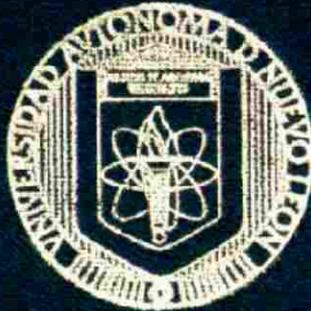


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
SUBDIRECCION DE POSTGRADO



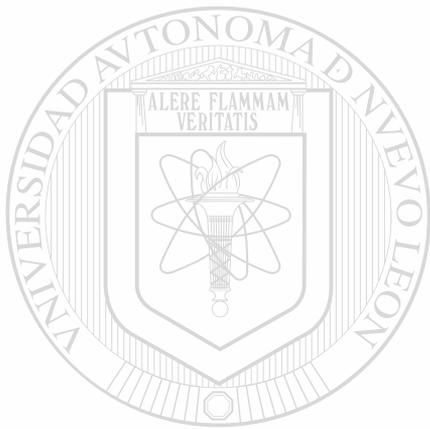
“ANÁLISIS FENOLOGICO Y ALGUNOS ASPECTOS
REPRODUCTIVOS EN ESPECIES SELECTAS
DEL MATORRAL XEROFILO DEL NORESTE
DE MEXICO”

TESIS

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

PRESENTA:
BIOL. MARCO ANTONIO ALVARADO VAZQUEZ

Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, N. L.
Febrero 2003



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**“ANÁLISIS FENOLÓGICO Y ALGUNOS ASPECTOS
REPRODUCTIVOS EN ESPECIES SELECTAS
DEL MATORRAL XEROFILO DEL NORESTE
DE MÉXICO”**

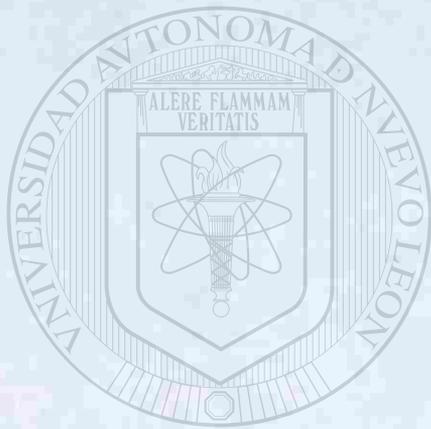
M. A. A. V.

TD
QK211
.A58
2003
c.1

2003



1080124460



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

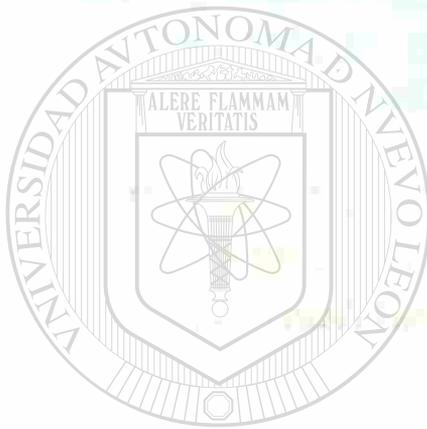
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

SECCIÓN DE POSTGRADO



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
SECCIÓN DE POSTGRADO
UANL

TESIS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

CON ESPECIALIDAD EN PLANTAS

PRESENTA:

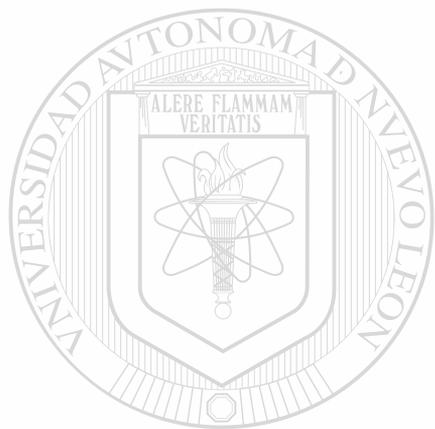
DR. MARCO ANTONIO ALVARADO VAZQUEZ

Asesorado por el Dr. Mtro. J. J. Martínez de los Cobos, Ph. D.

Ph. D. en Botánica



TO
QK211
.A58
2003



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



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



**“ANÁLISIS FENOLÓGICO Y ALGUNOS ASPECTOS REPRODUCTIVOS
EN ESPECIES SELECTAS DEL MATORRAL XERÓFILO
DEL NORESTE DE MÉXICO”**



UANL
TESIS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

CON ESPECIALIDAD EN BOTÁNICA

Presenta:

BIÓL. MARCO ANTONIO ALVARADO VÁZQUEZ

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



"ANÁLISIS FENOLOGICO Y ALGUNOS ASPECTOS REPRODUCTIVOS EN
ESPECIES SELECTAS DEL MATORRAL XERÓFILO
DEL NORESTE DE MÉXICO"

TESIS

para obtener el grado de:

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

Presentada por:

