferentes especies, especialmente leguminosas, en el consumo y selectividad de la dieta del ganado durante la estación de sequía y sobre estrategias de utilización de esas especies como fuente de forraje.

Paralelamente se requiere un mayor conocimiento de la producción de biomasa de las especies con mayor valor nutritivo y la relación con las características del suelo y disponibilidad de agua en diferentes regiones fisiográficas.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

8 LITERATURA CITADA

- Abdalla, H.O., D.G. Fox and R.R. Seaney. 1988. Variation in protein and fiber fractions in pasture during the grazing season. *Journal of Animal Science* 66:2663-2669.
- Adams, D.C. and R.E. Short. 1988. The role of animal nutrition on productivity in a range environment. pp 37-43. In: R.S. White and R.E. Short (Eds). *Achieving efficient use of rangeland resources*. Fort Keogh Research Symposium, Miles City, Mont.
- Agúndez, E.J., H. Fraga, A. Escobar y A. Trujillo. 1992. Especies forrajeras silvestres en la región de los Cabos *Revista de Investigación Científica. Serie Ciencias Agropecuarias* Vol. 3, pp.1-20 México.
- Ahn, J.H., B.M. Robertson, R. Elliot, R.C. Gutteridge, and C.W. Ford. 1989. Quality assesment of tropical browse legumes: tannin content and protein degradation. *Animal Feed Science and Technology* 27:147-153.
- Akin, D.E. 1989. Histological and physical factors affecting digestibility of forages. *Agronomy Journal* 81:17-21.
- Akin, D.E. 1993. Perspectives of cell wall biodegradation. In: H.G. Jung, D.R. Buxton, R.D. Hatfield and J. Ralph (Ed.) *Forage Cell Wall Structure and Digestibility*. pp 76-81. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI.
- Áman, P. 1993. Composition and structure of cell wall polysaccharides in forages. In: H.G. Jung, D.R. Buxton, R.D. Hatfield and J. Ralph (Ed.) *Forage Cell Wall Structure and Digestibility*. pp 183-195. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI.
- AOAC, 1990. *Official Methods of Analysis* (15th Ed.). Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Arriaga, L. y J. Cansino. 1992. Prácticas pecuarias y caracterización de especies forrajeras en la selva Baja caducifolia. En: *Uso y Manejo de los Recursos Naturales en la Sierra de la Laguna Baja California Sur*. Alfredo Ortega Ed. La Paz, México pp. 155-184.
- Arthun, D., J.L. Holechek, J. D. Wallace, M.L. Galyean, M. Cardenaz. and S. Rafique. 1992a. Forb and shrub influences on steer nitrogen retention. *Journal of Range Management* 45:133-136.
- Arthun, D., Holechek, J.L., J.D. Wallace, M.L. Galyean, and M. Cardenas. 1992b. Forb and shrub effects on ruminal fermentation in cattle. *Journal of Range Management* 45:519-523.
- Austin, P.J., L.A. Suchar, C.T. Robbins, and A.E. Hagerman. 1989. Tannin-binding proteins in saliva of deer and their absence in saliva of sheep and cattle. *Journal of Chemical Ecology* 15:1335-1341.

- Bach, A., M.D. Stern, N.R. Merchen, and J.K. Drackley. 1998. Evaluation of selected mathematical approaches to the kinetics of protein degradation *in situ*. *Journal of Animal Science* 76:2885-2890.
- Bae, H.D., T.H. McAllister, J. Yanke, K-J. Cheng, and A. D. Muir. 1993. Effects of condensed tannins on endoglucanase activity and filter paper digestion by *Fibrobacter succinogenes* S85. *Applied Environmental Microbiology* 59:2132-2137.
- Baker, T.I., G. V. Quike, O.G. Bentley, R.R. Johnson, and A.L. Moxon. 1959. The influence of certain physical properties of purified celluloses and forage celluloses on their digestibility by rumen microorganism *in vitro*. *Journal of Animal Science* 21:655-661.
- Baldwin, R.L., Thornely, J.H.M., and D.E. Beever. 1987. Metabolism of the lactating cow. II. Digestive elements of a mechanistic model. *Journal of Dairy Research* 54:107-113.
- Balogun, R.O., R.J. Jones, and J.H.G. Holmes. 1998. Digestibility of some tropical browse species varying in tannin content. *Animal Feed Science and Technology* 76: 77-82.
- Barahona, R., C.E. Lascano, R. Cochran, J. Morill, and E.C. Titgemeyer. 1997. Intake, digestion, and nitrogen utilization by sheep fed tropical legumes with contrasting tannin concentration and astringency. *Journal of Animal Science* 75: 1633-1639.
- Barnes, R.F. and G.C. Marten. 1979. Recent developments in predicting forage quality. *Journal of Animal Science* 48:1554-1559.
- Barnes, T.G., Varner, L.W., Blankenship, L.H., Fillinger, T.J. and Heineman, S.C., 1990. Macro and trace mineral content of selected south Texas deer forages. *Journal of Range Management* 43:220-223.
- Barry, T.N. and T.R. Manley. 1984. The role of condensed tannins in the nutritional value of *Lotus pedunculatus* for sheep. 2. Quantitative digestion of carbohydrates and proteins. *British Journal of Nutrition* 51:493-501.
- Barry, T.N., T.R. Manley, and S.J. Duncan. 1986. The role of condensed tannins in the nutritional value of *Lotus pedunculatus* for sheep. 4. Sites of carbohydrate and protein digestion as influenced by dietary reactive tannin concentration. *British Journal of Nutrition* 55:123-128.
- Beever, D.E. and B.R. Cottrill. 1994. Protein systems for feeding ruminant livestock: A European assesment. *Journal of Dairy Science* 77:2031-2037.
- Blair, G.J. 1989. The diversity and potential value of shrubs and tree fodders. In: Devendra C. (Ed). *Shrubs and tree fodders for farm animals*. pp 2-11. Proceedings of a workshop in Denpasar, Indonesia.

- Bock, B.J., R.T. Brandt, D.L. Harmon, S.J. Anderson, J.K. Elliot and T.B. Avery. 1991. Feedlot performance and *in situ* rate of starch digestion in steers. *Journal of Animal Science* 69:2703-2708.
- Bolwell, G.P. 1988. Synthesis of cell wall components: Aspects of control. *Phytochemistry*. 27:1235-1253.
- Bowles, D.J. 1990. Defense-related proteins in higher plants. *Annual Reviews on Biochemic.* 59:873-907.
- Breceda, A., A. Castellanos, L. Arriaga y A. Ortega. 1991. Conservación y áreas protegidas. In: A. Ortega y L. Arriaga. (Ed.) *La Reserva de la Biosfera el Vizcaíno en la Península de Baja California*. Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, A.C., La Paz B.C.S., México.
- Broderick, G.A., R.J. Wallace, E.R. Ørskov, and L. Hansen. 1988. Comparison of estimates of ruminal protein degradation by *in vitro* and *in situ* methods. *Journal of Animal Science* 66:1739-1743.
- Burgess, T.L. 1995. Dessert grassland, mixed shrub savanna, shrub steppe, or semidesert shrub? The dilemma of coexisting growth forms. In: M.P. McClaran, and T.R. Van Devender (Eds). pp 31-67. *The Desert Grassland*. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona.
- Burns, R.E. 1971. Method for estimation of tannin in sorghum grain. *Agronomy Journal* 63:1214-1218.
- Burns, J.C. 1978. Antiquality factors as related to forage quality. *Journal of Dairy Science* 61:1809-1813.
- Burns, J.C., K.R. Pond, D.S. Fisher, and J.-M. Luginbuhl. 1997. Changes in forage quality, ingestive mastication, and digesta kinetics resulting from switchgrass maturity. *Journal of Animal Science* 75:1368-1372.
- Burroughs, W, D.K. Nelson and D.R. Meterns. 1975. Protein physiology and its application in the lactating cow: the metabolizable protein feeding standard. *Journal of Animal Science* 41:933-939.
- Carpita, N.C. 1984. Fractionation of hemicelluloses from maize cell walls with increasing concentrations of alkali. *Phytochemistry*. 23:1089-1093.
- Carpita, N.C. and D.M. Gibeaut. 1988. Biosynthesis and secretion of plant cell wall polysaccharides. *Current Topics in Plant Biochemistry and Physiology*. 7:112-133.
- Carpita, N.C. and J. Kanabus. 1986. Extraction of starch by dimetil sulfoxide and quantitation by enzymatic assay. *Analytical Biochemistry*. 161:132-139.

- Chalupa, W. y C.J. Sniffen. 1993. Formulación para hoy y mañana de raciones con aminoácidos y proteínas para ganado lechero. En: CIGAL (Ed.) Memorias de la 9a. Conferencia Internacional sobre Ganado Lechero. D.F., México.
- Charley, J.L. 1977. Mineral cycling in rangeland ecosystems, pp. 215-256. In: R.E. Sosebe (ed), Rangeland plant physiology. Range Sci. Ser. No. 4 Society for Range Management, Denver, Colorado.
- Chesson, A., C.S. Stewart, K. Dalgarno, and T.P. King. 1986. Degradation of isolated grass mesophyll, epidermis and fibre cell walls in the rumen bacteria in axenic culture. *Journal of Applied Bacteriology*. 60:327-332.
- Chesson, A. 1993. Mechanistic models of forage cell wall degradation. . In: H.G. Jung, D.R. Buxton, R.D. Hatfield and J. Ralph (Ed.) Forage Cell Wall Structure and Digestibility. pp 347-376. ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin.
- Coblentz, W.K., J.O. Fritz, W.H. Fick, R.C. Cochran, and J.E. Shirley. 1998. *In situ* dry matter, nitrogen, and fiber degradation of alfalfa, red clover, and eastern gamagrass at four maturities. *Journal of Dairy Science* 81:150-155.
- Colburn, M.W., J.L. Evans and C.H. Ramage. 1968. Ingestion control in growing ruminant animal by the components of cell-wall constituents. *Journal of Dairy Science* 51:1458-1463.
- Cone, J.W., A.H. Van Gelder, I.A. Soliman, H. De Visser, and A.M. Van Vuuren. 1999. Different techniques to study rumen fermentation characteristics of maturing grass and grass silage. *Journal of Dairy Science* 82:957-2962.
- Conklin, N. L. 1994. Tannin and *in vitro* digestibility of tropical browse: Predictive equations. *Journal of Range Management* 47:398-403.
- Contreras, A.A. y C. Zolla. 1982. Plantas tóxicas de México. Instituto Mexicano del Seguro Social, México.
- Coolings, G.F., M.T. Yokoyama, and W.G. Bergen. 1978. Lignin as determined by oxidation with sodium chloride and a comparison with permanganate lignin. *Journal of Dairy Science* 61:1156-1160.
- Coppock, D.L. and J.D. Reed. 1992. Cultivated and native browse legumes as calf supplementation in Ethiopia. *Journal of Range Management* 45:231-236.
- Corah, L. 1996. Trace mineral requirements of grazing cattle. *Animal Feed Science and Technology* 59:61-67.
- COTECOCA. 1975. Coeficientes de agostadero de la República Mexicana: Estado de Baja California Sur. Secretaria de Agricultura y Ganadería, México.

- Crampton, E.W. 1957. Interrelations between digestible nutrient and energy content, voluntary dry matter intake, and the overall feeding value of forages. *Journal of Animal Science* 16:546-551.
- Curtis, H., y N.S. Barnes. 2000. Procesos de transporte en las plantas. En Shnek y Flores (Directoras de edición), *Biología*, sexta edición en español. Editorial medica panamericana, pp 982-1006.
- Danley, M.M. and R.L. Vetter. 1974. Artificially altered corn grain harvested at three moisture levels. III. *in vitro* utilization of the carbohydrate and nitrogen fractions. *Journal of Animal Science*. 38:430-435.
- De la Luz, J.L.L., y R. Coria. 1992. Flora Iconográfica de Baja California Sur. José L. León de la Luz y Rocio Coria (Eds). Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur A.C., La Paz, Baja California Sur, México.
- Degen, A.A., A. Blanke, K. Becker, M. Kam, R.W. Benjamin and H.P.S. Makkar. 1997. The nutritive value of *Acacia saligna* and *Acacia salicina* for goats and sheep. *Animal Science*. 64:253-258.
- DGETENAL (1980). Dirección General del Territorio Nacional. Carta geográfica El Rosario. 119 F121333.
- Dijkstra, J., H.D.St.C. Neal, D.E. Beaver and J. France. 1992. Simulation of nutrient digestion, absorption and outflow in the rumen: Model description. *Journal of Nutrition* 122:2239-2243.
- Dogget, C. G., C.W. Hunt, J.G. Andrea, J.H. Harrison, and D.A. Sapienza. 1997. Effects of corn silage maturity and sample processing method on *in situ* degradability of DM, starch, and NDF. *Journal of Animal Science* 75 (Suppl. 1):256 (Abstr.).
- Ekern, A. and K.L. Baxter, D. 1965. Sawers. The effect of artificial drying on the energy value of grass. *British Journal of Nutrition* 19:417-423.
- Elizalde, J.C., N.R. Merchen, and D.B. Faulkner. 1999a. Fractionation of fiber and crude protein in fresh forages during the spring growth. *J Anim. Sci.* 77:476-482.
- Elizalde, J.C., N.R. Merchen, and D.B. Faulkner. 1999b. *In situ* dry matter and crude protein degradation of fresh forages during the spring growth. *Journal of Dairy Science* 82:1978-1983.
- Ellis, W.C., J.H. Matis, T.M. Hill, and M.R. Murphy. 1994. Methodology for estimating digestion and passage kinetics of forages. In: Fahey, G.C. (Ed.) *Forage quality, Evaluation, and Utilization*. pp 644-681. ASA, CSSA, SSSA. Madison Wisconsin.
- Engels, F. M. and R. E. Brice. 1985. A barrier covering lignified cell walls of barley straw that restrict access by rumen microorganism. *Current Microbiology*. 12:217-223.

- Fahey, G.C. and N.R. Merchen. 1986. Analytical procedures associated with estimation of feed intake: the detergent system of analysis. in: F.N. Owen (Ed.) Symposium proceedings: Feed intake by beef cattle. p 41. Stillwater, Oklahoma.
- Ferret, A., J. Gasa., J. Palaixats, F. Casañas, L. Bosch, and F. Nuez. 1997. Prediction of voluntary intake and digestibility of maize silage given to sheep from morphological and chemical composition, *in vitro* digestibility or rumen degradation characteristics. *Animal Science*. 64: 493-498.
- Fick, G.W., P.W. Wilkens, and J.H. Cherney. 1994. Modeling forage quality changes in the growing crop. In: Fahey, G.C. (Ed.). pp 757-795. Forage Quality Evaluation, and Utilization. ASA, CSSA, SSSA. Madison, Wisconsin.
- Fonnesbeck, P.V. 1969. Partitioning the nutrients of forage for horses. *Journal of Animal Science* 28:624-629.
- Fonnesbeck, P.V. 1976. Estimating nutritive value from chemical analyses. In: P.V. Fonnesbeck, L.E. Harris and L.C. Kearl. First International Symposium, Feed Composition, Animal Nutrient Requirements and Computerization of Diets. Utah State University Press. Logan, Utah.
- Fry, S.C. 1986. Cross-Linking of matrix polymers in the growing cell walls of angiosperms. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 37:165-186
- Galyean, M. 1980. Van Soest Fiber Analysis. In: NMSU (Ed.) Techniques and Procedures in Animal Nutrition Research. pp 51-63. Las Cruces, New Mexico.
- Galyean, M.L. and A.L. Goetsch. 1993. Utilization of forage fiber by ruminants. In: H.G. Jung, D.R. Buxton, R.D. Hatfield and J. Ralph (Ed.) Forage Cell Wall Structure and Digestibility. pp 33-62. ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin.
- García C.B. y D. Montemayor. 1987. Suplementación mineral en agostadero. V simposio internacional sobre ganadería, Chihuahua, México.
- Genin, D. and A.P. Pijoan. 1993. Seasonality of goat diet and plant acceptabilities in the coastal scrub of Baja California, Mexico. *Small Ruminant Research* 10:1-10.
- Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analyses (apparatus, reagents procedures and some applications). Agric. Handbook No. 379. ARS, USDA, Washington, DC.
- Goering, H.K., C.H. Gordon, R.W. Hemken, D.R. Waldo, P.J. Van Soest and L.W. Smith. 1972. Analytical estimates of nitrogen digestibility in heat damaged forages. *Journal of Dairy Science* 55:1275-1281.
- Greene, L.W., W.E. Pinchak, and R.K. Heitschmidt. 1987. Seasonal dynamics of mineral in forages at the Texas Experimental Ranch. *Journal of Range Management* 40:502-509.

- Grings, E.E., M.R. Haferkamp, R.K. Heitschmidt, and M.G. Karl. 1996. Mineral dynamics in forages of the Northern Great Plains. *Journal of Range Management*. 49:234-241.
- Hagerman, A.E., C.T. Robbins, Y. Weerasuriya, T.C. Wilson and C. McArthur. 1992. Tannin chemistry in relation to digestion. *Journal of Range Management*. 45:57-63.
- Hatfield, R.D. 1993. Cell wall polysaccharides interactions and degradability. . In: H.G. Jung, D.R. Buxton, R.D. Hatfield and J. Ralph (Ed.) *Forage Cell Wall Structure and Digestibility*. p 286. ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin.
- Heitschmidt, R.K., R.A. Gordon, and J.S. Bluntzer. 1982. Short duration grazing at the Texas Experimental Ranch: Effects on forage quality. *Journal of Range Management* 35:372-378.
- Herold, D.W. and T.J. Klopfenstein. 1996. Evaluation of animal byproducts for escape protein supplementation. *Journal of Animal Science* 74 (Suppl 1):82(Abstr.).
- Hespell, R.B. and T.R. Whitehead. 1990. Physiology and genetics of xylan degradation by gastrointestinal tract bacteria. *Journal of Dairy Science*. 73:3013-3022.
- Hidiroglou, M. 1979. Manganese in ruminant nutrition. *Canadian Journal of Animal Science* 59:217-236.
- Hill, T.M., S.P. Shmidt, R.W. Russell, E.E. Thomas and D.F. Wolfe. 1991. Comparison of urea treatment with established methods of sorghum grain preservation and processing on site and extent of starch digestion by cattle. *Journal of Animal Science* 69:4570-4577.
- Himmelsbach, D.S. 1993. Structure of forage cell walls. In: H.G. Jung, D.R. Buxton, R.D. Hatfield and J. Ralph (Ed.) *Forage Cell Wall Structure and Digestibility*. pp 271-280. ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin.
- Hoffman, P.C., S. J. Sievert, R.D. Shaver, D. A. Welch, and D.K. Combs. 1993. *In situ* dry matter, protein, and fiber degradation of perennial forages. *Journal of Dairy Science* 76: 2624-2630.
- Holechek, J. L., Vavra, M., and Piper, R.D. 1982. Botanical composition determination of range herbivore diets: A review. *Journal of Range Management* 35:309-315.
- Holechek, J.L., R.D. Piper, and C.H. Herbel. 1989. *Range Management Principles and Practices*. Prentice Hall Publ. Co., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Hooer, W.H. 1986. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. *Journal of Dairy Science* 69:2755-2761.

- Huhtanen, P., S. Jaakkola, and U. Kukkonen. 1995. Ruminant plant cell wall digestibility estimated from digestion and passage kinetics utilizing mathematical models. *Animal Feed Science and Technology* 52:159-164.
- Imbeah, M. 1999. Wood ash as mineral supplement for growing lambs under village conditions in the tropics. *Small Ruminant Research* 32:191-196.
- INEGI. 1996. Estudio Hidrológico del Estado de Baja California Sur. Gobierno del Estado de Baja California Sur.
- Janicki, F.J. and C. Stallings. 1988. Degradation of crude protein in forages determined by *in vitro* and *in situ* procedures. *Journal Dairy Science*. 71:2440-2445.
- Jeraci, J.L., B.A. Lewis, P.J. Van Soest and J.B. Robertson. 1989. Urea enzymatic dialysis procedure for determination of total dietary fiber. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*. 72:7677-7680.
- Jung, H.G., R.W. Rice, and L.J. Koong. 1985. Comparison of heifers weight gains and forage quality for continuous and short-duration grazing systems. *Journal of Range Management* 38:144-149.
- Jung, H.G. and K.P. Vogel. 1986. Influence of lignin on digestibility of forage cell wall material. *Journal of Animal Science*. 62:1703-1708.
- Jung, H.G. and D.A. Deetz. 1993. Cell wall lignification and degradability. In: H.G. Jung, D.R. Buxton, R.D. Hatfield and J. Ralph (Ed.) *Forage Cell Wall Structure and Digestibility*. pp 315-339. ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin.
- Jung, H.G. and M.S. Allen. 1995. Characteristics of plant cell wall affecting intake and digestibility of forage by ruminants. *Journal of Animal Science* 73:2774-2780.
- Jung, H.G., D.R. Mertens, and A.J. Payne. 1997. Correlation of acid detergent lignin and Klason lignin with digestibility of forage dry matter and neutral detergent fiber. *Journal of Dairy Science* 80:1622-1628.
- Jung, H.-J. 1997. Analysis of forage fiber and cell walls in ruminant nutrition. *Journal of Nutrition* 127: 809-814.
- Kallah, M.S., J.O. Bale, U.S. Abdullahi, I.R. Muhammad, and R. Lawal. 2000. Nutrient composition of native forbs of semi-arid and dry sub-humid savannas of Nigeria. *Animal Feed Science and Technology*. 84: 137-145.
- Kamstra, L.D., A.L. Moxon, and O.G. Bentley. 1958. The effect of stage of maturity and lignification on the digestion of cellulose in forage plants by rumen microorganisms *in vitro*. *Journal of Animal Science* 17:199-204.
- Kempton, T.J. 1980. The use of nylon bags to characterise the potential degradability of feeds for ruminants. *Tropical Animal Production*. 5:107-112.

- Khanal, R.C. and D.B. Subba. 2001. Nutritional evaluation of leaves from some major fodder trees cultivated in the hills of Nepal. *Animal Feed Science and Technology* 92:17-22.
- Khazaal, K., M.T. Dentinho, J.M. Ribeiro, and E.R. Ørskov. 1993. A comparison of gas production during incubation with rumen contents *in vitro* and nylon bag degradability as predictors of the apparent digestibility *in vivo* and the voluntary intake of hays. *Animal Production* 57:105-112.
- Kibon, A. and E.R. Ørskov. 1993. The use of degradation characteristics of browse plants to predict intake and digestibility by goats. *Animal Production* 57:247-252.
- Kibria, S.S., T.N. Nahar and M.M. Mia. 1994. Tree leaves as alternative feed resource for black bengal goats under stall-fed conditions. *Small Ruminant Research* 13:217-223.
- King D.W., R.E. Estell, E.L. Fredrickson, K.M. Havstad, J.D. Wallace, and L.W. Murray. 1996a. Effects of *Flourensia cernua* ingestion on intake, digesta kinetics, and ruminal fermentation of sheep consuming tobosa. *Journal of Range Management* 49:325-331.
- King D.W., E.L. Fredrickson, R.E Estell, K.M. Havstad, J.D. Wallace, and L.W. Murray. 1996b. Effects of *Flourensia cernua* ingestion on nitrogen balance of sheep consuming tobosa. *Journal of Range Management* 49:331-336.
- Knox, J.P. 1990. Emerging patterns of organization at the plant cell surface. *J. Cell Sci.* 96:557-561.
-
- Kohn, R. A. and M. S. Allen. 1995. Prediction of protein degradation of forages from solubility fractions. *Journal of Dairy Science* 78:1774-1780.
- Kreikemeier K.K., D.L. Harmon, R.T. Brandt, T.B. Avery and D.E. Johnson. 1991. Small intestinal starch digestion in steers: Effect of various levels of abomasal glucose, corn starch and corn dextrin infusion on small intestinal disappearance and net glucose absorption. *Journal of Animal Science* 69:328-334.
- Krishnamoorthy, U.C., T.V. Muscato, C.J. Sniffen and P.J. Van Soest. 1982. Nitrogen fractions in selected feedstuffs. *Journal of Dairy Science* 65:217-223.
- Larbi, A., J.W. Smith, A.M. Raji, I.O. Kurdi, I.O. Adekunle and D.O. Ladipo. 1997. Seasonal dynamics in dry matter degradation of browse in cattle, sheep and goats. *Small Ruminant Research* 25:129-134.
- Larbi, A., J.W. Smith, I.O. Kurdi, I.O. Adekunle, A. M. Raji, and D.O. Ladipo. 1998. Chemical composition, rumen degradation, and gas production characteristics of some multipurpose fodder trees and shrubs during wet and dry seasons in the humid tropics. *Animal Feed Science and Technology* 72:81-89.

- Lavrencic, A., B. Stefanon, and P. Susmel. 1997. An evaluation of the Gompertz model in degradability studies of forage chemical components. *Animal Sci.* 64:423-428.
- Lee, S.B. and I.H. Kim. 1983. Structural properties of cellulose and cellulase reaction mechanism. *Biotechnology and Bioengineering.* XXV:33-38.
- Licitra, G., T.M. Hernandez, and P.J. Van Soest. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology* 57:347-352.
- Little, C.O., W. Burroughs and W Woods. 1963. Nutritional significance of soluble nitrogen in dietary proteins for ruminants. *Journal of Animal Science* 22:358-362.
- Lonegran, J.F. 1973. Mineral absorption and its relation to the mineral composition of herbage, p. 103-127. In: G.W. Butler and R.W. Bailey (Eds.), *Chemistry and biochemistry of herbage.* Vol. 1. Academic Press, London.
- Long, R.J., S.O. Apori, F.B. Castro, and E.R. Ørskov. 1999. Feed value of native forages of the Tibetan Plateau of China. *Animal Feed Science and Technology* 80:101-107.
- Longland, A.C., M.K. Theodorou, R. Sanderson, S.J. Lister, C.J. Powell, and P. Morris. 1995. Non-starch polysaccharide composition and *in vitro* fermentability of tropical forage legumes varying in phenolic content. *Animal Feed Science and Technology* 55:161-167.
- López, S., J. France, M.S. Dhanoa, F. Mould, and J. Dijkstra. 1999. Comparison of mathematical models to describe disappearance curves obtained using the polyester bag technique for incubating feeds in the rumen. *Journal of Animal Science* 77:1875-1880.
- López-Guisa, J.M. and L.D. Satter. 1992. Effect of copper and cobalt addition on digestion and growth in heifers fed diets containing alfalfa silage or corn pop residues. *Journal of Dairy Science* 75:247-256.
- López-Gutiérrez, F. 1991. Physical and chemical alteration of *Distichilis spicata* L. cell walls with NaCl and water stress. Ph. D. Thesis. Colorado State Univ. Fort Collins, Colorado.
- Lowry, O.H., N.J. Rosebrough, A.L. Farr and R.J. Randall. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal of Biol. Chem.* 193:265-271.
- Madsen, J., and T. Hvelplund. 1994. Prediction of *in situ* protein protein degradability in the rumen. Results of a European ringtest. *Livestock Production Science.* 39:201-206.

- Mahadevan, S., J.D. Erlef and F.D. Sauer. 1980. Degradation of soluble and insoluble proteins by *Bacteroides amylophilus* protease and by rumen microorganisms. *Journal of Animal Science* 50:723-729.
- Makkar, H.P.S., M. Blümmel and K. Becker. 1997. *In vitro* rumen apparent and true digestibilities of tannin-rich forages. *Animal Feed Science and Technology* 67:245-251.
- Makkar, H.P.S., N.K. Borowy, K. Becker and A. Degen. 1995. Some problems in fibre determination of a tannin-rich forages (*Acacia saligna* leaves) and their implications in *in vivo* studies. *Animal Feed Science and Technology* 55:67-73.
- Marinucci, M.T., B.A. Dehorthy, and S.C. Loerch. 1992. *In vitro* and *in vivo* studies of factors affecting digestion of feeds in synthetic fiber bags. *Journal of Animal Science* 70:296-302.
- Maynard, L.A., J.K. Loosli, H.F. Hintz and R.G. Warner. 1979. *Nutrición Animal*. 7a Ed., McGraw Hill Co., New York..
- McDowell, L.R. 1996. Feeding minerals to cattle on pasture. *Animal Feed Science and Technology* 60:247-253.
- McDowell, L.R., C.L. Ellis y J.H. Conrad. 1984. Suplementación mineral para la producción lechera y vacas de carne. Memorias de la XVI reunión de AGSOGUA. 6 y 7 de diciembre Retalhuelau, Guatemala.
- McNeil, M., A.G. Darvill, P. Aman, L.E. Franzén, and P. Albersheim. 1982. Structural analysis of complex carbohydrates using high-performance liquid chromatography, gas chromatography and mass spectrometry. *Methods of Enzymology*. 83:3-45.
- McSweeney, C.S., B. Palmer, R.Bunch, and D.O. Krause. 1999. *In vitro* quality assessment of tannin-containing tropical shrub legumes: protein and fibre digestion. *Animal Feed Science and Technology* 82:227-235.
- Meissner, H.H., and D.V. Paulsmeier. 1995. Plant compositional constituents affecting between-plant and animal species prediction of forage intake. *Journal of Animal Science* 73:2447-2452.
- Merchen, N.R. and L.D. Bourquin. 1994. Processes of digestion and factors influencing digestion of forage-based diets by ruminants. In: G.C. Fahey Jr, M. Collins, D.R. Mertens and L.E. Moser (Ed.) *Forage Quality, Evaluation and Utilization*. pp 564-599. ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin.
- Mertens, D. R. 1973. Dietary fiber components: relationship to the rate and extent of ruminal digestion. *Fed. Proc.* 36:188-192.

- Mertens, D.R. and J.R. Loften. 1980. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics *in vitro*. *Journal of Dairy Science* 63:1437-1443.
- Mertens, D.R. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of Animal Science* 64:1548-1554.
- Mertens, D.R. 1996. Rate and extent of digestion. In: J.M. Forbes and J. France (Ed) *Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism*. pp 13-52. CAB International. Oxon UK.
- Messman, M.A., W.P. Weiss, and K.A. Albrecht. 1996. *In situ* disappearance of individual proteins and nitrogen from legume forages containing varying amounts of tannins. *Journal of Dairy Science*. 79:1430-1436.
- Meyer, J.H. and G.P. Lofgreen. 1956. The estimation the total digestible nutrients in alfalfa from its lignin and crude fiber content. *Journal of Animal Science* 15:543-548.
- Miller, R.F. and P.S. Doescher. 1995. Plant adaptations to saline environments. In: D.J. Bedunah and R.E. Sosebee (Eds.), *Physiological Ecology and Developmental Morphology*. Society for Range Management, Denver, Colorado, p 440-478.
- Mitchell, R.B., D.D. Redrearn, L.E. Moser, R.J. Grant, K.J. Moore, and B.H. Kirch. 1997. Relationships between *in situ* protein degradability and grass developmental morphology. *Journal of Dairy Science* 80:1143-1148.
- Molina, D.O., A. N. Pell, D.E. Hogue. 1999. Effects of ruminal inoculations with tannin-tolerant bacteria on fiber and nitrogen digestibility of lambs fed high-condensed tannin diet. *Animal Feed Science and Technology* 81:69-74.
- Moore, J.E., J.C. Burns and D.S. Fisher. 1994. Predicting digestibility and intake of southern grass hays by routine laboratory analyses. *Journal of Dairy Science* 77(Suppl. 1):439(Abstr.), *Journal of Animal Science* 72(Suppl. 1):439(Abstr.).
- Morrison, F.B. 1980. Cálculo de los valores de energía neta y factores de valoración de los alimentos. En: UTHEA (21a Ed.) *Alimentos y Alimentación del Ganado*. D.F., México.
- Moya, R.J.G., R.G. Ramirez, R. Foroughbakhch, L. Hauad and H. Gonzalez. 2002. Variación estacional de minerales en las hojas de ocho especies arbustivas. *Ciencia UANL, Universidad Autónoma de Nuevo León, México*, pp 59-65.
- Mullahey, J.J., S.S. Waller, K.J. Moore, L.E. Moser, and T.J. Klopfenstein. 1992. *In situ* ruminal protein degradation of switchgrass and smooth brome grass. *Agronomy Journal* 84:183-189.

- Mupangwa, J.F., T. Acamovic, J.H. Topps, N.T. Ngongoni, and H. Hamudikuwanda. 2000. Content of soluble and bound condensed tannins of three tropical herbaceous forage legumes. *Animal Feed Science and Technology* 83:139-145.
- Nahed, J., L. Villafuerte, D. Grande, F. Pérez-Gil, T. Alemán, and J. Carmona. 1997. Fodder shrub and tree species in the highland of southern México. *Animal Feed Science and Technology* 68:19-24.
- Nakamura, T., T.J. Klopfenstein, R.A. Britton. 1994. Evaluation of acid detergent insoluble nitrogen as an indicator of protein quality in nonforage proteins. *Journal of Animal Science* 72:1043-1048.
- Narjisee, H., M.A. Elhonsali, J.D. Olsen. 1995. Effect of oak (*Quercus ilex*) tannins on digestion and nitrogen balance in sheep and goats. *Small Ruminant Research* 18:201-207.
- National Research Council. 1978. Nutrient requirements of Dairy Cattle (5th Ed.). National Academic Press, Washington, DC.
- National Research Council. 1984. Nutrients Requirements of Beef Cattle (6th Ed.). National Academy Press, Washington D.C.
- National Research Council. 1985. Page 25-27. in Ruminant Nitrogen Usage. National Academic Press, Washington, DC.
- National Research Council. 1995. Buildin a North American Feed Information System. Board in Agriculture. Commitee on Animal Nutrition. Subcommittee on Criteria for a National Feed Composition Data Base. National Academy Press. Washington, DC.
-
- National Research Council. 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle (7th Ed.). National Academy Press, Washington, DC.
- Nelson, C.J. and L.E. Moser. 1994. Plant factors affecting forage quality. In: Fahey, G.C. (Ed.). pp 115-154. Forage Quality Evaluation, and Utilization. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin.
- Nevin, D.J. 1993. Analysis of forage cell wall polysaccharides. . In: H.G. Jung, D.R. Buxton, R.D. Hatfield and J. Ralph (Ed.) Forage Cell Wall Structure and Digestibility. pp 105-129. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI.
- Nocek, J. E., K.A. Cummins and C.E. Polan. 1979. Ruminant disappearance of crude protein and dry matter in feeds and combined effects in formulated rations. *Journal of Dairy Science* 62:1587-1593.
- Nocek, J.E. 1985. Evaluation of specific variables affecting *in situ* estimates of ruminal dry matter and protein digestion. *Journal of Animal Science*. 60:1347-1353.

- Nocek, J.E., and J. E. English. 1986. *In situ* degradation kinetics: Evaluation of rate determination procedure. *Journal of Dairy Science* 69:77-83.
- Nocek, J.E. and A.L. Grant. 1987. Characterization of *in situ* nitrogen and fiber digestion and bacterial nitrogen contamination of hay crop forages preserved at different dry matter percentages. *Journal of Animal Science*. 64:552-557.
- Nocek, J.E. 1988. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: A review. *Journal of Dairy Science* 71:2051-2056.
- Núñez-Hernandez, G., J.L. Holechek, J.D. Wallace, M.L. Galyean, A. Tembo, R. Valdez, and M. Cardenas. 1989. Influence of native shrubs on nutritional status of goats: nitrogen retention. *Journal of Range Management* 42:228-235.
- Ogebe, P.O., B.K. Ogunmodede and L.R. McDowell. 1996. Acceptability of mineral supplements by West African Dwarf goats. *Small Rumin. Res.* 19:193-198.
- Ørskov, E.R. and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. *Journal of Agriculture Science (Cambridge)*. 92:499-504.
- Ørskov, E.R., F.D. DeB Hovell, and F. Mould. 1980. The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Tropical Animal Production*. 5:195-201.
- Ørskov, E.R., G.W. Reid, and M. Kay. 1988. Prediction of intake by cattle from degradation characteristics of roughages. *Animal Production* 46:29-34.
- Owen, F.N. and R.A. Zinn. 1980. The standard reference system of protein bypass estimation. In: F.N. Owens (Ed.) *Protein Requirements for Cattle: Symposium*. pp 352-358. Oklahoma State University, Stillwater, Oklahoma.
- Paine, C.A. and R. Crawshaw. 1982. A complete exchange method for the *in-sacco* estimation of rumen degradability on routine basis. *Forage Protein in Ruminant Animal Production*. Ocatonal publication No. 6 pp 177-178. British Society of Animal Production.
- Papachristou, T.G. and A.S. Nastis. 1993. Nutritive value of diet selected by goats grazing on kerme oak shrublands with different shrub and herbage cover in northern Greece. *Small Ruminant Research* 12:35-41.
- Papachristou, T.G. and A.S. Nastis. 1996. Influence of deciduous broadleaved woody species in goat nutrition during the dry season in northern Greece. *Small Ruminant Research* 20:15-21.
- Pennell, R.I. and K. Roberts. 1990. Sexual development in the pea is prestaged by altered expression of arabinogalactan protein. *Nature*. 344:547-549.

