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

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

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS BIOLOGICAS
CON ESPECIALIDAD EN BOTANICA

PRESENTA

JOSE GUADALUPE MOYA RODRIGUEZ

MONTERREY, NUEVO LEON AGOSTO DE 2002

J. MOYA R.

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

TD
SB193
.M6
2002
c.1

2002

1080124448

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

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

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS BIOLOGICAS
CON ESPECIALIDAD EN BOTANICA

PRESENTA

JOSE GUADALUPE MOYA RODRIGUEZ

MONTERREY, NUEVO LEON AGOSTO DE 2002

TD
SB193
.M6
2002

UANL
FONDO
TESIS DOCTORADO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

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

T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

CON ESPECIALIDAD EN BOTÁNICA

PRESENTA

JOSÉ GUADALUPE MOYA RODRÍGUEZ

MONTERREY, NUEVO LEÓN **AGOSTO DE 2002**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

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

COMISIÓN DE TESIS

DR. RAHIM FOROUGHBAKHCH POURNAVAB
Presidente

DRA. LETICIA A. HÁUAD MARROQUÍN
Secretario

DR. ROQUE GONZALO RAMÍREZ LOZANO
Vocal

DR. HUMBERTO GONZÁLEZ RODRÍGUEZ
(Vocal)

DR. MOHAMMAD H. BADII ZABEH
(Vocal)

MONTERREY, NUEVO LEÓN **AGOSTO DE 2002**

DEDICATORIAS

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

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

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

AGRADECIMIENTOS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

AGRADECIMIENTO AL CONACYT

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

ÍNDICE DE CONTENIDO

Página

ÍNDICE DE FIGURAS VIII
ÍNDICE DE CUADROS IX
ÍNDICE DE ANEXOS X

RESUMEN 1

SUMMARY 2

I. INTRODUCCIÓN 3
Hipótesis 4
Objetivos 5

II. ANTECEDENTES 6
Importancia de árboles y arbustos en la dieta de los rumiantes 6
Efectos del medio ambiente sobre la calidad del forraje 8
Componentes del follaje que influyen sobre la digestibilidad y el consumo voluntario del forraje de arbustivas 10
Proteína cruda 10
Fibra vegetal 11
Cenizas 14
Nutrimentos minerales en plantas 15
a) Importancia de algunos macro y micronutrimentos en las plantas 16
Nutrimentos minerales en animales 20
a) Importancia de algunos macro y micronutrimentos en los animales 20
Energía 23
Taninos 24
Técnica de la bolsa nylon en la digestibilidad *in situ* 26

III. MATERIALES Y MÉTODOS 28
Descripción de áreas de estudio 28
Características edafoclimáticas de los sitios de colecta 28
A) FASE DE CAMPO Y DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LAS ESPECIES EVALUADAS 31
Muestreo de arbustivas 31
Análisis de suelos 31

Registro de datos climatológicos 32
Selección de especies vegetales 36
Características fenológicas, importancia ecológica, económica, y áreas de distribución de las especies seleccionadas 37
Zanthoxylum fagara 37
Bumelia celastrina 38
Castela texana 39
Schaefferia cuneifolia 39
Forestiera angustifolia 40
Karwinskia humboldtiana 41
Larrea tridentata 42
Acacia wrightii 43
B) PROCEDIMIENTOS EXPERIMENTALES Y DE LABORATORIO 44
Preparación del material vegetal para su análisis de laboratorio 44
Determinación de materia seca (MS) 44
Determinación de cenizas 45
Determinación de materia orgánica (MO) 46
Determinación de proteína cruda (PC) 46
Determinación de fibra detergente neutro (FDN) 47
Determinación de fibra detergente ácido (FDA) 48
Determinación de lignina 49
Determinación de hemicelulosa 50
Determinación de celulosa 50
Determinación de cenizas insolubles 51
Determinación de taninos condensados 51
Determinación de energía bruta (EB) 52
Preparación de cenizas para determinar minerales 54
Determinación de minerales 54
Técnica de digestibilidad *in situ* aplicada 55
Análisis estadístico aplicado 56

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 57
A) CONTENIDO ESTACIONAL DE NUTRIENTES EN EL FOLLAJE DE ARBUSTIVAS 57
Materia seca (MS) 57
Materia orgánica (MO) 57
Proteína cruda (PC) 58
Fibra detergente neutro (FDN) 59
Fibra detergente ácido (FDA) 60
Celulosa 61
Hemicelulosa 62
Lignina 63
Cenizas 64
Cenizas insolubles 65
Taninos 65
Energía bruta (EB) 66

B) DIGESTIBILIDAD RUMINAL..... 67
Parámetros no lineales de digestibilidad ruminal de la materia seca..... 67
Parámetros no lineales de digestibilidad ruminal de la proteína cruda..... 70
Parámetros no lineales de digestibilidad ruminal de la fibra detergente neutro.. 73
C) ANÁLISIS DE CORRELACIÓN..... 75
D) NUTRIMENTOS MINERALES EN LAS PLANTAS EVALUADAS..... 78
Macronutrimentos..... 78
Micronutrimentos..... 83
Consumo potencial estacional de nutrimentos minerales por las cabras..... 87