BIÓL. MARCO ANTONIO ALVARADO VÁZQUEZ

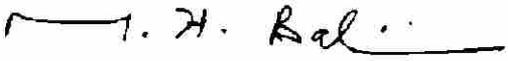
COMISIÓN DE TESIS



Dr. Rahim Foroughbakhch Pournavab
PRESIDENTE



Dr. Enrique Jurado Ybarra
SECRETARIO



Dr. Mohammed Badii Zabeh
PRIMER VOCAL



Dra. Teresa Elizabeth Torres Cepeda
SEGUNDO VOCAL



Dra. Adriana Flores Suárez
TERCER VOCAL

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



"ANÁLISIS FENOLÓGICO Y ALGUNOS ASPECTOS REPRODUCTIVOS EN
ESPECIES SELECTAS DEL MATORRAL XERÓFILO
DEL NORESTE DE MÉXICO"



TESIS

para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
CON ESPECIALIDAD EN BOTÁNICA

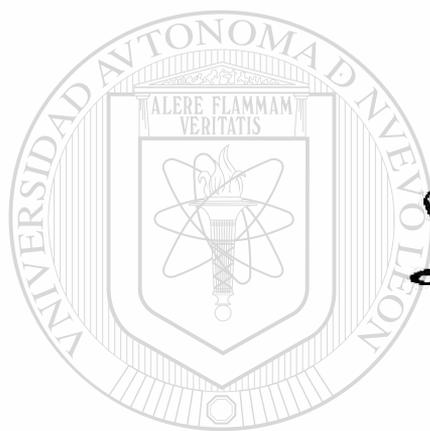
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
Presentada por:
BIÓL. MARCO ANTONIO ALVARADO VÁZQUEZ
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Rahim Foroughbakhch Pournavab".

Dr. Rahim Foroughbakhch Pournavab
DIRECTOR DE TESIS

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Enrique Jurado Ybarra".

Dr. Enrique Jurado Ybarra
DIRECTOR EXTERNO



Dedicatoria

Con Gratitud y Humildad

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

al Supremo Creador®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Con Profundo Amor y Admiración

a Alejandra, Razón de mi Vida

Agradecimientos

Deseo expresar mi agradecimiento a las siguientes personas e instituciones:

Primeramente, a DIOS, por permitirme vivir, por darme salud y rodearme de personas maravillosas.

Al Dr. Luis Jesús Galán Wong, Rector de nuestra Universidad, por el apoyo y facilidades brindadas para la realización de mi estancia de investigación predoctoral en la Universidad de Texas A&M.

A la Dra. Elizabeth Cárdenas Cerda, Secretaria Académica de la UANL, por el apoyo y atenciones brindadas para la titulación.

Al Dr. José Santos García Alvarado, director de la Facultad de Ciencias Biológicas, por el gran apoyo brindado en múltiples aspectos de mi formación doctoral.

Al Dr. Rahim Foroughbakhch, Director de este trabajo de Tesis, por creer en mi y por las muchas muestras de apoyo brindadas a lo largo del desarrollo del proyecto.

Al Dr. Enrique Jurado Ybarra, Director externo del presente trabajo, por sus acertadas sugerencias para mejorar este trabajo y las muestras de apoyo y amistad brindadas.

A la Dra. Teresa Elizabeth Torres Cepeda, Subdirector Académico y miembro del comité de Tesis, por el gran apoyo y amistad brindada a lo largo de mi desarrollo profesional.

Al Dr. Mohammed H. Badii y Dra. Adriana E. Flores Suárez, miembros del Comité de Tesis, por las atenciones brindadas.

A la M.C. Alejandra Rocha Estrada, compañera en el viaje, brújula y timón de mi vida. Gracias por ser como eres.

A los miembros del comité de mi examen predoctoral, Dr. Ildelfonso Fernández Salas, Dra. Lilia H. Morales Ramos, Dra. Lydia Guadalupe Rivera Morales y Dra. Lourdes Lozano Vilano. Agradezco sus atenciones y la oportunidad para aprender sobre otros interesantes temas en la Biología, temas que enriquecen mi formación.

A los miembros del Comité doctoral, Dr. Luis J. Galán Wong, Dra. Adriana E. Flores Suárez, Dr. Juan Manuel Alcocer González, Dr. Carlos E. Hernández Luna, Dr.

Roberto Mendoza Alfaro, Dr. Jesús Angel de León González y Dr. Rahim Foroughbakhch Pournavab quienes amablemente revisaron mi trabajo de Tesis.

A la Subdirección de Posgrado de la Facultad de Ciencias Biológicas, encabezada por la Dra. Ma. Julia Verde Star, por las atenciones y apoyo brindado durante la realización de mis estudios.

M.C. Luis Rocha Domínguez, encargado del Jardín Botánico Efraín Hernández X., de la Facultad de Ciencias Forestales, quien amablemente facilitó la realización del registro de datos fenológicos en ejemplares del matorral del Jardín Botánico.

Dr. Alfonso Ortega Santos y Dr. Timothy Fulbright profesores del Instituto Cesar Kleberg, con quienes tuve la oportunidad de trabajar en mi estancia en dicho Instituto. Igualmente a la M.C. Mary-Vaughn Jhonson e Ing. Luis Enrique Ramírez, compañeros estudiantes con quienes colaboré muy de cerca en el Instituto.