- Pichard D. G. and P. J. Van Soest. 1977. Protein solubility of ruminant feeds *Proceedings of the Cornell Nutrition Conference*. Ithaca New York.
- Pinchak, W.E., L.W. Greene, and R.K. Heitschkitd. 1989. Mineral dynamics in beef cattle diets from a southern mixed-grass prairie. *Journal of Range Management* 42:431-436.
- Poos-Floyd, M., T. Klopfenstein, and R.A. Britton. 1985. Evaluations of laboratory techniques for predicting ruminal protein degradation. *Journal of Dairy Science* 68:829-834.
- Poppi, D.P., D.J. Minson, and J.H. Ternout. 1981. Studies of cattle and sheep eating leaf and stem fractions of grasses. 1. The voluntary intake, digestibility and retention time in reticulo-rumen. *Australian Journal of Agricultural Research*. 32:99-106.
- Price, M.L., S.VanScoyoc, and L.G. Butler. 1978. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. *Journal of Agricultural Food Chemic* 26:1214-1219.
- Prosky, L., N.G. Asp, T.F. Schweizer, I. Furda and J.W. Devries. 1988. Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods and food products: interlaboratory study. *Journal of the Association Official of Analytical Chemist*. 71:1017-1023.
- Quicke, G. V. and O.G. Bentley. 1959. Lignin and methoxyl groups as related to the decreased digestibility of mature forages. *Journal of Animal Science* 21:365-371.
- Rafique, S. J.D. Wallace, J.L. Holechek, M.L. Galyean, and D.P. Arthun. 1992. Influence of forbs and shrubs on nutrient digestion and balance in sheep fed grass hay. *Small Ruminant Research* 7:113-119.
- Ramirez, R.G., J. Huerta, J.R. Kawas, D.S. Alonso, E. Mireles, and M.V. Gomez. 1995b. Performance of lambs grazing in a buffelgrass (*Cenchrus ciliaris*) pasture and estimation of their maintenance and energy requirements for growth. *Small Ruminant Research* 17:117.
- Ramírez, R.G., L.A. Háuad, R. Foroughbackhch and J. Moya-Rodríguez. 1998. Extent and rate of digestion of the dry matter in leaves of 10 native shrubs from northeastern México. *PHYTON International Journal of Experimental Botany*. 62:175-180.
- Ramirez, R.G., E. Mireles, J.M. Huerta, and J. Aranda. 1995a. Forage selection by range sheep on a buffelgrass (*Cenchrus ciliaris*) pasture. *Small Ruminant Research* 17:129-133.
- Ramírez, R.G. 1996. Feed value of browse. In: VI Intrenational Conference on Goats Volume 2. pp 510-517. International Publishers. Beijing, China.

- Ramírez, R.G., G.F.W. Haenlein, M.A. Nuñez-Hernandez. 2000. Macro and trace mineral content in shrubs of northeastern México. *Small Ruminant Research* (In press).
- Ramírez, R.G., G.F.W. Haenlein, and M.A. Nuñez-González. 2001. Seasonal variation of macro and trace mineral contents in 14 browse species that grow in northeastern Mexico. *Small Ruminant Research* 39:153-159.
- Ramírez-Orduña, R., R.G. Ramírez, J.M. Ramírez-Orduña, R. Cepeda-Palacios, and J.M. Ávila-Sandoval. 1998a. Seasonal variation in nutrient content of shrubs from Baja California Sur, México. *Forest Farm and Community Tree Research Reports*. 3:13-16
- Ramírez-Orduña, R., R.G. Ramírez, R. Almaraz-Sánchez, H. González-Rodríguez, J.M. Ramírez-Orduña, R. Cepeda-Palacios, and J.M. Ávila-Sandoval. 1998b. Seasonal variation in leaf mineral content of shrubs from Baja California Sur, México. *Forest Farm and Community Tree Research Reports*. 3:8-12.
- Ramírez-Orduña, R., R.G. Ramírez, J.M. Ramírez-Orduña, J.M. Ávila-Sandoval, R. Cepeda-Palacios, and J.A. Armenta-Quintana. 1998c. Kinetics of dry matter digestion in leaves of native shrubs from the Sonoran desert of México. In: *The 8th World Conference on Animal Production*. pp 380-381. Contributed papers Vol. I. Seoul National University.
- Rashid, B.R. and L.H. Hardesty. 1993. Forage value of native and introduced browse species in Tanzania. *Journal of Range Management* 46:410-415.
- Reed, J.D., H. Soller, and A. Woodward. 1990. Fodder tree and straw diets for sheep: Intake, growth, digestibility and the effects of phenolics on nitrogen utilization. *Animal Feed Science and Technology*. 30:39-45.
- Reed, J.D. 1995. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. *Journal of Animal Science* 73:1516-1521.
- Reeves, III J.B. 1993. Chemical studies on the composition of fiber fractions and lignin determination residues. *Journal of Dairy Science* 76:120-126.
- Reeves, III J.B. 1997. Relationships between crude protein and determination of nondispersible lignin. *Journal of Animal Science* 80: 692-698.
- Reeves, J.B. 1994. Relationships between CP content and acid detergent lignin determinations in forages and by-products. *Journal of Dairy Science* 77(Suppl.1): 650 (Abstr.), *Journal of Animal Science* 72 (Suppl.1) : 650 (Abstr.).
- Reid, R.L., G.A. Jung, and W.V. Thayne. 1988. Relationships between nutritive quality and fiber components of cool season and warm season forages: A retrospective study. *Journal of Animal Science* 66:1275-1281.

Robards, A.W. and W.J. Lucas. 1990. Plasmodesmata. *Annal. Reviews. Plant Physiology and. Plant Molecular Biology.* 41:369-419.

Robbins, C.T., T.A. Hanley, A.E. Hagerman, O. Hjeljord, D.L. Baker, C.C. Baker, C.C. Schwartz, and W.W. Mautz. 1987. Role of tannins in defending plants against ruminants: reduction in protein availability. *Ecology.* 68:98-103.

Robbins, C.T., A.E. Hagerman, P.J. Austin, C. McArthur, and T.A. Hanley. 1991. Variation in mammalian physiological responses to a condensed tannin and its ecological implications. *Journal of Mammalians.* 72:480-486.

Roberts, N.C. 1989. *Baja California Plant Guide.* Natural History Publishing Co. La Jolla California. USA

Roberts, K. 1990. Structure at the plant cell surface. *Current Opinions on Cell Biology.* 2:920-928.

Roe, M.B., L.E. Chase, and C. J. Sniffen. 1991. Comparison of *in vitro* techniques to the *in situ* technique for estimation of ruminal degradation of protein. *Journal of Dairy Science* 74:1632-1637.

Rosa, E, and R. Heaney. 1996. Seasonal variation in protein, mineral and glucosinolate composition of Portuguese cabbages and kale. *Animal Feed Science and Technology* 57:111-117.

Russell, J.B., J.D. O'Connor, D.G. Fox, P.J. Van Soest, and C.J. Sniffen. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I Ruminal fermentation. *Journal of Animal Science* 70: 3551-3557.

Ryan, C.A. 1990. Protease inhibitors in plants: Genes for improving defenses against insects and pathogens. *Annal Reviews on. Phytopathology,* 28:425-449.

Salawu, M.B., T. Acamovic, C.S. Stewart, T. Hvelplund, and M.R. Weisbjerg. 1999. The disappearance of dry matter, nitrogen and amino acids in the gastrointestinal tract from *Calliandra* leaves. *Animal Feed Science and Technology* 79:289-295.

Salisbury, F.B. y C.W. Ross. 1994a. Nutrición mineral. En: N.G. Philp (Ed). *Fisiología Vegetal.* Grupo Editorial Iberoamerica. México, DF, p 127-141.

Salisbury, F.B. y C.W. Ross. 1994b. Fisiología en condiciones de estrés. En: N.G. Philp (Ed). *Fisiología Vegetal.* Grupo Editorial Iberoamerica. México, DF, p 639-667.

Salisbury, F.B. y C.W. Ross. 1994c. Absorción de sales minerales. En: N.G. Philp (Ed). *Fisiología Vegetal.* Grupo Editorial Iberoamerica. México, DF, p 149-175.

- Satter, L. 1980. A Metabolizable Protein System Keyed to Ruminal Ammonia Concentration The Wisconsin System. In: F.N. Owen (Ed.) Protein Requirements for Cattle. Proceedings of an International Symposium MP-109. p 245-253. Division of Agriculture, Oklahoma State University, Stillwater, Oklahoma.
- Schneider, B.H., H.L. Lucas and H.M. Pavlech. 1951. Estimation of the digestibility of feeds from their proximate composition. *Journal of Animal Science* 10:706-711.
- Schneider, B.H., H.L. Lucas, M.A. Cipolloni and H.M. Pavlech. 1952. The prediction of digestibility for feeds for which there are only proximate composition data. *Journal of Animal Science*. 11:77-83.
- Shannon, C.E. 1948. A mathematical theory of communication. *Bell System Tech. J.* 27:379-423.
- Silanikove, N., N. Gilboa, A. Perevolotsky, and Z. Nitsan. 1996. Small Ruminant Research 21:195-201.
- Singh, B., H.P.S. Makkar, and S.S. Negi. 1989. Rate and extent of digestion and potentially digestible dry matter and cell wall of various tree leaves. *Journal of Dairy Science* 72:3233-3238.
- Smith, G.S., A.B. Nelson, and E.J.A. Boggino. 1971. Digestibility of forages *in vitro* as affected by content of silica. *Journal of Animal Science* 33:466-471.
- Sniffen, C.J., J.D. O'Connor, P.J. Van Soest, D.G. Fox, J.B. Russell. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science* 70:3562-3567.
- Soressen, T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity in species content. *Kgl danske Vidensk, Selsk.* 5.
- Sousa, J.C. 1978. Interrelationships among mineral levels in soil forage and animal tissue on ranches in Northern Mato grosso, Brazil. Ph. D. Disertation. University of Florida EUA.
- Southgate, D.A.T. 1969. Determination of carbohydrates in foods. II Unavailable carbohydrates. *Journal of Science Food Agriculture*. 20:331-336.
- Spears, J.W. 1994. Minerals in forages. In: Fahey Jr., G.C. (Editor-in-Chief), National Conference on Forage Quality, Evaluation and Utilization. University of Nebraska, Lincoln, Nebraska, pp. 281-317.
- SPSS for Windows, 1999. User's Manual. (Release 9.0).

- Stern, M.D. and L.D. Satter. 1984. Evaluation nitrogen solubility and the dacron bag technique as methods for estimating protein degradation in the rumen. *Journal of Animal Science* 58:714-719.
- Stern, M.D., A.Bach, and S. Calsamiglia. 1997. Alternative techniques for measuring nutrient digestion in ruminants. *Journal of Animal Science* 75:2256-2261.
- Streeter, M.N., D.G. Wagner, F.N. Owen, C.A. Hibberd. 1991. The effect of pure and partial yellow endosperm sorghum grain hybrids on site and extent of digestion in beef steers. *Journal of Animal Science*. 69:2571-2576.
- Stuth, J.W., J.R. Brown, P.D. Olson, M.R. Araujo, and H.D. Algoe. 1986. Effects of stocking rate on critical plant animal interactions in a rotationally grazed *Schizicarium paspalum* savanna. In: F.P. Horn, J. Hodgson, J.J. Mott, and R.W. Broughman (Ed). *Critical Plant-Animal Interactions*. Winrock International Publication Series.
- Sullivan, J.T. 1959. A rapid method for the determination of acid insoluble lignin in forages and its relation to digestibility. *Journal of Animal Science* 18:1292-1297.
- Sullivan, J.T. 1966. Studies of the hemicelluloses of forage plants. *Journal of Animal Science* 25:83-89.
- Swain, T. 1979. Tannins and lignins. In: G.A. Rosenthal and D.H. Janzen (Ed.) *Herbivores, Their Interaction with Secondary Plant Metabolites*. p 657-671. Academic Press, New York.
- Sweeley, C.C. and H.A. Núñez. 1985. Structural analysis of glycoconjugates by mass spectrometry and nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Annal Reviews on Biochemic*. 54:765-801.
- Tait, R.M., and L.J. Fisher. 1996. Variability in individual animal's intake of minerals offered free-choice to grazing ruminants. *Animal Feed Science and Technology* 62:69-74.
- Taiz, L. 1984. Plant cell expansion: regulation of cell wall mechanical properties. *Annu. Rev. Plant Physiol*. 35:585-657.
- Taminga, S. 1992. Nutrition management of dairy cow as a contribution to pollution control. *Journal of Dairy Science* 75:345-351.
- Taminga, S. 1993. Influence of feeding management on ruminant fiber digestibility. In: In: H.G. Jung, D.R. Buxton, R.D. Hatfield and J. Ralph (Ed.) *Forage Cell Wall Structure and Digestibility*. pp 572-602. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI.
- Thacker, J.E. 1954. A modified lignin procedure. *Journal of Animal Science*. 13:501-506

- Theander, O. and E. Westerlund. 1993. Quantitative analysis of cell wall components. In: H.G. Jung, D.R. Buxton, R.D. Hatfield and J. Ralph (Ed.) Forage Cell Wall Structure and Digestibility. pp 83-99. ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin.
- Thomas, J.W. and Y. Yu. 1980. Estimations of Protein Damage. In: F.N. Owen (Ed.) Protein Requirements for Cattle: Proceedings of an International Symposium MP-109. p 84-98. Division of Agriculture, Oklahoma State University, Stillwater, Oklahoma.
- Tilley, J.M. and R.A. Terry. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. Journal of the British Grassland Society.18:104-109.
- Titgemeyer, E.C., R.C. Cochran, E.G. Towne, C.K. Armendariz, and K.C. Olson. 1996. Elucidation of factors associated with the maturity-related decline in degradability of big bluestem cell wall. Journal of Animal Science 74:648-653.
- Toops, J.H. 1992. Potential, composition and use of legume shrubs and trees as fodder for livestock in the tropics. Journal of Agriculture (Cambridge). 120:319-324.
- Traxler, M.J., D.G. Fox, P.J. Van Soest, A.N. Pell, C.E. Lascano, D.P.D. Lanna, J.E. Moore, R.P. Lana, M. Velez, and A. Flores. 1998. Predicting forage indigestible NDF from lignin concentration. Journal of Animal Science 76:1469-1473.
- Trenkle, A. 1980. A metabolizable protein feeding standard. In: F.N. Owen (Ed.) Protein Requirements for Cattle: Proceedings of an International Symposium MP-109. p 238-253. Division of Agriculture, Oklahoma State University, Stillwater, Oklahoma.
- Underwood, E.J. 1966. The mineral nutrition of the livestock. FAO-CAB. Aberdeen Scotland.
- Urness, P.J., D.D. Austin, and L.C. Fierro. 1983. Nutritional Value of crested wheatgrass for wintering mule deer. Journal of Range Management 36:225-231.
- Vadiveloo, J. and J.G. Fadel. 1992. Compositional analyses and rumen degradability of selected tropical feeds. Animal Feed Science and Technology 37: 265-271.
- Valderrábano, J., F. Muñoz and I. Delgado. 1996. Browsing ability and utilization by sheep and goats of *Atriplex halimus* L. shrubs. Small Ruminant Res. 19:131-137.
- Vallentine, J.F. 1990. Grazing activities and behavior. In: Vallentine, John F. (Ed). Grazing Management. Academic Press, Inc. San Diego, California. USA.
- Van Dyne, G.M., N.R. Brockinton, Z. Szocs, J.Duek, and C.A. Ribic. 1980. Large herbivore subsystem. In: A.I. Breymeyer and G.M. Van Dyne (Eds.).pp 221-257 Grassland, Systems Analysis and Man. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

- Van Soest, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant (2nd Edition). Comstock, Cornell University Press, Ithaca, New York.
- Van Soest, P.J., C.J. Sniffen, D.R. Mertens, D.G. Fox, P.H. Robinson, U. Krishnamoorthy. 1980. A Net Protein System for Cattle: The Rumen Submodel for Nitrogen. In: F.N. Owen (Ed.) Protein Requirements for Cattle: Proceedings of an International Symposium MP-109. p 265-273. Division of Agriculture, Oklahoma State University, Stillwater, Oklahoma..
- Van Soest, P.J. 1964. Symposium on nutrition and forage and pastures: New chemical procedures for evaluating forages. Journal of Animal Science 23:838-843.
- Van Soest, P.J. 1967. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. Journal of Animal Science 26:119-124.
- Van Soest, P.J. and L.H. Jones. 1968. Effect of silica in forages upon digestibility. Journal of Dairy Science 51:1644-1649.
- Van Soest, P.J. 1969. The Chemical Basis for the Nutritive Evaluation of Forages: Proceedings of the National Conference on Forage Quality Evaluation and Utilization. University of Nebraska, Lincoln, Nebraska, pp. 345-389.
- Van Soest, P.J. and J.B. Robertson. 1979. Systems of analysis for evaluating fibrous feeds. Paper presented at the Workshop on standarization of analytical techniques. International Development Research Center, Ottawa, Canada.
- Van Soest, P.J. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. Comstock, Cornell University Press, Ithaca, New York.
-
- Van Soest, P.J., J.B. Robertson and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science 74:3583-3592.
- Van Soest, P.J. 1993. Cell wall matrix interactions and degradation. In: H.G. Jung, D.R. Buxton, R.D. Hatfield and J. Ralph (Ed.) Forage Cell Wall Structure and Digestibility. pp 377-392. ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin.
- Vance, C.P., T.K. Kirk and R.T. Sherwood. 1980. Lignification as a mechanism of disease resistance. Annal Reviewaon Phytopathology. 18:259-288.
- Vanzant, E.S., R.C. Cochran and E.C. Titgemeyer. 1998. Standardization of *in situ* techniques for ruminant feedstuff evaluation. Journal of Animal Science 76:2717-2723.
- Vanzant, E.S., R.C. Cochran, E.C. Titgemeyer, S.D. Stafford, K.C. Olson, D.E. Johnson, and G.St. Jean. 1996. *In vivo* and *in situ* measurement of forage protein degradation in beef cattle. Journal of Animal Science 74: 2773-2778.

- Varel, V.H., and K.K. Keikemeier. 1995. Technical note: Comparison of *in vitro* and *in situ* digestibility methods. *Journal of Animal Science* 73:578-583.
- Waldo, D.R. and B.P. Glenn. 1984. Comparison of new protein systems for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 67:1115-1121.
- Weiss, W.P. 1994. Estimation of Digestibility of Forages by Laboratory Methods. In: Fahey, G.C. (Ed.). pp 644-681. *Forage Quality Evaluation, and Utilization*. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin.
- Wiggins, I.L. 1980. *Flora of Baja California*. Stanford University Press. Stanford California. USA.
- Wilkerson, V.A., T.J. Klopfenstein, and W.W. Stroup. 1995. A collaborative study of *in situ* forage forage protein degradation. *Journal of Animal Science* 73:578-586.
- Wilson, J.R., and C.W. Ford. 1972. Temperature influences on the *in vitro* digestibility and soluble carbohydrate accumulation of tropical and temperate grasses. *Australian Journal of Agricultural Research*. 24:187-193.
- Woodward, A. and J.D. Reed. 1995. Intake and digestibility for sheep and goats consuming supplementary *Acacia brevispica* and *Sesbania sesban*. *Animal Feed Science and Technology* 56:207-213.
- Woodward, A. and J.D. Reed. 1997. Nitrogen Metabolism of sheep and goats consuming *Acacia brevispica* and *Sesbania sesban*. *Journal of Animal Science* 75:1130-1136.
-
- Zucker, W.V. 1983. Tannins: Does structure determine function? An ecological perspective. *American Naturalist*. 121:335-342.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Rafael Ramírez Orduña

Candidato para el Grado de

Doctor en Ciencias con Especialidad en Alimentos

Título de la Tesis: “Dinámica Estacional del Valor Nutritivo y Digestión Ruminal del forraje de 10 arbustivas de Baja California Sur”.

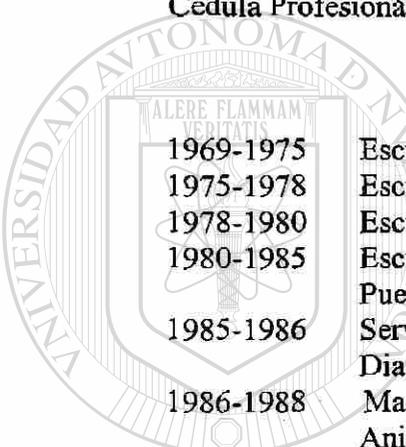
Fecha de nacimiento: 25 de Noviembre de 1963, México D.F.

Domicilio: Calle Brisa No 186, Fraccionamiento “La Fuente”, La Paz, Baja California Sur, Teléfono: (112) 8-05-45

Reg. Fed Causantes: RAOR 631125-JP7.

Cédula Profesional: 1465819

Formación Académica



1969-1975	Escuela Primaria Federal Manuel E. Villaseñor, México D.F.
1975-1978	Escuela Secundaria No 28, Dr. Manuel Barranco, México D.F.
1978-1980	Escuela Preparatoria Lic. Benito Juárez, UAP, Puebla, Pue.
1980-1985	Escuela Superior de Medicina Veterinaria y Zootecnia A.C., Puebla, Pue.
1985-1986	Servicio Social Profesional en el Laboratorio Regional de Diagnostico Veterinario, SARH, Cholula, Puebla
1986-1988	Maestría en Producción Animal con área mayor en Nutrición Animal, UACH, Chihuahua, Chih.

Experiencia Profesional



1989-1990	Profesor Investigador Asociado "C" y Responsable del Laboratorio de Zootecnia del Centro de Estudios Profesionales del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, Iguala, Gro.
1990-2003	Profesor Investigador de Tiempo Completo Definitivo adscrito a: Área Interdisciplinaria de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Baja California Sur.
1993-2003	Fundador y responsable del Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Autónoma de Baja California Sur.

Publicaciones Referentes a la Disertación

- R. Ramírez- Orduña, R.G. Ramírez, H. González-Rodríguez, G.F.W. Haenlein. 2003. Mineral Content of browse species from Baja California Sur, Mexico. Small Ruminant Research. (En revision).
- R. Ramírez-Orduña; R G Ramírez; M V Gómez-Meza; J A Armenta-Quintana; J M Ramírez-Orduña; R Cepeda-Palacios; J M Ávila-Sandoval. 2003. Seasonal Dynamics of Ruminant Crude Protein Digestion of browse species from Baja California Sur, Mexico, *Interciencia*. 28:408-414.
- R. Ramírez- Orduña, R.G. Ramírez, M.V. Gomez-Meza, J.A. Armenta-Quintana, J.M. Ramírez-Orduña, R. Cepeda- Palacios, J.M. Ávila-Sandoval. 2003. Seasonal Dynamics of Organic Matter Digestion in Browse Species from Baja California Sur, Mexico . *Journal of Applied Animal Research* (En prensa).
- R. Ramírez- Orduña, Roque Gonzalo Ramírez Lozano, Francisco López Gutiérrez. 2002. Factores estructurales de la pared celular del forraje que afectan su digestibilidad. *Ciencia UANL* p. 180-189.
- R. Ramírez-Orduña, R.G. Ramírez, J.M. Ramírez-Orduña, R. Cepeda-Palacios, and J.M. Ávila-Sandoval. 1998. Kinetics of dry matter digestion in leaves of native shrubs from the Sonoran desert of Mexico. 8th World Conference on Animal Production. Preceedings, Contributed papers Vol I.
- R. Ramírez-Orduña, R.G. Ramírez, J.M. Ramírez-Orduña, R. Cepeda-Palacios, and J.M. Ávila-Sandoval, I.V. Sarabia-Soto and R. Contreras-Lopez. 1998. In vitro volatile fatty acids concentration in leaves of native shrubs from the Sonoran desert of Mexico. 8th World Conference on Animal Production. Preceedings, Contributed papers Vol II.
- R. Ramírez-Orduña, R.G. Ramírez, R. Almaraz-Sánchez, H. Gonzalez-Rodríguez, J.M. Ramírez-Orduña, R. Cepeda-Palacios and J.M. Ávila-Sandoval. 1998. Seasonal variation in leaf mineral content of shrubs from Baja California Sur, México. *Forest Farm and Cominity Tree Research Reports*, Vol 3, p 8-12
- R. Ramírez-Orduña, R.G. Ramírez, J.M. Ramírez-Orduña, R. Cepeda-Palacios, and J.M. Ávila-Sandoval. 1998. Seasonal variation in nutrient content of shrubs from Baja California Sur, México. *Forest Farm and Cominity Tree Research Reports*, Vol 3, p 13 -16.

1 Mineral content of browse species from Baja California Sur, México

2 R. Ramírez- Orduña¹, R.G. Ramírez², H. González-Rodríguez ³, G.F.W. Haenlein⁴

3 ¹Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma de Baja California Sur, Apartado Postal 676, La Paz

4 Baja California Sur. 23080, México. E-mail: raramirez@uabcs.mx

5 ²Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Apartado Postal 142, Sucursal F,

6 San Nicolás de los Garza, N.L. 66450, México. E-mail: rogramir@fcb.uanl.mx

7 ³ Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, , México

8 ⁴ Department of Animal Science and Food Science. College of Agriculture Sciences. University of Delaware.

9 Newark. DE 19717-1303. USA

10 Abstract

11 The legumes *Acacia peninsularis* (Brit. L. Rose) Standley; *Cercidium floridum*
12 Benth; *Mimosa xantii*, Gray; *Pithecellobium confine* Standley and *Prosopis sp.* Torr. and
13 non-legumes *Bursera microphylla* Gray (Burceraceae); *Cyrtocarpa edulis* (Brand) Stand
14 (Anacardiaceae); *Lippia palmeri*, S. Wats (Verbenaceae); *Opuntia cholla*, Weber
15 (Cactaceae) and *Turnera diffusa* Wild (Turneraceae) were evaluated in their mineral
16 content. Shrubs were collected from 16 linear transects of 30 m. Collections were carried
17 out in each season during three consecutive years. Potential mineral intake of range goats
18 consuming these shrubs was also estimated. Non-legumes were highest in Na content than
19 legumes in all seasons. Both legumes and non-legumes were lower in K and Cu, whereas
20 Na and Fe were highest during spring than in other seasons. In summer, Ca was lower and
21 P was highest in all plants. Levels of Ca were 9 times higher than requirements for range
22 ruminants. Potential intake of Ca, Mg, K, Na, Mn and Fe by range goats consuming these
23 shrubs was sufficient to satisfy their requirements. However, consumption of P, Cu, Zn was
24

1 low. It is concluded that range goats grazing these shrub species must be supplemented
2 with P, Cu and Zn throughout the year in order to sustain goat productivity.

3
4 *Keywords:* Native shrubs; Macrominerals; Trace elements; Potential mineral intake by
5 range goats, Baja California Sur, México .

6 7 **1. Introduction**

8
9 The low forage production in the arid and semiarid regions of the developing world,
10 has motivated the use of shrubs and tree fodders as feed resources for ruminants;
11 particularly legume species are used to provide a source of high-quality forage for feeding
12 farm animals (Blair, 1989; Topps, 1992; Reed *et al.*, 1990); however, research on forage
13 quality had focused on protein and energy evaluation, and only a few quantitative
14 evaluations have been made about the mineral contribution to animal production.

15 The estate of Baja California Sur, Mexico is considered as an extremely arid zone
16 (FAO, 1987), shrubs compose 92% of its flora and 23% of these are endemic species
17 (Breceda *et al.*, 1991) and these are the main reasons why livestock production systems, in
18 these areas, are based mainly on grazing goats and beef cattle (Arriaga and Cancino, 1992)
19 and most of the farmers are traditional-smallholder; however the information on the
20 nutritive value is sparse, especially on mineral content and nutrition when shrubs are used
21 as a fodder for farm animals. The aim of this study was to evaluate and compare, seasonally
22 during three consecutive years, the macro and trace mineral content in leaves of five
23 legumes and five non-legume native shrubs that grow in Baja California, Sur, Mexico.

1 2. Materials and Methods

2 *Site and collection area*

3 The study was conducted in the ranch "Palmar de Abajo" (800 ha) located in La
4 Paz, Baja California Sur (23° 38' 40" north and 110° 18' 07" west). The climate of the
5 region is arid with annual mean temperature of 22° C and annual rainfall of 182 mm,
6 mainly during the summer (July, August and September) and winter (January and
7 February) seasons. Annual rainfall during the study was 177 mm in 1993, 47 in 1994 and
8 61.7 in 1995. The main soils have high pH (7.5-8.5) and of the type regosol, eutric and
9 calcareous which are very permeable (Flores, 1998).

10 Branches from the legumes: *Acacia peninsularis* (Brit. L. Rose) Standley;
11 *Cercidium floridum* (Benth); *Mimosa xantii*, Gray; *Pithecellobium confine* (Standley) and
12 *Prosopis* sp. (Torr), and non-legumes: *Bursera microphylla* Gray (Burceraceae);
13 *Cyrtocarpa edulis* (Brand) Stand (Anacardiaceae); *Lippia palmeri*, S. Wats (Verbenaceae);
14 *Opuntia cholla*, Weber (Cactaceae) and *Turnera diffusa* Wild (Turneraceae) were collected
15 from 16 linear transects of 30 m, located randomly. These plants are consumed by range
16 Spanish goats (Arriaga and Cancino, 1992). Collections were carried out in each season of
17 the year (winter, February 23; spring, May 23; summer, August 23 and fall, November 23),
18 during three consecutive years. Branches were bulked in one sample of each species and
19 were allowed to dry under shed. Leaves from branches were removed manually, oven dried
20 (45 °C) and ground in a Willey mill (2 mm screen).

21 *Chemical analyses*

22 In each season, triplicate samples from each species were dry ashed at 550 °C for 6
23 h and then were prepared for mineral analysis using the wet ashing (HCL-HNO₃) procedure
24 (AOAC, 1990). Using an atomic absorption spectrophotometer with air/acetylene flame

1 concentrations of Ca, Mg, Na, K, Ca, Fe, Zn and Mn were calculated. Phosphorous
2 concentration was estimated by colorimetry (AOAC, 1990). Potential mineral intake of a
3 range goat weighing 50 kg BW consuming 2.0 kg DM d⁻¹ of these shrubs was also
4 calculated.

5 Data from macro minerals and trace elements were analyzed by a 3-way analysis of
6 variance. Means values of legumes and non-legumes species were compared using
7 orthogonal contrasts. The season and year effect for each plant type (legumes and non-
8 legumes) was determined by a 2-way analyses of variance model. All statistical procedures
9 were performed using SPSS 9.0 software (SPSS, 1999).

12 3. Results and Discussion

13 *Macrominerals*

14 Year was the major effect in Ca, P, Mg, Mn, Cu, and Zn concentrations, season
15 affected mainly K concentration and was the second major factor that affects Ca, P, Na, Fe
16 and Zn. Plant type was important in determinate Na and Fe. Interactions were less
17 important in determinate mineral concentrations, year x season was significant for Ca, P
18 and Zn, and year x season x plant type interaction was significant for P and Mn (Table 1).

19 *Opuntia cholla* had the highest Ca content and, *Bursera microphylla* and *Prosopis*
20 sp. were the lowest (Table 2). Ramirez *et al.* (2001) who evaluated the mineral content of
21 16 browse species growing in northeastern Mexico, also reported that a cacti species
22 (*Opuntia engelmannii*) had the highest Ca (26.7 g/Kg) content and the legume *Prosopis*
23 *glandulosa* was lowest (5.4 g/Kg). In this study, Ca content in most shrubs were higher than
24 those reported by Ramirez *et al.* (2001) and Barnes *et al.* (1990) who evaluated the mineral

1 content of 18 shrubs that grow in South Texas, USA; however, were similar to those values
2 reported by Khanal and Subba *et al.* (2001) in cultivated trees from Nepal and by Kallah *et*
3 *al.* (2000) in shrubs growing in Nigeria, Africa. High pH in the soils of these regions may
4 be the cause why shrubs are high in Ca content (Spears, 1994). It has been stipulated that an
5 average of five g/kg of Ca in the aerial parts of higher plants are considered to be adequate
6 (Salisbury and Ross, 1994a). Most plants in this study had Ca content above 20 g/kg.

7 Calcium content was not significantly different between legumes and non-legumes
8 (Table 2). Both type of plants were lower in spring and summer compared to other seasons.
9 Conversely, Ramírez *et al.* (2001) found a higher Ca content during summer, Grenne *et al.*
10 (1987) found a highly variable Ca content and extremely difficult to interpret relative to
11 seasonal dynamics. This seasonal inter species variation was also found in this study;
12 among legumes species *Acacia peninsularis* had the lowest concentration in spring,
13 *Cercidium floridum* and *Mimosa xantii* in summer, whereas *Pithecellobium confine* had the
14 greatest Ca concentration in spring. Non-legumes species such as *Cyrtocarpa edulis* and
15 *Opuntia cholla* had the lowest Ca concentration in summer, *Turnera diffusa* in spring
16 (Table 2). Only legumes species significantly varied among years (Table 1); Ca content was
17 lower in 1993 than other years. In 1993 was registered the highest rainfall. High Ca levels
18 and seasonal variations might be cause by a characteristic process of adaptation in response
19 of the plants to hydric stress.

20 In Table 3 are shown data of potential mineral intake by range Spanish goats
21 consuming the evaluated browse. It seems that a range goat weighing about 50.0 kg BW
22 consuming 2.0 kg DM d⁻¹ of these shrubs could eat substantial amounts of Ca to meet their
23 requirements of Ca in all seasons (NRC, 1981). Similar findings were reported by Ramírez
24 *et al.* (2001) and Moya *et al.* (2002) who evaluated the potential mineral intake of Ca by

1 Spanish goats consuming browse plants that grow in semiarid rangelands of northeastern
2 Mexico.

3 All plant species had P content that varied from 1.2 to 2.9 g/kg (Table 2). This range
4 is in agreement with that reported by Barnes *et al.* (1990) and Ramirez *et al.* (2001) (from
5 0.8 to 2.8 and from 0.7 to 2.6 g/kg, respectively). Higher range (1.6 to 4.0 g/kg) was
6 reported by Khanal y Subba (2000) in cultivated trees from Nepal. The P daily
7 requirements by range goats consuming shrubs evaluated in this (Table 3) might have not
8 meet goat requirements, especially during years of low rainfall. This situation may become
9 more severe during the reproductive performance of goats, because of the frequency of
10 multiple fetuses (Meschy, 2000). Low P and high Ca concentration resulted in an unusually
11 wide Ca:P ratios (from 4:1 to 42:1). Similar wide Ca:P ratios had been reported by Kallah
12 *et al.* (2000). However, it seems that browsing small ruminants (goats, sheep and white-
13 tailed deer) can sustain these high Ca:P ratios without being affect P metabolism (Ramírez,
14 1999).

15 *Opuntia cholla* a non-legume species had the highest Mg content. However, non-
16 legumes were not significantly different than legumes in any season of the year (Table 2).
17 Values of this study are in agreement to those reported by Ramírez *et al.* (2001) and
18 Khannal and Subba (2001). Non-legumes species were not seasonally affected. Conversely,
19 Ramírez *et al.* (2001) and Grenne *et al.* (1987) reported seasonal variation in Mg content. In
20 this study, Mg content was similar ($P>0.05$) in 1993 and 1994, but both years had higher
21 Mg ($P<0.05$) than 1995. It seems that range goats consuming these browse species might
22 meet their daily requirements of Mg in all seasons (Table 3).