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 89

VI. LITERATURA CITADA..... 93

ANEXOS..... 105

Currículum Vitae de José Guadalupe Moya Rodríguez..... 127

ÍNDICE DE FIGURAS

No. de figura Página

1. Municipios donde se ubicaron las áreas de muestreo..... 30
2. Precipitación (mm) máxima, mínima y total, registradas en el municipio de Hualahuises, N.L. 33
3. Precipitación (mm) máxima, mínima y total, registradas en el municipio de Carmen, N.L. 33
4. Precipitación (mm) máxima, mínima y total registradas en el municipio de Mina, N.L. 34
5. Temperaturas (°C) máximas, mínimas y medias mensuales, registradas en el municipio de Hualahuises, N.L. 34
6. Temperaturas (°C) máximas, mínimas y medias mensuales, registradas en el municipio de Carmen, N.L. 35
7. Temperaturas (°C) máximas, mínimas y medias mensuales, registradas en el municipio de Mina, N.L. 35
8. Contenido estacional de calcio (g Kg^{-1}) del follaje de las especies evaluadas..... 79
9. Medias estacionales del contenido de Mg (g Kg^{-1}) de las plantas evaluadas..... 80
10. Medias estacionales del contenido de K (g Kg^{-1}) de las plantas evaluadas..... 81
11. Medias estacionales del contenido de Na (g Kg^{-1}) de las arbustivas evaluadas..... 82
12. Medias estacionales del contenido de P (g Kg^{-1}) de las plantas evaluadas..... 83
13. Medias estacionales del contenido de Cu (mg Kg^{-1}) de las especies evaluadas.... 84
14. Medias estacionales del contenido de Mn (mg Kg^{-1}) de las plantas evaluadas..... 85
15. Medias estacionales del contenido de Fe (mg Kg^{-1}) de las especies evaluadas.... 86
16. Medias estacionales del contenido de Zn (mg Kg^{-1}) de las arbustivas evaluadas.. 87

ÍNDICE DE CUADROS

No. de cuadro Página

1. Lista de especies arbustivas del noreste de México que fueron utilizadas para determinar su valor nutritivo y digestibilidad *in situ*..... 36
2. Variación estacional del contenido de proteína cruda (%) del follaje de las especies evaluadas..... 58
3. Dinámica estacional del contenido de fibra detergente neutro (%) del follaje de las arbustivas evaluadas..... 60
4. Variación estacional del contenido de celulosa (%) de las especies evaluadas..... 61
5. Oscilación estacional del contenido de hemicelulosa (%) del follaje de las arbustivas evaluadas..... 63
6. Dinámica estacional del contenido de lignina (%) de las arbustivas analizadas..... 64
7. Variación estacional del contenido de taninos (%) del follaje de las arbustivas evaluadas..... 66
8. Degradabilidad efectiva (%) de la materia seca a una tasa de recambio ruminal de 2% h^{-1} en las cuatro estaciones del año..... 69
9. Variación estacional de degradabilidad efectiva (%) de la proteína cruda a una tasa de recambio ruminal de 2% h^{-1}..... 72
10. Degradabilidad efectiva (%) de la fibra detergente neutro de las arbustivas, a una tasa de recambio ruminal de 2% h^{-1}..... 75
11. Análisis de correlación simple entre las variables de degradabilidad ruminal de la materia seca (MS) y el valor nutritivo de las plantas evaluadas..... 76
12. Análisis de correlación simple entre las variables de degradabilidad ruminal de la proteína cruda (PC) y el valor nutritivo de las arbustivas evaluadas..... 76
13. Análisis de correlación simple entre las variables de degradabilidad ruminal de la fibra detergente neutro (FDN) y el valor nutritivo de las arbustivas evaluadas..... 77

ÍNDICE DE ANEXOS

No. de Anexo *Página*

1. Algunas propiedades físico-químicas del suelo localizado el municipio de Mina, donde se colectó *Larrea tridentata*..... 106
2. Algunas propiedades físico-químicas del suelo localizado el municipio de Carmen, de donde se colectaron *Castela texana* y *Schaefferia cuneifolia*..... 107
3. Algunas propiedades físico-químicas del suelo (sitio 1) localizado en el municipio de Hualahuises, donde se colectaron *Bumelia celastrina*, *Forestiera angustifolia* y *Zanthoxylum fagara*..... 108
4. Algunas propiedades físico-químicas del suelo (sitio 2) localizado en el municipio de Hualahuises, donde se colectaron *Karwinskia humboldtiana* y *Forestiera angustifolia*..... 109
5. Parámetros optimizados del espectrofotómetro que se utilizaron para determinar el contenido foliar de macro y micronutrimentos..... 110
6. Dinámica estacional del contenido de materia seca total (%) del follaje de las especies evaluadas..... 110
7. Variación estacional del contenido de materia orgánica (%) del follaje de las plantas evaluadas..... 111
8. Variación estacional del contenido de fibra detergente ácido (%) de las arbustivas evaluadas..... 111
9. Dinámica estacional del contenido de cenizas (%) de las especies de plantas evaluadas..... 112
10. Variación estacional del contenido de cenizas insolubles (%) de las especies arbustivas evaluadas..... 112
11. Dinámica estacional del contenido de energía (Mcal Kg^{-1}) del follaje de las especies evaluadas..... 113
12. Variación estacional de la fracción de la materia seca (a) que se degrada (%) rápidamente en el rumen..... 113
13. Variabilidad estacional de la fracción (b) de la materia seca que se degrada en el rumen (%) a una tasa medible..... 114
14. Valores (%) de degradabilidad potencial (a+b) de la materia seca de las plantas evaluadas..... 114
15. Valores (% h^{-1}) de la tasa de degradación (c) de la materia seca de las arbustivas durante las cuatro estaciones del año..... 115
16. Variación estacional del tiempo (h) en que las bacterias tardan en iniciar la degradabilidad ruminal de la materia seca de las plantas evaluadas..... 115
17. Valores estacionales (%) de la fracción (a) de la proteína cruda que se degrada rápidamente en el rumen..... 116
18. Variabilidad estacional de la fracción (b) de la proteína cruda que se degrada

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