M.C. Ma. Del Consuelo González de la Rosa, Biól. Marco A. Guzmán Lucio, M.C. Marcela González Alvarez, M.C. Sergio Salcedo, Dr. Salomón Martínez Lozano, Dra. Leticia Villarreal Rivera, M.C. Victor Vargas López, Dra Hilda Gámez González, M.C. Irasema A. Jiménez Valdéz y Dr. Sergio Moreno Limón, todos ellos compañeros del Departamento de Botánica y quienes de diversas maneras me alentaron en este proyecto.

Al CONACYT, por el apoyo brindado a través de una beca para estudios de doctorado y una beca para la realización de una estancia de investigación en el instituto Cesar Kleberg de la Universidad Texas A&M.

Al Programa PAICYT, de la Universidad Autónoma de Nuevo León por el apoyo económico brindado a través del Proyecto "Análisis fenológico y Biología floral de en 10 especies del matorral xerófilo del noreste de México", lo cual permitió financiar parcialmente el desarrollo de esta investigación.

A mi familia, especialmente a mis hermanos Mario Alberto y Victor Manuel, quienes colaboraron en múltiples formas en el desarrollo de este trabajo.

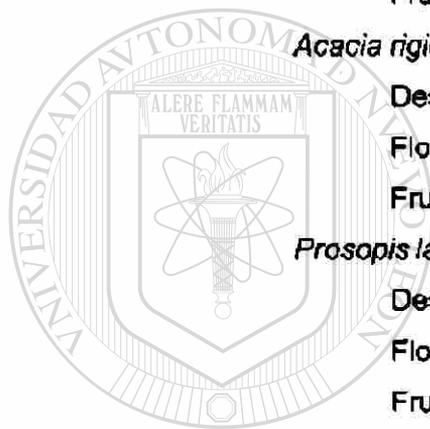
A Goofie, Laika, Nikita, Timmy y la Nikita's band (Fiona, Zapatitos, Rayita, Peque, el otro y el otro) por que han alegrado mi vida.

Y a todas aquellas personas, a quienes involuntariamente haya omitido y quienes me apoyaron de una u otra de manera para la culminación de mi proyecto Doctoral, vaya mi más sincero agradecimiento.

Tabla de Contenido

Resumen.....	1
Introducción.....	3
Revisión de Literatura.....	6
Características generales del Matorral del Noreste de México.....	6
Fenología.....	10
Estudios fenológicos de comunidades.....	11
Estudios fenológicos específicos.....	20
El efecto de la herbivoría sobre la fenología.....	25
Fenología y cambio climático.....	26
Importancia.....	32
Originalidad y Justificación.....	32
Hipótesis.....	33
Objetivos.....	34
General.....	34
Específicos.....	34
Area de estudio.....	35
Localidad A (Linares).....	35
Ubicación.....	35
Fisiografía y Topografía.....	35
Clima.....	35
Geología y Edafología.....	35
Vegetación y Uso del suelo.....	36
Localidad B (Monterrey-Cumbres).....	36
Ubicación.....	36
Fisiografía y Topografía.....	36
Clima.....	36
Geología y Edafología.....	36
Vegetación y Uso del suelo.....	36
Metodología.....	41
Estudio fenológico de 10 especies del matorral xerófilo del Noreste de México.....	41
Desarrollo vegetativo.....	42
Floración.....	42
Fructificación.....	43
Estudio morfológico y químico de los frutos de Anacahuita (<i>Cordia boissieri</i>).....	43

Estudio morfológico y de eficiencia reproductiva en los frutos de <i>Prosopis glandulosa</i> , <i>Acacia farnesiana</i> y <i>A. rigidula</i>	44
Estudio morfológico y químico de los frutos de Granjeno (<i>Celtis pallida</i>)	45
Estudio de la morfología floral en Cenizo (<i>Leucophyllum frutescens</i>) y Anacahuita (<i>Cordia boissieri</i>).....	46
Resultados y Discusión.....	48
Estudio fenológico de 10 especies del matorral xerófilo del Noreste de México.....	48
Desarrollo fenológico individual de las especies estudiadas.....	48
<i>Acacia farnesiana</i> "huisache".....	48
Desarrollo vegetativo.....	48
Floración.....	49
Fructificación.....	49
<i>Acacia rigidula</i> "chaparro prieto".....	53
Desarrollo vegetativo.....	53
Floración.....	53
Fructificación.....	53
<i>Prosopis laevigata</i> "mezquite".....	57
Desarrollo vegetativo.....	57
Floración.....	57
Fructificación.....	57
<i>Havardia pallens</i> "tenaza".....	61
Desarrollo vegetativo.....	61
Floración.....	61
Fructificación.....	61
<i>Cordia boissieri</i> "anacahuita.....	65
Desarrollo vegetativo.....	65
Floración.....	65
Fructificación.....	65
<i>Leucophyllum frutescens</i> "cenizo".....	69
Desarrollo vegetativo.....	69
Floración.....	69
Fructificación.....	69
<i>Diospyros texana</i> "chapote prieto".....	73
Desarrollo vegetativo.....	73
Floración.....	73
Fructificación.....	73