23 *Bursera microphylla* resulted with the highest Na content, whereas *Opuntia cholla*
24 was lowest. In all seasons, non-legumes had a higher ($P<0.05$) Na concentration than

1 legumes (Table 4). Contrary to previous reports (Kallah *et al.*, 2000; Khanal and Subba,
2 2001; Moya *et al.*, 2002) that have reported low and apparently deficient Na levels in
3 shrubs growing in arid regions, for range goat needs, in this study, most plants had Na
4 content to satisfy range goat requirements (Table 3). Both legumes and non-legumes
5 increased Na content in spring and in the year of 1994, when rainfall was lower. Desert
6 plants may accumulate Na with the aim of alleviate water and saline stress. When the soil
7 becomes driest, salt concentration increase in the soil, osmotic potential become more
8 negative, lowering soil water potential, and water flow into the plant will decrease unless
9 the plant is able to continue to adjust its internal water potential below that of the soil. NaCl
10 is necessary for osmotic adjustment in saline environments; however, absorption of salts
11 may increase potential Na toxicity for the plant (Salisbury and Ross, 1994b; Miller and
12 Doescher, 1995; Curtis and Barnes, 2000).

13 In this study K content was highest in *Opuntia cholla* and in *Turnera diffusa* was
14 lowest. Legumes were similar in K content than non-legumes (Table 4). It has been
15 established that K concentration appeared to vary as a function of absolute age of leaf and
16 environmental conditions (Greene *et al.*, 1987; Grings *et al.*, 1996). Moreover, seasonal
17 variation in K concentration might be related to water availability, because K absorption by
18 the root is linked to soil moisture (Charley, 1977). In addition, under optimal soil moisture
19 conditions, K concentration will usually exceed plant nutrient requirements, but under
20 water stress K uptake may be limited and K deficiency may develop. Salt ions such as Na^+ ,
21 Cl^- , Mg^{++} and SO_4^- can induce nutrient deficiencies by limiting uptake of essential nutrients
22 such as K^+ , Ca^{++} , HPO_4^- , NH_4^+ and NO_3^- (Salisbury and Ross, 1994b,c; Miller and
23 Doescher, 1995). Therefore, in this study, high Na concentrations and water stress, during
24 spring and years of drought might be the cause for the low K concentration of shrubs from

1 Baja California, sur, México. However, high Ca levels found in this study may alleviate K
2 status in plants, because Ca may elicit K absorption instead of Na (Salisbury and Ross,
3 1994c). It seems that a goat weighing about 50.0 kg BW consuming 2.0 kg per day DM of
4 these shrubs could eat substantial amounts of K to meet their requirements of K in all
5 seasons (NRC, 1981). Similar findings were reported by Greene *et al.* (1987); Barnes *et al.*
6 (1990); Ramirez *et al.* (2001); and Moya *et al.* (2002) who evaluated K content in browse
7 species growing in arid and semiarid regions of the world.

8

9

10 *Trace elements*

11 *Opuntia cholla* had the highest Mn content and *Cyrtocarpa edulis* was lowest.
12 During winter, legumes were lower ($P < 0.05$) than non-legumes (Table 4). It has been
13 reported (Spears, 1994; Gring *et al.*, 1996; Ramírez *et al.*, 2001) a wide variation in Mn
14 content between and within plant species. In this study, Mn varied within species and might
15 be the reason of lack of seasonality. However, Ramírez *et al.* (2001) and Moya *et al.* (2002)
16 found higher Mn concentration in winter and spring than in other seasons. Potential mineral
17 intake of Mn by range goats weighing 50.0 kg BW and consuming 2.0 kg DM browse
18 plants evaluated in this study, was marginal deficient to satisfy their requirements of Mn, in
19 all seasons and all years with exception of 1994 (Table 3), when rainfall was sparse.
20 Additionally, there is evidence that suggest that high dietary Ca may increase Mn
21 requirements (Hidiroglou, 1979), and the availability of Mn may be compromised when a
22 high proportion (22 to 94 %) is located in the cell wall (Spears, 1994). Therefore particular
23 attention to Mn requirements in this particular situation must be recommended.

1 *Acacia peninsularis*, *Bursera microphylla* and *Turnera diffusa* had the highest Cu
2 content and *Opuntia cholla* was lowest (Table 5). Decreased forage concentration of Cu
3 may occur with advancing maturity, climatic and seasonal changes (Spears, 1994). In
4 plants, Cu functions as an essential component of a number of enzymes (Curtis and Barnes,
5 2000). Ramírez *et al.*, (2001) found a highest Cu concentration during spring in shrubs
6 from Northeastern Mexico indicating that spring is the period of active vegetative growth in
7 those regions; however, in Baja California, Sur, Mexico, spring is the period of drought and
8 dormancy. All evaluated plants species, in all seasons and years, were deficient in Cu to
9 meet requirements of range goats (Table 3). Low Cu levels in plants might be caused
10 because the high pH of soil (Spears, 1994). Additionally, Cu availability may be limited by
11 dietary fiber, because in spring shrubs evaluated in this study increase their NDF content
12 (Ramírez-Orduña *et al.*, 1998), and the association of Cu with the cell wall could decrease
13 the rate and extent of Cu release from forages in the gastrointestinal tract (Spears, 1994).

14 Shrubs such as *Cercidium floridum* and *Turnera diffusa* had the highest Fe content
15 and *Opuntia cholla* was lowest. Non-legumes were higher ($P<0.05$) than legumes during
16 autumn and winter (Table 5). The Fe is translocated slowly through the phloem, from old to
17 young leaves, therefore it may accumulate in older tissue (Salisbury and Ross, 1994a). All
18 plants had Fe levels, in all season and all years, to meet Fe requirements of range goats
19 (Table 3). Similar findings were reported by Ramírez *et al.* (2001) and Moya-Rodriguez *et*
20 *al.* (2002) who evaluated the Fe contained in shrubs that grow in semiarid regions of
21 northeastern Mexico. They sustained that Mexican shrubs had Fe levels in substantial
22 amounts to meet the Fe requirements of range Spanish goats. Some evidences indicate that
23 Fe in levels from 250 to 1200 mg/kg may negatively affect Cu status of cattle and sheep

1 (Spears, 1994), therefore the high Fe levels found in this study may increase Cu
2 requirements during spring.

3 *Cercidium floridum* had the highest Zn content and *Opuntia cholla* and
4 *Pithecellobium confine* were lowest. There were significant differences in Zn content
5 between legumes and non-legumes species (Table 5). Peaks of Zn levels appeared to be
6 related to summer and winter rainfall. Some shrubs that occur in Texas, USA (Barnes et al.,
7 1990), and northeastern Mexico (Ramirez et al., 2001; Moya-Rodriguez et al., 2002) had
8 Zn levels that varied seasonally, but only a few of them had levels of Zn to meet domestic
9 livestock and white-tailed deer requirements (30 mg/kg DM in the diet; Kessler, 1991).
10 Therefore, in this study, all browse in all seasons and years had Zn levels to satisfy range
11 goats requirements (NRC, 1981; Table 3).

14 4. Conclusions

15 Mineral concentrations in browse plants were affected by climatic conditions. Most
16 plants had higher levels of Na and Fe during the driest years, especially, during spring and
17 summer seasons. These changes were accompanied by a reduction in K and Cu levels. High
18 Fe content could increase Cu requirements of range goats during spring. The low P and
19 high Ca levels resulted in unusually wide Ca:P ratios. Range goats browsing on these
20 shrubs could not require supplementary Ca, Mg, Na, and K, but they must require Cu and
21 Zn supplementation throughout the year, whereas, Mn and P would be complementary
22 when annual or seasonal rainfall is sparse.

1 **Acknowledgements**

2 Authors appreciate the technical assistance, sharing ideas and invaluable
3 contribution to this work of José Ángel Armenta Quintana, Juan Manuel Ramírez Orduña,
4 Ramón Cepeda Palacios y Juan Manuel Ávila-Sandoval.

6 **References**

7 AOAC, 1990. Official Methods of Analysis (15th Ed.). Association of Official Analytical
8 Chemists, Arlington, VA.

9 Arriaga, L. y J. Cansino. 1992. Prácticas pecuarias y caracterización de especies forrajeras
10 en la selva Baja caducifolia. En : Uso y Manejo de los Recursos Naturales en la
11 Sierra de la Laguna Baja California Sur. Alfredo Ortega Ed. La Paz, México., pp.
12 155-184.

13 Barnes, T.G., Varner, L.W., Blankenship, L.H., Fillinger, T.J., Heineman, S.C., 1990.

14 Macro and trace mineral content of selected south Texas deer forages. J. Range
15 Manage. 43: 220-223.

16 Bláir, G.J., 1989. The diversity and potential value of shrubs and tree fodders. In: Devendra
17 C. (Ed). Shrubs and tree fodders for farm animals. Proceedings of a workshop in
18 Denpasar, Indonesia., pp 2-11.

19 Breceda, A., Castellanos, A., Arriaga, L., Ortega, A., 1991. Conservación y áreas protegidas.
20 In: Ortega a. y L. Arriaga. (Ed.) La reserva de la biosfera el vizcaíno en la península de
21 baja california. Centro de investigaciones biológicas de Baja California Sur A.C. La
22 Paz B.C.S. Méx., pp. 123-134.

- 1 Curtis, H., Barnes, N.S., 2000. Procesos de transporte en las plantas. En: Shnek y Flores
2 (ed.), *Biología*, sexta edición en español. Editorial Médica, Panamericana., pp. 982-
3 1006.
- 4 Charley, J.L., 1977. Mineral cycling in rangeland ecosystems In: R.E. Soseebe (ed.)
5 *Rangeland Plant Physiology*. Range Sci. Ser. No. 4, Society for Range Manage.,
6 Denver, Colorado., pp. 215-256.
- 7 FAO., 1987. Committee on Agriculture (Ninth session). *Improving Productivity of Dryland*
8 *Areas*. FAO Rome., pp. 353-375.
- 9 Flores, E.Z. 1998. *Geosudcalifornia, Geografía, agua y ciclones*. Universidad Autónoma de
10 Baja California Sur, La Paz, Baja California Sur, México., pp. 126-135.
- 11 Greene, L.W., Pinchak, W.E., Heitschmidt, R.K., 1987. Seasonal dynamics of mineral in
12 forages at the Texas Experimental Ranch. *J. Range Manage.* 40:502-510.
- 13 Grings, E.E., Haferkamp, M.R., Heitschmidt, R.K., Karl, M.G., 1996. Mineral dynamics in
14 forages of the Northern Great Plains. *J. Range Manage.* 49:234-240.
- 15 Hidioglou, M., 1979. Manganese in ruminant nutrition. *Can J. Anim. Sci.* 59:217-236.
- 16 Kallah, M.S., Bale, J.O., Abdullahi, U.S., Muhammad, I.R., Lawal, R., 2000. Nutrient
17 composition of native forbs of semi-arid and dry sub-humid savannas of Nigeria.
18 *Anim. Fed Sci. Technol.* 84: 137-145.
- 19 Kessler, J., 1991. Mineral nutrition of goats. In: Morand-Fehr, P. (Ed.), *Goat Nutrition*,
20 Vol. 46. EAAP Publication, pp. 104-119.
- 21 Khanal, R.C., Subba, D.B., 2001. Nutritional evaluation of leaves from some major fodder
22 trees cultivated in the hills of Nepal. *Anim. Fed Sci. Technol.* 92:17-32.

1 Lonegran, J.F., 1973. Mineral absorption and its relation to the mineral composition of
2 herbage. In: GW. Butler and R.W. Bailey (eds.), Chemistry and biochemistry of
3 herbage. Vol. 1. Academic Press, London., pp. 103-127.

4 McDowell, R.L., Joseph, H.C., Hembry, F.G., 1993. Minerales para Rumiantes en Pastoreo
5 en Regiones Tropicales, 2ª Edición. Departamento de Zootecnia, Universidad de
6 Florida, Gainesville USA., pp. 6-14.

7 Meschy, F., 2000. Recent progress in the assessment of mineral requirements of goats,
8 *Livestock Prod. Sci.*, 64: 9-14.

9 Miller, R.F., Doescher, P.S., 1995. Plant adaptations to saline environments. In: D.J.
10 Bedunah and R.E. Sosebee (eds.). *Physiological Ecology and Developmental*
11 *Morphology*. Soc. for Range Manage. Denver Colorado., pp. 440-478.

12 Moya, R. J.G., Ramírez, R.G., Foroughbakhch, R., Hauad, L., and Gonzalez, H., 2002.
13 Variación estacional de minerales en las hojas de ocho especies arbustivas. *Ciencia*
14 UANL, Universidad Autónoma de Nuevo León, México, pp. 59-65.

15 NRC, 1981. National Research Council. *Nutrients Requirements of Goats: Angora, Dairy*
16 *and Meat Goats in Temperate and Tropical Countries*. National Academy Press,
17 Washington, DC., p 23.

18 NRC, 1996. National Research Council. *Nutrients Requirements of Beef Cattle (7th ed)*.
19 National Academy Press, Washington D.C. p. 36.

20 Ramírez-Orduña, R., Ramírez, R.G., Ramírez-Orduña, J.M., Cepeda-Palacios, R., Avila-
21 Sandoval, J.M., 1998. Seasonal variation in nutrient content of shrubs from Baja
22 California Sur, México. *Forest Farm and Community Tree Research Reports*. 3:13-
23 17.

- 1 Ramírez, R.G., 1999. Feed resources and feeding techniques of small ruminants under
2 extensive management conditions, *Small Rumin. Res.*, 34: 215-230.
- 3 Ramírez, R.G., Haenlein, G.F.W., Nuñez-González, M.A., 2001. Seasonal variation of macro
4 and trace mineral contents in 14 browse species that grow in northeastern Mexico.
5 *Small Rumin. Res.*, 39:153-159.
- 6 Reed, J.D., Soller, H., Woodward, A. 1990. Fodder tree and straw diets for sheep: Intake,
7 growth, digestibility and the effects of phenolics on nitrogen utilization. *Anim. Fed.*
8 *Sci. Technol.* 30:39-44.
- 9 Salisbury, F.B., Ross, C.W., 1994a. Nutrición mineral. In: N.G. Philp (ed). *Fisiología*
10 *Vegetal*. Grupo Editorial Iberoamericana. México, DF, pp. 127-141.
- 11 Salisbury, F.B., Ross C.W., 1994b. *Fisiología en condiciones de estrés*. In: N.G. Philp (ed).
12 *Fisiología Vegetal*. Grupo Editorial Iberoamericana. México, DF, pp. 639-667.
- 13 Salisbury, F.B., Ross C.W., 1994c. Absorción de sales minerales. In: N.G. Philp (Ed).
14 *Fisiología Vegetal*. Grupo Editorial Iberoamericana. México, DF, pp. 149-175.
-
- 15 Spears, J.W., 1994. Minerals in forages. In: Fahey Jr., G.C. (ed), *National Conference on*
16 *Forage Quality, Evaluation and Utilization*. University of Nebraska, Lincoln, NE, 
17 pp. 281-317. *DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS*
- 18 SPSS, 1999. *User's Manual for Windows*. (Release 9.0).
- 19 Toops, J.H., 1992. Potential, composition and use of legume shrubs and trees as fodder for
20 livestock in the tropics. *J. Agric. (Camb.)*, 120:319-325.

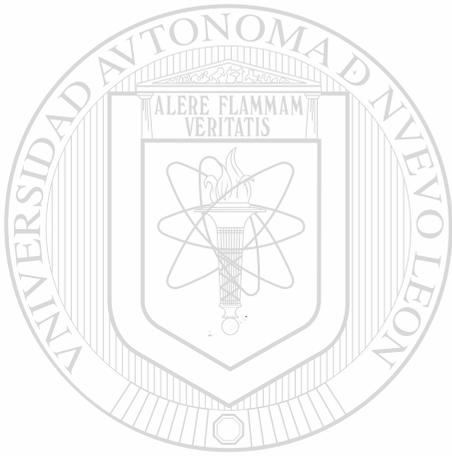
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Table 1

F-Values and significance for factorial AOV model used to statistically analyze mineral content in native legumes and non-legumes shrubs from Baja California Sur, México

Effect	Ca	P	Mg	Na	K	Mn	Cu	Fe	Zn
Year	8.3***	118.6***	19.7***	8.6***	5.5**	109.9***	99.1***	1.7ns	93.2***
Season	5.7**	6.3***	0.6ns	14.3***	10.7***	1.1ns	5.1**	11.6***	7.8***
Plant type	0.9ns	0.2ns	0.9ns	63.2***	3.0ns	24.4***	17.1***	14.9***	1.1ns
Year x Season	3.4**	5.3***	0.8ns	3.0**	1.4ns	1.2ns	2.5*	3.2**	6.2***
Year x Plant type	2.6ns	1.4ns	5.1**	0.9ns	1.1ns	1.1ns	6.1**	0.1ns	1.2ns
Season x Plant type	0.4ns	1.1ns	1.0ns	3.5*	0.3ns	0.6ns	0.6ns	4.7**	0.5ns
Year x Season x Plant type	1.2ns	4.3***	0.4ns	0.9ns	1.0ns	4.9***	1.6ns	2.7*	2.7*

*** = P<.001, ** = P<.01, * = P<.05, ns = no significant.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



1
2
3
4

Table 2
Seasonal changes of the annual means (means of three years) of Ca, P and Mg content in native legumes and non-legumes shrubs from Baja California Sur, México

Plants	Ca, g/kg DM				P, g/kg DM				Mg, g/kg DM			
	Winter	Spring	Summer	Autumn	Winter	Spring	Summer	Autumn	Winter	Spring	Summer	Autumn
<i>Acacia peninsularis</i>	20.8	19.6	22.7	21.8	2.4	1.6	1.9	2.4	3.1	4.5	3.7	3.4
<i>Cercidium floridium</i>	48.7	35.2	21.5	51.6	1.9	2.3	2.1	2.0	5.2	5.5	5.6	5.2
<i>Mimosa xantii</i>	24.9	18.6	12.4	21.4	1.8	1.7	2.9	1.9	3.6	4.2	3.1	3.7
<i>Pithecellobium confine</i>	21.3	33.2	23.0	26.7	1.4	1.2	1.3	1.3	3.3	3.5	3.7	4.0
<i>Prosopis</i> sp.	14.3	17.7	18.9	23.2	2.3	2.1	2.0	1.7	3.6	4.1	4.0	3.5
Legumes¹	26.0^a	24.8^{ab}	19.7^b	29.0^a	1.9^{ab}	1.8^b	2.0^a	1.9^{ab}	3.8^b	4.4^a	4.0^{ab}	4.0^{ab}
<i>Bursera microphylla</i>	18.2	15.0	15.8	22.7	1.9	1.6	2.9	2.0	2.9	2.1	3.3	3.6
<i>Cyrtocarpa edulis</i>	28.0	27.4	18.8	33.8	1.8	2.4	2.6	2.3	3.0	3.9	3.1	3.2
<i>Lippia palmeri</i>	24.2	13.9	12.9	24.7	2.7	1.7	2.5	2.3	3.6	2.5	3.1	3.8
<i>Opuntia cholla</i>	47.9	50.1	44.6	41.2	1.6	1.2	2.2	1.2	8.2	9.3	12.0	7.1
<i>Turnera diffusa</i>	22.3	14.8	19.9	22.7	1.5	1.4	1.4	1.5	2.7	1.6	2.2	3.0
Non Legumes¹	28.1^{ab}	24.2^a	23.1^b	29.0^a	1.9^b	1.7^b	2.3^a	1.9^b	4.1^a	3.9^a	4.9^a	4.1^a
Effect: Plant type²												
Contrast	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
SE	3.3	2.8	2.2	3.0	.17	.17	.22	.18	.48	.60	.77	.42
Total Seasonal Mean¹	27.1^{ab}	24.5^{bc}	21.3^c	29.0^a	1.9^b	1.7^b	2.2^a	1.9^b	3.9^a	4.1^a	4.4^a	4.0^a
Effect of year	1993	1994	1995		1993	1994	1995		1993	1994	1995	
Legumes	18.9 ^b	28.3 ^a	27.4 ^a		2.6 ^a	1.7 ^b	1.4 ^c		4.3 ^a	4.4 ^a	3.4 ^b	
Non Legumes	24.0 ^a	26.1 ^a	28.5 ^a		2.8 ^a	1.6 ^b	1.5 ^b		5.4 ^a	4.9 ^a	2.5 ^b	
Total Annual Means	21.4^b	27.2^a	28.0^a		2.7^a	1.7^b	1.5^c		4.8^a	4.6^a	2.9^b	
Goat requirements (g/kg)³	2.6 g/kg DM				2.7 g/kg DM				1.7 g/kg DM			

¹ Means in rows for each variable with different letter superscripts differ by season (P< 0.05)

² Significance and standard error (SE) of contrast between plant types by season.

³ Recommended requirements by: NRC, 1981 and Kessler, 1991.

*** = P<.001, ** = P<.01, * = P<.05, ns = no significant.

5

6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40



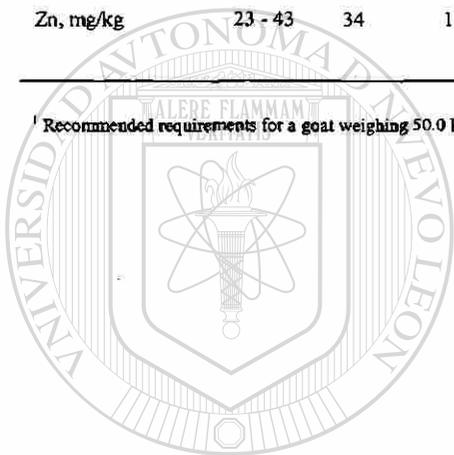
1
2
3

4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49

Table 3
Seasonal changes of the potential mineral intake by range goats consuming native shrubs from Baja California Sur, México

Minerals	Winter		Spring		Summer		Autumn		Daily Requirements ¹
	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	
Macro									
Ca, g/kg	29-97	54	28-100	49	25-89	43	43-103	58	5.1
P, g/kg	3-5	4	2-5	3	3-6	4	2-5	4	5.4
Mg, g/kg	5-16	8	3-19	8	4-24	9	6-14	8	3.3
Na, g/kg	0.6-4.2	1.8	0.8-6.4	2.4	0.5-2.4	1.4	0.4-3.6	1.6	1.4
K, g/kg	19-50	28	6-38	21	14-52	27	15-59	31	4.3
Trace									
Mn, mg/kg	43-153	90	52-143	86	47-145	87	59-121	82	60
Cu, mg/kg	7-15	11	7-15	10	8-15	10	9-15	12	18
Fe, mg/kg	294-810	506	354-865	625	253-737	455	239-789	485	70
Zn, mg/kg	23-43	34	19-40	30	20-44	32	20-36	28	60

¹ Recommended requirements for a goat weighing 50.0 kg (NRC, 1981; Kessler, 1991), with an assumed daily DM intake of 2.0 kg.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Table 4

Seasonal changes of the annual means (means of three years) of Na, K and Mn content in native legumes and non-legumes shrubs from Baja California Sur, México

Plants	Na, g/kg DM				K, g/kg DM				Mn, mg/kg DM			
	Winter	Spring	Summer	Autumn	Winter	Spring	Summer	Autumn	Winter	Spring	Summer	Autumn
<i>Acacia peninsularis</i>	0.4	0.8	0.5	0.6	10.8	7.5	11.5	9.6	32.9	33.4	34.8	31.7
<i>Cercidium floridum</i>	1.0	1.3	0.7	0.8	22.8	12.3	14.4	26.0	47.2	48.3	41.7	49.8
<i>Mimosa xantii</i>	0.4	0.7	0.8	0.8	11.7	6.3	10.0	9.1	34.9	33.2	33.4	30.1
<i>Pithecellobium confine</i>	0.7	1.0	0.7	0.6	11.8	8.3	18.1	15.7	31.3	37.1	23.5	29.5
<i>Prosopis</i> sp.	0.4	.7	0.6	0.4	13.0	13.4	12.2	12.4	43.0	36.1	60.4	41.4
Legumes¹	0.6^b	1.0^a	0.7^b	0.7^b	14.0^a	9.5^b	13.3^a	14.6^a	37.9^a	37.6^a	38.8^a	36.5^a
<i>Bursera microphylla</i>	2.1	3.2	1.2	1.8	11.7	11.1	12.7	12.7	58.5	70.4	39.3	58.7
<i>Cyrtocarpa edulis</i>	1.4	1.9	1.0	1.0	10.4	10.9	10.8	14.7	21.7	29.7	27.2	32.4
<i>Lippia palmeri</i>	1.4	1.4	1.0	1.0	15.9	11.4	14.0	16.3	35.5	25.8	53.0	35.4
<i>Opuntia cholla</i>	0.3	0.4	0.2	0.2	24.9	18.9	26.2	29.4	76.5	71.3	72.6	38.2
<i>Turnera difusa</i>	1.0	1.0	0.9	0.9	9.3	2.9	7.2	7.4	67.5	46.6	52.4	60.5
Non Legumes¹	1.2^b	1.6^a	1.0^c	1.0^{bc}	14.5^a	11.0^b	14.2^a	16.1^a	51.9^a	48.8^a	48.6^a	45.0^a
Effect: Plant type²	***	***	**	***	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns
Contrast	0.1	0.2	0.1	0.1	1.2	1.0	1.3887	1.8486	5.1	5.5	6.2365	4.3416
SE	0.1	0.2	0.1	0.1	1.2	1.0	1.3887	1.8486	5.1	5.5	6.2365	4.3416
Total Seasonal Mean¹	0.9^b	1.2^a	0.7^b	0.8^b	14.2^{ab}	10.3^c	13.7^b	15.3^a	44.9^a	43.2^a	43.5^a	40.8^a
Effect of year	1993	1994	1995		1993	1994	1995		1993	1994	1995	
Legumes	0.6 ^b	0.8 ^a	0.7 ^b		11.0 ^b	13.0 ^{ab}	14.6 ^a		54.8 ^a	17.7 ^c	40.6 ^b	
Non Legumes	1.0 ^b	1.4 ^a	1.2 ^{ab}		13.2 ^a	13.2 ^a	15.5 ^a		68.8 ^a	29.6 ^c	46.4 ^b	
Total Annual Means	0.8^c	1.1^a	1.0^b		12.1^b	13.1^b	15.0^a		61.8^a	23.5^c	43.5^b	
Goat requirements (g/kg)³	0.7 g/kg DM				2.2 g/kg DM				30 mg/kg DM			

Means in rows for each variable with different superscripts differ by season ($P < 0.05$) significance and standard error (SE) of contrast between plant types by season. Recommended requirements by: NRC, 1981 and Kessler, 1991. * = $P < .001$, ** = $P < .01$, * = $P < .05$, ns = no significant.

Table 5
Seasonal changes of the annual means (means of three years) of Cu, Fe and Zn content in native legumes and non-legumes shrubs from Baja California Sur, México

Plants	Cu, mg/kg DM				Fe, mg/kg DM				Zn, mg/kg DM			
	Winter	Spring	Summer	Autumn	Winter	Spring	Summer	Autumn	Winter	Spring	Summer	Autumn
<i>Acacia peninsularis</i>	7.3	6.3	6.3	7.4	172.3	368.6	152.1	217.8	15.8	14.2	14.2	14.2
<i>Cercidium floridium</i>	4.8	4.4	4.8	4.8	260.8	402.0	264.9	212.5	21.7	18.4	19.6	17.9
<i>Mimosa xantii</i>	4.1	3.8	4.5	4.4	212.0	298.8	320.9	227.6	15.4	12.9	16.9	11.4
<i>Pithecellobium confine</i>	4.8	4.0	4.5	4.9	205.6	326.2	141.3	180.6	13.9	12.8	10.1	9.8
<i>Prosopis</i> sp.	5.2	4.2	3.9	4.9	194.4	210.5	193.2	165.1	19.9	19.8	19.7	15.9
Legumes¹	5.2^a	4.5^b	4.8^{ab}	5.3^a	209.0^b	321.2^a	214.5^b	200.7^b	17.3^a	15.6^{ab}	16.1^a	13.8^b
<i>Bursera microphylla</i>	5.6	7.6	5.6	6.5	254.2	432.7	126.4	218.7	19.8	17.6	15.6	14.5
<i>Cyrtocarpa edulis</i>	5.3	4.3	5.4	6.6	393.0	398.0	258.5	321.4	13.4	17.2	13.1	14.8
<i>Lippia palmeri</i>	7.1	4.1	7.4	7.5	285.5	176.8	337.2	394.6	18.0	10.6	21.9	14.7
<i>Opuntia cholla</i>	3.3	3.5	4.4	4.4	147.0	185.7	146.7	119.3	11.6	9.7	14.2	10.5
<i>Turnera difusa</i>	6.3	6.3	6.0	6.4	405.1	325.9	368.3	366.6	20.2	17.0	18.0	17.7
Non-legumes¹	5.6^{ab}	5.2^b	5.7^{ab}	6.3^a	297.0^a	303.8^a	241.0^b	284.1^{ab}	16.6^a	14.4^b	16.2^a	14.5^b
Effect: plant type²												
Contrast	ns	ns	*	*	***	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns
SE	0.40	0.44	0.42	0.40	21.9	21.9	24.4	23.4	1.1	1.0	1.2	1.0
Total plants Mean¹	5.4^{ab}	4.8^c	5.2^{bc}	5.8^a	253.0^b	312.5^a	227.3^b	242.4^b	17.0^a	15.0^{bc}	16.1^{ab}	14.1^c
Effect of year	1993	1994	1995		1993	1994	1995		1993	1994	1995	
Legumes	6.1 ^a	5.0 ^b	3.8 ^c		220.3 ^b	253.2 ^a	235.6 ^{ab}		16.8 ^b	11.4 ^c	19.0 ^a	
Non Legumes	7.0 ^a	6.3 ^b	3.7 ^c		273.7 ^a	289.5 ^a	283.7 ^a		17.2 ^a	11.2 ^b	17.5 ^a	
Total Annual Means	6.5^a	5.6^b	3.8^c		247.0^a	270.9^a	259.6^a		17.0^b	11.3^c	18.2^a	
Goat requirements (g/kg)³		9 mg/kg DM				35 mg/kg DM				30 mg/kg DM		

¹ Means in rows for each variable with different superscripts differ by season (P < 0.05).

² Significance and standard error (SE) of contrast between plant types by season.

³ Recommended requirements by: NRC, 1981 and Kessler, 1991.

*** = P < 0.001, ** = P < 0.01, * = P < 0.05, ns = no significant.

INTERCIENCIA

2003

JULY

VOL 28 / Nº 7

Revista de Ciencia y Tecnología de América / Journal of Science and Technology of the Americas / Revista de Ciência e Tecnologia das Américas /

LA CONCIENCIA DEL DATO

LA BIODIVERSIDAD: HISTORIA Y CONTEXTO DE UN CONCEPTO

HETEROGENEIDAD ESTRUCTURAL Y LUMÍNICA DEL SOTOBOSQUE
DE UNA SELVA NUBLADA ANDINA DE VENEZUELA



/Editorial/

<i>Manuel Bemporad</i> DATA AWARENESS	370
--	-----

/Articles/

<i>Marisela Granito, Alexia Torres and Marisa Guerra</i> DEVELOPMENT AND EVALUATION OF WHEAT, CORN, CASSAVA AND BEANS PASTA (in Spanish)	372
---	-----

<i>M. Esther Ortega Cerrilla and Germán Mendoza Martínez</i> STARCH DIGESTION AND GLUCOSE METABOLISM IN THE RUMINANT: A REVIEW (in English)	380
--	-----

<i>Irama Núñez, Édgar González-Gaudio and Ana Barahona</i> BIODIVERSITY: HISTORY AND CONTEXT OF A CONCEPT (in Spanish)	387
---	-----

<i>Miguel F. Acevedo, Michele Ataroff, Susan Monteleone and Carlos A. Estrada</i> STRUCTURAL AND LIGHT HETEROGENEITY IN THE UNDERSTORY OF A VENEZUELAN ANDEAN CLOUD FOREST (in Spanish)	394
--	-----

/Reports/

<i>Rufo Sánchez Hernández, David Jesús Palma López, José Jesús Obrador Olán and Ulises López Noverola</i> EFFECT OF HARVEST MULCH ON THE PHYSICAL AND CHEMISTRY PROPERTIES OF A VERTIC SOIL AND SUGARCANE (<i>Saccharum officinarum</i> L.) YIELDS IN TABASCO, MÉXICO (in Spanish)	404
--	-----

<i>Rafael Ramírez-Orduña, Róque G. Ramírez-Lozano, Marco V. Gómez-Meza, Juan A. Armenta-Quintana, Juan M. Ramírez-Orduña, Ramón Cepeda-Palacios and Juan M. Ávila-Sandoval</i> SEASONAL DYNAMICS OF RUMINAL CRUDE PROTEIN DIGESTION OF BROWSE SPECIES FROM BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO (in English)	408
--	-----

<i>José Guadalupe Loya-Ramírez, José Luis García-Hernández, John J. Ellington and David V. Thompson</i> THE IMPACT OF INTERPLANTING CROPS ON THE DENSITY PREDATION OF HEMIPTERA PREDATORS (in Spanish)	415
---	-----

/Essays/

<i>Leonardo Maltchik</i> THREE NEW WETLANDS INVENTORIES IN BRAZIL (in English)	421
---	-----

/Forthcoming Events/	424
-----------------------------	-----

/Summary of Articles/	426
------------------------------	-----

COVER

Forge Seguí, Argentina, 1945
Riding clouds, undated
121 x 121 x 20 cm
Mural relief, bronze, polychrome iron

Seguí presents his figures in a frontal manner, as if in a painting, making it almost unnecessary to move around them. The volume and space

construction makes reference to the absurd, or to the imaginary, such as happens with the New Figurative paintings, a tendency in which Seguí has remained active.

Comments: Eugenio Espinoza / Reproduction: Courtesy of Museo de Arte Contemporáneo de Caracas Sofía Imber (MACCST) / Color separation: Euroscan Color.

La revista *Interciencia* es una publicación de la *Asociación Interciencia*, asociación civil sin fines de lucro, con sede en Caracas, Venezuela.

La *Asociación Interciencia* tiene como finalidad la unión de la comunidad científica de América, a fin de que ésta pueda servir mejor al desarrollo de las naciones y al bienestar de sus pueblos.

La *Asociación Interciencia* fue fundada en 1974, en Recife, Brasil, y registrada en 1975 en Caracas, Venezuela.

La revista *Interciencia* está consagrada a estimular la investigación científica, su uso humanitario y el estudio de su contexto social, especialmente en América Latina y el Caribe, así como a fomentar la comunicación entre las comunidades científicas y tecnológicas de América.

Todos los artículos firmados son responsabilidad de sus autores y no de la *Asociación Interciencia*, ni de la revista, ni de las Instituciones a las cuales pertenecen los firmantes.

Interciencia is a journal published by *Interciencia Association*, a non profit organization chartered in Caracas, Venezuela.

Interciencia Association aims to unite the scientific communities of the Americas and enable them to aid more effectively the development of the nations and the welfare of their people.

Interciencia Association was founded in 1974, in Recife, Brazil and incorporated in Caracas, Venezuela in 1975.

Interciencia is dedicated to stimulating scientific and technological research, to its humane use and to the study of the social context in which scientific and technological development occur, especially in Latin America and the Caribbean. To this end *Interciencia* encourages communication among the scientific and technological communities of the Americas.

All signed articles are the exclusive responsibility of their authors, and not of *Interciencia Association*, or the institutions to which they belong.

A revista *Interciencia* é uma publicação da *Associação Interciencia*, associação civil sem fins lucrativos, com sede em Caracas, Venezuela.

A *Associação Interciencia* tem como finalidade a união da comunidade científica das Américas, a fim de que esta possa servir melhor ao desenvolvimento das nações e ao bem-estar de seus povos.

A *Associação Interciencia* foi fundada em 1974 em Recife, Brasil, e registrada em 1975 em Caracas, Venezuela.

A revista *Interciencia* está dedicada a estimular a pesquisa científica, seu uso humanitário e o estudo do seu contexto social, especialmente na América Latina e no Caribe, bem como a promover a comunicação entre as comunidades científicas e tecnológicas das Américas.

Todos os artigos assinados são da inteira responsabilidade de seus autores e não da *Associação Interciencia*, nem da revista, nem das Instituições às quais pertencem os autores.

RESPALDO ECONOMICO / FINANCIAL SUPPORT / FINANCIAMIENTO

La revista *INTERCIENCIA* está apoyada financieramente en su mayor parte por Venezuela a través del Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT) y el Ministerio de Educación, Cultura y Deportes. También contribuyen: La Academia de Ciencias del Tercer Mundo (TWAS), la Sociedad Brasileña para el Progreso de la Ciencia (SBPC) y la Organización de los Estados Americanos (OEA).

The journal *INTERCIENCIA* is financed mainly by Venezuela, through the National Found for Science, Technology and Innovation (FONACIT) and the Ministry of Education, Culture and Sports. The following institutions also contribute: The Third World Academy Science (TWAS), the Brazilian Society for the Advancement of Science (SBPC) and Organizations of American States (OAS).

A revista *INTERCIENCIA* está financiada principalmente pela Venezuela através do Fondo Nacional da Ciência, Tecnologia e Inovação (FONACIT) e Ministério da Educação, Cultura e Desportos. Contribuem igualmente: A Academia de Ciência do Terceiro Mundo (TWAS), a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) e Organização dos Estados Americanos (OEA).

DIRECTOR FUNDADOR / FOUNDING EDITOR
DIRETOR FUNDADOR
Marcel Roche †

DIRECTOR / EDITOR / DIRETOR
Miguel Laufer

GERENTE EDITORIAL / MANAGING EDITOR / GERENTE EDITORIAL
Pamela Navarro

INTERNATIONAL CONSULTING EDITORIAL BOARD
JUNTA CONSULTIVA EDITORIAL INTERNACIONAL

Philip Abelson (USA), Michel Bergeron (Canada), Rae Davis (Jamaica), Carlos Di Prisco (Venezuela), Rodrigo Fierro (Ecuador), Alberto Giesecke (Perú), José Goldenberg (Brasil), Gonzalo Halfiter (México), Nohora E. Hoyos (Colombia), Ernesto Medina (Venezuela), Plutarco Naranjo (Ecuador), Crodowaldo Pavan (Brasil), Jaime Requena (Venezuela), Tirso W. Sáenz (Cuba), Francisco Salzano (Brasil), Guillermo Soberón (México), Víctor Urquidí (México), Hebe Vessuri (Venezuela), Erika Wagner (Venezuela), Lourdes Yero (Venezuela), Rodrigo Zeledón (Costa Rica).

Suscripciones / Subscriptions / Assinaturas
Marjorie Gutiérrez

Publicidad / Advertising / Publicidade

INTERCIENCIA: Calle Veracruz, Residencias La Hacienda
Apto. 31-M, Las Mercedes, Caracas 1080, Venezuela.
Teléfonos: (58-212) 992-32-24; 991-75-25
FAX (58-212) 992-32-24

Diseño Original / Original Design / Desenho Original
Santiago Pol

Diagramación / Layout / Diagramação

Pascual Estrada / Pamela Navarro

Viñetas / Vignettes / Vinhetes

Diana Roche

Números sueltos U.S. \$ 14 c/u / Single issues U.S. \$ 14 each
Números anteriores U.S. \$ 20 c/u / Back issues U.S. \$ 20 each
Números especiales U.S. \$ 60 c/u / Special issues U.S. \$ 60 each

Dirección / Address / Endereço

INTERCIENCIA

Apartado 51842, Caracas 1050 A - Venezuela

Teléfonos: (58-212) 992-32-24; 991-75-25

Fax (58-212) 992-32-24

e-mail: interciencia@ivic.ve

www.interciencia.org

INTERCIENCIA® is published monthly in Caracas, Venezuela and is covered among other indexes, by:

AGRICOLA, AGRI 2000, AGROFORESTRY ABSTRACTS, BIOLOGICAL ABSTRACTS, CAMBRIDGE SCIENTIFIC ABSTRACTS (8 titles), CLASE, CURRENT CONTENTS, ENERGY INFORMATION ABSTRACTS, ENVIRONMENT ABSTRACTS, FISHERIES REVIEW, FORESTRY ABSTRACTS, INDEX TO SCIENTIFIC REVIEWS, PERIODICA, REPINDEX, RESEARCH ALERT, REVENCYT, SCIENCE CITATION INDEX, SOCIAL SCIENCES CITATION INDEX, WILDLIFE REVIEW ABSTRACTS.

Composición electrónica / Electronic composition / Composição eletrônica
Estrada, Del Pino & Asociados. e-mail: pascualoro@cantv.net
Preprensa / Preprint / Prerensa Euroscan Color
Impreso por / Printed by / Impresso por CROMOTIP, Caracas, Venezuela
ISSN 0378-1844 Depósito Legal pp. 197602DF849

SEASONAL DYNAMICS OF RUMINAL CRUDE PROTEIN DIGESTION

OF BROWSE SPECIES FROM BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO

Rafael Ramírez-Orduña, Roque G. Ramírez-Lozano, Marco V. Gómez-Meza,
Juan A. Armenta-Quintana, Juan M. Ramírez-Orduña, Ramón Cepeda-Palacios
and Juan M. Ávila-Sandoval

SUMMARY

Ten native browse species from Baja California Sur, Mexico, were nutritionally evaluated in each season of three consecutive years measuring crude protein (CP), protein fraction in neutral detergent fiber (NDIP) and in acid detergent fiber (ADIP), and rate and extent of crude protein degradability. Five legumes and five non-legumes were collected from 16 linear 30m transects. All plants in each transect were identified and measured to estimate Shannon's diversity index, species richness, aerial cover and relative frequency, dominance, density and importance. *Medicago sativa* L. hay was used as reference forage with high nutritional quality. To estimate the effective degradability of crude protein (EDCP), duplicate nylon bags (10x15cm; 50µm pore size) containing 4g of each plant species from each season

and year were incubated in the ventral part of the rumen in four cannulated beef steers. In general, CP content, NDIP, ADIP and EDCP were significantly higher in legumes. Neutral detergent soluble CP was higher in non-legumes during spring and summer, and CP and EDCP were higher in autumn. Legume EDCP was significantly lower in summer, possibly due to reduction of available cell wall protein. Only shrubs such as *Opuntia cholla*, *Prosopis* sp. and *Cercidium floridium* had EDCP values comparable to or higher than alfalfa hay. *Cyrtocarpa edulis* had the lowest EDCP. Legume CP was more degraded in the rumen than that of non-legumes. A high quality forage period in autumn and winter, and a low quality one in spring and summer, could be distinguished.

RESUMEN

Diez arbustos nativos de Baja California Sur, México, fueron nutricionalmente evaluados en cada estación durante tres años consecutivos, midiendo proteína cruda (PC), fracción proteica en la fibra detergente neutro (FPDN) y en la fibra detergente ácido (FPDA), y velocidad y grado de degradabilidad de PC. Cinco leguminosas y cinco no-leguminosas fueron colectadas de 16 transectos lineales de 30m. Todas las plantas de cada transecto fueron identificadas y medidas para estimar el índice de diversidad Shannon, riqueza de las especies, cobertura aérea y frecuencia relativa, dominancia, densidad e importancia. Heno de *Medicago sativa* L. fue usado como forraje de referencia de alta calidad nutritiva. Para estimar la degradabilidad efectiva de PC (DEPC), se usaron por duplicado bolsas nylon (10x15cm; poro de 50µm) conteniendo 4g de cada especie de cada estación y año,

incubadas en la parte ventral del rumen de cuatro becerros de carne canulados. En general, el contenido de PC, FPDN, FPDA y DEPC fueron significativamente mayores en leguminosas. La PC soluble en la fibra detergente neutro fue mayor en las no-leguminosas en primavera y verano, y PC y DEPC fueron mayores en otoño. La DEPC en leguminosas fue significativamente menor en verano, posiblemente por reducción en la proteína disponible de la pared celular. Solo especies como *Opuntia cholla*, *Prosopis* sp. y *Cercidium floridium* tuvieron valores de DEPC comparables o mayores a la alfalfa. *Cyrtocarpa edulis* tuvo la menor DEPC. La PC de leguminosas fue más degradada en el rumen que las no-leguminosas. Se distinguen dos periodos de calidad nutritiva, uno de alta calidad en otoño e invierno y otro de baja en primavera y verano.

Introduction

The State of Baja California Sur, in Northern Mexico, is considered as an extremely arid zone (COTECOCA, 1975). Of the vegetation, 92% is mainly composed by

shrubs 1-3m in height. Most farmers are traditional small holders. However, the use of shrubs as food resources for livestock has been mostly supported by farmer's experience and the knowledge that some shrubs are palatable for

animals (Arriaga and Cancino, 1992).

Many browse plants that grow in Northeastern Mexico have been used as fodder for ruminants, especially legume species (Ramírez, 1996). In other arid and semiarid regions

of the world, the use of browse species has been promoted due to severe food shortages, harsh and prolonged drought periods, low animal performance, mortality and uneconomic production (Devendra, 1990). However, the low quality and sea-

KEYWORDS / Native Shrubs / Sonora Desert / Crude Protein / Cell Wall Proteins / Degradability of Crude Protein /

Received: 03/20/2003. Modified: 06/13/2003. Accepted: 06/19/2003

Rafael Ramírez-Orduña. M.C. in Animal Nutrition. Professor, Department of Zootechnics, Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), Mexico. Address: Apartado Postal 676. La Paz Baja California Sur, 23080, México.

Roque G. Ramírez-Lozano. Doctor in Animal Sciences. Profes-

sor, School of Biology, Universidad Autónoma de Nuevo León, (UANL). Address: Apartado Postal 142, Sucursal F, San Nicolás de los Garza, N.L. 66450, México. e-mail: roqramir@feb.uanl.mx.

Marco V. Gómez-Meza. Doctor in Statistics. Professor, School of Economics, UANL. Address:

Apartado Postal 130, Monterrey, N.L. 65450, México.

Juan A. Armenta-Quintana. M.C. in Animal Nutrition. Professor, Department of Zootechnics, UABCS, Mexico.

Juan M. Ramírez-Orduña. Doctor in Biotechnology. Professor, Department of Zootechnics, UABCS, Mexico.

Ramón Cepeda-Palacios. Doctor in Animal Sciences. Professor, Department of Zootechnics, UABCS, Mexico.

Juan M. Ávila-Sandoval. M.C. in Animal Nutrition. Professor, Department of Zootechnics, UABCS, Mexico.

RESUMO

Os arbustos nativos da Baixa Califórnia Sul, México, foram nutricionalmente avaliados em cada estação durante três meses consecutivos, medindo proteína crua (PC), fração protéica fibrosa detergente neutro (FPDN) e na fibra detergente ácido (FPA), e velocidade e grau de degradabilidade de PC. Cinco leguminosas e cinco não leguminosas foram coletadas de 16 transectos lineares de 30 m. Todas as plantas de cada transecto foram identificadas e medidas para estimar o índice de diversidade de Shannon, riqueza das espécies, cobertura aérea e frequência relativa, dominância, densidade e importância. Feno de *Medicago sativa* L. foi usado como forragem de referência de alta qualidade nutritiva. Para estimar a degradabilidade efetiva (DEPC), se usaram por duplicado sacolas nylon (10 x 15 cm, poro de 50 µm) contendo 4 g de cada espécie de cada esta-

ção e ano, incubadas na parte ventral do rúmen de quatro bezerros de carne canulados. Em geral, o conteúdo de PC, FPDN, FPA e DEPC foram significativamente maiores em leguminosas. A PC solúvel na fibra detergente neutro foi maior nas não leguminosas na primavera e no verão, e PC e DEPC foram maiores no outono. A DEPC em leguminosas foi significativamente menor no verão, possivelmente por redução na proteína disponível da parede celular. Somente espécies como *Opuntia cholla*, *Prosopis* sp. e *Cercidium floridium* tiveram valores de DEPC comparáveis ou maiores à alfafa. *Cyrtocarpa edulis* teve a menor DEPC. A PC de leguminosas foi mais degradada no rúmen que as não leguminosas. Distinguem-se dois períodos de qualidade nutritiva, um de alta qualidade no outono e no inverno e outro de baixa na primavera e no verão.

eral nature of the forage supply, together with low intake by animals and poor digestibility of forage, are the major factors contributing to the low productivity of ruminants feeding on browse species (Kemeny and McWilliams, 1986).

In ruminants, where feed is fermented in the rumen, this fermentation has confounded the prediction of animal performance from dietary ingredients. Therefore, a mechanistic understanding of fermentation is needed for sustained development of animal production. Mechanistic models require quantitative estimates of carbohydrates and protein digestion (Satter, 1980; Russell *et al.*, 1992; Sniffen *et al.*, 1992).

The object of this study was to evaluate and compare seasonally, during three consecutive years, the crude protein content (CP), the CP composition of the cell wall, and the rate and extent of CP digestion in leaves of five legumes and five non-legumes growing in a shrubland from Baja California Sur, Mexico. *Medicago sativa* hay was included as reference forage of high nutritional quality.

Materials and Methods

Site and collection area

This study was conducted in the Palmar de Abajo ranch (800ha), located in La Paz, Baja California Sur, Mexico, at 23°38'40"N and

110°18'07"W. The climate of the region is arid with annual mean temperature of 21.2°C. Rainfall is generally present during the summer (July, August and September) and winter (January and February) seasons. Total year rainfall during the study period was 177, 47 and 61.7mm for 1993, 1994 and 1995, respectively. The soils are mainly of alkaline, regosol, eutric and calcareous types, which are very permeable (Flores, 1998).

Branches from the legumes *Acacia peninsularis* (Brit. L. Rose) Standley; *Cercidium floridium* (Benth); *Mimosa xantii*, Gray; *Pithecellobium confine* (Standley) and *Prosopis* sp. (Torr) and the non-legumes *Bursera microphylla* Gray (Burseraceae); *Cyrtocarpa edulis* (Brand) Stand (Anacardiaceae); *Lippia palmieri*, S. Wats (Verbenaceae); *Opuntia cholla*, Weber (Cactaceae) and *Turnera diffusa* Wild (Turneraceae) were collected from 16 randomly located linear transects of 30m long. These browse species are reported to be consumed selectively by cattle and goats in Baja California Sur (Ariaga and Cancino, 1992). Collections were carried out during winter (February 23), spring (May 23), summer (August 23) and autumn (November 23), in 1993, 1994 and 1995. Branches of each species were bulked in triplicate samples for each season and year, and were allowed to

dry under shade. Leaves were removed manually, oven dried (45°C) for 72h, ground in a Willey mill (1mm). Alfalfa hay (*Medicago sativa* L.) obtained from a commercial store was considered as reference forage. Within each transect the species were identified and individuals from each specie were counted. The length of intercepts occupied by individuals touching the transect were recorded. The Shannon diversity index (Shannon, 1948) and the species richness index (Hart, 1985) were determined.

Chemical and in situ digestibility analyses

Duplicate samples were subjected to chemical analysis

The nylon bag technique was used to estimate the rate (kd, %/h) and extent of CP loss (%). Nylon bags of 10x15cm and 50µm pore size containing 4g of each plant species were incubated in the ventral part of the rumen of 4 cannulated beef steers (250 ±5.3kg body weight). During the trial steers were fed alfalfa hay *ad libitum* (16% CP). Duplicate nylon bags were incubated in each steer for 1, 2, 3, 4, 8, 12, 24, 48, 72 and 100 hours. Zero-time disappearance was determined from non-incubated bags. After incubation, the bags were dried at 60°C in an oven for 48h. The *in situ* disappearance of crude protein (ISDCP) for every period of incubation was calculated as

$$\text{ISDCP}\% = \frac{(\text{Initial weight} - \text{final weight})}{\text{Initial weight}} \times 100$$

to determine crude protein (CP; AOAC, 1980), neutral detergent insoluble protein (NDIP) and acid detergent insoluble protein (ADIP; Van Soest *et al.*, 1991). ADIP is considered insoluble protein (Pichard and Van Soest, 1977) because it is associated with lignin, tannin and Maillard compounds (Krishnamoorthy *et al.*, 1982). Insoluble protein in neutral detergent but soluble in acid detergent was calculated as NDIP-ADIP (Goering and Van Soest, 1970; Krishnamoorthy *et al.*, 1982).

To estimate the non-linear characteristics of CP, *in situ* disappearance values from nylon bags, in each incubation period were used in the following equation (Ørskov and McDonald, 1979)

$$p = a + b(1 - e^{-kd \cdot t})$$

where p: percentage of disappearance of the CP at time t, a: soluble fraction of CP that is lost during washing, b: insoluble fraction of CP that is degraded in the rumen, kd: constant rate of disappearance of fraction b, and t: incubation time.

The non-linear parameters a , b and kd and effective degradability of the CP (EDCP = $\frac{a+b}{a+b+kd/(kd+kp)}[e^{-(kd+kp)T}]$), where kp : outflow rate from the rumen and T : lag time (period in h that rumen microbes take to initiate fermentation), were all calculated using the Neway program (McDonald, 1981). The EDCP values of browse species and *M. sativa* hay were estimated using a rumen outflow rate of 2%/h.

Statistical analysis

Data of CP, CP fractions in the cell wall, degradation rate of CP and EDCP were analyzed using a general lineal models procedure (SPSS, 1999). Mean values of legumes and non-legumes species were compared using orthogonal contrasts. The season and year effect for each plant type (legumes and non-legumes) was determined by a two way analysis of variance model. Values of acid detergent lignin (ADL) and condensed tannins (CT) reported by Ramírez-Orduña *et al.* (2003) were used to estimate simple linear correlation coefficients between ADL, CP and EDCP, NDIP, ADIP.

Results and Discussion

The Shannon diversity index of the study area was 1.0%, species richness was 10.62% and the total aerial cover was 62.05%. Of the legume species, *Prosopis* sp. and *M. xantii* were the most and least important species, whereas among the non-legumes *O. cholla* was the most important species, and *L. palmeri* and *T. diffusa* were the least important species (Table I). In the different seasons (Table II), legumes and non-legumes covered roughly the same area (about 10%). Non-legumes contributed almost twice in importance value than legumes in all seasons because of their higher relative frequency, density and dominance; however, both plant types were similar in all

TABLE I
CONTRIBUTION (%) OF FIVE LEGUME AND FIVE NON-LEGUME SPECIES TO THE BOTANICAL STRUCTURE OF A RANGELAND FROM BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO

Specie	Arial cover	Relative frequency	Relative density	Relative dominance	Importance value
Legumes					
<i>Prosopis</i> sp	5.54	22.63	3.64	8.62	11.63
<i>Pithecellobium confine</i>	1.40	18.88	1.25	2.22	7.45
<i>Cercidium floridum</i>	0.97	16.69	1.05	1.53	6.42
<i>Acacia peninsularis</i>	1.01	15.53	1.15	1.66	6.11
<i>Mimosa xantii</i>	0.19	6.42	0.36	0.34	2.37
Non legumes					
<i>Opuntia cholla</i>	5.50	66.29	13.09	8.77	29.38
<i>Bursera microphylla</i>	3.73	47.24	4.45	6.23	19.30
<i>Cyrtocarpa edulis</i>	3.44	41.43	2.85	5.35	16.54
<i>Lippia palmeri</i>	0.15	9.72	0.60	0.25	3.52
<i>Turnera diffusa</i>	0.06	8.68	0.45	0.10	3.08

TABLE II
SEASONAL CONTRIBUTION (%) OF LEGUME AND NON-LEGUME SPECIES TO THE BOTANICAL STRUCTURE OF A RANGELAND FROM BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO

Plant type	Season	Arial cover	Relative frequency	Relative density	Relative dominance	Importance value
Legumes	Winter	9.7	62.3	5.8	15.1	27.7
	Spring	10.1	48.4	5.3	14.0	22.5
	Summer	5.9	44.8	4.6	11.1	20.1
	Autumn	10.1	52.7	8.4	16.6	25.9
Non legumes	Winter	13.5	84.3	21.8	21.4	42.5
	Spring	16.3	83.6	22.6	22.6	42.9
	Summer	10.4	86.0	19.3	19.6	41.6
	Autumn	10.7	90.0	19.3	18.2	42.5

seasons with respect to covered area. Non-legumes decreased all these variables from winter to autumn, whereas legumes were lower in summer and higher in autumn than other seasons.

Chemical composition

The year was the principal factor affecting EDCP, soluble and slowly degraded fractions, whereas the interaction year x plant type affected mainly the

NDIP-ADIP content in plants. Moreover, plant type was the main factor that affected the CP, NDIP, ADIP and CP degradation rate (Table III). The shrub *O. cholla* (6.0 ±2.8 annual mean ±standard

TABLE III
F VALUES AND SIGNIFICANCE LEVELS RESULTED FROM THE MULTIPLE FACTORIAL ANALYSIS OF VARIANCE

Effect	CP	NDIP	ADIP	NDIP-ADIP	Soluble fraction	Degradable fraction	Degradation rate of CP	EDCP
Year	5.3**	9.8***	11.6***	2.3ns	92.7***	33.3***	6.6**	63.5***
Season	16.0***	9.4***	30.9***	1.6ns	14.8***	3.7*	2.3ns	24.0***
Plant type	331.4***	35.6***	72.7***	0.8ns	27.7***	6.2*	12.1**	28.2***
Year x season	14.5***	3.5**	4.6**	2.5*	11.6***	14.2***	1.2ns	3.3**
Year x plant type	0.1ns	1.1ns	1.0ns	11.6***	3.7*	6.2**	0.7ns	3.6*
Season x plant type	1.7ns	7.5***	17.1***	1.4ns	4.0**	3.5*	0.8ns	9.2***
Year x season x plant type	1.4ns	0.3ns	0.5ns	1.5ns	1.4ns	1.2ns	2.4*	2.8**

*** (P<0.001), ** (P<0.01), * (P<0.05), ns:= not significant.

TABLE IV
SEASONAL CHANGES OF THE ANNUAL MEANS (THREE YEARS) OF CRUDE PROTEIN (CP, % DM),
NEUTRAL DETERGENT INSOLUBLE PROTEIN (NDIP, % CP) AND ACID DETERGENT
INSOLUBLE PROTEIN (ADIP, % CP) CONTENT IN NATIVE LEGUMES AND NON-LEGUMES
FROM BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO

Plants	CP				NDIP				ADIP			
	Win	Spr	Sum	Aut	Win	Spr	Sum	Aut	Win	Spr	Sum	Aut
<i>Medicago sativa</i>	15.6	17.7	15.6	15.6	14.4	12.0	15.7	14.4	6.6	5.3	5.3	6.6
<i>Acacia peninsularis</i>	13.8	10.8	11.5	13.9	35.5	29.6	30.8	30.7	16.1	21.5	22.3	18.7
<i>Cercidium floridium</i>	17.1	12.4	13.8	16.8	28.1	33.6	28.4	28.3	16.3	13.0	15.7	11.1
<i>Mimosa xantii</i>	14.4	11.6	17.9	16.2	25.8	30.3	21.6	23.9	16.4	22.1	13.8	14.6
<i>Pithecellobium confine</i>	19.6	15.8	14.7	17.5	30.2	29.3	29.9	33.8	15.0	23.1	23.7	19.3
<i>Prosopis</i> sp.	21.4	18.6	17.6	20.0	23.8	20.4	18.9	20.4	7.4	7.2	8.7	7.2
Legumes	17.3 ^a	13.8 ^c	15.1 ^{bc}	16.9 ^{ab}	28.7 ^a	28.6 ^a	25.9 ^a	27.4 ^a	14.2 ^a	17.4 ^a	16.9 ^a	14.2 ^a
<i>Bursera microphylla</i>	9.2	7.5	9.5	9.6	26.0	59.3	26.4	27.7	19.7	51.0	24.6	19.1
<i>Cyrtocarpa edulis</i>	11.6	10.6	10.4	15.1	34.5	44.6	46.8	25.4	15.5	32.2	26.4	13.4
<i>Lippia palmeri</i>	9.3	4.8	7.5	11.2	44.7	53.6	53.3	32.8	28.3	49.7	27.3	17.6
<i>Opuntia cholla</i>	5.1	4.3	7.5	7.2	30.5	32.1	23.9	27.8	14.9	21.3	16.3	11.2
<i>Turnera difusa</i>	8.9	5.9	8.9	10.2	29.0	35.5	29.8	25.1	16.9	40.4	28.8	17.8
Non Legumes	8.8 ^b	6.6 ^c	8.9 ^b	10.7 ^a	32.9 ^{bc}	45.0 ^a	34.8 ^b	27.8 ^c	19.1 ^{bc}	38.9 ^a	24.5 ^b	15.8 ^c
Effect of plant type												
Significant level ¹	***	***	***	***	ns	***	**	ns	*	***	**	ns
Standard error	1.0	0.8	0.8	0.8	2.5	3.0	2.9	1.8	2.1	2.8	2.3	2.4
Seasonal means	13.0 ^{ab}	10.2 ^c	12.1 ^b	13.8 ^a	30.8 ^b	36.8 ^a	30.2 ^b	27.6 ^b	16.6 ^a	28.1 ^c	20.5 ^b	15.0 ^c
Effect of year	1993	1994	1995		1993	1994	1995		1993	1994	1995	
Legumes	16.0 ^b	15.0 ^a	16.3 ^a		23.0 ^c	31.9 ^a	28.1 ^b		15.5 ^b	18.4 ^a	13.1 ^b	
Non Legumes	9.0 ^{ab}	7.8 ^b	9.4 ^a		33.3 ^a	38.1 ^a	34.3 ^a		22.6 ^b	28.9 ^a	22.5 ^b	
Annual means	12.5 ^a	11.5 ^b	12.8 ^a		28.1 ^c	34.9 ^a	31.2 ^b		19.0 ^b	23.5 ^a	17.8 ^b	

* means in rows with different letter superscripts differ (P<0.05).

¹comparison was made using orthogonal contrasts between legumes and non-legumes.

***(P<0.001); **(P<0.01); ns: not significant.

error) had the lowest CP content (Table IV) while *Prosopis* sp. had the highest (19.4 ±3.4), even higher than alfalfa hay (16.1 ±2.7). Legume species were significantly higher in CP (15.8 ±3.9) than non-legumes (8.7 ±3.5). In autumn, non-legumes had a higher CP content, and in legumes it was higher in winter. The CP values for alfalfa hay were comparable to those values reported for alfalfa hay mid bloom (16.5% DM) by Sniffen *et al.* (1992). Only non-legume species were significantly affected by the year; in years when rainfall was lower, the CP in non-legumes was also lower (7.7 ±0.4%).

According to Sniffen *et al.* (1992) NDIP is the fraction that includes both available and unavailable proteins linked to cell wall. Legumes (27.7 ±8.0) had lower NDIP

(%CP) than non-legumes (35.1 ±13.6). Non-legumes had the higher NDIP content during spring and summer; but legumes were not significantly affected by season (Table IV). NDIP in legumes was significantly higher in 1994 than in 1993 and 1995, and in alfalfa hay it was lower (14.1 ±5.9) than in all the shrubs evaluated in this study. *L. palmeri* had the highest (45.4 ±15.4) and *Prosopis* sp. the lowest NDIP values. According to Sniffen *et al.* (1992) this fraction includes both buffer soluble proteins that are rapidly degraded and buffer insoluble, but neutral, detergent soluble proteins that are intermediately degraded and may be degraded in the rumen depending on the relative rates of degradation and passage. This means that the CP proportion of native legume that could be

rapidly to intermediately degraded in the rumen species remains high throughout the year and is higher than in non-legumes. However, in non-legumes this fraction might be reduced in spring and summer. Also, CP in cell content of alfalfa hay (85.8 ±5.9), evaluated in this study, had a higher proportion of total CP as compared to all browse species, and was intermediate to the corresponding values (74.8 and 92.1% CP) reported for mid bloom alfalfa hay by Sniffen *et al.* (1992) and Elizalde *et al.* (1999a), respectively. Evidence from numerous feeding studies indicate that excessive ruminal protein degradation could be the most limiting nutritional factor in higher quality temperate legume forages such as alfalfa hay (Broderick, 1995).

The ADIP (% CP) content in legume species (15.7 ±6.9)

was significantly lower than in non-legumes (24.6 ±13.6). Moreover, ADIP in non-legumes was higher during spring and summer seasons, whereas ADIP in legumes was not affected by season. However, with exception of autumn, there were significant differences among seasons between legumes and non-legumes (Table IV). Legumes and non-legumes increased significantly (P<0.05) their ADIP in 1994. Alfalfa hay (6.0 ±1.7) had the lowest ADIP concentration. This fraction is the unavailable protein bound to lignin, tannin-protein complexes or Maillard products. Therefore, this fraction is highly resistant to ruminal and mammalian enzymes activity (Krishnamoorthy *et al.*, 1983) and it would not provide aminoacids post ruminally (Krishnamoorthy *et al.*, 1982).

During the summer months (Table V), legumes signifi-

TABLE V
SEASONAL DYNAMICS OF ANNUAL MEANS (THREE YEARS) OF CELL WALL AVAILABLE PROTEIN (NDIP-ADIP; % CP), SOLUBLE CRUDE PROTEIN (% DM) AND DEGRADABLE PROTEIN (% DM) CONTENT IN NATIVE LEGUMES AND NON-LEGUMES FROM BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO

Plants	Cell wall available protein				Soluble crude protein				Degradable protein			
	Win	Spr	Sum	Aut	Win	Spr	Sum	Aut	Win	Spr	Sum	Aut
<i>Medicago sativa</i>	7.7	6.6	10.3	7.7	47.1	46.7	51.2	51.9	43.9	31.7	40.6	43.0
<i>Acacia peninsularis</i>	19.4	8.0	8.4	11.9	34.5	40.7	38.8	41.8	50.4	45.7	56.1	42.2
<i>Cercidium floridum</i>	11.8	20.6	12.6	17.1	43.6	39.8	38.0	52.2	41.4	52.8	48.5	45.5
<i>Mimosa xantii</i>	9.3	8.2	7.7	9.2	48.1	44.0	45.3	50.3	40.2	42.3	28.7	39.4
<i>Pithecellobium confine</i>	15.2	6.1	6.2	14.5	42.5	42.9	44.4	47.1	21.7	44.3	31.4	35.1
<i>Prosopis</i> sp.	16.3	13.1	10.1	13.2	60.4	61.4	65.7	65.7	30.4	25.9	22.4	23.3
Legumes	14.4 ^a	11.2 ^{ab}	9.0 ^b	13.2 ^a	45.8 ^b	45.7 ^b	46.5 ^b	51.4 ^a	36.8 ^a	42.2 ^a	37.4 ^a	37.1 ^a
<i>Bursera microphylla</i>	6.3	11.4	5.0	8.5	44.2	25.9	46.5	48.4	38.3	33.7	29.7	30.1
<i>Cyrtocarpa edulis</i>	19.0	12.4	20.4	11.9	21.9	31.2	32.5	43.7	70.9	52.8	60.4	47.3
<i>Lippia palmeri</i>	16.3	19.0	25.9	15.2	35.5	32.5	23.8	45.3	45.4	54.3	32.5	40.0
<i>Opuntia cholla</i>	15.5	10.8	7.5	16.6	57.8	57.5	42.7	69.6	32.0	34.8	47.4	20.5
<i>Turnera diffusa</i>	12.1	5.0	5.4	7.3	42.5	39.5	23.3	47.9	49.8	38.9	49.2	33.0
Non Legumes	13.8 ^a	12.4 ^a	13.0 ^a	11.9 ^a	40.4 ^b	37.3 ^{bc}	34.5 ^c	51.0 ^a	47.3 ^a	42.9 ^a	44.6 ^a	34.2 ^b
Effect of plant type												
Significant level ¹	ns	ns	ns	ns	*	***	***	ns	**	ns	*	ns
Standard error	1.7	2.4	2.7	2.0	2.5	2.4	2.9	2.4	3.3	3.1	4.0	2.6
Seasonal means	14.1 ^a	11.7 ^{ab}	10.8 ^b	12.5 ^{ab}	43.1 ^b	41.5 ^b	40.7 ^b	51.2 ^a	42.0 ^a	42.6 ^a	40.9 ^a	35.6 ^b
Effect of year												
1993	1994	1995			1993	1994	1995		1993	1994	1995	
Legumes	7.4 ^b	13.4 ^a	15.0 ^a		38.1 ^c	47.0 ^b	56.9 ^a		47.0 ^a	33.5 ^b	34.7 ^b	
Non Legumes	14.9 ^a	10.6 ^b	12.9 ^{ab}		31.1 ^c	36.8 ^b	54.6 ^a		51.8 ^a	43.6 ^b	31.3 ^c	
Annual means	10.9 ^b	12.1 ^{ab}	14.0 ^a		34.6 ^c	42.0 ^b	55.8 ^a		49.4 ^a	38.4 ^b	33.0 ^c	

* Means in rows with different letter superscripts differ (P < 0.05).

¹ comparison was made using orthogonal contrasts between legumes and non-legumes

*** (P < 0.001), ** (P < 0.01), * (P < 0.05), ns: not significant.

cantly reduced the NDIP-ADIP (%CP), which also showed a significant year effect, increasing in 1994 (13.4 ± 0.9) and 1995 (15.0 ± 1.0), three years of lowest precipitation. On the other hand, non-legumes were neither different among seasons nor among years. Non-legumes such as *B. microphylla* (7.9 ± 7.6), *M. xantii* (8.6 ± 4.9), and *T. diffusa* (8.1 ± 5.8) had comparable NDIP-ADIP contents to those of alfalfa hay (8.1 ± 4.9). *L. palmeri* had with the highest value (18.4 ± 13.2).

The available protein in cell wall (NDIP-ADIP) is considered as slowly degraded in the rumen, for being in the cell wall (Van Soest *et al.*, 1981; Krishnamoorthy *et al.*, 1983), and their extent of degradation depends on the degradation and passage rates of the fibrous fraction (Sniffen *et al.*, 1992). It appears that if the

passage rate is very fast or the degradation rate is very slow, then this fraction would escape degradation in the rumen. The NDIP-ADIP values for alfalfa hay in this study are comparable to the values reported by Elizalde *et al.* (1999a) and Sniffen *et al.* (1992), of 7.8 and 11.2% CP, respectively.

Degradability of crude protein

In non-legumes, the soluble fraction (a) increased in autumn, after the rainy season, but was similar in the other seasons. (Table V). With exception of autumn, legumes were higher in this fraction than non-legumes. Legumes were similar to alfalfa hay, however the values obtained for the latter were higher than those values reported by Elizalde *et al.* (1999b) for mid vegetative (40.2%) to late flowering (41.3%) alfalfa hay,

but were similar to the results of Hoffman *et al.* (1993) for late bud (44.8%) to midbloom (48.2%) alfalfa hay.

The slowly degraded fraction (b) was similar among seasons in legume species. In non-legumes, however, this fraction was significantly lower during winter, when the soluble fraction was highest. During winter and summer fraction (a) was higher in legumes than in non-legumes; however both plant types were affected by the year (Table V). Legumes in this study had a lower slowly degraded fraction than alfalfa hay in all seasons except in spring. Alfalfa hay values were lower than those reported by Elizalde *et al.* (1999b) for mid vegetative (53.5%) to late flowering (47.1%) alfalfa hay, but were similar to the results of Hoffman *et al.* (1993) for late bud (41.1%) to midbloom (30.8%) alfalfa hay.

Only during the autumn months, legumes had significantly lower CP degradation rates than non-legumes species (Table VI). The CP of *Prosopis* sp., *B. microphylla* and *O. cholla* was rapidly degraded; however, *A. peninsularis*, *C. edulis*, *M. xantii* and *P. confine* were slowly degraded in rumen of cattle. The CP of alfalfa hay was degraded faster than all native shrubs evaluated in this study. High NDSP values (Table II) in alfalfa would have positively influenced the CP degradation rate in rumen of cattle. Conversely, low NDSP in browse plants would have reduced the digestion rate of CP.