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

<i>Celtis pallida</i> "granjeno".....	77
Desarrollo vegetativo.....	77
Floración.....	77
Fructificación.....	77
<i>Helietta parvifolia</i> "barreta".....	81
Desarrollo vegetativo.....	81
Floración.....	81
Fructificación.....	81
<i>Zanthoxylum fagara</i> "colima".....	85
Desarrollo vegetativo.....	85
Floración.....	85
Fructificación.....	85
Patrones fenológicos en la comunidad.....	89
Formas de vida y aspectos reproductivos generales.....	89
Patrones fenológicos.....	89
Desarrollo vegetativo.....	90
Floración.....	94
Fructificación.....	98
Variación fenológica interanual.....	100
Estudio morfológico y químico de los frutos de Anacahuita (<i>Cordia boissien</i>).....	101
Morfología.....	101
Composición química.....	104
Estudio morfológico y de eficiencia reproductiva en los frutos de mezquite (<i>Prosopis laevigata</i>).....	108
huizache (<i>Acacia farnesiana</i>) y chaparro prieto (<i>A. rigidula</i>).....	108
Morfología.....	108
Eficiencia reproductiva.....	113
Estudio morfológico y químico de los frutos de Granjeno (<i>Celtis pallida</i>).....	115
Morfología.....	115
Composición química.....	116
Estudio de la morfología floral en Cenizo (<i>Leucophyllum frutescens</i>) y Anacahuita (<i>Cordia boissien</i>).....	120
Anacahuita.....	120
Cenizo.....	125
Conclusiones.....	130
Literatura citada.....	131

Índice de Cuadros y Figuras

Cuadros

Cuadro 1. Formas de vida y síntesis sobre aspectos reproductivos de las especies estudiadas.....	91
Cuadro 2. Patrones de floración de acuerdo a la época de antesis de las flores observados en 10 especies del matorral tamaulipeco en el periodo febrero 2000 – julio 2002.....	94
Cuadro 3. Patrones de floración de acuerdo a la formación de los botones florales y su duración observados en 10 especies del matorral tamaulipeco en el periodo febrero 2000 – enero 2002.....	97
Cuadro 4. Patrones de fructificación de acuerdo a la estructura dispersada y el desarrollo de este evento en el tiempo en 10 especies del matorral tamaulipeco en el periodo febrero 2000 – enero 2002.....	99
Cuadro 5. Valores promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de las variables morfológicas del fruto de anacahuita en dos épocas del año.....	101
Cuadro 6. Resultados de la prueba de análisis de varianza para las variables morfológicas del fruto de anacahuita en dos épocas del año, en dos localidades del noreste de México.....	104
Cuadro 7. Valores promedio, desviación estándar y coeficiente de variación para la composición química en base húmeda del fruto de anacahuita.....	106
Cuadro 8. Valores promedio, desviación estándar y coeficiente de variación para el contenido de azúcares del fruto de anacahuita.....	106
Cuadro 9. Resultados de la prueba de análisis de varianza para las variables de composición química del fruto de anacahuita del noreste de México.....	107
Cuadro 10. Resultados de la prueba de análisis de varianza para las variables de composición de azúcares en el fruto de anacahuita en dos épocas del año.....	107
Cuadro 11. Valores promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de las variables morfológicas consideradas para los frutos de <i>Acacia farnesiana</i> en dos años consecutivos.....	109
Cuadro 12. Valores promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de las variables morfológicas consideradas para los frutos de <i>Acacia rigidula</i> en dos años consecutivos.....	110

Cuadro 13. Valores promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de las variables morfológicas consideradas para los frutos de <i>Prosopis laevigata</i> en dos años consecutivos.....	111
Cuadro 14. Resultados de la prueba de "t" de student para las variables morfológicas estudiadas en los frutos de tres especies de leguminosas en dos años consecutivos en Linares, N.L.....	113
Cuadro 15. valores promedio, desviación estándar y coeficiente de variación del número de botones, flores y frutos por inflorescencia en tres especies de leguminosas en el año 2002.....	114
Cuadro 16. Variables morfológicas del fruto de granjeno y resultados de "t" en Linares, N.L., México.....	115
Cuadro 17. Variables de composición química del fruto de granjeno y resultados de la prueba "t" de student para las mismas variables en dos épocas del año en Linares, N.L., México.....	118
Cuadro 18. Variables de contenido de azúcares en el fruto de granjeno y resultados de la prueba de "t" de student para las mismas variables en dos épocas del año en Linares, N.L., México.....	119
Cuadro 19. Valores promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de las variables morfológicas de la flor de anacahuita en dos épocas del año, en dos localidades del noreste de México.....	121
Cuadro 20. resultados de la prueba de análisis de varianza para las variables morfológicas de la flor de anacahuita en dos épocas del año, en dos localidades del noreste de México.....	124
Cuadro 21. Valores promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de las variables morfológicas de la flor de cenizo en dos épocas del año, en dos localidades del noreste de México.....	126
Cuadro 22. Resultados de la prueba de análisis de varianza para las variables morfológicas de la flor de cenizo en dos época del año, en dos localidades del noreste de México.....	129