Only during the spring and summer seasons, legumes had EDCP significantly higher values than non-legumes. Species such as *O. cholla*, *Prosopis* sp. and *C. floridum* had the highest EDCP values and were comparable to those in

TABLE VI
SEASONAL VARIATION OF ANNUAL MEANS (THREE YEARS) OF CRUDE PROTEIN DEGRADATION RATE (%/HOUR) AND EFFECTIVE DEGRADABILITY OF CRUDE PROTEIN (%) IN NATIVE LEGUMES AND NON-LEGUMES FROM BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO

Plants	CP degradation rate				CP effective degradability			
	Win	Spr	Sum	Aut	Win	Spr	Sum	Aut
<i>Medicago sativa</i>	11.3	16.9	14.5	11.7	74.4	64.2	74.0	76.8
<i>Acacia peninsularis</i>	4.2	3.8	2.7	3.4	62.3	63.2	60.6	64.5
<i>Cercidium floridum</i>	6.2	8.0	10.1	5.0	67.7	71.8	55.5	78.0
<i>Mimosa xantii</i>	6.1	2.6	2.1	1.8	64.1	63.1	58.6	65.0
<i>Pithecellobium confine</i>	13.2	3.0	1.7	2.0	55.8	56.3	54.3	57.5
<i>Prosopis</i> sp.	10.4	15.7	8.2	10.1	78.8	75.9	80.0	81.7
Legumes	8.0 ^a	6.6 ^{ab}	5.0 ^{ab}	4.5 ^b	65.7 ^{ab}	66.1 ^{ab}	61.8 ^b	69.3 ^a
<i>Bursera microphylla</i>	10.9	12.8	14.2	13.4	66.5	40.7	64.1	66.0
<i>Cyrtocarpa edulis</i>	3.8	0.5	0.2	2.9	57.3	41.3	38.7	60.5
<i>Lippia palmeri</i>	18.9	9.1	10.0	10.4	59.8	44.2	38.8	68.8
<i>Opuntia cholla</i>	13.2	8.4	8.1	8.9	76.1	77.5	58.3	82.1
<i>Turnera diffusa</i>	7.4	11.2	6.0	14.2	71.7	58.2	41.3	66.1
Non Legumes	10.8 ^a	8.4 ^a	7.5 ^a	9.9 ^a	66.3 ^a	52.4 ^b	48.9 ^b	68.7 ^a
Effect of plant type								
Significant level ¹	ns	ns	ns	***	ns	***	**	ns
Standard error	0.02	0.02	0.02	.01	2.6	3.0	3.7	2.5
Overall seasonal means	9.4 ^a	7.5 ^{ab}	6.2 ^b	7.2 ^{ab}	66.0 ^a	59.2 ^b	55.6 ^b	69.0 ^a
Effect of year								
Legumes	1993	1994	1995		1993	1994	1995	
Non Legumes	3.7 ^b	8.5 ^a	5.8 ^b		56.9 ^c	64.1 ^b	76.1 ^a	
Annual means	8.3 ^{ab}	11.5 ^a	7.8 ^b		54.4 ^b	54.1 ^b	68.9 ^a	
Annual means	6.0 ^b	10.0 ^a	6.8 ^b		55.7 ^a	59.2 ^b	72.5 ^a	

^a means in a row with different letter superscripts differ (P<0.05).

¹ comparison was made using orthogonal contrasts between legumes and non-legumes.

*** (P<0.001), ** (P<0.01), ns: not significant.

alfalfa hay. *C. edulis* and *L. palmeri* had the lowest values (Table VI). The EDCP values for alfalfa hay obtained in this study are comparable to those reported by Elizalde *et al.* (1999b) and Hoffman *et al.* (1993) of 72.9 and 72.1%, respectively. In this study, browse plants had higher EDCP values during 1995 than other years, and were also higher in autumn and winter than in other seasons.

Ramírez *et al.* (2000a,b) and Moya-Rodríguez *et al.* (2002) reported that lignin content and condensed tannins negatively influenced the EDCP in leaves of 22 browse species growing in Northeastern Mexico. They also found that during the winter months the EDCP was higher than in other seasons. They concluded that in some situations, because of warm temperatures and wet climate that occurred at the end of winter, native

shrubs from Northeastern Mexico could develop new vegetative growth-producing foliage with highly soluble CP. Thus, this would explain why microbes in the rumen of sheep, in previous studies, and of cattle in this study, digested to a greater extent the CP in browse species during winter than during other seasons.

Lignin content in browse species evaluated by Ramírez-Orduña *et al.* (2003) was negatively correlated with EDCP in legumes ($r = -0.55$, $P < 0.001$) and non-legumes ($r = -0.31$, $P < 0.001$), but positively correlated with NDIP ($r = 0.36$ and 0.40 , $P < 0.001$, in legumes and non-legumes, respectively) and with ADIP ($r = 0.61$ and 0.59 , $P < 0.001$). Condensed tannins in legumes were positively correlated with NDIP ($r = 0.42$, $P < 0.001$) and with ADIP ($r = 0.32$, $P < 0.001$).

These results indicate that lignification in browse plants might be the most important factor in determining the protein distribution in the cell wall and, perhaps, protein fermentation. Moreover, condensed tannins in legume species might be a contributing factor in determining the protein availability of protein in the cell wall. However, it may be recognized that the structural features of lignin have a greater effect on ruminal cell wall degradation than the concentration of individual cell wall components (Jung and Deetz, 1993; Van Soest, 1994). Similarly, research on tannins in forage legumes has determined their variable effect on protein digestion (Reed, 1995; Butter *et al.*, 1999; Mueller-Harvey, 1999). However, more research on tannin structure in relation to digestion of specific proteins is needed.

Ruminants browsing shrub species such as those evaluated in this study, possibly metabolize nitrogen in a better way than those animals feeding only on alfalfa hay, as most of the protein from the latter may be more rapidly degraded. Thus, if ruminal microbes cannot utilize all of the aminoacids and ammonia released, it is suggested that more protein would have been degraded than synthesized. Otherwise, more concentrate has to be provided to maximize capture of the degraded forage protein for ruminal protein synthesis (Broderick, 1995). Conversely, nitrogen browse plants with lower NDSP and EDCP may pass through the rumen as aminoacids to the lower gut, and eventually be absorbed in the small intestine (Van Soest, 1994).

Even though there were variations in the seasonal dynamics of protein concentration, composition and degradation rates between legume and non-legume species, the protein content and effective degradation of CP of native legumes were highly influenced by the year (Table III). Also, during the three years evaluation of nutritional dynamics of the ten most important browse species from Baja California Sur, two periods could be detected: 1) a good forage quality period during the autumn and winter seasons, and 2) a low forage quality period in the spring and summer seasons. It seems that in non-legume species the main limiting factors of forage quality were the lower CP content and cell wall available CP (NDIP-ADIP), because during the low forage quality period the low concentration of CP negatively influenced the soluble fraction as well as EDCP, and increased the insoluble fractions (NDIP and ADIP).

In this study, *O. cholla*, a non-legume species, with the lowest CP content in all seasons and years, had the highest EDCP and potentially degradable CP, which means

that its CP is very soluble and degradable in the rumen of cattle (Table II). Other reports (Vadiveloo and Fadel, 1992; Hoffman *et al.*, 1993) have found a wide variation in protein degradation and composition between and within plant species, and have concluded that the species and maturity interactions is wide, so that the conventional classification of forages may not be a good reflection of the compositional and degradability attributes.

Conclusions

Two periods could be detected in the three years nutritional evaluation of the ten most important native browse species from Baja California Sur: 1) a good quality forage period, represented by the nutritional values of the legume species, in the autumn and winter seasons, and 2) a low quality forage period, which can be represented by the non-legumes, in the spring and summer seasons. During the worst quality forage seasons (spring and summer), legumes almost double non-legumes in CP and degradable CP content. Moreover, legumes such as *C. floridum* and *Prosopis* sp. were the most important legumes in the area, and are largely fermented in the rumen of steers, even more so than alfalfa hay. Conversely, non-legume species had low CP content and CP fermentation values. Only the non-legumes *O. cholla* and *C. edulis* had CP contents that were highly fermented in the rumen of steers. Therefore, it is recommended that legumes be conserved and promoted in these arid regions, because of their CP and CP in the cell wall that can be largely fermented and, consequently, could improve performance of animals feeding on them and sustain a good development of range ruminants.

REFERENCES

- AOAC (1980) *Official Methods of Analysis*. 13th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA, USA. 830-850 pp.
- Arriaga L, Cansino J (1992) Prácticas pecuarias y caracterización de especies forrajeras en la selva Baja caducifolia. In *Uso y Manejo de los Recursos Naturales en la Sierra de la Laguna, Baja California Sur*. Alfredo Ortega Ed. La Paz, México. pp. 155-184.
- Broderick GA (1995) Desirable characteristics of forage legumes for improving protein utilization in ruminants. *J. Anim. Sci.* 73: 2760-2767.
- Butter NL, Dawson JM, Buttery PJ (1999) Effects of dietary tannins on ruminants. In Caygill JC, Mueller-Harvey I (Eds.) *Secondary Plant Products Anti nutritional and beneficial actions in animal feeding*. Nottingham University Press. Nottingham, UK. pp. 51-70.
- COTECOCA (1975) *Coefficientes de agostadero de la República Mexicana: Estado de Baja California, Sur*. Secretaría de Agricultura y Ganadería. México. p. 67.
- Devendra C (1990) The use of shrubs and tree fodders by ruminants. In Devendra C (Ed.) *Shrubs and Tree Fodders for Farm Animals. Proceedings of a workshop in Denpasar Indonesia*. International Development Research Center. Ottawa, Canada. pp. 51-70.
- Elizalde JC, Merchen NR, Faulkner DB (1999a) Fractionation of fiber and crude protein in fresh forages during the spring growth. *J. Anim. Sci.* 77: 476-481.
- Elizalde JC, Merchen NR, Faulkner DB (1999b) In situ dry matter and crude protein degradation of fresh forages during the spring growth. *J. Dairy Sci.* 82: 1978-1983.
- Flores EZ (1998) *Geosudcalifornia Geografía Agua y Ciclonos*. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur, México. pp. 155-208.
- Goering HK, Van Soest PJ (1970) *Forage fiber analyses (apparatus, reagents procedures and some applications)*. Agric Handbook N°379. ARS/USDA. Washington DC, USA. pp. 29-33.
- Hart RD (1985) *Conceptos básicos sobre agro ecosistemas*. Serie de Materiales de Enseñanza N° 1. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 160 pp.
- Hoffman PC, Sievert SJ, Shaver RD, Welch DA, Combs DK (1993) In situ dry matter protein and fiber degradation of perennial forages. *J. Dairy Sci.* 76: 2632.
- Jung HG, Deetz DA (1993) Cell wall lignification and degradability. In Jung HG, Buxton DR, Hatfield RD, Ralph J (Eds.) *Forage Cell Wall Structure and Digestibility*. ASA-CSSA-SSSA. Madison, WI, USA. pp. 315-339.
- Krishnamoorthy UC, Muscato TV, Sniffen CJ, Van Soest PJ (1982) Nitrogen fractions in selected feedstuffs. *J. Dairy Sci.* 65: 217-221.
- Krishnamoorthy UC, Sniffen CJ, Stern MD, Van Soest PJ (1983) Evaluation of a mathematical model of digesta and in-vitro simulation of rumen proteolysis to estimate the rumen undergraded nitrogen content of feedstuffs. *Br. J. Nutr.* 50: 555-560.
- McDonald I (1981) A revised model for estimation of protein degradability in the rumen. *J. Agric. Sci.* 96: 251-255.
- Moya-Rodríguez JG, Ramírez RG, Foroughbakhch R (2003) Nutritional value and effective degradability of crude protein in browse species from northeastern Mexico. *J. Appl. Anim. Res.* In Press.
- Mueller-Harvey I (1999) Tannins: Their nature and biological significance. In Caygill JC, Mueller-Harvey I (Eds.) *Secondary Plant Products, Anti-nutritional and beneficial actions in animal feeding*. Nottingham University Press. Nottingham, UK. pp. 17-40.
- Ørskov ER, McDonald I (1979) The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. *J. Agric. Sci. (Camb)*. 92: 499-504.
- Pichard DG, Van Soest PJ (1977) Protein solubility of ruminant feeds. *Proc. Cornell Nutr. Conf.* Ithaca, NY, USA. p. 91.
- Ramírez RG (1996) Feed value of browse. *VI International Conference on Goats* International Academic Publishers. Beijing, China. pp. 510-527.
- Ramírez-Orduña R, Ramírez RG, Gómez-Meza MV, Armenta-Quintana JA, Ramírez-Orduña JM, Cepeda-Palacios R, Ávila-Sandoval JM (2003) Seasonal Dynamics of Organic Matter Digestion in browse species from Baja California Sur Mexico. *J. Appl. Anim. Res.* In press.
- Ramírez RG, Neira-Morales RR, Torres-Noriega JA (2000a) Digestión ruminal de la proteína de siete arbustos nativos del nordeste de México. *Int. J. Exp. Bot. (PHYTON)* 67: 29-35.
- Ramírez RG, Neira-Morales RR, Torres-Noriega JA, Mercado-Santos AC (2000b) Seasonal variation of chemical composition and crude protein digestibility in seven shrubs of NE Mexico. *Int. J. Exp. Bot. (PHYTON)* 68: 77-82.
- Reed JD (1995) Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. *J. Anim. Sci.* 73: 1516-1520.
- Remenyi JV, McWilliams JR (1986) Ruminant production trends in Southeast Asia and the South Pacific, and the need for forages. In Blair GJ, Ivory DA, Evans TR (Eds.) *Forages in Southeast Asian and South Pacific Agriculture*. Australian Center for International Agricultural Research. Canberra, Australia. pp. 1-6.
- Russell JB, O'Connor JD, Fox DG, Van Soest PJ, Sniffen CJ (1992) A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. *J. Anim. Sci.* 70: 3551-3557.
- Satter L (1980) A Metabolizable Protein System Keyed to Ruminant Ammonia Concentration The Wisconsin System In Owen FN (Ed.) *Protein Requirements for Cattle*. Oklahoma State Univ. USA. p. 245.
- Shannon CE (1948) A mathematical theory of communication. *Bell System Tech. J.* 27: 379-423.
- Sniffen CJ, O'Connor JD, Van Soest PJ, Fox DG, Russell JB (1992) A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.* 70: 3562-3568.
- SPSS (1999) *Statistical package for Social Sciences. User's Manual (Release 9.0)*. pp. 120-133.
- Vadiveloo J, Fadel JG (1992) Compositional analyses and rumen degradability of selected tropical feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 37: 265-270.
- Van Soest PJ (1994) Nutritional ecology of the ruminant. 2nd ed. Cornell Univ Press. Ithaca, NY, USA. pp. 256-290.
- Van Soest PJ, Sniffen CJ, Mertens DR, Fox DG, Robinson PH, Krishnamoorthy UC (1981) A net protein system for cattle: The rumen submodel for nitrogen. In Owens FN (Ed.) *Protein Requirements for Cattle*. Div. of Agriculture. Oklahoma State Univ. USA. p. 265.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991) Methods for dietary fiber neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3590.



Seasonal Dynamics of Organic Matter Digestion in Browse Species from Baja California Sur, Mexico

R. Ramírez-Orduña¹, R.G. Ramírez²,
M.V. Gomez-Meza³, J.A. Armenta-Quintana
J.M. Ramírez-Orduña¹, R. Cepeda-Palacios
J.M. Ávila-Sandoval¹

¹Departamento de Zootecnia
Universidad Autónoma de Baja California Sur
Apartado Postal 676, La Paz Baja California Sur, 23080 México

²Facultad de Ciencias Biológicas

³Departamento de Estadística

Facultad de Economía

Universidad Autónoma de Nuevo León
Apartado Postal 112, Sucursal F. San Nicolás de los Garza,
N.L. 66150, México

(Revised received May 27, 2003; accepted June 6, 2003)

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS **Abstract**

amírez-Orduña, R., Ramírez, R.G., Gomez-Meza, M.V., Armenta-Quintana, J.A., Ramírez-Orduña, J.M., Cepeda-Palacios, R. and Ávila-Sandoval, J.M. 2003. Seasonal dynamics of organic matter digestion in browse species from Baja California Sur, Mexico. *J. Appl. Anim. Res.*, 24: 000-000.

With the aim to estimate seasonally the rate and extent of organic matter degradability (EDOM), ten native species from Baja California Sur, Mexico were evaluated. Branches from the legumes: Acacia peninsularis (Brit. L. Rose) Standley; Cercidium floridum (Benth); Mimosa xantii, Gray;

E-mail: rramirez@uabc.mx, hropanini@fel.uanl.mx

00

J. Appl. Anim. Res. 0971-2119/2003/\$5.00 © GSP, India

Pithecellobium confine (Standley) and *Prosopis* sp. (Torr) and non-legumes: *Bursera microphylla* Gray (Burceraceae); *Cyrtocarpa edulis* (Brand) Stand (Anacardiaceae); *Lippia palmeri*, S. Wats (Verbenaceae); *Opuntia cholla*, Weber (Cactaceae) and *Turnera diffusa* Wild (Turneraceae) were collected from 16 linear transects, of 30m, located randomly. Collections were carried out in each season during three consecutive years. Non legumes species were significantly different in their EDOM during spring and summer, whereas legumes species were not affected by season. Differences between plant types were significant only during spring. *Cercidium floridum* and *O. cholla* had EDOM values comparable to alfalfa hay. Other plant species resulted with lower EDOM than alfalfa hay. *Turnera diffusa* had the lowest EDOM. It may appear that forage quality vary according to season, during fall and winter good quality and during the spring and autumn low quality forages are available.

Key words: Native shrubs, Baja California Sur, Mexico, chemical composition, effective degradability, organic matter.

Introduction

The improvement in the feeding of ruminants has been based on the development of mechanistic models that provides quantitative estimates of fermentation end products and materials that escape ruminal degradation (Russell *et al.*, 1992). However, the low or negative digestion coefficients of nitrogen (Woodward and Reed, 1995; McSweeney *et al.*, 1999) and cell wall constituents (Makkar *et al.*, 1997; McSweeney *et al.*, 1999) in plants containing condensed tannins, indicate that these fractions are digested in a different way. This lack in uniformity and the need of quantitative data of forage degradation under specific feeding conditions make it necessary to evaluate potential forage sources in arid and semiarid lands.

Baja California Sur, Mexico is considered as an extremely arid zone (FAO, 1987), 92 per cent of its flora is composed by shrubs and 23 per cent of these are endemic species (Breceda *et al.*, 1991). Livestock production systems, in these areas, are based mainly on grazing goats and beef cattle (Arriaga and Cancino, 1992) and most of the farmers are traditional smallholder; however, there is an extreme lack of information on the value of shrubs fodder for farm animals. The aim of this study was to evaluate and compare the

cell wall constituents and the rate and extent of organic matter digestion of leaves in five legumes and five non-legume native shrubs species from Baja California Sur. In this study, *Medicago sativa* hay was used as a reference species of good nutritional quality.

Materials and Methods

Site and collection area

This study was conducted in the ranch "Palmar de Abajo" (800 ha) located in La Paz, Baja California Sur (23° 38'40" north and 110° 18'07" west). The climate of the region is arid with annual mean temperature of 22C and annual precipitation of 182 mm, mainly during the summer and winter seasons. Branches from five legumes: *Acacia peninsularis* (Brit. L. Rose) Standley; *Cercidium floridium* (Benth); *Mimosa xantii*, Gray; *Pithecellobium confine* (Standley) and *Prosopis sp.* (Torr) and five non-legumes: *Bursera microphylla* Gray (Burceraceae); *Cryptocarpa edulis* (Brand) Stand (Anacordiaceae); *Lippia palmeri*, S. Wats (Verbenaceae); *Opuntia cholla*, Weber (Cactaceae) and *Turnera diffusa* Wild (Turneraceae) were collected from 16 linear transects of 30 m, located randomly. Collections were carried out in each season of the year (winter, February 23; spring, May 23; summer, August 23 and fall, November 23), during three consecutive years. Branches were bulked in one sample of each species and were allowed to dry under shed. Leaves from branches were removed manually, oven dried (45C) and ground in a Willey mill (2 mm screen). Alfalfa hay (*Medicago sativa*) was used as a reference plant.

Chemical analyses

All species were analysed to determine dry matter, ash, organic matter (AOAC, 1990), neutral detergent fiber (NDF), hemicellulose, cellulose (Goering and Van Soest, 1970, modified by Van Soest *et al.*, 1991), lignin (AOAC, 1990) and condensed tannins (Burns, 1971, modified by Price *et al.*, 1978). Non-structural carbohydrates (NSC) content was also determined (Van Soest *et al.*, 1991).

Four rumen cannulated beef steers (250±5.3 kg) were used to estimate the rate (kd %/h) and extent of organic matter loss (%) of

each plant species in each season and in each year. Nylon bags (10x15 cm and 50 µm of pore size) were incubated in the ventral part of the rumen of steers. During the trial steers were fed alfalfa hay (16% CP) *ad libitum*. Plant material (4g) was placed in nylon bags and suspended in the rumen of steers for 1, 2, 3, 4, 8, 12, 24, 48, 72 and 100 h, respectively. Zero-time disappearance was determined from unincubated bags. After incubation, the washed bags were dried at 60C in an oven for 48 h. The *in situ* digestibility of organic matter (ISDOM) of every period of incubation was calculated.

To estimate the non-linear characteristics of OM, *in situ* digestibility values from nylon bags were used in the following equation from Ørskov and McDonald (1979):

$$p = a + b (1 - e^{-kd \cdot t})$$

where

P is the percentage of disappearance of the OM at time t,

a is the soluble fraction of the sample,

b is the insoluble fraction that is degraded slowly in the rumen,

c is a constant rate of disappearance of the fraction b, and

t is the incubation time.

The non-linear parameters a, b and c, and the effective degradability of the OM (EDOM) = $(a+b)c/(c+kd)[e^{-c+kd}T]$ was calculated using the computer program Neway (McDonald, 1981). Where kd represents the outflow rate from the rumen and T is the lag time. The EDOM values of browse leaves and *M. sativa* were estimated using an outflow rate of 2%/h.

Data from fiber fraction, rate of organic matter degradation and EDOM were analysed by analysis of variance, means of legumes and no legumes species were compared by contrasts. The season and year effect for each plant species and type (legume and non legume) was determined by auto regression analyses. The fall season was used as a base season for comparison. All statistical procedures were performed using SPSS 9.0 software (SPSS, 1999).

Results and Discussion

Chemical composition

The non-structural carbohydrates (NSC) in legumes and non-legumes were different ($P < 0.001$) only in spring as compared to other seasons. Also during spring plants varied among themselves in their NSC content. However, when comparison was made among years, they were not different ($P > 0.05$; Table 1a). During spring NDF content of some shrubs significantly decreased (*P. confine* and *M. xantii*), whereas others showed reverse trend (*C. edulis* and *T. diffusa*). In spring the NDF content was higher ($P < 0.01$) in non-legumes than in legumes species.

Opuntia cholla, *L. palmeri* and *Prosopis* sp. had the highest hemicellulose content, whereas *B. microphylla* and *T. diffusa* had the lowest. The non-legume species were more variable in hemicellulose content than the legume species (Table 1a) but there were differences only in fall. Legumes species had lowest hemicellulose content during spring and summer, whereas the non-legumes had highest during winter (Table 1a).

In this study, except *L. palmeri* all plants in all seasons and years had lower cellulose content than alfalfa hay. *A. peninsularis* in fall and *B. microphylla* in spring had highest cellulose content. There were significant differences in winter and spring in cellulose content between non-legumes and legumes, non-legumes decreased their cellulose content during winter but increased it in spring, whereas the legume species did not show any seasonal effect (Table 1b).

All plants in all seasons had higher lignin content than that of *M. sativa* hay. *Bursera microphylla*, *P. confine* and *T. diffusa* showed the highest, and *C. floridum*, *O. cholla* and *Prosopis* sp. the lowest lignin content. Non-legumes were more variable in lignin content than legumes across seasons. During spring lignin content of non-legumes increased (Table 1b). Legumes were higher in condensed tannins than non-legumes. Only legume species had a season effect. They resulted in the lowest tannin content during winter and spring (Table 1b).

8/

Table 1a
Seasonal dynamics of leguminous and non-leguminous native shrubs from Baja California Sur, México

Plants	Non-structural carbohydrates						Neutral detergent fiber						Hemicellulose											
	Winter		Spring		Summer		Fall		Winter		Spring		Summer		Fall		Winter		Spring		Summer		Fall	
<i>Medicago sativa</i>	33.3	31.2	33.6	33.3	39.0	38.9	38.9	39.0	39.0	38.9	38.9	38.9	39.0	9.9	10.0	10.1	9.9	9.9	10.0	10.1	10.1	9.9	9.9	9.9
<i>Acacia penninsularis</i>	37.0	41.6	34.5	37.9	40.2	35.4	35.2	37.7	37.7	35.4	35.2	37.7	13.2	7.3	6.7	7.7	7.7	13.2	7.3	6.7	7.7	7.7	7.7	7.7
<i>Cercidium floridanum</i>	36.4	41.9	45.3	41.9	34.1	31.2	27.4	27.3	27.3	34.1	31.2	27.4	10.8	11.1	7.8	9.2	9.2	10.8	11.1	7.8	9.2	9.2	9.2	9.2
<i>Mimosa xantii</i>	43.6	41.6	33.4	32.5	32.9	33.3	38.1	41.4	41.4	32.9	33.3	38.1	6.0	3.8	7.7	13.4	13.4	6.0	3.8	7.7	13.4	13.4	13.4	13.4
<i>Pithecellobium confusum</i>	28.0	31.3	28.3	27.3	42.2	38.3	43.2	44.8	44.8	42.2	38.3	43.2	12.2	6.4	6.5	9.7	9.7	12.2	6.4	6.5	9.7	9.7	9.7	9.7
<i>Prosopis sp.</i>	34.4	33.8	28.0	32.2	36.5	37.7	39.5	39.7	39.7	36.5	37.7	39.5	13.1	14.0	14.9	15.9	15.9	13.1	14.0	14.9	15.9	15.9	15.9	15.9
Leguminous	36.9	38.0	33.9	34.4	37.2	35.2	36.7	38.2	38.2	37.2	35.2	36.7	11.1	8.5	8.7	11.2	11.2	11.1	8.5	8.7	11.2	11.2	11.2	11.2
<i>Bursera microphylla</i>	45.0	28.9	47.4	48.9	31.8	52.3	28.4	28.3	28.3	31.8	52.3	28.4	5.9	2.5	3.7	5.3	5.3	5.9	2.5	3.7	5.3	5.3	5.3	5.3
<i>Cyrtocarpa edulis</i>	42.3	39.5	44.7	37.2	32.3	39.0	33.7	30.5	30.5	32.3	39.0	33.7	8.7	8.3	15.4	6.9	6.9	8.7	8.3	15.4	6.9	6.9	6.9	6.9
<i>Lippia palmeri</i>	31.7	17.9	27.4	30.5	47.1	65.3	55.6	44.9	44.9	47.1	65.3	55.6	9.5	15.1	8.9	11.5	11.5	9.5	15.1	8.9	11.5	11.5	11.5	11.5
<i>Opuntia cholla</i>	36.1	38.8	32.7	37.1	42.3	36.3	34.7	37.9	37.9	42.3	36.3	34.7	22.1	15.8	15.9	11.1	11.1	22.1	15.8	15.9	11.1	11.1	11.1	11.1
<i>Turnera difusa</i>	33.0	28.8	27.2	35.8	45.3	55.7	50.9	40.9	40.9	45.3	55.7	50.9	15.1	9.3	3.6	5.5	5.5	15.1	9.3	3.6	5.5	5.5	5.5	5.5
Non-Leguminous	37.6	30.8	36.5	37.9	39.8	49.7	39.6	36.5	36.5	39.8	49.7	39.6	12.3	10.2	9.5	8.1	8.1	12.3	10.2	9.5	8.1	8.1	8.1	8.1

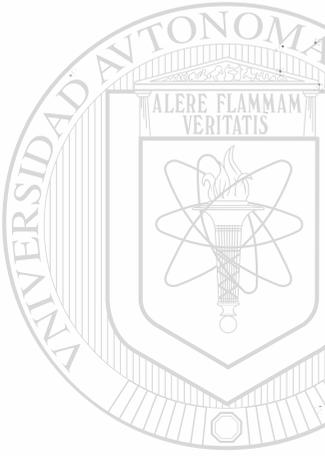
Cont....

Coll...	Non-structural carbohydrates			Neutral detergent fiber			Hemicellulose		
	Winter	Spring	Fall	Winter	Spring	Fall	Winter	Spring	Fall
Effect: Season¹									
Leguminous	ns	**	ns	ns	**	ns	ns	***	***
AR	1.7	3.8	-0.4	-0.8	-3.4	-2.1	0.1	-3.2	-3.1
Non-leguminous									
AR	ns	***	ns	ns	***	ns	**	ns	ns
	-0.6	-7.6	-3.2	3.7	13.7	4.8	4.3	2.2	1.8
Effect Plant Type²									
Contrast	ns	**	ns	ns	***	ns	ns	ns	*
SE	1.8	2.4	2.5	9.9	12.6	14.2	10.1	1.6	1.3

¹Significance and autoregression coefficient (AR) for season comparisons with respect to fall.

²Significance and standard error (SE) of contrast between plant types by season.

***P<0.001; **P<0.01; *P<0.05; ns=not significant.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Organic matter degradation rate

All studied species had a lower organic matter degradation rate (%/h) than alfalfa hay (Table 2). *Acacia peninsularis*, *C. edulis*, *M. xantii* and *P. confine* had the lowest degradation rate. It increased ($P < 0.01$) in spring and winter for *M. xantii* and *P. confine*, respectively. Other species were not different ($P > 0.05$) among seasons. Organic matter degradation rate of legumes was lower than in non-legumes in all seasons and it increased during winter and spring, whereas non-legumes species were not affected by the season (Table 2).

Effective degradability of organic matter (EDOM)

EDOM of non-legumes decreased during spring and summer, whereas legumes were not affected by season. Differences between plant types were significant only in spring (Table 2). *Cercidium floridium* and *O. cholla* were comparable to alfalfa hay. Other plant species resulted in lower EDOM than alfalfa hay.

It may appear that good quality forages are available during the fall and winter seasons. The low NDF and condensed tannins content in shrubs and the concomitant increase in NSC and EDOM in legumes during spring might indicate a better forage quality than non-legumes. Hoffman *et al.* (1993) found that legumes exhibited more ruminal dry matter degradation than did grasses, however they reported extensive differences in ruminal degradation kinetics between perennial legumes and non-legumes species and maturities. In this study, EDOM and NSC content of non-legumes decreased in spring and summer and cell wall components were increased in spring at the time of crop maturity. Nelson and Moser, 1994 and Van Soest, 1994 supported that the maturity effect in legumes is determined by a decrease in the leaf:stem ratio with little effect on nutritive constituents. Moreover, lignin content appear to be the most important component limiting EDOM in leguminous ($r = -0.56$, $P < 0.001$) and non-leguminous ($r = -0.69$, $P < 0.001$) species, however, there were wide variations in EDOM interspecies and intraspecies within seasons varying from 30.5 to 69.4 in non-legumes and from 46.1 to 70.2 in legumes species. Other studies have found a high variation within and among plant species (Hoffman *et al.*, 1993;

Table 1b
Seasonal dynamics of leguminous and non-leguminous native shrubs from Baja California Sur, México

Plants	Cellulose			Lignin, as % of NDF			Condensed tannins		
	Winter	Spring	Fall	Winter	Spring	Fall	Winter	Spring	Fall
<i>Medicago sativa</i>	19.9	20.3	19.9	7.2	7.3	7.0	0.0	0.0	0.0
<i>Acacia penninsularis</i>	12.6	11.6	12.3	14.4	16.0	16.0	7.6	7.1	6.8
<i>Cercidium floridanum</i>	10.2	12.1	6.9	17.1	7.5	12.3	8.8	8.1	10.4
<i>Mimosa xantii</i>	9.7	10.9	9.2	15.3	17.1	17.7	6.5	5.9	7.4
<i>Pithecellobium confine</i>	10.7	11.2	11.9	19.2	19.5	24.5	7.9	7.4	8.4
<i>Prosopis</i> sp.	34.4	33.8	28.0	36.5	37.7	39.5	13.1	14.0	15.9
Leguminous	10.9	12.0	10.3	15.5	13.9	16.5	6.2	5.8	7.0
<i>Bursera microphylla</i>	6.2	18.3	9.6	16.4	31.0	16.2	4.4	5.9	5.7
<i>Cytocarpa edulis</i>	7.6	12.6	10.2	14.9	22.3	14.9	8.3	6.9	9.0
<i>Lippia palmeri</i>	18.5	26.4	27.6	18.4	23.2	18.6	11.1	0.0	0.0
<i>Opuntia cholla</i>	9.5	12.1	12.8	10.5	8.2	9.1	11.5	0.0	0.0
<i>Turnera diffusa</i>	7.7	20.0	20.1	23.8	25.7	24.4	6.9	4.0	5.5
Non-Leguminous	9.9	17.9	15.2	16.8	22.1	16.5	3.9	3.3	4.1

Cont.....

Cont.....	Cellulose		Lignin, as % of NDF				Condensed tannins					
	Winter	Spring	Summer	Fall	Winter	Spring	Summer	Fall	Winter	Spring	Summer	Fall
Effect: Season¹												
Leguminous	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	***	ns	ns
AR	-0.6	0.5	-1.0		0.4	-1.1	1.0		-1.3	-1.4	-0.3	
Non-leguminous	**	**	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns
AR	-4.1	4.5	2.1		3.7	8.8	3.5		-0.1	-0.7	-0.1	
Effect: Plant Type²												
Contrast	ns	***	**	**	ns	**	ns	*	***	***	***	***
SE	1.5	1.4	1.6	1.2	1.8	2.2	1.5	1.0	3.1	3.0	3.7	3.5

¹Significance and autoregression coefficient (AR) for season comparisons with respect to fall.

²Significance and standard error (SE) of contrast between plant types by season.

***p<0.001; **p<0.01; *p<0.05; ns=not significant; NDF=neutral detergent fiber.

Table 2
Seasonal dynamics of the rate of degradation of the organic matter (%/hour) and organic matter degradability (%) in leguminous and non-leguminous native shrubs from Baja California Sur, México

Plant	Degradation rate of OM				EDOM			
	Winter	Spring	Summer	Fall	Winter	Spring	Summer	Fall
<i>Medicago sativa</i>	11.1	17.2	13.3	12.4	65.2	66.3	67.0	69.2
<i>Acacia peninsularis</i>	4.7	5.1	3.6	4.0	57.9	60.8	61.9	59.3
<i>Cercidium floridum</i>	6.2	8.9	5.2	6.1	70.2	69.2	67.2	70.2
<i>Mimosa xantii</i>	5.4	6.1	3.6	2.4	59.6	59.7	56.9	58.3
<i>Pithecellobium confine</i>	6.8	6.4	3.1	2.4	50.4	51.9	47.1	46.1
<i>Prosopis sp.</i>	9.5	8.4	8.4	6.9	62.5	61.6	60.7	62.9
Leguminous	6.5	7.0	4.8	4.4	60.1	60.6	58.8	59.4
<i>Bursera microphylla</i>	10.7	9.4	11.2	8.6	62.0	30.5	68.9	67.3
<i>Cyrtocarpa edulis</i>	6.5	7.7	1.1	3.9	62.3	45.5	49.3	58.5
<i>Lippia palmeri</i>	11.4	9.0	12.1	11.2	54.1	32.2	42.8	60.1
<i>Opuntia cholla</i>	8.7	10.5	11.3	8.7	69.4	65.9	67.4	64.4
<i>Turnera diffusa</i>	12.5	12.1	8.2	13.2	48.5	33.7	40.6	52.0
Non-Leguminous	9.9	9.7	8.6	9.1	59.2	41.5	54.6	60.5
Effect: Season ¹								
Leguminous	***	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
AR	0.02	0.02	0.01	1.3	2.3	0.2		
Non-leguminous	ns	ns	ns	ns	***	***		
AR	0.02	0.01	0.00	-1.3	-18.7	-7.2		
Effect: Plant Type ²								
Contrast	***	**	***	***	ns	***	ns	ns
SE	0.006	0.008	0.008	0.006	1.8	2.2	2.4	1.6

¹Significance and autoregression coefficient (AR) for season comparisons with respect to fall.

²Significance and standard error (SE) of contrast between plant types by season.

***P<0.001; **P<0.01; *P<0.05; ns=not significant.

EDOM=effective degradability of organic matter calculated with a 5%/h ruminal turnover rate.

- Makkar, H.P.S., Blummel, M. and Becker, K. 1997. *In vitro* rumen apparent and true digestibilities of tannin-rich forages. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **67**: 245-252.
- McDonald, I. 1981. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *J. Agric. Sci., Camb.*, **96**: 251-252.
- McSweeney, C.S., Palmer, B., Bunch, R. and Krause, D.O. 1999. *In vitro* quality assessment of tannin-containing tropical shrub legumes: protein and fibre digestion. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **82**: 227-233.
- Nelson, C.J. and Moser, L.E. 1994. Plant factors affecting forage quality. In: Fahey, G.C. (Ed). *Forage Quality Evaluation and Utilization*. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, pp. 115-154.
- Orskov, E.R. and McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. *J. Agric. Sci. Cambridge*, **92**: 499-503.
- Price, M.L., Van Scoyoc, S. and Butler, L.G. 1978. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. *J. Agric. Food Chem.*, **26**: 1214-1216.
- Russell, J.B., O'Connor, J.D., Fox, D.G., Van Soest, P.J. and Sniffen, C.J. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: 1. Ruminant fermentation. *J. Anim. Sci.*, **70**: 3551-3558.
-
- SPSS. 1999. *SPSS for Windows. User's Manual*. (Release 9.0).
- Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant* (2nd Edition). Comstock, Cornell Univ. Press, Ithaca, NY.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, **74**: 3583-3590.
- Woodward, A. and Reed, J.D. 1995. Intake and digestibility for sheep and goats consuming supplementary *Acacia brevispica* and *Sesbania sesban*. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **56**: 207-213.