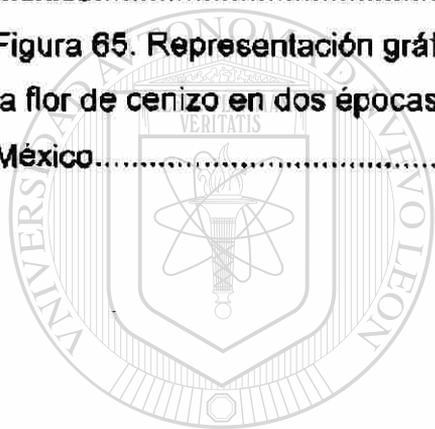
Figuras

Figura 1. Localización de las áreas de estudio.....	37
Figura 2. Climograma de la región de Linares N.L.	38
Figura 3. Climograma de la estación meteorológica "Monterrey".....	38
Figura 4. Vista general del área del jardín botánico "Efrain Hernández Xolocotzi" y sus alrededores en el campus de la Facultad de Ciencias Forestales, U.A.N.L.....	39
Figura 5. Vista parcial del jardín botánico "Efrain Hernández Xolocotzi".....	39
Figura 6. Vegetación característica en el campus de la Facultad de Ciencias Forestales.....	40
Figura 7. Vegetación típica de la falda del Cerro de las Mitras (localidad 2) en su exposición norte.....	40
Figura 8. Fenología de <i>A. farnesiana</i> . A) desarrollo vegetativo, b) floración y c) fructificación.....	50
Figura 9. Ejemplar de <i>Acacia farnesiana</i> en el área de estudio en el verano del año 2000.....	51
Figura 10. Ejemplar de <i>A. farnesiana</i> en floración en enero del 2001 en el área de estudio.....	51
Figura 11. Detalle de las cabezuelas florales de <i>A. farnesiana</i>	52
Figura 12. Frutos de <i>A. farnesiana</i> en la primavera del 2001.....	52
Figura 13. fenología de <i>A. rigidula</i> , a) desarrollo vegetativo, b) floración y c) fructificación.....	54
Figura 14. Ejemplar de <i>Acacia rigidula</i> en la fase de fructificación en el verano de 2001.....	55
Figura 15. Frutos inmaduros de <i>A. rigidula</i> en la primavera de 2001.....	55
Figura 16. Inflorescencia de <i>A. rigidula</i> en la primavera de 2001.....	56
Figura 17. Dispersión de semillas mediante la acción del viento en <i>A. rigidula</i> (verano 2001).....	56
Figura 18. Fenología de <i>P. laevigata</i> . A) desarrollo vegetativo, b) floración y c) fructificación.....	58
Figura 19. Ejemplar de <i>Prosopis laevigata</i> en Linares, N.L. (verano 2001).....	59
Figura 20. Desarrollo vegetativo de <i>P. laevigata</i> (primavera 2002).....	59
Figura 21. Inflorescencias de <i>P. laevigata</i> en diferentes etapas de madurez (primavera 2001).....	60

Figura 22. Frutos maduros de <i>P. laevigata</i> en el mes de junio de 2002 en Linares, N.L.....	60
Figura 23. Fenología de <i>H. pallens</i> , a) desarrollo vegetativo, b) floración y c) fructificación.....	62
Figura 24. Ejemplar de <i>Havardia pallens</i> en etapa de fructificación en junio de 2000.....	63
Figura 25. Detalle del desarrollo vegetativo y botones florales en <i>H. pallens</i> (verano 2001).....	63
Figura 26. Acercamiento de etapa temprana de las cabezuelas florales en <i>Havardia pallens</i>	64
Figura 27. Frutos inmaduros de <i>H. pallens</i>	64
Figura 28. Fenología de <i>Cordia boissieri</i> , a) desarrollo, b) floración, c) fructificación.....	66
Figura 29. Ejemplar de <i>C. boissieri</i> en floración en la localidad de Monterrey (Verano 2002).....	67
Figura 30. Flores y botones de <i>C. boissieri</i> en el otoño del 2002.....	67
Figura 31. Acercamiento a las estructuras reproductoras de <i>C. boissieri</i>	68
Figura 32. Botones florales y frutos inmaduros presentes simultáneamente en <i>C. boissieri</i>	68
Figura 33. Fenología de <i>L. frutescens</i> , a) desarrollo vegetativo, b) floración y c) fructificación.....	70
Figura 34. Ejemplar de <i>L. frutescens</i> en floración en la localidad de Monterrey.....	71
Figura 35. Formación de botones florales en <i>L. frutescens</i>	71
Figura 36. Acercamiento a la estructura floral de <i>L. frutescens</i>	72
Figura 37. Fructificación de <i>L. frutescens</i> en Julio de 2001.....	72
Figura 38. Fenología de <i>D. texana</i> , a) desarrollo vegetativo, b) floración y c) fructificación.....	74
Figura 39. Ejemplar de <i>D. texana</i> en el Jardín Botánico Efraín Hernández X.....	75
Figura 40. Desarrollo foliar de <i>D. texana</i> en Abril de 2001.....	75
Figura 41. Formación de botones florales en <i>D. texana</i> durante la primavera de 2001.....	76
Figura 42. Frutos inmaduros de <i>D. texana</i> en el verano de 2001.....	76