Larbi *et al.*, 1997), and have concluded that the species and maturity interactions are wide making that the conventional classification of forages may not be a good reflection of the composition and degradability attributes.

It has been concluded that non-legumes species had a seasonal effect on fiber fractions and effective degradability of organic matter. *Opuntia cholla* may be as valuable as legumes during the spring and summer for providing rumen degradable organic matter. The lignin content may be the most important constituent limiting the rumen degradable organic matter in leguminous and non-leguminous species studied.

References

- AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis* (15th Ed). Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Arriaga, L. and Cansino, J. 1992. Prácticas pecuarias y caracterización de especies forrajeras en la selva Baja caducifolia. En: *Uso y Manejo de los Recursos Naturales en la Sierra de la Laguna Baja California Sur*. Alfredo Ortega Ed. La Paz, Mexico p. 155-184.
- Breceda, A., Castellanos, A., Arriaga, L. and Ortega, A. 1991. Conservación y áreas protegidas. In: Ortega a.y L. Arriaga (Ed.) *La Reserva de la Biosfera el Vizcaino en la Península de Baja California*. Centra de investigaciones Biológicas de Baja California Sur A.C. La Paz B.C.S. México, p. 36.
- Burns, R.E. 1971. Method for estimation of tannin in sorghum grain. *Agron. J.*, 63: 1214-1218.
- FAO. 1987. Committee on Agriculture (Ninth session). Improving Productivity of Dryland Areas. FAO Rome.
- Goering, H.K. and Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analyses (apparatus, reagents procedures and some applications). *Agric. Handbook No. 379*, ARS, USDA, Washington, DC.
- Hoffman, P.C., Sievert, S.J., Shaver, R.D., Welch, D.A. and Combs, D.K. 1993. *In situ* dry matter, protein and fiber degradation of perennial forages. *J. Dairy Sci.*, 76: 2632-2639.
- Larbi, A., Smith, J.W., Raji, A.M., Kurdi, I.O., Adekunle, I.O. and Ladipo, D.O. 1997. Seasonal dynamics in dry matter degradation of browse in cattle, sheep and goats. *Small Rumin. Res.*, 25: 129-134.

CIENCIA UANL

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

Principal | Descripción de secciones | Guía para autores | Suscripción | Números anteriores



Nuestra portada

Fotos del Planetario Alfa, correspondientes al Observatorio y al área ilusión y razón, tomadas por Pablo Cuéllar y procesadas artísticamente por medios electrónicos por Francisco Barragán Codean. Información en detalle en el reportaje: "El Planetario Alfa" de Vanessa Herrera.

CIENCIA UANL / VOL. V, No. 2, ABRIL-JUNIO 2002

Contenido

Editorial

Las mujeres en la ciencia: una agenda pendiente

Esther Orozco

 Documento PDF

Ciencia y sociedad

De la cobertura a la calidad: nuevos ambientes y paradigmas de aprendizaje. El rol de Manuel A. Sepúlveda S.

 Documento PDF

Canal abierto

Entrevista al doctor José Pisanty

Edmundo Derbez García

 Documento PDF

Ejes

Herbicidas de origen natural

Manuel Rojas Garcidueñas, Hilda Gómez González

 Documento PDF

¿ Son las aminas biogénicas responsables de reducir el rendimiento del cama

Mireya Tapia S., Lucía E. Cruz S., Denis Ricque M., Andrew Harris, Trevor K. Smith

 Documento PDF

La simetría izquierda- derecha en la naturaleza

Rubén Morones I.

 Documento PDF

Factores estructurales de la pared celular del forraje que afectan su digestibil

Rafael Ramírez O., Roque Gonzalo Ramírez L., Francisco López G.

 Documento PDF

Obtención de fases del cemento utilizando desechos agrícolas e industriales

Brenda Treviño C., Idalia Gómez de la Fuente

 Documento PDF

Hantavirus: un problema latente de salud pública en México

Artemio Barragán G., María H. Loaiza B., Adriana Flores S., Filiberto de la Garza O., Ju Alcocer G., Idelfonso Fernández S.

 Documento PDF

Macromicetos, ectomicorrizas y cultivos de Pinus culminicola en Nuevo León

Fortunato Garza O., Jesús García J., Eduardo Estrada C., Horacio Villaión M.

 Documento PDF

Ácidos nucleicos para evaluar la condición de larvas de peces

Roberto Mendoza A., Carlos Aguilera G., Lucía Carreón M.

 Documento PDF

Análisis de riesgo ambiental y su aplicación al almacenamiento y manejo de c

Industrial

Adrian Aliñan M., Cecilia Rodríguez de B., Juan Manuel Barbarín C., Omar Huerta G.

 Documento PDF

Opinión

Año 2052: La Tierra, un planeta fantasma

Isaias Balderas C., Ma. Mercedes González M., Francisco Javier Lozano C.

 Documento PDF

Reporteando

El Planetario Alfa y la ciencia

Vanessa Herrera

 Documento PDF

Bitácora

Margarito Cuéllar, Eduardo Estrada, Ricardo Martínez

 Documento PDF

Al pie de la letra

Roberto Reboloso, Primitivo Hernández

 Documento PDF

Acuse de recibo

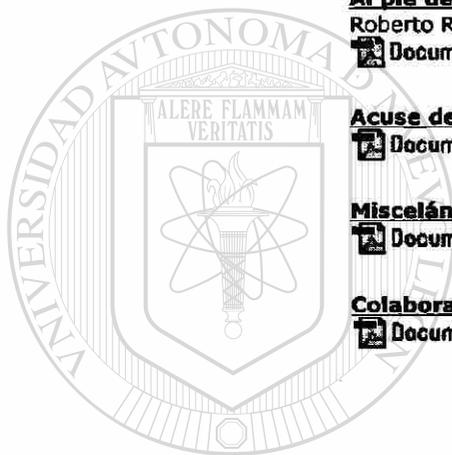
 Documento PDF

Miscelánea

 Documento PDF

Colaboradores

 Documento PDF



UANL

[Principal](#) | [Descripción de secciones](#) | [Guía para autores](#) | [Suscripción](#) | [Números anteriores](#)

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Factores estructurales de la pared celular del forraje que afectan su digestibilidad

Rafael Ramírez Orduña,* Roque Gonzalo Ramírez Lozano,** Francisco López Gutiérrez***

Los rumiantes han desarrollado la habilidad de utilizar el material vegetativo de las plantas como su única fuente de nutrientes, por medio de los microorganismos que alojan en su rumen. Aproximadamente del 35 a 80% de la materia orgánica (MO) de los tejidos vegetales está contenida en la pared celular, la cual proporciona rigidez estructural a la planta. Sin embargo, los rumiantes que dependen exclusivamente de las plantas consumidas en libre pastoreo obtienen sólo de un 30 a 40% de la energía digestible consumida de la pared celular del forraje.¹ Se han reportado animales que consumen altos niveles de forraje con alta concentración de pared celular y tienen baja digestibilidad y, por lo tanto, la disponibilidad de energía en su dieta es limitada.² Dependiendo de la constitución de la pared celular, su digestibilidad varía; de 100% en las células mesófilas a 0% en el xilema, esta variación ocurre en diferentes tejidos dentro de una parte de planta y entre tejidos similares en diferentes especies de forraje.³

Dependiendo del tipo de tejido y a medida que la célula de la planta madura, la pared celular se ensancha y comúnmente produce una pared secundaria de composición distinta con una notable deposición de constituyentes aromáticas, por lo que ocurren concomitantemente cambios químicos y anatómicos, afectando la digestibilidad. Sin embargo las diferencias en estructura pueden o no influir significativamente la tasa y grado de digestión del forraje; por ejemplo, las diferencias conformacionales entre la orientación de los componentes fenólicos relativas a los polisacáridos con los que se asocian, pueden sólo ser importantes si dichos polisacáridos contribuyen, en cantidades significantes, a la composición total de un tipo particular de tejido susceptible a la degradación. Asimismo, es posible que una mo-



Celtis pallida (granjeno).

derada lignificación pueda limitar el acceso microbial a los tejidos y un mayor grado de lignificación no tenga ningún efecto a menos que se disemine a otros tejidos.⁴

Generalidades sobre la pared celular

Descubrimientos recientes han cambiado la noción sobre la estructura rígida y estática asignada a la pared celular, por la de una extensión virtual del citoplasma. Se ha encontrado que las paredes celulares, particularmente las primarias, poseen marcadores de superficie que predicen patrones de desarrollo y marcan posiciones dentro del vegetal,^{5,6} asimismo, contienen componentes de señalamiento y co-

*Depto. de Zootecnia, Universidad Autónoma de Baja California Sur. A.P. 676, La Paz, BCS. **Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. A.P. 142, Suc. F, San Nicolás de los Garza, N.L., 66451. e-mail: roqramir@fcb.uanl.mx. ***Depto. De Desarrollo de Tecnología, CICIMAR, A.P. 592, La Paz, BCS

municación por la continuidad simplástica mediante los plasmodesmos.⁷

Las paredes celulares también mantienen continuidad molecular con la membrana plasmática y el citoesqueleto⁸ y conexiones firmes con la membrana plasmática, debido a adaptaciones al estrés osmótico.⁹ Señales de la pared celular provocadas por la predación de insectos inducen la producción de moléculas de defensa,¹⁰ formándose capas de proteínas y lignina, como respuesta a la invasión de patógenos fungales y virales.^{11,12}

Por otra parte, para que las células alcancen su forma funcional e individualidad tienen que elongarse y diferenciarse. La expansión coordinada y la diferenciación de las células individuales se logran por alteraciones sutiles de la estructura química de los componentes de la pared y las determinantes mecánicas de la forma de la célula.^{13,14}

Así, se puede apreciar que la pared celular primaria es una matriz extracelular químicamente dinámica, con un mosaico de respuestas y llena de diversas formas y funciones. Existen grupos de trabajo a escala mundial que estudian la pared celular desde varios ángulos: sus propiedades físicas y químicas, su participación en la resistencia a enfermedades, en el reconocimiento celular, como fuente de oligosacáridos con actividad biológica, y su digestibilidad.

Fibra detergente y fibra dietaria

El sistema de análisis que usa detergentes fue originalmente desarrollado para resolver el problema analítico relativo a la dieta de rumiantes, específicamente de forrajes. El objetivo del análisis es fraccionar el alimento en entidades químicas de acuerdo a su disponibilidad nutritiva¹⁵. La fibra es un producto analítico con características nutricionales que describe a aquellos componentes del forraje de baja solubilidad en un sistema de solventes específicos (detergente ácido y neutro) y son relativamente menos digestibles que el almidón. Este sistema reconoce que las asociaciones fisicoquímicas de los macropolímeros constituyentes son más importantes en determinar su disponibilidad que la composición química intrínseca. Basándose en esto, Van Soest¹⁵ señala que este sistema reconoce dos fracciones: La primera fracción (soluble en detergente neutro) corresponde al contenido celular, compuesta por carbohidratos no estructurales, lípidos, la mayor parte

de las proteínas y fibra soluble (también llamada polisacáridos no-almidón), esta última corresponde a las pectinas y b-glucanos, los cuales son solubles pero resistentes a las enzimas de mamíferos, son componentes de la pared celular que no tienen enlaces covalentes con la lignina y están completamente disponibles a la fermentación en el rumen.

La segunda fracción (insoluble en detergente neutro) corresponde a la pared celular insoluble, cuya disponibilidad está controlada por las características estructurales que ligan a la celulosa, hemicelulosas y lignina. Como pasos posteriores, las hemicelulosas son disueltas en detergente ácido, y la fracción insoluble (fibra detergente ácido), representada por lignina y celulosa principalmente, puede ser tratada con permanganato de potasio o ácido sulfúrico, para separar la celulosa de la lignina. En el campo de la nutrición humana y de animales no rumiantes, se han desarrollado otros métodos gravimétricos para el aislamiento de todas las fracciones resistentes a las enzimas de mamíferos, incluyendo la llamada fibra soluble, dentro de estos el método de Prosky¹⁶ ha sido reconocido por la AOAC¹⁷ como un procedimiento válido para la determinación de fibra dietaria total.

Aparentemente no existen sistemas químico-analíticos que separen a los carbohidratos estructurales en fracciones digestibles e indigestibles. Dicha separación es más obtenida por el uso de bacterias ruminales, por métodos enzimáticos o por pruebas de digestibilidad in vivo e in situ.¹⁸

Estructura y digestibilidad de la pared celular

La estructura y función de la pared celular está controlada por la composición y organización de los componentes individuales. La pared celular está compuesta principalmente de azúcares dispuestos en polisacáridos de composición y estructura variable, ácido hidroxicinámico, lignina, proteína, iones y agua.^{19, 20}

Los estudios sobre la composición de la pared celular y digestibilidad generalmente utilizan tejidos de plantas, que son una mezcla homogénea de tipos celulares. Las paredes de diferentes tipos celulares varían mucho en sus características de digestión, por lo que dichos estudios son difíciles de interpretar a escala molecular, debido a la mezcla de características químicas y de digestión de los muchos tipos



Acacia greggi (uña de gato).

celulares.^{21 22}

La caracterización estructural de la pared de tipos celulares individuales es crítica para la determinación de la relación de los componentes de la pared y la digestibilidad; sin embargo, existen pocos estudios cuantitativos sobre la composición de los diferentes tipos celulares, debido a las dificultades en la separación de los tipos específicos de células en los tejidos de las plantas.²³

Estudios con tipos celulares de *Lolium perenne* y *L. multiflorum* reportan que el contenido de xilosa fue mayor en la pared celular de células fibrosas que en las mesófilas, reflejando un mayor contenido de hemicelulosa en las células fibrosas, la concentración de ácidos fenólicos eterificados y grupos acetilo también fueron considerablemente mayores en las células fibrosas²³. Las células mesófilas fueron degradadas más rápido que las fibrosas, no encontrándose evidencias de una degradación preferencial de algún polisacárido componente de la pared celular durante la fermentación, dado que los monosacáridos constituyentes desaparecieron a una tasa similar a la desaparición de la materia seca (MS). Los autores concluyen que el grado de lignificación y la formación de complejos lignina-carbohidratos son los factores que controlan la degradación de la pared. Este y otro trabajo con paja de cebada indican que todos los polisacáridos dentro de la matriz de la pared celular son igualmente afectados por la lignificación.²³

En otros estudios, la tasa de degradación de la celulosa no cambió cuando la pared celular fue delignificada; sin embargo, la reducción en el tamaño de partícula (lo cual incrementa el área superfi-

cial) tuvo un efecto positivo sobre la degradación de la celulosa. La delignificación incrementó la tasa de degradación de polisacáridos no celulósicos en un grado mayor que la reducción del tamaño de partícula, por lo que los autores consideran que las características estructurales limitan la degradación de la celulosa más que la lignina, pero que la lignina tiene un efecto más profundo sobre los polisacáridos no celulósicos dentro de la matriz de la pared celular.²⁴

El grado de digestión diferencial de los monosacáridos se ha interpretado como indicador de la remoción selectiva de la celulosa y hemicelulosas con alto grado de sustitución. Sin embargo, las diferencias observadas en la digestibilidad de monosacáridos pueden ser explicadas por diferencias en composición entre la pared primaria y la pared secundaria lignificada. En trabajos con *Brassica oleracea* y alfalfa, la fracción de hemicelulosa solubilizada por KOH 4 M no fue tan fácilmente degradada como otros polisacáridos, mientras que la delignificación parcial de células del xilema resultaron en un incremento en la degradación. En estos trabajos, empleando diferentes tipos de tejidos se ha observado una resistencia selectiva de fracciones de carbohidratos, principalmente xilanos. Aunque está claro que la lignificación tiene el principal impacto sobre la degradación de la pared celular, su efecto puede no ser uniforme como en los pastos. Se puede interpretar que lo anterior es un reflejo de la degradación diferencial de tipos celulares y que la baja degradación de la xilosa indica que algunas paredes no contienen xilanos y son degradadas más fácilmente, mientras que otras contienen grandes cantidades y son de lenta degradación, pero algunos xilanos son más fácilmente degradados de algunas paredes celulares que de otras.²⁵

La lignificación de la pared celular de las plantas ha sido correlacionada con una reducción en la degradabilidad de la MS²⁶ y la concentración *in vitro* de ácidos grasos volátiles²⁷ del forraje de arbustos que crecen en México, similarmente el contenido de lignina también ha sido relacionado a una baja digestibilidad *in vitro*²⁸ e *in situ*²⁹ de la MS y concentración *in vitro* de ácidos grasos volátiles²⁹ en hojas de arbustos de México (tabla 1). Lo anterior puede ser debido a una baja digestibilidad de los polisacáridos estructurales, aunque los mecanismos responsables no han sido establecidos²³, hay una creciente especulación de que la utilización de la pared celu-

Tabla 1. Medias anuales de los componentes de la pared celular, degradabilidad efectiva de la materia seca (%) y concentración in vitro de ácidos grasos volátiles (AGV, mM) en arbustivas de México.

Especie	Pared celular	Celulosa	Hemilignina	Taninos	DEMS	AGV	
<i>Helicta parvifolia</i> ^a	19.0	14.0	1.0	4.0	0.2	76.2	69.0
<i>Celtis Pallida</i> ^a	23.0	11.0	6.0	4.5	0.1	76.4	47.0
<i>Bernardia myricaefolia</i> ^a	29.0	18.0	4.0	6.6	0.4	63.0	55.0
<i>Pithecellobium pallens</i> ^a	36.0	17.0	11.0	7.4	0.6	60.8	48.0
<i>Caesalpinia mexicana</i> ^a	28.0	13.0	7.0	7.6	0.3	65.9	43.0
<i>Eysenhardtia polystachya</i> ^a	34.0	11.0	15.0	8.4	0.2	63.1	51.0
<i>Gimnosperma glutinosum</i> ^a	25.0	11.0	4.0	10.4	4.4	63.9	27.0
<i>Diospyras texana</i> ^a	33.0	15.0	7.0	10.7	2.1	56.2	39.0
<i>Parkinsonia aculeata</i> ^a	49.0	23.0	15.0	11.1	0.04	47.4	35.0
<i>Pithecellobium ebanum</i> ^a	50.0	12.0	19.0	19.5	0.7	38.7	24.0
<i>Cyrtocarpa edulis</i> ^b	34.0	13.0	9.0	10.0	6.2	45.5	65.2
<i>Acacia peninsularis</i> ^b	37.0	16.0	9.0	12.0	5.7	49.1	49.5
<i>Prosopis sp</i> ^b	34.0	11.0	10.0	12.0	.5	59.5	69.9
<i>Cercidium floridum</i> ^b	27.0	14.0	7.0	6.0	6.4	60.0	72.3
<i>Mimosa xantii</i> ^b	34.0	22.0	4.0	7.0	5.4	45.8	61.7
<i>Tumera difusa</i> ^b	40.0	17.0	8.0	12.0	5.9	49.8	55.8
<i>Bursera microphylla</i> ^b	32.0	16.0	3.0	13.0	2.9	55.4	58.5
<i>Opuntia cholla</i> ^b	41.0	12.0	20.0	8.0	0.3	63.0	76.9
<i>Pithecellobium confine</i> ^b	40.0	18.0	7.0	14.0	5.7	40.0	58.1
<i>Lippia palmeri</i> ^b	43.0	13.0	8.0	21.0	0.3	56.1	61.5

^a Tomado de Ramírez et al. (28) y Ramírez et al. (29), ^b Tomado de Ramírez-Orduña et al. (26-27); DEMS= degradabilidad efectiva de la materia seca a una tasa de recambio ruminal de 2%/hora

lar del forraje como fuente de energía está regulada por la naturaleza de enlaces cruzados de los componentes de la pared.³⁰

La cantidad de lignina puede ser el factor clave que limite la degradación de la pared celular; sin embargo la organización de la matriz de la pared, en la cual se encuentra la lignina, puede regular el grado de su influencia sobre la degradación de los polisacáridos de la pared.²³

Se han propuesto tres posibles mecanismos mediante los cuales la lignificación puede limitar la fermentación microbiana o hidrólisis enzimática de los polisacáridos de la pared celular: 1) un efecto tóxico de la lignina sobre los microorganismos del rumen; 2) impedimento estérico causado por los enlaces lignina-polisacáridos que limita el acceso de enzimas a carbohidratos específicos y 3) un medio ambiente hidrofóbico creado por la lignina que impide la acción de enzimas, las cuales requieren un medio acuoso.³¹

Jung y Deetz³¹ hacen una revisión de estos mecanismos y concluyen que la hidrofobicidad y la toxicidad de la lignina son mecanismos de inhibición que

son poco probables de afectar cuantitativamente la degradación de la pared celular en el rumen en un grado significativo, y que el impedimento estérico parece ser el mecanismo principal que limita la degradación de la pared celular.

Otro factor en el forraje, además de la lignina, que limita la degradación de la pared celular es la cutícula que contiene ceras y polímeros cerosos, su efecto sobre la degradación parece estar limitado a la membrana cuticular.¹⁸ La cutina, ceras y suberina pueden influir la digestión, la cutina y las ceras están adheridas a la pared de la epidermis sobre la superficie de la planta. La cutina está frecuentemente esterificada con ácidos fe-

nólicos y en asociación no covalente con la pectina de la pared celular epidérmica. Estos compuestos forman una barrera disfuncional que impide la digestibilidad del tejido intacto.^{4,18} La suberina, a diferencia de la cutina, es una parte integral de la pared celular y puede estar esterificada con monómeros, oligómeros fenólicos y lignina.⁴

La sílice tiene efecto negativo sobre la digestibilidad de los pastos, causando un decremento de un 3% en la digestibilidad in vitro de la MS por unidad de incremento de sílice, principalmente por decremento en la digestión de los polisacáridos de la pared celular.³² El contenido de sílice se ha encontrado que está asociado con una baja digestibilidad de la fibra e interactúa con la lignina.³³

La presencia de taninos en la fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) indica que los taninos están fuertemente ligados a la fibra.¹⁸ La fibra ligada a taninos puede resistir su degradación por los microorganismos ruminales y también los taninos libres pueden inactivar los microorganismos y sus enzimas. Consecuentemente la fermentación pudiera ser inhibida en el rumen. Bae et al.³⁴

estudiaron el efecto de los taninos condensados provenientes de *L. corniculatus* sobre la bacteria ruminal *Fibrobacter succinogens* S85. Ellos observaron que los efectos inhibitorios de los taninos condensados sobre la digestión de la celulosa pudieran deberse no sólo a la inactivación de enzimas extracelulares, sino que también pudiera estar involucrado una interferencia en la adhesión de la bacteria sobre la celulosa. La inhibición de la digestión de la celulosa pudiera producir una reducción en la producción de energía metabolizable en el rumen. Por lo tanto, se daría una inhibición en la producción de ácidos grasos volátiles, en un sistema ruminal *in vitro*, causada por la presencia de taninos condensados purificados de *L. corniculatus*.³⁵ La disponibilidad de la proteína microbiana rica en aminoácidos esenciales puede ser limitada debido a los efectos bacteriostáticos y bactericidas de los taninos en el rumen.³⁶

En las tablas 2 y 3 se muestran la relación entre los componentes de fibra y la degradabilidad efectiva de la pared celular (DEPC) y digestibilidad *in*

vivo de la pared celular (DIVPC) de algunas arbustivas forrajeras que crecen en México y, como componentes de dietas para rumiantes. En general, estas plantas y las dietas contienen bajos porcentajes de pared celular, pero alto contenido de lignina y taninos condensados en comparación con otros grupos de plantas como serían los pastos. Aparentemente, cuando el contenido, ya sea de lignina o de taninos condensados es elevado, la DEPC o DIVPC son bajas, independientemente del contenido de pared celular en el forraje o en la dieta.

La identificación de factores estructurales específicos, limitantes de la degradación es compleja y la importancia relativa de cada uno de ellos puede variar con la madurez del forraje; sin embargo, esta información puede contribuir en gran medida a incrementar la utilización de la energía contenida en la pared celular del forraje. Esto puede sentar las bases para programas de mejoramiento genético o de manipulación biotecnológica, dirigidos a eficientar la utilización de recursos forrajeros tanto domestica-

Tabla II. Relación entre los constituyentes de la pared celular y la degradabilidad efectiva de la pared celular de arbustos que crecen en México, colectados durante la primavera de 1993^a y 1999.^b

Plantas arbustivas	Pared celular %	Celulosa %	Hemicelulosa %	Lignina %	Taninos %	DEPC %
<i>Acacia rigidula</i> ^a	52.3	17.9	17.2	17.2	15.2	13.4
<i>Cercidium macrum</i> ^a	24.8	4.9	10.2	9.7	3.9	48.2
<i>Acacia farnesiana</i> ^a	37.7	9.0	14.0	14.3	1.8	30.7
<i>Portieria angustifolia</i> ^a	38.7	14.4	10.8	13.6	0.5	32.9
<i>Celtis pallida</i> ^a	33.7	10.8	19.4	3.5	0.3	74.3
<i>Acacia berlandieri</i> ^a	36.6	10.8	9.6	16.2	13.2	10.8
<i>Leucaena leucocephala</i> ^a	32.4	38.7	15.6	8.3	7.5	53.7
<i>Leucophyllum texanum</i> ^a	44.5	11.2	22.3	22.3	0.4	33.4
<i>Desmanthus virgatus</i> ^a	25.9	6.1	9.1	10.8	8.9	47.0
<i>Acacia greggii</i> ^a	41.9	21.5	10.5	10.0	3.4	34.5
<i>Cordia boissieri</i> ^a	35.9	20.5	9.5	5.9	0.3	38.2
<i>Condalia obovata</i> ^a	29.2	6.4	12.0	10.8	0.9	54.5
<i>Ziziphus obtusifolia</i> ^a	26.0	6.0	8.9	11.1	13.7	39.1
<i>Prosopis glandulosa</i> ^a	47.1	19.4	11.7	16.1	0.2	26.1
<i>Opuntia lindehimeri</i> ^a	47.1	12.8	32.2	2.2	0.2	67.8
<i>Acacia wrightii</i> ^b	41.8	19.5	9.5	12.8	0.2	43.2
<i>Bumelia celastina</i> ^b	35.7	13.9	2.3	19.4	0.0	36.0
<i>Castela texana</i> ^b	45.7	9.1	13.7	22.0	3.5	54.2
<i>Forestiera angustifolia</i> ^b	50.9	9.9	27.7	13.0	0.0	66.3
<i>Karwinskia humboldtiana</i> ^b	39.8	8.4	14.4	16.9	1.2	61.3
<i>Larrea tridentata</i> ^b	26.7	8.9	3.2	12.6	0.9	35.7
<i>Schaefferia cuneifolia</i> ^b	47.6	9.3	18.8	18.9	0.0	48.6
<i>Zathoxylum fagara</i> ^b	40.1	11.1	18.4	9.8	0.0	40.7

^aObtenido de Ramírez et al. (37); ^bobtenido de Moya-Rodríguez et al.(38); DEPC = degradabilidad efectiva de la pared celular estimada a una tasa de recambio ruminal del 2%/hora.

Tabla II. Relación entre los constituyentes de la pared celular y la degradabilidad efectiva de la pared celular de arbustos que crecen en México, colectadas durante la primavera de 1993^a y 1999^b

Plantas arbustivas	Pared celular %	Celulosa %	Hemicelulosa %	Lignina %	Taninos %	DEPC %
<i>Acacia rigidula</i> ^a	52.3	17.9	17.2	17.2	15.2	13.4
<i>Cercidium macrum</i> ^a	24.8	4.9	10.2	9.7	3.9	48.2
<i>Acacia fomesiana</i> ^a	37.7	9.0	14.0	14.3	1.8	30.7
<i>Portieria angustifolia</i> ^a	38.7	14.4	10.8	13.6	0.5	32.9
<i>Celtis pallida</i> ^a	33.7	10.8	19.4	3.5	0.3	74.3
<i>Acacia berlandieri</i> ^a	36.6	10.8	9.6	16.2	13.2	10.8
<i>Leucaena leucocephala</i> ^a	32.4	38.7	15.6	8.3	7.5	53.7
<i>Leucaphyllum texanum</i> ^a	44.5	11.2	22.3	22.3	0.4	33.4
<i>Desmanthus virgatus</i> ^a	25.9	6.1	9.1	10.8	8.9	47.0
<i>Acacia greggii</i> ^a	41.9	21.5	10.5	10.0	3.4	34.5
<i>Cardia boissieri</i> ^a	35.9	20.5	9.5	5.9	0.3	38.2
<i>Condalia obovata</i> ^a	29.2	6.4	12.0	10.8	0.9	54.5
<i>Ziziphus obtusifolia</i> ^a	26.0	6.0	8.9	11.1	13.7	39.1
<i>Prosopis glandulosa</i> ^a	47.1	19.4	11.7	16.1	0.2	26.1
<i>Opuntia lindehimeri</i> ^a	47.1	12.8	32.2	2.2	0.2	67.8
<i>Acacia wrightii</i> ^b	41.8	19.5	9.5	12.8	0.2	43.2
<i>Bumelia celastina</i> ^b	35.7	13.9	2.3	19.4	0.0	36.0
<i>Castela texana</i> ^b	45.7	9.1	13.7	22.0	3.5	54.2
<i>Forestiera angustifolia</i> ^b	50.9	9.9	27.7	13.0	0.0	66.3
<i>Karwinskia humboldtiana</i> ^b	39.8	8.4	14.4	16.9	1.2	61.3
<i>Larrea tridentata</i> ^b	26.7	8.9	3.2	12.6	0.9	35.7
<i>Schaefferia cuneifolia</i> ^b	47.6	9.3	18.8	18.9	0.0	48.6
<i>Zathoxylum fagara</i> ^b	40.1	11.1	18.4	9.8	0.0	40.7

^aObtenido de Ramírez et al. (37); ^bobtenido de Moya-Rodríguez et al.(38); DEPC = degradabilidad efectiva de la pared celular estimada a una tasa de recambio ruminal del 2%/hora.

dos como silvestres nativos.

Abstract

Resumen

La naturaleza de enlaces cruzados de los componentes de la pared celular y la cantidad de lignina y taninos condensados pueden ser los factores clave que limiten su degradación; sin embargo, la organización de la matriz puede regular el grado de influencia de la lignina sobre la degradación de los polisacáridos de la pared. Su efecto parece no ser igual en arbustos y pastos. El impedimento estérico parece ser el mecanismo principal que limita la degradación. Esto parece aplicarse a arbustos nativos de zonas áridas, la identificación de factores limitantes específicos, como la lignina y los taninos, pueden contribuir a incrementar la utilización de la energía de la pared celular del forraje.

Palabras clave: Pared celular, Fibra, Estructura, Digestibilidad, Rumiantes.

The cross-linked nature of the wall components, the amount of lignin and condensed tannins may be the key limitation to the cell-wall degradation; however, the organisation of the wall matrix would regulate the extent of lignin influence on degradation of the wall polysaccharides. This effect would not appear to be similar in legumes as in grasses. The steric hindrance would appear to be the major mechanism limiting forage cell wall degradation. This seems to apply to native shrubs from arid zones; the identification of specific limiting-factors such as lignin and tannins may contribute to enhancing the utilisation of forage cell wall energy.

Keywords: Cell wall, Fiber, Structure, Digestibility, Ruminants.