Figura 43. Fenología de <i>C. pallida</i> , a) desarrollo vegetativo, b) floración y c) fructificación.....	78
Figura 44. Rama de <i>C. pallida</i> con algunas flores y botones (primavera 2001).....	79
Figura 45. Acercamiento a una flor madura de <i>C. pallida</i> (primavera 2001).....	79
Figura 46. Acercamiento a frutos en etapa embrionaria de <i>C. pallida</i>	80
Figura 47. Frutos inmaduros (verdes) y maduros (rojos) en <i>C. pallida</i> (verano 2001).....	80
Figura 48. Fenología de <i>H. parvifolia</i> ; a) desarrollo vegetativo, b) floración y c) fructificación.....	82
Figura 49. Ejemplar de <i>H. parvifolia</i> en el matorral de Linares, N.L (primavera 2000).....	83
Figura 50. Floración de <i>H. parvifolia</i> (verano 2001).....	83
Figura 51. Acercamiento a una flor de <i>H. parvifolia</i> (verano 2001).....	84
Figura 52. Futo maduro de <i>H. parvifolia</i> durante el verano de 2002 en Linares, N.L.....	84
Figura 53. Fenología de <i>Z. fagara</i> , a) desarrollo vegetativo, b) floración y c) fructificación.....	86
Figura 54. Ejemplar de <i>Z. fagara</i> en el campus de FCF, UANL (primavera 2001).....	87
Figura 55. Desarrollo vegetativo de <i>Z. fagara</i> en la primavera del 2001.....	87
Figura 56. Acercamiento de las flores maduras de <i>Z. fagara</i> (primavera 2001).....	88
Figura 57. Frutos inmaduros de <i>Z. fagara</i> en Linares, N.L. (verano 2001).....	88
Figura 58. Número de especies en determinado estadio fenológico a través del año durante el periodo Febrero 2000- Enero 2002.....	92
Figura 59. Eventos fenológicos (desarrollo vegetativo, floración y fructificación) en 10 especies del matorral durante el periodo Febrero 2000 – Enero 2001.....	93
Figura 60. Representación gráfica de la variación de los parámetros morfológicos, nutricionales y de contenido de azúcares en los frutos de anacahuíta colectados en dos épocas del año, en dos localidades del noreste de México.....	103

Figura 61. Representación gráfica de la variación en los parámetros morfológicos de los frutos de <i>Acacia farnesiana</i> , <i>A. rigidula</i> y <i>Prosopis laevigata</i> en los años 2001 y 2002 en Linares, N.L.....	112
Figura 62. Representación gráfica de la eficiencia reproductiva en base al número de botones, flores y frutos en tres especies de leguminosas en Linares, N.L.....	114
Figura 63. Representación gráfica de la variación de los parámetros morfológicos, nutricionales y de contenido de azúcares en los frutos de granjeno colectados en dos épocas del año, en la localidad de Linares, N.L., México.....	117
Figura 64. Representación gráfica de la variación de los parámetros morfológicos de la flor de anacahuita en dos épocas del año, en dos localidades del noreste de México.....	122
Figura 65. Representación gráfica de la variación de los parámetros morfológicos de la flor de cenizo en dos épocas del año, en dos localidades del noreste de México.....	127



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



RESUMEN

El presente trabajo pretende contribuir al conocimiento del desarrollo y funcionamiento de las comunidades de matorral xerófilo en el Noreste de México y su relación con factores bióticos y abióticos. Para esto se propuso estudiar la fenología y algunos aspectos reproductivos en 10 especies representativas del matorral xerófilo del Noreste de México como son *Cardia boissieri*, *Leucophyllum frutescens*, *Havardia pallens*, *Celtis pallida*, *Prosopis laevigata*, *Dyospiros texana*, *Zanthoxylum fagara*, *Helietta parvifolia*, *Acacia farnesiana* y *A. rigidula*. Este estudio tuvo como área de estudio principal la comunidad de matorral tamaulipeco presente en el campus de la Facultad de Ciencias Forestales, U.A.N.L. en Linares, N. L., y una pequeña parte del trabajo (para efectos comparativos) se realizó en la parte baja de la Sierra de las Mitras en Monterrey, N. L. Para el estudio fenológico se seleccionaron y marcaron 10 ejemplares de cada una de las especies estudiadas. El estado de cada planta fue medido cada 10 días durante un periodo de 30 meses (febrero 2000 a julio 2002), de manera cuantitativa en términos porcentuales. Los parámetros estudiados fueron: desarrollo vegetativo, floración y fructificación. Además de lo anterior se realizó un estudio sobre la morfología de los frutos y semillas de *A. farnesiana*, *A. rigidula*, *P. laevigata*, *C. pallida*, y *C. boissieri* durante un periodo de dos años; para el caso de *C. boissieri* este estudio se realizó en dos localidades y en dos épocas del año. En las especies de la familia Leguminosae se estudio también la eficiencia reproductiva en función de la floración y fructificación. Para *C. boissieri* y *C. pallida* se estudió además la composición química de los frutos en dos años, considerando además para la primera especie dos localidades y dos épocas del año. Se incluyó también un estudio acerca de la morfología de las flores de *C. boissieri* y *L. frutescens* en dos localidades y dos épocas del año.