Referencias

1. Jung, H.G. and M.S. Allen. Characteristics of

Tabla III. Relación entre los componentes de la pared celular (% de la materia seca) de dietas de rumiantes conteniendo arbustivas nativas mezcladas con pajas de bajo valor nutritivo y la digestibilidad *in vivo* (%) de la pared celular

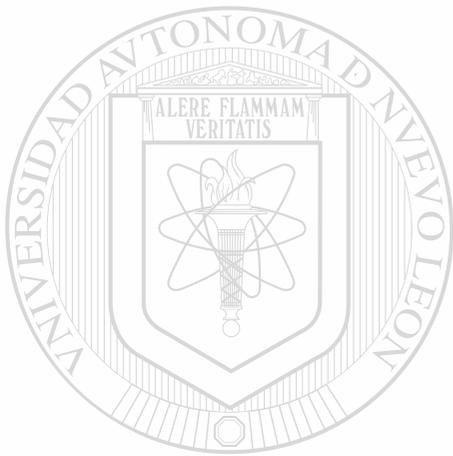
Estudio y especie animal	Relación de ingredientes en la dieta	Pared celular	Celulosa	Hemi-celulosa	Lignina	Taninos	DIVPC
Ramírez et al. (39)	-49.2% <i>M. sativa</i> + 50.8% paja de zacate estrella + 5% melazas + 0.5% premezcla mineral	56.8	24.5	21.7	8.6	0.0*	52.3
Borregos	-36.2% <i>Celtis pallida</i> + 63.8% paja de zacate estrella + 5% melazas + 0.5% premezcla mineral	54.9	18.5	22.9	9.3	0.0*	48.3
Pelibuey x Rambouillet	-43.9 <i>Ziziphus obtusifolia</i> + 56.1% paja de zacate estrella + 5% melazas + 0.5% premezcla mineral	53.4	20.6	18.7	12.3	6.6*	36.7
Rodríguez-Santillán (40)	-49.2% <i>M. sativa</i> + 50.8% paja de zacate estrella + 5% melazas + 0.5% premezcla mineral	55.3	28.7	17.3	8.0	0.0	54.5
Borregos	-32.8% <i>Pithecellobium pallens</i> + 67.2% paja de zacate estrella + 5% melazas + 0.5% premezcla mineral	53.3	24.8	20.7	5.8	0.0	45.5
Pelibuey x Rambouillet	-62.4% <i>Parkinsonia aculeata</i> + 37.6% paja de zacate estrella + 5% melazas + 0.5% premezcla mineral	58.6	27.4	22.8	7.0	1.4	49.8
Morano-Villanueva (41)	-23% <i>M. sativa</i> + 77% paja de zacate bermuda + 5% de melazas + 0.5% premezcla mineral	62.5	28.9	18.4	5.5	0.0*	40.9
Borregos	-26.3% <i>Acacia greggii</i> + 70.7% paja de zacate bermuda + 5% de melazas + 0.5% premezcla mineral	59.1	27.7	20.4	7.6	0.0*	40.6
Pelibuey x Rambouillet	-14.3 % <i>Prosopis glandulosa</i> + 76.3% paja de zacate bermuda + 5% de melazas + 0.5% premezcla mineral	66.4	30.0	16.3	6.5	0.0*	38.6
Ramírez y Ledezma-Torres (42)	-23 % <i>Medicago sativa</i> + 77% paja de frijol	52.3		13.4		0.2	55.7
Cabras	-25 % <i>Acacia rigidula</i> + 75% paja de frijol	50.1		8.1		18.0	48.5
Españolas	-20% <i>Acacia farnesiana</i> + 80% paja de frijol	50.1		11.4		1.8	43.7
García-Castillo et al. (43)	-41.4% <i>M. sativa</i> + 53.1 rastrojo de maíz + 5% melazas + 0.5% premezcla mineral	50.2	24.5	19.9	4.8	0.2*	55.7
Borregos	-30.6% <i>Leucaena leucocephala</i> + 63.9% rastrojo de maíz + 5% melazas + 0.5% premezcla mineral	55.5	24.8	25.0	4.1	1.9*	46.2
Pelibuey x Rambouillet	-37.7% <i>Acacia berlandieri</i> + 56.8% rastrojo de maíz + 5% melazas + 0.5% premezcla mineral	59.5	26.3	27.2	5.0	4.5*	39.9
Ramírez y Lara (44)	-26% <i>M. sativa</i> + 74% paja de buffel + 400 g.día grano de sorgo y melazas	68.0		30.2	3.5	0.2	47.5
Borregos	-30% <i>A. rigidula</i> + 70 paja de buffel + 400 g.día grano de sorgo y melazas	67.1		28.6	5.7	14.8	39.0
Pelibuey x Rambouillet	-16% <i>Cercidium macrum</i> + 84% paja de buffel + 400 g.día grano sorgo y melazas	67.9		25.8	3.0	4.0	45.9
	-21% <i>A. farnesiana</i> + 79% paja de buffel + 400 g.día grano sorgo y melazas	64.5		26.7	4.1	1.8	46.5
Ramírez (45)	-23 % <i>M. sativa</i> + 77% paja de frijol	57.3		16.3	3.9	0.2	56.9
Cabras	-22% <i>Celtis pallida</i> + 78% paja de frijol	52.6		13.8	3.9	0.3	48.0
Españolas	-18% <i>Leucophyllum texanum</i> + 18% <i>Portieria angustifolia</i> + 64% paja de frijol	51.1		12.8	4.0	0.4	46.2
Ramírez et al. (46)	-23% <i>M. Sativa</i> + 77% paja de frijol	58.3		14.5	3.8	0.02	49.1
Cabras	-13% <i>C. macrum</i> + 87% paja de frijol	59.5		21.2	6.5	3.9	48.9
Españolas	-100% paja de frijol	60.6	41.9	14.5	4.9	0.7	36.2

DIVPC = digestibilidad *in vivo* de la pared celular

- plant cell wall affecting intake and digestibility of forage by ruminants. 1995. *J. Anim. Sci.* 73:2774.
2. Galyean, M.L. and A.L. Goetsch. Utilization of forage fiber by ruminants. In: H.G. Jung, D.R. Buxton, R.D. Hatfield and J. Ralph (Ed.) *Forage Cell Wall Structure and Digestibility*. 1993. pp. 33-62. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI.
 3. Akin, D.E. Perspectives of cell wall biodegradation. In: H.G. Jung, D.R. Buxton, R.D. Hatfield and J. Ralph (Ed.) *Forage Cell Wall Structure and Digestibility*. 1993. p 76. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI.
 4. Himmelsbach, D.S. Structure of forage cell walls. In: H.G. Jung, D.R. Buxton, R.D. Hatfield and J. Ralph (Ed.) *Forage Cell Wall Structure and Digestibility*. 1993. pp 271-280. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI.
 5. Knox, J.P. Emerging patterns of organization at the plant cell surface. *J. Cell Sci.* 1990. 96:557-561.
 6. Pennell, R.I. and K. Roberts. Sexual development in the pea is presaged by altered expression of arabinogalactan protein. *Nature*. 1990. 344:547-549.
 7. Robards, A.W. and W.J. Lucas. 1990. Plasmodesmata. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 41:369-419.
 8. Roberts, K. Structure at the plant cell surface. *Curr. Opinions Cell Biol.* 1990. 2:920-928.
 9. Carpita, N.C. and D.M. Gibeaut. Biosynthesis and secretion of plant cell wall polysaccharides. *Current Topics in Plant Biochemistry and Physiology*. 1988. 7:112-133.
 10. Ryan, C.A. Protease inhibitors in plants: Genes for improving defenses against insects and pathogens. *Ann. Rev. Phytopathol.* 1990. 28:425-449.
 11. Bowles, D.J. Defense-related proteins in higher plants. *Ann. Rev. Biochem.* 1990. 59:873-907.
 12. Vance, C.P., T.K. Kirk and R.T. Sherwood. Lignification as a mechanism of disease resistance. *Ann. Rev. Phytopathol.* 1980. 18:259-288.
 13. Taiz, L. Plant cell expansion: regulation of cell wall mechanical properties. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 1984. 35:585-657.
 14. López-Gutiérrez, F. Physical and chemical alteration of *Distichlis spicata* L. cell walls with NaCl and water stress. Ph. D. Thesis. Colorado State Univ. Fort Collins, Colorado. 1991.
 15. Van Soest, P.J., J.B. Robertson and B.A. Lewis. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 1991. 74:3583.
 16. Prosky, L., N.G. Asp, T.F. Schweizer, I. Furda and J.W. Devries. Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods and food products: interlaboratory study. *J. Assoc. Offic. Anal. Chem.* 1988. 71:1017.
 17. AOAC, Official Methods of Analysis 17th Edn. Association of Agricultural Chemists, Washington, DC. 1997.
 18. Van Soest, P.J. Nutritional ecology of the ruminant (2nd Edition). Comstock, Cornell Univ. Press, Ithaca, NY. 1994.
 19. Carpita, N.C. Fractionation of hemicelluloses from maize cell walls with increasing concentrations of alkali. *Phytochemistry*. 1984. 23:1089-1093.
 20. Aman, P. Composition and structure of cell wall polysaccharides in forages. In: H.G. Jung, D.R. Buxton, R.D. Hatfield and J. Ralph (Ed.) *Forage Cell Wall Structure and Digestibility*. 1993. pp 183-195. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI.
 21. McNeil, M., A.G. Darvill, P. Åman, L.E. Franzén, and P. Albersheim. Structural analysis of complex carbohydrates using high-performance liquid chromatography, gas chromatography and mass spectrometry. *Methods Enzymol.* 1982. 83:3-45.
 22. Sweeley, C.C. and H.A. Nunez. Structural analysis of glycoconjugates by mass spectrometry and nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Ann. Rev. Biochem.* 1985. 54:765-801.
 23. Hatfield, R.D. Cell wall polysaccharides interactions and degradability. In: H.G. Jung, D.R. Buxton, R.D. Hatfield and J. Ralph (Ed.) *Forage Cell Wall Structure and Digestibility*. 1993. p 286. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI.
 24. Merchen, N.R. and L.D. Bourquin. Processes of digestion and factors influencing digestion of forage-based diets by ruminants. In: G.C. Fahey Jr, M. Collins, D.R. Mertens and L.E. Moser (Ed.) *Forage Quality, Evaluation and Utilization*. 1994. pp 564-599. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI.
 25. Hespell, R.B. and T.R. Whitehead. Physiology and genetics of xylan degradation by gastrointestinal tract bacteria. *J Dairy Sci.* 1990. 73:3013-3022.
 26. Ramírez-Orduña, R., R.G. Ramírez, J.M. Ramírez-Orduña, J.M. Avila-Sandoval, R. Cepeda-Palacios and J.A. Armenta-Quintana. Kinetics of

- dry matter digestion in leaves of native shrubs from the Sonoran desert of Mexico. 8th World Conference on Animal Production. Contributed Papers Vol. I. 1998. pp 380-381.
27. Ramírez-Orduña, R., R.G. Ramírez, J.M. Ramírez-Orduña, J.M. Ávila-Sandoval, R. Cepeda-Palacios I.V. Sarabia-Soto and R. Contreras-Lopez. In vitro volatile fatty acids concentration in leaves of native shrubs from the Sonoran desert of Mexico. 8th World Conference on Animal Production. Contributed Papers 1998. Vol. II. pp 526-527.
 28. Ramírez, R.G., L.A. Hauad, R. Foroughbakch and L.A. Pérez-López. Seasonal concentrations of in vitro volatile fatty acids in leaves of 10 native shrubs from northeastern Mexico. Forest, Farm and Community Tree Network. 1997. 2:45-50.
 29. Ramírez, R.G., L.A. Hauad, R. Foroughbakch and J. Moya-Rodríguez. Extent and rate of digestion of the dry matter in leaves of 10 native shrubs from northeastern Mexico. YTON International Journal of Experimental Botany. 1998. 68:127-130.
 30. Fry, S.C. Cross-Linking of matrix polymers in the growing cell walls of angiosperms. Ann. Rev. Plant Physiol. 1986. 37:165-186.
 31. Jung, H.G. and D.A. Deetz. Cell wall lignification and degradability. In: H.G. Jung, D.R. Buxton, R.D. Hatfield and J. Ralph (Ed.) Forage Cell Wall Structure and Digestibility. 1993. pp 315-339. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI.
 32. Hoover, W.H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. J. Dairy Sci. 1986. 69:2755-2766.
 33. Van Soest, P.J. Cell wall matrix interactions and degradation. In: H.G. Jung, D.R. Buxton, R.D. Hatfield and J. Ralph (Ed.) Forage Cell Wall Structure and Digestibility. 1993. pp 377-392. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI.
 34. Bae, H.D., T.A. McAllister, J. Yanke, K.J. Cheng y A.D. Muir. Effect of condensed tannins on endoglucanase activity and filter paper digestion by *Fibribacter succinogens* S85. Applied and Environmental Microbiology. 1993. 59:2132-2138.
 35. Van Hoven, W. y D. Furstenburg. The use of purified condensed tannins as a referene in determining its influence on rumen fermentation. Comparative Biochemistry and Physiology. 1992. 101: 381-385.
 36. Kumar, R. y J.P.F. D'Mello. 1995. Anti-nutritional factors in forage legumes. En: D'Mello y D. Devendra (eds.), Tropical Legumes in Animal Nutrition. CAB International, pp. 95-133.
 37. Ramírez, RG, RR Neira-Morales, RA Ledezma-Torres and CA Garibaldi-González. Ruminant digestion characteristics and effective degradability of cell wall of browse species from northeastern Mexico. Small Ruminant Research. 2000. 36:49-55.
 38. Moya-Rodríguez, J.G., R.G. Ramírez, y R. Foroughbaschkch. Digestibilidad in situ de la materia seca, proteína cruda y fibra detergente neutro de las hojas de 10 especies arbustivas del noreste de México. 10^a Conferencia de los Estados Fronterizos México/EUA, sobre recreación, áreas protegidas y vida silvestre. San Nicolás de los Garza, N.L., México. 2000. p 67.
 39. Ramírez, R.G., J.F. Hernández-Chávez y J.E. Palacios-Flores. Influence of leaves from shrubs *Celtis pallida*, *Ziziphus obtusifolia* and alfalfa hay on nitrogen utilisation by sheep fed straw diet. VIII World Conference on animal Production. Seul, Corea, 1998. pp. 255-259.
 40. Rodríguez-Santillán, P. Digestibilidad in vivo, balance de N y parámetros ruminales en borregos alimentados con heno de alfalfa y las arbustivas nativas retama (*Parkinsonia aculeata*) y tenaza (*Pithecellobium pallens*). Tesis de licenciatura, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, N.L., México. 1997.
 41. Moreno-Villanueva, R. Digestibilidad in vivo y parámetros ruminales en borregos consumiendo heno de alfalfa (*M. sativa*), uña de gato (*Acacia greggii*) y mezquite (*Prosopis glandulosa*) alimentados con una dieta a base de zacate bermuda (*Cynodon dactylon*). Tesis de Licenciatura, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, N.L., México. 1997.
 42. Ramírez, R.G. y R.A. Ledezma-Torres, Forage utilisation from native shrubs *Acacia rigidula* and *Acacia farnesiana* by sheep and goats. Small Ruminant Res. 1997. 25:43-50.
 43. García-Castillo, C.G., R.G. Ramírez y E. Espinoza-Vázquez, Tasa de digestión y porcentaje de pared celular degradable en dos arbustivas del noreste de México. XVIII Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Producción animal,

- Tapachula de Cárdenas y Ordóñez, Chiapas, 2000. pp. 234-236.
44. Ramírez, R.G. y J.A. Lara. Influence of native shrubs *Acacia rigidula*, *Cercidium macrum* and *Acacia farnesiana* on digestibility and N utilisation by sheep. *Small Ruminant Research*. 1998. 28:39-45.
45. Ramírez, R.G. Nutrient digestion and N utilisation by goats fed native shrubs *Celtis pallida*, *Leucophyllum texanum* and *Portieria angustifolia*. *Small ruminant Research*. 1998. 28:47-51.
46. Ramírez, R.G. R.A. Ledezma-Torres and R. Martínez. Nutrient utilisation of bean straw, alfalfa hay and leaves of the shrub *Cercidium macrum* by goats and sheep. *J. Applied Animal Research*. 1999. 15:137-148.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



ISBN 89-950054-8-3 93520
89-950054-7-5 93520

Proceedings

CONTRIBUTED PAPERS – Vol. I



The 8th World Conference on Animal Production
June 28 – July 4, 1998
Seoul National University
Seoul, Korea

Kinetics of dry matter digestion in leaves of native shrubs from the Sonoran desert, México

R. Ramírez-Orduña, R.G. Ramírez, J.M. Ramírez-Orduña, J.M. Avila-Sandoval, R. Cepeda-Palacios and J. A. Armenta-Quintana

Departamento de Zootecnia, Universidad Autonoma de Baja California Sur. P.O. Box 676, Z.C.23080, La Paz, Baja California Sur, México.

Introduction

Quantitative expressions of the kinetics of digestion and passage are needed to precisely estimate the quantity and composition of nutrients digested from forages, and the subsequent efficiency of utilization by the animal. Furthermore, the measurement of immediately soluble matter, insoluble but potentially degradable matter and rate of dry matter degradation using nylon bags are good predictors of intake in ruminants (Forbes, 1995). The objectives of the study were to estimate and compare the extent and rate of dry matter digestion from leaves of native shrubs from the arid region of Baja California Sur, México.

Materials and Methods

Branches from the legumes *Acacia peninsularis* (Britt. L. Rose) Standley, *Cercidium floridum* (Benth) *Pithecellobium confine* (Standley), *Prosopis* sp. (Torr) and *Bursera microphylla* Gray (Burseraceae), *Turnera difusa* Willd (Turneraceae), *Cyrtocarpa edulis* (Brand) Standley (Anacardiaceae), *Mimosa xantii*, Gray (Mimosaceae), *Lippia palmeri*, S. Wats (Verbenaceae) and *Opuntia cholla*, Weber (Cactaceae) were collected from 16 linear transects of 30 m, located randomly. Collections were carried out in the four seasons of 1993; Winter (February 23), Spring (May 23), Summer (August 23) and Fall (November 23) In each season, branches were bulked in one sample of each species and were allowed to dry under shed. Leaves from branches were removed manually and ground in a Wiley mill (2-mm screen). In this study the alfalfa hay (*Medicago sativa*) was included as a reference plant. In each season, duplicate samples were used to estimate the rate (*kd*, %/h) and extent of DM loss from nylon bags (50 µm pore size) using four ruminally cannulated steers (250 ± 5.3 kg body weight). During the trial steers were fed alfalfa hay (16% CP). Plant material (4 g) was placed in nylon bags and suspended in the rumen of steers for 1, 2, 3, 4, 8, 12, 24, 48, 72 and 100 hours (h). Zero-time disappearance (*a* fraction, %) was determined from unincubated bags. The DM digestion characteristics of plants were calculated (Ørskov and McDonald, 1979) using the equation: $p = a + b(1 - e^{-kd \cdot t})$ and effective degradability of DM (EDDM) was calculated assuming a rumen outflow rate (*k*) of 5%/h using the equation: $EDDM = a + b \cdot kd / (kd + k) \cdot e^{-(kd+k) \cdot T}$. Annual means were statistically analyzed by one-way analysis of variance. Simple linear correlation analysis was performed between chemical analysis and rate of digestion and EDDM of plants (Steel and Torrie, 1980).

Results and Discussion

Annual mean of fraction *a* was significantly different among plants (Table 1). *Prosopis* sp. had the highest value, but *L. palmeri* was lowest. Annual mean of fraction slowly degraded in the rumen of steers (*b*, %) was also significantly different among plants. *Lippia palmeri* resulted with the highest percentage, but *P. confine* was lowest. Annual mean of fraction of DM potentially degraded in the rumen (*a+b*, %) of steers was highest in *C. floridum*, however, *P. confine* was lowest. Significant differences were detected in *a+b* percentage (Table 1). The *kd*

... significantly diffe
... Among shr
... *O. cholla*, all shrub
... lag time (h). O
... The lignin content
... ($P < 0.01$). Similarly th
... EDDM ($r = -0.52$, $P <$
... shrubs may limit the

Table 1. A
degradabi

Pla

- Medicago*
- Acacia pe.*
- Bursera m.*
- Cercidium*
- Cyrtocarp*
- Lippia pa*
- Mimosa x*
- Opuntia c*
- Pithecellu*
- Prosopis*
- Turnera*

Mean
Standard
Significa

¹*a* = Fra
degrad
kd = fr
of DM

Referenc
Forbes, J
Intern
Ørskov, J
Steel R.C
Hill, N

significantly different among plants. All shrubs species had lower rate of DM digestion than *M. sativa*. Among shrubs, *L. palmeri* was highest and *A. peninsularis* was lowest. With exception of *O. cholla*, all shrubs species had lower EDDM than *M. sativa*. *Medicago sativa* resulted with lowest lag time (h). On the other hand, *M. xantii* had the highest lag time (Table 1).

The lignin content was negatively correlated with *kd* ($r = -.43$, $P < .001$) and EDDM ($r = -.47$, $P < .001$). Similarly the tannin content was negatively correlated with *kd* ($r = -.59$, $P < .001$) and EDDM ($r = -.52$, $P < .001$). It is concluded that lignin and condensed tannins in the evaluated plants may limit the dry matter extent and rate of degradation.

Table 1. Annual mean of nonlinear parameters of digestibility and effective degradability of dry matter in shrub leaves and alfalfa hay.

Plants ¹	a (%)	b (%)	a+b (%)	kd (%/h)	EDDM (%)	Lag time (h)
<i>Medicago sativa</i>	36.6	36.9	73.5	14.8	63.1	0.7
<i>Acacia peninsularis</i>	32.3	37.8	70.2	4.1	49.1	2.2
<i>Bursera microphylla</i>	33.5	32.8	66.3	9.9	55.4	1.2
<i>Cercidium floridum</i>	33.9	46.2	80.2	6.9	60.0	1.4
<i>Cyrtocarpa edulis</i>	32.0	33.0	65.1	4.2	45.5	1.8
<i>Lippia palmeri</i>	19.7	51.2	70.9	12.4	56.1	1.7
<i>Mimosa xantii</i>	34.2	33.2	67.4	2.7	45.8	3.3
<i>Opuntia cholla</i>	39.8	34.0	73.9	10.2	63.0	2.5
<i>Pithecellobium confine</i>	30.5	22.8	53.3	4.3	40.0	2.5
<i>Prosopis sp</i>	40.3	28.6	69.0	9.6	59.5	1.5
<i>Turnera difusa</i>	21.6	41.0	62.7	11.0	49.8	1.5
Mean	32.3	36.0	68.3	8.2	53.4	1.9
Standard error	1.6	2.7	2.6	1.4	1.9	0.4
Significance	***	***	***	***	***	***

¹a = Fraction of dry matter (DM) lost during wash; b = fraction of DM slowly degraded in the rumen; a+b = fraction of DM potentially degraded in the rumen; kd = fractional rate of degradation of the DM; EDDM = effective degradability of DM calculated for 5%/h passage rate; *** (P < 0.001).

References

- Forbes, J.M. 1995. Voluntary Food Intake and Diet Selection in Farm Animal. CAB International pp 386.
- Ørskov, E.R. and I. McDonald. 1979. J. Agric. Sci. 92:499-503.
- Steel R.G. and J.C. Torrie .1980. Principles and Procedures of Statistics, 2nd ed., McGraw Hill, NY.

ISBN 89-950054-9-1 93520
89-950054-7-5 93520

Proceedings

CONTRIBUTED PAPERS – Vol. II



The 8th World Conference on Animal Production
June 28 – July 4, 1998
Seoul National University
Seoul, Korea

In vitro volatile fatty acids concentration in leaves of native shrubs from the Sonoran Desert of México

R. Ramírez-Orduña, R.G. Ramírez, J.M. Ramírez-Orduña, J.M. Avila-Sandoval, R. Cepeda-Palacios, I.V. Sarabia-Soto and R. Contreras-Lopez

Departamento de Zootecnia, Universidad Autonoma de Baja California Sur. P.O. Box 676, Z.C.23080, La Paz, Baja California Sur, México.

Introduction

Fiber digestibility is usually defined as the proportion of ingested fiber not excreted in the feces. The process of fiber digestion contains two major events, hydrolysis of polysaccharides and conversion of monosaccharides to volatile fatty acids (VFAs), fermentation gases, and heat (Tamminga, 1993). The losses of energy in methane and heat of fermentation can be significant. Measurements of the concentrations and amounts of VFAs are an important part of ruminant nutrition because the VFAs produced as end products of anaerobic microbial metabolism provide the ruminant with a major source of metabolizable energy (Van Soest, 1994). This study was conducted to estimate and compare the in vitro VFAs production from leaves of ten native plants from a shrubland of Baja California Sur, México.

Materials and Methods

Branches from the legumes *Acacia peninsularis* (Britt. L. Rose) Standley, *Cercidium floridum* (Benth) *Pithecellobium confine* (Standley), *Prosopis* sp. (Torr) and *Bursera microphylla* Gray (Burseraceae), *Turnera difusa* Willd (Turneraceae), *Cyrtocarpa edulis* (Brand) Stand (Anacardiaceae), *Mimosa xantii*, Gray (Mimosaceae), *Lippia palmeri*, S. Wats (Verbenaceae) and *Opuntia cholla*, Weber (Cactaceae) were collected from 16 linear transects of 30 m, located randomly. Collections were carried out in the four seasons of 1993; Winter (February 23), Spring (May 23), Summer (August 23) and Fall (November 23) In each season, branches were bulked in one sample of each species and were allowed to dry undisturbed. Leaves from branches were removed manually and ground in a Wiley mill (2-mm screen). In this study the alfalfa hay (*Medicago sativa*) was included as a reference plant. In each season, duplicate samples were subjected to determine in vitro VFAs concentration. Batch culture in vitro procedure was used with McDougall's artificial saliva. The inoculum was obtained from a mixed ruminal content of four ruminally cannulated steers. Steers were fed alfalfa hay (16% CP). The procedure was as described by Ramirez et al. (1997). After the incubation tubes were centrifuged, the resulting supernatant fraction was analyzed for VFAs by chromatography (Goetsch and Galyean, 1983). Total concentration (mM) of acetate, propionate and butyrate were calculated by adjusting forage cultures for the total VFA concentration from appropriate blank culture. The significance of plant effects on the annual means of in vitro VFAs concentrations were determined by one-way analysis of variance. Correlation analysis was performed between chemical analysis and concentration of each VFA of plants (Steel and Torrie, 1980).

Results and Discussions

Annual means of total VFAs, acetate, propionate and butyrate (mM) were significantly different ($P < 0.001$) among evaluated plants (Table 1). Annual means of total

VFAs was higher in *floridum* had comparable observed in the annual similar propionate concentration lowest propionate concentration than *M. sativa*. It seen VFAs concentration (that leaves from most than *M. sativa*.

Table 1. Annual means of VFAs in alfalfa hay.

Plants
<i>Medicago sativa</i>
<i>Acacia peninsularis</i>
<i>Bursera microphylla</i>
<i>Cercidium floridum</i>
<i>Cyrtocarpa edulis</i>
<i>Lippia palmeri</i>
<i>Mimosa xantii</i>
<i>Opuntia cholla</i>
<i>Pithecellobium conf.</i>
<i>Prosopis</i> sp
<i>Turnera difusa</i>
Mean
Standard error
Significance

¹Total VFAs= Total

References
 Goetsch, A.L. and N. Ramirez, R.G., Hau Community
 Steel R.G. and J.C. EUA.
 Tamminga, 1993. In Structure a
 Van Soest, P.J. 1990 OR. USA

VFAs was higher in *O. cholla* than *M. sativa*, but *A. peninsularis* was lowest. *Cercidium floridum* had comparable total VFAs concentration than *M. sativa*. The same pattern was observed in the annual mean of acetate. *Prosopis sp.* resulted with higher and *O. cholla* had similar propionate concentrations than *M. sativa*. *Acacia peninsularis* also resulted with lowest propionate concentration. In this study, all shrubs had lower butyrate concentrations than *M. sativa*. It seems that lignin and condensed tannins in leaves of shrubs limited total VFAs concentration ($r=-0.34$ and $r=-0.28$, respectively). Ramirez et al. (1997) also reported that leaves from most of the 10 shrubs that grow in northeastern México had lower total VFAs than *M. sativa*.

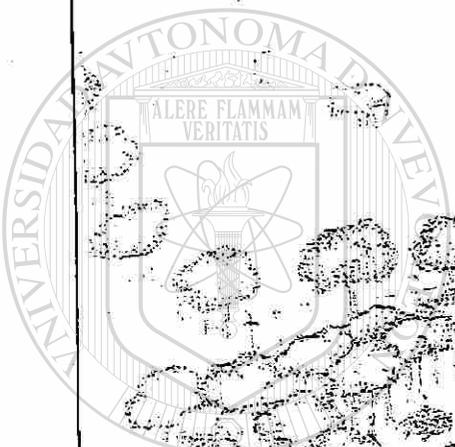
Table 1. Annual means (mM) of in vitro volatile fatty acids concentration in shrub leaves and alfalfa hay.

Plants	Total VFAs ¹	Acetic acid	Propionic acid	Butyric acid
<i>Medicago sativa</i>	72.1	52.7	13.0	6.2
<i>Acacia peninsularis</i>	49.5	37.9	8.4	3.1
<i>Bursera microphyla</i>	58.5	43.4	10.6	4.5
<i>Cercidium floridum</i>	72.3	52.8	11.8	4.3
<i>Cyrtocarpa edulis</i>	65.2	52.4	9.0	3.8
<i>Lippia palmeri</i>	61.5	47.6	8.9	4.4
<i>Mimosa xantii</i>	61.7	48.7	9.9	3.0
<i>Opuntia cholla</i>	76.9	59.0	13.2	5.1
<i>Pithecellobium confine</i>	58.1	44.3	9.5	3.9
<i>Prosopis sp</i>	69.9	51.1	15.4	3.4
<i>Turnera difusa</i>	55.8	42.1	9.1	3.7
Mean	63.8	48.3	10.8	4.1
Standard error	4.6	3.5	0.7	0.7
Significance	***	***	***	***

¹Total VFAs= Total volatile fatty acids; ***($P<.001$).

References

- Goetsch, A.L. and M.L. Galyean. 1983. *J. Anim. Sci.* 63:727-730.
- Ramirez, R.G., Hauad, L.A., R. Foroughbakch, R., and L.A. Pérez-López. 1997. *Forest, Farm and Community Tree Network.* 2:46-50.
- Steel R.G. and J.C. Torrie. 1980. *Principles and Procedures of Statistics*, 2nd ed., McGraw Hill, NY., EUA.
- Tamminga. 1993. In: H.G. Jung, D.R. Buxton, R.D. Hatfield and J. Ralph, Editors. *Forage Cell Wall Structure and Digestibility.* ASA, CSSA, SSSA. Madison Wisconsin, USA. pp. 572.
- Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant.* 2nd ed., O and B Books, Inc. Corvallis, OR, USA pp 315.



Forest, Farm,
And
Community
Tree
Research
Reports

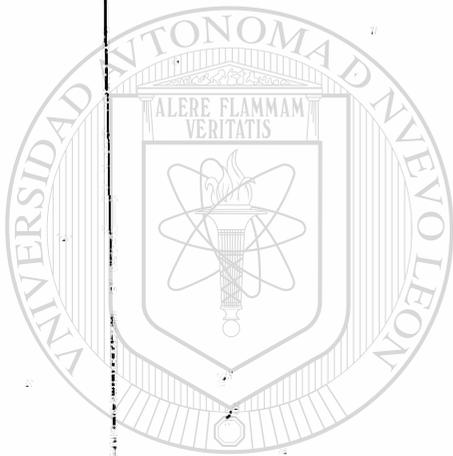
Volume 3, 1998

Dr. ROQUE S. RAMÍREZ LEÓN

Forest, Farm, and Community Tree Network
Winrock International

Roque B. Remigio Jr.

Forest, Farm,
And
Community
Tree
Research
Reports



UANL

Volume 3, 1998

Published by Winrock International's
Forest, Farm, and Community Tree Network

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

in collaboration with

Council of Agriculture, Taiwan
Taiwan Forestry Research Institute

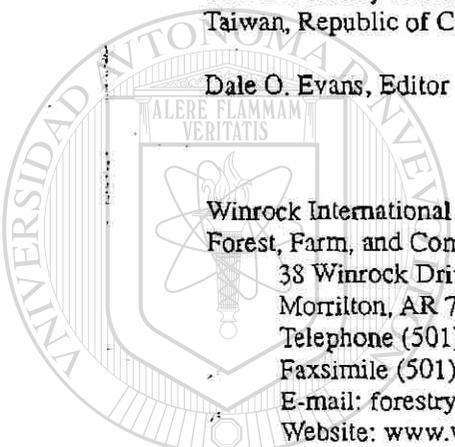


©Winrock International Institute for Agricultural Development, 1998
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced without
written permission from the copyright owner.
ISSN 1097-5500

Forest, Farm, and Community Tree Research Reports Volume 3, 1998

Published by Winrock International's Forest, Farm, and Community Tree Network and the
Taiwan Forestry Research Institute with financial support from the Council of Agriculture,
Taiwan, Republic of China.

Dale O. Evans, Editor



Winrock International
Forest, Farm, and Community Tree Network
38 Winrock Drive
Morrilton, AR 72110-9370, USA
Telephone (501) 727-5435
Faxsimile (501) 727-5417
E-mail: forestry@winrock.org
Website: www.winrock.org/forestry/facnet.htm

Taiwan Forestry Research Institute
53 Nan-Hai Road, Taipei, Taiwan, Republic of China
Telephone 886-22-381-7107
Faxsimile 886-22-314-2234

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS
Council of Agriculture, Executive Yuan
37 Nan-Hai Road, Taipei, Taiwan, Republic of China

Forest, Farm, and Community Tree Research Reports

Table of Contents

Section 1. Contributed papers about more than one genus

Brazil

M.J.A. Bertalot, I.A. Guerrini, and E. Mendoza

Performance of four nitrogen fixing tree species in cerrado soil conditions 1

India

Anil Kumar, K. R. Solanki, and R. Singh

Effect of windbreak on white rust and downy mildew
of mustard (*Brassica campestris*) 4

Mexico

R. Ramírez-Orduña, R.G. Ramírez, R. Almaraz-Sánchez,
H. Gonzalez-Rodríguez, J.M. Ramírez-Orduña, R. Cepeda-Palacios,
and J. M. Avila-Sandoval

Seasonal variation in leaf mineral content of shrubs from
Baja California Sur, Mexico 8

R. Ramírez-Orduña, R.G. Ramírez, J.M. Ramírez-Orduña,
R. Cepeda-Palacios, and J.M. Avila-Sandoval

Seasonal variation in nutrient content of shrubs from
Baja California Sur, Mexico 13

Philippines

Blesilda M. Calub

Cutting interval and tree age at first cutting affect herbage production
of six hedgerow tree species 17

USA

Craig Elevitch, Kim Wilkinson, and Bruce Mathews

Mulch from hedgerows of nitrogen fixing trees affects
soil nutrient levels in a jackfruit orchard 21

R. Ramírez-Orduña¹, R. G. Ramírez², R. Almaraz-Sánchez², H. Gonzalez-Rodríguez³, J. M. Ramírez-Orduña¹, R. Cepeda-Palacios¹, and J. M. Avila-Sandoval¹. ¹Depto. Zootecnia, Universidad Autónoma de Baja California Sur; ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia; ³Facultad de Ciencia Químicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Apartado Postal 142, Sucursal F, San Nicolás de Los Garza, Nuevo León 66451, Mexico.

Seasonal variation in leaf mineral content of shrubs from Baja California Sur, Mexico

In many areas of the world, the nutritional status of grazing animals represents one of the main problems that limit animal production, and the main factors are low protein content of the forages, low energy intake because of high fiber content, and vitamin and mineral deficiencies (García and Montemayor 1987).

To understand the adequate mixture of required minerals to satisfy animals' needs, one must take account the mineral content in forages, water, and soil (Underwood 1981). However, Sousa (1978) asserted that mineral analysis of soil is not a precise tool for assessing the mineral nutrition of the animals that graze vegetation growing in the soil, because the soil mineral profile did not reveal possible animal deficiencies. Moreover, minerals in water and soil could provide adequate amounts of Co, Zn, Ca, P, and Fe, but P, Mg, Ca, and Cu could interfere with the absorption of the other minerals (García and Montemayor 1987). Minerals in the foliage can be an effective means to predict the possible mineral status of the grazing animals consuming that foliage, but changes in climate may affect the mineral composition and availability in foliage (McDowell 1997). Our study evaluated and compared seasonal variation in the mineral composition of 10 native shrubs that grow in Baja California Sur, Mexico.

Materials and methods

The study was done in the ranch Palmar de Abajo (800 ha) located in La Paz Baja California Sur (23°38'40"N, 110°18'07"W). The climate of the region is arid with annual mean temperature of 22°C and precipitation of 182 mm; the rainy season occurs during the summer and winter months. Branches from the legumes *Acacia peninsularis* (Britt. L. Rose) Standley, *Cercidium floridum* (Benth.) *Pithecellobium confine* (Standley), and *Prosopis* sp. (Torr.) and the non-legumes *Bursera microphylla* Gray (Burseraceae), *Turnera difusa* Willd. (Turneraceae), *Cyrtocarpa edulis* (Brand) Stand. (Anacardiaceae), *Mimosa xantii* Gray (Mimosaceae), *Lippia palmeri*, S. Wats (Verbenaceae), and *Opuntia cholla*, Weber (Cactaceae) were collected from 16 linear transects of 30 m, located randomly. Collections were made in the four seasons of 1993; winter (Feb. 23), spring (May 23), summer (Aug. 23), and fall (Nov. 23). In each season, branches were bulked in one sample of each species and were allowed to dry under a shed. Leaves were manually removed from the branches and ground in a Wiley mill (2-mm screen). Shrubs evaluated in this study are reported to be consumed by cattle and goats (Agúndes et al. 1992, Arreaga and Cancino 1992).

In each season, triplicate samples of leaves from each shrub were prepared for mineral analysis using the wet ashing (HCl-HNO₃) procedure of AOAC (1990). Atomic absorption spectrophotometry using an air-acetylene flame was used to measure mineral concentrations of Ca, Mg, Na, K, Cu, Fe, Zn, and Mn. Phosphorous concentration was measured by colorimetry (AOAC 1990). The significance of plant effects on mineral composition

was determined during the four seasons with

Results are presented in Table 1. Higher concentrations of minerals were found in other seasons than in other seasons that were collected (annual mean mineral content in the diet

In the diet, the mineral content was not sufficient to meet the minimum requirements of the animals.

During the spring and summer seasons, the mineral content of *T. difusa* was significantly different from the other shrubs (Table 1). In the winter season, the mineral content of *T. difusa* was not significantly different from the other shrubs.

During the winter season, the mineral content of *T. difusa* was significantly different from the other shrubs (Table 1). In the spring season, the mineral content of *T. difusa* was not significantly different from the other shrubs.

During the summer season, the mineral content of *T. difusa* was significantly different from the other shrubs (Table 2). In the fall season, the mineral content of *T. difusa* was not significantly different from the other shrubs.

During the winter season, the mineral content of *T. difusa* was significantly different from the other shrubs (Table 2). In the spring season, the mineral content of *T. difusa* was not significantly different from the other shrubs.

During the summer season, the mineral content of *T. difusa* was significantly different from the other shrubs (Table 2). In the fall season, the mineral content of *T. difusa* was not significantly different from the other shrubs.

During the winter season, the mineral content of *T. difusa* was significantly different from the other shrubs (Table 2). In the spring season, the mineral content of *T. difusa* was not significantly different from the other shrubs.

Conclusion: Mineral concentrations in the leaves of the shrubs were not sufficient to meet the minimum requirements of the animals. The mineral content in the leaves of the shrubs was significantly different from the other shrubs in the winter season.

quez¹,
Depto.
naria
León,
xico.

bs

e of the
content
mineral

needs,
d 1981).
r assess-
because
erals in
Ca, and
or 1987).
status of
the mineral
and com-
ow in Baja

California
mean tem-
the summer
e) Standley,
s sp. (Torr.)
fusa Willd.
xantii, Gray
olla, Weber
Collections
summer (Aug.
each species
the branches
reported to be
92).
ered for min-
omic absorp-
eral concen-
was measured
composition.

was determined by analysis of variance using a completely randomized block design. The seasons were the blocks and plants were the treatments (Statistix 1996).

Results and discussion

Higher concentrations of P in leaves of shrubs were found in summer and winter seasons than in other seasons. With the exception of *M. xantii*, all shrubs had concentrations of P that were significantly different among seasons (Table 1). *Lippia palmeri* had the highest (annual mean) concentration of P, and *P. confine* had the lowest. Phosphorus requirements in the diet of grazing beef cattle are from 1.8 to 3.8 g/kg (NRC 1996).

In this study, most shrubs in all seasons had concentrations of Ca in sufficient amounts to meet beef cattle requirements (1.9 to 7.3 g/kg; NRC 1996). *Opuntia cholla* had the highest level of Ca, and *M. xantii* had the lowest.