Entre los principales resultados tenemos que en la mayoría de las especies el desarrollo vegetativo se presenta en dos épocas del año, primavera y otoño con un notable receso en los meses de julio y agosto. La caída y renovación de las hojas en la mayoría de las especies fue gradual y solo en *C. boissieri*, *H. pallens* y *Z. fagara* se apreciaron ejemplares sin hojas por breves periodos, estos casos se presentaron en la primavera y



verano del año 2000. La floración de las especies se presenta en dos épocas del año, finales de invierno- inicios de primavera y otoño, siendo la primera la época con mayor número de especies en floración. Se identificaron dos grupos principales de especies respecto al número de eventos de floración, el primero con seis especies, con un solo evento en el año y el segundo con cuatro especies, y dos o más eventos de floración. Se observaron eventos de aborción de flores en *H. pallens* y *Z. fagara*. La fructificación fue el evento mas largo para la mayoría de las especies. Las especies de la familia Fabaceae así como *D. texana* y *C. pallida* mostraron mayor constancia en los eventos fenológicos de un año a otro. Se observó también una fuerte relación entre las respuestas fenológicas de algunas especies, como el cerizo y la anacahuita, con variables ambientales como precipitación. Por otra parte se encontraron diferencias estadísticas entre las medidas morfológicas de las flores, frutos y semillas de las especies estudiadas. Estas diferencias se presentaron tanto temporal como espacialmente. Igualmente se encontró variación en la composición química de los frutos de *C. boissieri* y *C. pallida*. En cuanto a la eficiencia reproductiva en las especies de leguminosas. Se observó la mayor eficiencia (3.67%) en *A. rigidula* y la menor en *A. farnesiana* (2.19%), en tanto que *P. laevigata*, que presentó la mayor cantidad de botones por inflorescencia, mostró un 2.73 % de botones florales convertidos en fruto.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS





INTRODUCCIÓN

En la mayoría de las regiones del planeta, el cambio en las condiciones climáticas a través del año y la variación interanual de las mismas es una constante. Sin embargo, estos cambios tienden a ser predecibles lo cual les da un carácter estacional. Esta variación estacional ocasiona cambios en la disponibilidad de recursos, y es precisamente esta estacionalidad la que ha entrenado los ciclos de respuesta de las plantas para adaptarse a estos cambios mediante mecanismos de cambio en morfología y fisiología para sobrevivir (Vázquez-Yáñez, 1999). El ciclo de respuesta de las plantas a la variación estacional permite identificar una diversidad de fenofases que están, en mayor o menor grado reguladas por esta estacionalidad (Battey, 2000).

Los cambios en el ambiente ejercen diferentes presiones en las plantas e influyen en forma prácticamente única en el desarrollo de cada una de las especies, dando como resultado diversas formas de crecimiento, las cuales pueden interpretarse como caminos distintos que han seguido las plantas para adaptarse a un determinado ambiente (Montenegro y Ginocchio, 1999). No obstante es posible identificar especies o grupos de especies de plantas que responden de manera similar a un conjunto dado de condiciones ambientales; a estos grupos se les conoce como tipos o grupos funcionales de plantas, así por ejemplo, se han propuesto tipos funcionales para plántulas (Ibarra-Manríquez et al., 2001), características foliares (Garnier et al., 2001), mecanismos de polinización, fisonomía, dispersión de semillas, vía fotosintética, ciclo de vida (Smith et al., 1993) e incluso fenología (Westoby y Leishman, 1997). Sobre esto último sabemos que existen especies que independientemente de las condiciones climáticas, año con año presentan eventos fenológicos con precisión casi cronológica (posiblemente su desarrollo está relacionado con la duración del día); en tanto que otras especies dependen de un determinado umbral de temperatura o precipitación, e incluso factores bióticos tales como filogenia, competencia, herbivoría, polinización y dispersión de semillas que afectan el desarrollo de los eventos fenológicos (Murali y Sukumar, 1994; Grimm, 1995; Pavón y Briones, 2001), aunque la forma específica en que estos factores influyen en la fenología es aún poco entendida (Bawa et al., 1991, Smith-Rámirez y Armesto, 1994)



Los estudios fenológicos proveen información sobre los ritmos funcionales de plantas y comunidades vegetales (Ralhan et al., 1995 en Abd El-Ghani, 1997), donde los eventos fenológicos pueden ser determinados por condiciones bióticas o abióticas ambientales. Las plantas del desierto exhiben fenologías fuertemente relacionadas a la disponibilidad de humedad y temperatura, así como fotoperíodo y disponibilidad de nutrientes. De acuerdo a lo anterior, podemos decir que los ciclos fenológicos pueden representar adaptaciones morfológicas y fisiológicas de las especies para la utilización de los recursos (Kemp y Gardeto, 1982 en Abd El-Ghani, 1997). En este sentido, los patrones fenológicos pueden indicar que los recursos son utilizados por diferentes especies en épocas diferentes del año.