During the summer, most shrubs had high levels of Mg (Table 1), but during the spring and winter seasons, they were low. *Opuntia cholla* had the highest level of Mg, and *T. difusa* had the lowest. Only *C. edulis*, *O. cholla*, and *Prosopis* sp. were significantly different ($P < 0.05$) among seasons. It seems that all shrubs in all seasons had enough Mg to meet grazing beef cattle requirements (1.0 g/kg; NRC 1996).

During spring and summer, most shrubs had higher Na concentrations than at other times (Table 2). All shrubs, with the exception of *B. microphyla* and *O. cholla*, were significantly different among seasons in their Na concentration. In all seasons, shrubs such as *A. peninsularis*, *O. cholla*, and *Prosopis* sp. had Na levels below beef cattle requirements (0.6 to 0.8 g/kg; NRC 1996).

During winter and summer, most shrubs had higher levels of K than at other times (Table 2). Most shrubs were significantly different among seasons in their K concentrations; only *M. xantii* and *T. difusa* in the spring had levels of K too low to meet beef cattle requirements (6.0 g/kg; NRC 1996). During spring and winter, most plants had high Zn concentrations, whereas during other seasons they were low (Table 2). All the shrubs had levels of Zn that were significantly different among seasons. Grazing beef cattle require about 30 mg/kg of Zn in their diet (NRC 1996), and in all seasons, all shrubs studied had insufficient Zn to meet cattle requirements.

During winter and summer, the shrubs had higher concentrations of Cu than in other seasons (Table 3). Moreover, most plants had Cu concentrations that were significantly different among seasons, with the exception of *A. peninsularis*, *C. floridum*, *C. edulis*, and *T. difusa*, which were not different ($P < 0.05$). Grazing beef cattle require around 10 mg/kg of Cu in their diets to satisfy requirements. In this study, only plants such as *B. microphyla*, *L. palmeri*, and *T. difusa* had, during spring, summer, and winter, sufficient amounts of Cu to meet cattle requirements (NRC 1996).

All plants in all seasons had sufficient concentrations of Fe (50 mg/kg; NRC 1996) to meet the requirements of grazing beef cattle. Most shrubs had high Fe concentrations during spring but low levels during winter and fall (Table 3). Moreover, all shrubs, with the exception of *Prosopis* sp., had levels of Fe that were significantly different among seasons.

All shrubs in all seasons had Mn concentrations in their leaves adequate to meet grazing beef cattle requirements (20 mg/kg; NRC 1996). Moreover, during spring and summer, most shrubs had high Mn concentrations, but during winter and fall they were low. All plants had Mn levels that were significantly different among seasons (Table 3).

Conclusions

Mineral concentrations of all the shrubs tested varied seasonally. P, Ca, K, Mg, and Fe were present in leaves of the shrubs in sufficient amounts to meet grazing beef cattle requirements. Na, Zn, and Cu concentrations were below cattle requirements.

Table 1. Seasonal ranges of P, Ca, and Mg (g/kg dry matter) in the leaves of shrubs.

Plants	P			Ca			Mg		
	Range	M	SE	Range	M	SE	Range	M	SE
<i>Acacia peninsularis</i>	2 f - 4 w	3	0.2	9 w - 17 f	15	0.8	2 w - 9 sp	4	1.1
<i>Bursera microphylla</i>	2 w - 3 f	3	0.2	17 su - 23 w	19	2.0	2 sp - 5 su	4	0.7
<i>Cercidium floridum</i>	2 f - 3 sp	3	0.1	15 su - 30 f	24	1.2	3 sp - 9 f	6	1.3
<i>Cyrtocarpa edulis</i>	2 f - 3 sp	3	0.1	17 f - 27 sp	20	2.4	2 w - 5 sp	3	0.4
<i>Lippia palmeri</i>	3 f - 5 sp	4	0.6	19 su - 23 w	21	1.3	2 f - 6 su	4	0.6
<i>Mimosa xantii</i>	2 sp - 4 su	3	0.1	11 sp - 12 w	11	0.9	2 su - 5 w	4	0.8
<i>Opuntia cholla</i>	2 sp - 3 su	2	0.2	22 f - 46 su	40	1.5	10 f - 17 su	13	0.8
<i>Pithecellobium confine</i>	2 su - 2 w	2	0.1	19 f - 24 sp	20	1.9	3 w - 5 f	4	0.8
<i>Prosopis sp.</i>	1 f - 4 w	3	0.4	14 w - 28 su	20	0.9	3 w - 4 su	4	0.3
<i>Turnera diffusa</i>	2 f - 3 w	3	0.3	10 sp - 15 su	13	1.1	2 sp - 3 su	3	0.5

DM = dry matter; M = mean; SE = standard error; Sig = significance; su = summer; f = fall; w = winter; sp = spring; (P<0.05), ** (P<0.01), *** (P<0.001); NS = not significant.

Table 2. Seasonal ranges of Na, K (g/kg dry matter), and Cu (mg/kg dry matter) in the leaves of shrubs.

Plants	Na			K			Zn		
	Range	M	SE	Range	M	SE	Range	M	SE
<i>Acacia peninsularis</i>	0.2 su - 0.8 sp	0.4	0.1	10 sp - 12 su	11	2.1	12 sp - 19 w	15	0.8
<i>Bursera microphylla</i>	0.9 su - 3.2 sp	1.7	0.5	10 w - 12 f	11	0.9	14 w - 22 sp	18	0.7
<i>Cercidium floridum</i>	0.7 su - 1.4 sp	1.0	0.1	10 f - 16 w	13	0.5	20 sp - 22 su	21	0.1
<i>Cyrtocarpa edulis</i>	0.4 su - 1.3 f	0.8	0.1	9 w - 11 w	9	1.1	14 w - 17 w	16	0.6
<i>Lippia palmeri</i>	0.9 sp - 1.2 su	1.0	0.01	15 sp - 19 w	17	0.9	13 sp - 22 su	18	0.2
<i>Mimosa xantii</i>	0.2 w - 0.8 f	0.6	0.05	4 sp - 11 su	8	0.5	11 w - 19 su	14	0.2
<i>Opuntia cholla</i>	0.1 f - 0.6 sp	0.3	0.06	17 sp - 24 su	21	1.9	9 sp - 18 su	13	0.3
<i>Pithecellobium confine</i>	0.3 w - 0.8 sp	0.6	0.04	8 f - 13 su	11	0.5	9 f - 15 w	12	0.2
<i>Prosopis sp.</i>	0.2 w - 0.9 su	0.5	0.02	9 su - 14 w	11	0.5	18 f - 28 w	22	0.2
<i>Turnera diffusa</i>	0.6 sp - 0.9 su	0.7	0.02	3 sp - 10 w	7	0.4	19 sp - 25 su	22	0.6

DM = dry matter; M = mean; SE = standard error; Sig = significance; su = summer; f = fall; w = winter; sp = spring; (P<0.05), ** (P<0.01), *** (P<0.001); NS = not significant.

Table 3. Seasonal ranges of Cu, Fe, and Mn (mg/kg dry matter) in the leaves of shrubs.

<i>Mimosa xantii</i>	0.1 f	- 0.6 sp	0.3	0.06	NS	17 sp	11	0.5	18 f	- 28 w	22	0.2	***
<i>Opuntia cholla</i>	0.3 w	- 0.8 sp	0.6	0.04	***	8 f	13	0.5	19 sp	- 25 su	22	0.6	**
<i>Pithecellobium confine</i>	0.2 w	- 0.9 su	0.5	0.02	***	9 su	14	0.5	19 sp	- 25 su	22	0.6	**
<i>Prosopis</i> sp.	0.2 w	- 0.9 su	0.5	0.02	***	3 sp	10	0.4	19 sp	- 25 su	22	0.6	**
<i>Turnera diffusa</i>	0.6 sp	- 0.9 su	0.7	0.02	***	3 sp	10	0.4	19 sp	- 25 su	22	0.6	**

DM = dry matter; M = mean; SE = standard error; Sig = significance; su = summer; f = fall; w = winter; sp = spring; * (P < 0.05); ** (P < 0.01); *** (P < 0.001); NS = not significant.

Table 3. Seasonal ranges of Cu, Fe, and Mn (mg/kg dry matter) in the leaves of shrubs.

Plants	Cu			Fe			Mn		
	Range	M	SE	Range	M	SE	Range	M	SE
<i>Acacia peninsularis</i>	8 w - 9 sp	9	0.6	83 su - 305 f	194	8	29 w - 45 f	39	0.9
<i>Bursera microphylla</i>	5 w - 11 sp	8	0.8	98 su - 337 sp	195	12	52 f - 116 sp	78	1.6
<i>Cercidium floridum</i>	5 sp - 7 w	6	0.2	166 su - 360 sp	232	3	44 su - 117 w	72	1.6
<i>Cyrtocarpa edulis</i>	5 sp - 7 w	6	1.1	184 w - 357 sp	271	8	24 su - 41 sp	34	1.4
<i>Lippia palmeri</i>	6 sp - 11 su	9	0.2	142 w - 523 f	345	2	46 su - 54 sp	49	0.6
<i>Mimosa xantii</i>	4 sp - 8 su	6	0.5	141 w - 862 su	430	6	36 f - 51 w	45	1.8
<i>Opuntia cholla</i>	4 sp - 8 su	5	0.4	79 f - 184 sp	139	8	46 f - 201 sp	141	4.1
<i>Pithecellobium confine</i>	5 su - 7 w	6	0.1	105 su - 269 sp	182	16	35 su - 42 sp	40	0.6
<i>Prosopis</i> sp.	4 sp - 7 w	5	0.2	128 f - 172 sp	151	19	65 w - 127 su	87	4.1
<i>Turnera diffusa</i>	8 f - 11 w	9	1.6	336 f - 438 w	376	15	76 f - 97 su	89	2.8

DM = dry matter; M = mean; SE = standard error; Sig = significance; su = summer; f = fall; w = winter; sp = spring; * (P < 0.05); ** (P < 0.01); *** (P < 0.001); NS = not significant.

Literature cited

AOAC. 1990. Official methods of analysis (15th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.

Agúndes, J.E., H.F. Mancillas, A.E. Hernández, and A.G. Trujillo. 1992. Especies forrajeras silvestres en la región de los cabos, B.C.S., Revista de Investigación Científica, UABCS, Mexico 3:1.

Arriaga, L., and J. Cancino. 1992. Prácticas pecuarias y caracterización de especies forrajeras en la selva baja cadusifolia. In: Ortega A. (ed), Uso y manejo de los recursos naturales en la sierra de la laguna Baja California Sur. Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur A.C. La Paz B.C.S. Mexico.

García, C.B., and D. Montemayor. 1987. V Simposio Internacional sobre Ganadería, Chihuahua, Mexico, p. 12-15.

McDowell, L.R. 1997. Minerals for grazing ruminants in tropical regions. Bulletin, University of Florida, USA. p. 6-7.

NRC. 1996. Nutrient requirements of domestic animals, nutrient requirements of beef cattle (7th ed). National Academic of Sciences, National Research Council, Washington, DC, USA.

Sousa, J.C. 1978. Interrelationships among mineral levels in soil forage and animal tissue on ranches in Northern Mato Grosso, Brazil, Ph.D. Dissertation, University of Florida, USA. p. 18.

Statistix. 1996. User's manual. Analytical Software, Tallahassee, FL, USA.

Underwood, E.J. 1981. The mineral nutrition of livestock. FAO-CAB. Aberdeen, Scotland. p. 137.

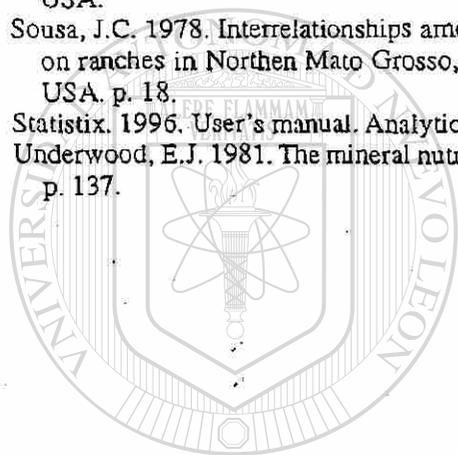
R. Ramí
and J.M.
California
Nuevo Le

Se

Shrubs a
Legumi
are well sui
ability to us
protects the
Moreover, co
and 30-40 pi
In the
consumed by
compare by s

Materials an
The study wa
nia Sur (23°3
temperature o
mer and winte
Standley, *Cer*
sp. (Torr.) and
Willd. (Turner
Gray (Mimosa
(Cactaceae) we
tions were mac
mer (August 2
sample of each
branches and g
included as refe
ported to be con
In each season,
protein (CP), lig
Goering and Va
(Burns 1971 mc
composition was
design. The seas

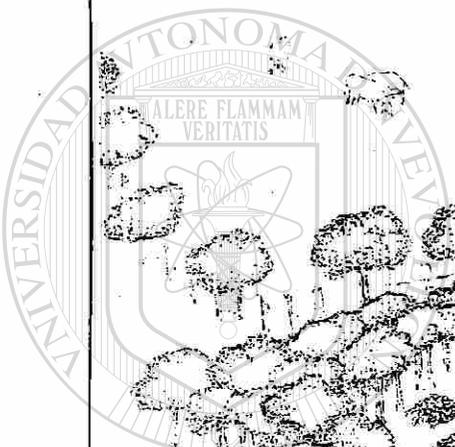
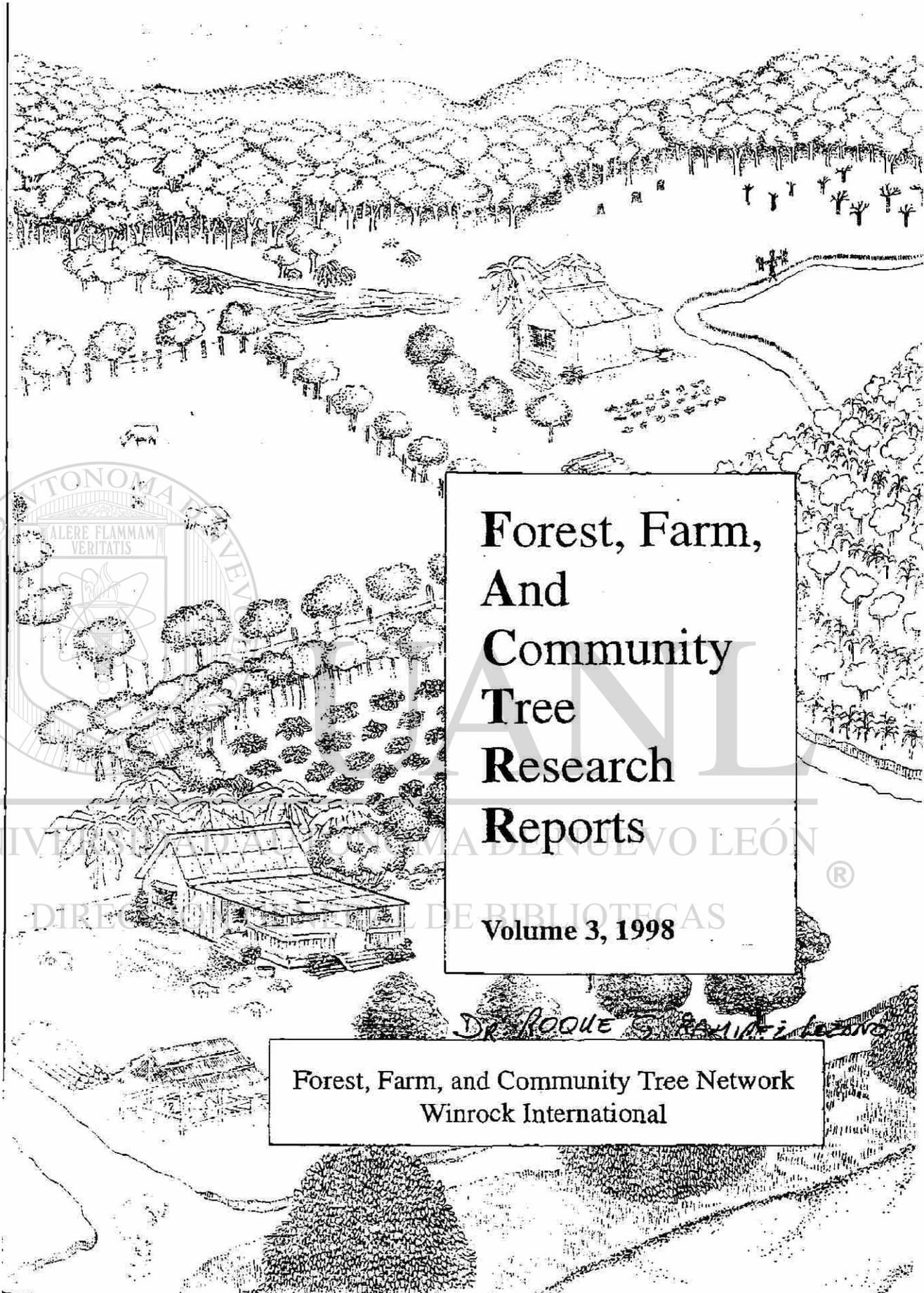
Results and disc
Table 1 shows the
percentage in mo
P. confine, and Pr



U A N L

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



**Forest, Farm,
And
Community
Tree
Research
Reports**

Volume 3, 1998

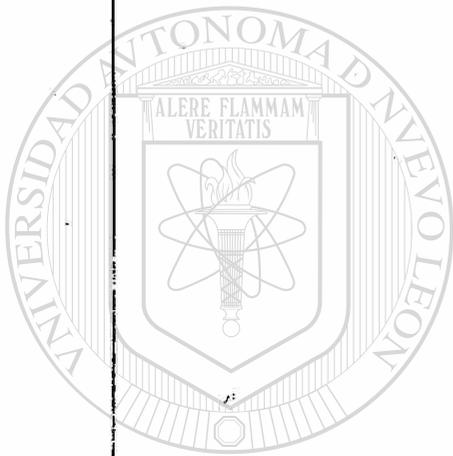
Dr. Roque S. Ramírez-Lezama

**Forest, Farm, and Community Tree Network
Winrock International**

Horacio B. Ramirez Jarama

**Forest, Farm,
And
Community
Tree
Research
Reports**

Volume 3, 1998



UANL

**Published by Winrock International's
Forest, Farm, and Community Tree Network**

**in collaboration with
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS**

**Council of Agriculture, Taiwan
Taiwan Forestry Research Institute**

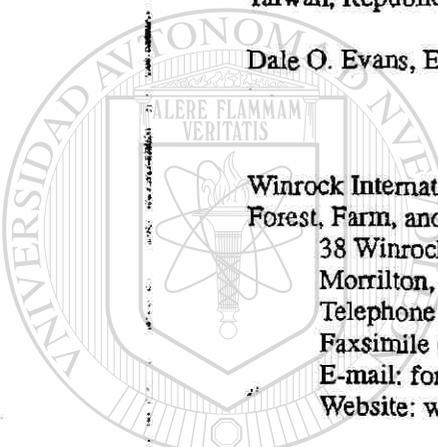


©Winrock International Institute for Agricultural Development, 1998
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced without
written permission from the copyright owner.
ISSN 1097-5500

**Forest, Farm, and Community Tree Research Reports
Volume 3, 1998**

Published by Winrock International's Forest, Farm, and Community Tree Network and the
Taiwan Forestry Research Institute with financial support from the Council of Agriculture,
Taiwan, Republic of China.

Dale O. Evans, Editor



Winrock International
Forest, Farm, and Community Tree Network
38 Winrock Drive
Morrilton, AR 72110-9370, USA
Telephone (501) 727-5435
Faxsimile (501) 727-5417
E-mail: forestry@winrock.org
Website: www.winrock.org/forestry/factnet.htm

Taiwan Forestry Research Institute
53 Nan-Hai Road, Taipei, Taiwan, Republic of China
Telephone 886-22-381-7107
Faxsimile 886-22-314-2234

Council of Agriculture, Executive Yuan
37 Nan-Hai Road, Taipei, Taiwan, Republic of China

Forest, Farm, and Community Tree Research Reports

Table of Contents

Section 1. Contributed papers about more than one genus

Brazil

- M.J.A. Bertalot, I.A. Guerrini, and E. Mendoza
Performance of four nitrogen fixing tree species in cerrado soil conditions 1

India

- Anil Kumar, K. R. Solanki, and R. Singh
Effect of windbreak on white rust and downy mildew
of mustard (*Brassica campestris*) 4

Mexico

- R. Ramírez-Orduña, R.G. Ramírez, R. Almaraz-Sánchez,
H. Gonzalez-Rodríguez, J.M. Ramírez-Orduña, R. Cepeda-Palacios,
and J. M. Avila-Sandoval
Seasonal variation in leaf mineral content of shrubs from
Baja California Sur, Mexico 8

- R. Ramírez-Orduña, R.G. Ramírez, J.M. Ramírez-Orduña,
R. Cepeda-Palacios, and J.M. Avila-Sandoval.
Seasonal variation in nutrient content of shrubs from
Baja California Sur, Mexico 13

Philippines

- Blesilda M. Calub
Cutting interval and tree age at first cutting affect herbage production
of six hedgerow tree species 17

USA

- Craig Elevitch, Kim Wilkinson, and Bruce Mathews
Mulch from hedgerows of nitrogen fixing trees affects
soil nutrient levels in a jackfruit orchard 21

R. Ramírez-Orduña¹, R. G. Ramírez², J. M. Ramírez-Orduña¹, R. Cepeda-Palacios¹, and J.M. Avila-Sandoval¹. ¹Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma de Baja California Sur. ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Nuevo León. Apartado Postal 142, Sucursal F, San Nicolás de los Garza, N.L. 66451, Mexico.

Seasonal variation in nutrient content of shrubs from Baja California Sur, Mexico

Shrubs are an important source of nutrients for ruminants in arid and semiarid regions. Leguminous plants are important because of their ability to fix nitrogen, and they often are well suited as animal feeds (Devendra 1995). Grazing ruminants have developed the ability to use these plants as the only source of nutrients; however, the lignin in plants protects the structural carbohydrates of plants from microbial digestion (Van Soest 1994). Moreover, cell wall represents 35–80 percent of the organic matter (Jung and Allen 1995) and 30–40 percent of the digestible energy intake (Galyean and Goetsch 1993).

In the peninsula of Baja California, an arid region of Mexico, shrubs are heavily consumed by livestock, and most of these plants are legumes. This study was conducted to compare by season the nutrient profile of 10 native shrubs that grow there.

Materials and methods

The study was done in the ranch Palmar de Abajo (800 ha) located in La Paz, Baja California Sur (23°38'40"N, 110°18'07"W). The climate of the region is arid with annual mean temperature of 22°C and precipitation of 182 mm; the rainy season occurs during the summer and winter months. Branches from the legumes *Acacia peninsularis* (Britt. L. Rose) Standley, *Cercidium floridium* (Benth.) *Pithecellobium confine* (Standley), and *Prosopis* sp. (Torr.) and the non-legumes *Bursera microphyla* Gray (Burseraceae), *Turnera diffusa* Willd. (Turneraceae), *Cyrtocarpa edulis* (Brand) Stand. (Anacardiaceae), *Mimosa xantii*, Gray (Mimosaceae), *Lippia palmeri*, S. Wats (Verbenaceae), and *Opuntia cholla*, Weber (Cactaceae) were collected from 16 linear transects 30 m long at random locations. Collections were made in the four seasons of 1993: winter (February 23), spring (May 23), summer (August 23), and fall (November 23). In each season, branches were bulked in one sample of each species and dried under a shed. Leaves were manually removed from the branches and ground in a Wiley mill (2-mm screen). Alfalfa hay (*Medicago sativa*) was included as reference plant with high CP content. Shrubs evaluated in this study are reported to be consumed by cattle and goats (Agundes et al. 1992, Arreaga and Cancino 1992). In each season, duplicate samples were analyzed to determine dry matter (DM), ash, crude protein (CP), lignin (AOAC 1990), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF, Goering and Van Soest 1970 modified by Van Soest et al. 1991), and condensed tannins (Burns 1971 modified by Price et al. 1978). The significance of plant effects on nutrient composition was determined by analysis of variance using a completely randomized block design. The seasons were the blocks and plants were the treatments (Statistix 1996).

Results and discussion

Table 1 shows the ranges and annual means of organic matter (OM), CP, and ash. The OM percentage in most plants was significantly different among seasons, except for *L. palmeri*, *P. confine*, and *Prosopis* sp. With exception of *O. cholla*, all shrubs had higher OM (annual

mean) than *M. sativa*. CP content was higher in winter and lower in spring for most plants. With the exception of *P. confine*, the shrubs were significantly different in CP content among seasons. Only *P. confine* and *Prosopis* sp. had higher CP (annual mean) than *M. sativa*. It has been reported that in general the CP in browse species is high and varies from 11.1 to 41.7 (Ramírez, 1996). In our study, however, *O. cholla*, *B. microphyla*, *L. palmeri*, and *T. difusa* had very low CP values in all seasons of the year.

Cell wall, ADF (ligno-cellulose), and cellulose contents are shown in Table 2. During spring and winter, most shrubs had higher cell wall percentage than in other seasons. With the exception of *C. floridum*, *P. confine*, and *Prosopis* sp., all shrubs were significantly different among seasons. On the other hand, ADF values were higher during the fall and spring. All shrubs had significantly different ADF values among seasons. The cellulose content was significantly different among seasons only in *A. peninsularis*, *B. microphyla*, *C. floridum*, *C. edulis*, and *P. confine*. All the shrubs had higher cellulose content (annual mean) than *M. sativa*.

Only *O. cholla* had higher hemicellulose values (annual mean) than *M. sativa*. Most shrubs had higher hemicellulose content in winter (Table 3), and most had hemicellulose percentages that were significantly different among seasons. In general, annual mean percentages of hemicellulose were lower than cellulose. This finding also was reported by Norton and Poppi (1995). In spring and fall, most shrubs had higher levels of lignin than in other seasons. All shrubs except *B. microphyla* were significantly different among season in their lignin contents (Table 3). Lignin was high in most shrubs compared to *M. sativa*. It has been reported that, in general, browse plants have lower lignin than grasses (Norton and Poppi 1995). It also has been reported that high levels of lignin negatively affect the rate and extent of dry matter digestion in shrubs from northeastern Mexico. (Ramírez et al. 1998). Most plants had higher condensed tannins during fall and winter than in other seasons (Table 3). All shrubs had higher levels of condensed tannins than *M. sativa*.

Conclusions

All of the nutritional factors analyzed in the leaves of these shrubs varied seasonally. Higher values of CP and hemicellulose were found in winter. Most of the shrubs had high levels of lignin, and in *L. palmeri*, *P. confine*, and *B. microphyla*, lignin was about 40 percent of the cell wall content.

Literature cited

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis (15th Ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Agúndez, J.E., H.F. Mancillas, A.E. Hernández, and A.G. Trujillo. 1992. Especies forrajeras silvestres en la región de los cabos, B.C.S., Revista de Investigación Científica, UABCS, México 3:1.
- Arriaga, L., and J. Cancino. 1992. Prácticas pecuarias y caracterización de especies forrajeras en la selva baja cadusifolia. In: A. Ortega (ed), Uso y manejo de los recursos naturales en la sierra de la laguna Baja California Sur. Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur A.C. La Paz B.C.S., Mexico.
- Burns J.C. 1971. Method for estimation of tannins in sorghum grain. Agron. J. 63:511-515.
- Devendra, C. 1995. Composition and nutritive value of browse. In: J.P.F. D'Mello and C. Devendra (eds), Tropical legumes in animal nutrition. CAB International. p. 49-67.
- Galyean, M.L., and A.L. Goetsh, 1993. Utilization of forage fiber by ruminants. In: H.G. Jung, D.R. Buxton, R.D. Hatfield, and J. Ralph (eds), Forage cell wall structure and digestibility. International Symposium on Forage Cell Wall Structure and Digestibility, Madison Wisconsin, USA. p. 33-71.

Table 1. Seasonal ranges of the organic matter, ash, and crude protein contents (% of DM) in the leaves of shrubs.

Crude protein

Ash

Organic matter

plants.
among
ativa. It
11.1 to
n, and T.

2 During
sons. With
nificantly
the fall and
cellulose
microphyta,
ent (annual

ativa. Most
nicellulose
mean per-
reported by
gin than in
g season in
ativa. It has
Norton and
fect the rate
amírez et al.
n other sea-
iva.

ally. Higher
high levels of
percent of the

ial Analytical

cies forrajas
ifica, UABCS,

cies forrajas
os naturales en
lógicas de Baja

J. 63:511-515.

D'Mello and C.

al. p. 49-67.

nants. In: H.G.

ell structure and
and Digestibility,

s—Vol. 3 (1998)

Table 1. Seasonal ranges of the organic matter, ash, and crude protein contents (% of DM) in the leaves of shrubs.

Plant	Organic matter			Ash			Crude protein		
	Range	M	SE	Range	M	SE	Range	M	SE
<i>Medicago sativa</i>	92 sp	89	0.11	5 w - 7 sp	11	0.1	11 f - 20 w	16	1.6
<i>Acacia penninsularis</i>	91 w - 93 f	94	0.21	7 f - 9 w	6	0.2	5 sp - 10 w	13	0.4
<i>Bursera microphylla</i>	89 f - 92 su	91	0.41	8 su - 11 f	10	0.4	13 sp - 21 w	15	0.5
<i>Cercidium floridum</i>	90 w - 93 su	92	0.46	7 su - 9 w	8	0.4	10 sp - 16 w	13	0.4
<i>Cyrtocarpa edulis</i>	89 w - 91 sp	92	0.51	9 sp - 11 w	10	0.5	7 sp - 12 w	9	0.3
<i>Lippia palmeri</i>	93 su - 95 w	94	0.43	5 w - 7 su	6	0.4	11 sp - 17 w	15	0.6
<i>Mimosa xantii</i>	81 su - 93 w	86	0.14	7 w - 19 su	14	0.1	3 sp - 6 w	4	0.3
<i>Opuntia cholla</i>	91 sp - 93 f	92	0.55	7 w - 9 sp	8	0.5	12 su - 24 w	17	1.3
<i>Pithecellobium confina</i>	92 su - 94 w	93	0.45	6 w - 8 su	7	0.4	16 f - 26 w	19	2.0
<i>Prosopis</i> sp.	85 w - 94 sp	91	0.13	6 f - 15 w	9	0.1	6 sp - 13 su	10	0.6

DM = dry matter; M = mean; SE = standard error; Sig = significance; su = summer; f = fall; w = winter; sp = spring; * (P < 0.05); ** (P < 0.01); *** (P < 0.001); NS = not significant.

Table 2. Seasonal ranges of cell wall, acid detergent fiber, and cellulose contents (% of DM) in the leaves of shrubs.

Plant	Cell wall			Acid detergent fiber			Cellulose		
	Range	M	SE	Range	M	SE	Range	M	SE
<i>Medicago sativa</i>	35 f - 45 w	38	0.6	26 su - 31 f	28	0.1	15 sp - 20 su	9	1.5
<i>Acacia penninsularis</i>	26 w - 51 sp	37	0.3	20 w - 49 sp	29	0.3	12 w - 24 sp	16	0.9
<i>Bursera microphylla</i>	27 f - 29 su	27	0.6	19 f - 22 su	20	0.4	3 sp - 19 f	14	1.4
<i>Cercidium floridum</i>	32 f - 39 su	34	0.3	17 w - 27 sp	24	0.5	10 w - 17 su	13	0.6
<i>Cyrtocarpa edulis</i>	37 su - 50 sp	43	1.3	34 w - 35 f	34	0.3	12 w - 14 sp	13	1.3
<i>Lippia palmeri</i>	32 sp - 40 f	34	0.9	26 su - 30 sp	29	0.5	20 w - 24 sp	22	0.5
<i>Mimosa xantii</i>	32 f - 52 w	41	0.7	16 w - 24 f	20	0.3	8 sp - 18 f	12	1.9
<i>Opuntia cholla</i>	39 su - 41 f	40	0.6	28 w - 35 su	32	0.5	15 sp - 25 su	18	1.5
<i>Pithecellobium confina</i>	33 su - 37 w	34	1.4	22 su - 26 f	23	0.2	7 sp - 19 su	11	2.4
<i>Prosopis</i> sp.	31 su - 46 sp	40	0.9	28 su - 36 f	31	0.2	13 sp - 21 su	17	1.3

DM = dry matter; M = mean; SE = standard error; Sig = significance; su = summer; f = fall; w = winter; sp = spring; * (P < 0.05); ** (P < 0.01); *** (P < 0.001); NS = not significant.

Table 3. Seasonal ranges of hemicellulose, lignin and condensed tannins (% of DM) in the leaves of shrubs.

Plant	Hemicellulose			Lignin			Tannins		
	Range	M	SE	Range	M	SE	Range	M	SE
<i>Medicago sativa</i>	4 f - 16 w	10	0.6	7 su - 15 f	10	0.1	4.6 su - 6.8 w	0.0	5.7
<i>Acacia penninsularis</i>	2 sp - 6 w	9	0.2	8 w - 23 sp	12	0.5	0.0 w - 4.7 f	5.7	0.04
<i>Bursera microphylla</i>	6 su - 8 w	3	0.4	0.6 w - 16 sp	13	0.2	5.2 sp - 8.3 f	2.9	0.2
<i>Cercidium floridum</i>	4 f - 14 w	7	0.4	7.5 w - 13 sp	6	0.2	4.6 su - 7.0 w	6.4	0.07
<i>Cyrtocarpa edulis</i>	3 su - 14 sp	9	0.4	19 sp - 22 f	10	0.3	0.2 f - 0.4 sp	6.2	0.17
<i>Lippia palmeri</i>	0.6 sp - 9 f	8	1.2	5 sp - 9 f	21	0.9	4.0 su - 5.4 sp	0.32	0.14
<i>Mimosa xantii</i>	5 f - 36 w	4	1.1	4 w - 14 su	7	0.2	0.0 sp - 0.6 f	4.8	0.27
<i>Opuntia cholla</i>	3 su - 12 w	20	0.9	10 su - 16 sp	8	0.3	4.7 su - 7.0 w	0.28	NS
<i>Pithecellobium confine</i>	8 f - 14 w	7	0.7	4 su - 16 sp	14	1.8	0.0 w - 0.9 f	5.7	0.18
<i>Prosopis sp</i>	3 su - 15 sp	10	1.5	7 su - 15 f	12	0.6	4.2 su - 7.0 w	0.5	0.14
<i>Turnera diffusa</i>		8	0.8		12	0.4		5.9	0.16

DM = dry matter; M = mean; SE = standard error; Sig = significance; su = summer; f = fall; w = winter; sp = spring; ** (P < 0.05); *** (P < 0.001); NS = not significant.

Goering, H.K., and P.J. Van Soest, 1970. Forage fiber analysis. USDA Agricultural Handbook no. 379.

Jung, H.G., and M.S. Allen. 1995. Characteristics of plant cell wall affecting intake and digestibility of forages by ruminants. J. Anim. Sci. 73:2774-2790.

Norton, B.W., and D.P. Poppi. 1995. Composition and nutritional attributes of pasture legumes. In: J.P.F. D'Mello and C. Devendra (eds), Tropical legumes in animal nutrition. CAB International, p. 23-48.

Price, M.L., S. Van Soest, and L.G. Butler. 1978. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. J. Agric. Food Chem. 26:1214-1220.

Ramirez, R.G. 1996. Feed value of browse. VI International Conference on Goats. International Academic Publishers, Beijing, China, p. 510-517.

Ramirez, R.G., L.A. Hauad, R. Foroughbackhch and J. Moya-Rodriguez. 1998. Extent and rate of digestion of the dry matter in leaves of 10 native shrubs from northeastern Mexico. FYTON International Journal of Experimental Botany. In press.

Statistix. 1996. User's Manual. Analytical Software. Tallahassee, Florida, EUA.

Van Soest, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Comstock Publishing Associates, Cornell University Press, Ithaca, NY, USA.

Van Soest, P.J., J.B. Robertson, and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74:3583.

Blesilda M.
ippines at Le

Cutti herl

The rate of
hedgero
trees (Stir et
defoliation d
1994). Unde
necessary in
species (Stir
trees planted

Materials an
The field exp
Baños, Lagu
the study, rai
and from 33

The se
available P, 2

The st
design with 1
Erythrina or
(Lam.) de W
the main plo
plots. Three

Seeds
to form singl
plant per hill
weeding and

Deper
12 months b
16 weeks. C

Cutti
1 cm) and w
ment combir
hours until a

Results and
Tree age at
biomass fro
year, total d
percentage l
the increase
dry matter y

Forest, Far