Por otra parte desde hace algunas décadas el planeta ha experimentado un significativo cambio climático global, caracterizado principalmente por un incremento en la temperatura global y un incremento en la concentración de CO₂ atmosférico (Hansen et al., 2000, 2002; Wigley et al., 1997). Estas alteraciones afectarán las condiciones climáticas en todas las regiones del mundo y afectarán la estacionalidad ambiental y con ello las respuestas de los organismos al ambiente (Hughes, 2000), y de forma muy particular la fenología de las plantas (Farnsworth et al., 1995; Thorhallsdottir, 1998; Spano et al., 1999). Ante la inminencia de estos cambios la fenología puede ser un excelente parámetro para evaluar los efectos de los mismos en los ecosistemas (Linkosalo, 1999; Peñuelas y Filella, 2001). Para utilizar la fenología como una herramienta de comprensión del cambio climático es necesario conocer la fenología actual, a fin de poder determinar la magnitud de los cambios e incluso poder predecirlos.

La variación en las condiciones ambientales, además de modelar los patrones fenológicos de las especies afectan significativamente aspectos morfológicos, anatómicos y de composición química de las plantas, sus flores y sus frutos. Ocasionando con ello diferencias temporales y estacionales en el tamaño, cantidad y características de las flores, frutos y/o semillas. Esta variación puede ser también afectada por factores bióticos, tales como polinizadores, dispersores y/o animales herbívoros (Watson, 1995), los cuales pueden también afectar el éxito reproductivo de las especies (Gómez, 1996).



Los estudios científicos formales de la fenología de las plantas de zonas áridas apenas han comenzado en México (Challenger, 1998) y los pocos trabajos existentes se circunscriben en su mayoría a las dos últimas décadas (Cantú, 1990; Cantú y Reid, 1991; Grimm, 1995; León de la Luz et al., 1996; Golubov et al., 1999). El matorral del Noreste de México han recibido escasa o nula atención, particularmente las relaciones que guardan las plantas con los parámetros ambientales, su fenología, y su interacción con la fauna y con otras plantas, sin embargo, si se han estudiado en mayor o menor grado aspectos tales como: diversidad de especies, estructura, dinámica poblacional, etnobotánica, y patrones de germinación, además de algunos aspectos físicos como clima, topografía y geología (Marroquín et al., 1964; Heiseke y Foroughbakhch, 1985; Jurado y Reid, 1989; Foroughbakhch y Heiseke, 1990; Reid et al., 1990; Alanís, 1993; Jurado et al., 1998, 2000, 2001; Flores y Jurado, 1998).

En el presente trabajo se analiza detalladamente el comportamiento fenológico de 10 especies ecológicamente importantes y comunes en el matorral del Noreste de México durante un periodo de 30 meses (Febrero, 2000 – Julio, 2002). El principal objetivo de este trabajo es contribuir al entendimiento de los patrones fenológicos y algunos aspectos reproductivos en las comunidades de matorral xerófilo.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS





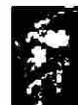
REVISIÓN DE LITERATURA

Características Generales del Matorral del Noreste de México

Rzedowski (1966 en González-Murguía, 1995) hace un análisis detallado de los factores que influyen en la distribución de la vegetación, y atribuye el papel de factores determinantes a geología, edafología, fisiografía, hidrología, climas y actividades humanas. En función de las diferencias de altitud, de exposición y de algunos otros factores, las condiciones de clima difieren en forma notable, de un sitio a otro.

Las zonas áridas y semiáridas comprenden la más extensa zona ecológica de México, con una superficie de casi la mitad del territorio mexicano. Estas zonas se caracterizan por la escasez de precipitación pluvial. Esta zona ecológica está distribuida en los estados del norte y centro de México, con un territorio cercano a 100 millones de hectáreas y aloja a más de 20 tipos de matorral xerofítico y gran variedad de pastizales y vegetación halófila (Toledo y Ordoñez, 1998). Los autores también reportan que de las aproximadamente 100 millones de hectáreas que ocupa el matorral xerófilo en nuestro país, hacia 1989 alrededor de 8 millones de hectáreas habían sido transformadas en áreas agrícolas y más de 9 millones se consideraban ganaderas; sin embargo, la superficie ganadera es mucho mayor, ya que en este dato no fueron consideradas las áreas de ganadería extensiva donde el ganado se alimenta directamente de las especies del matorral, pero se puede mencionar que hacia 1980, el ganado en esta zona ecológica sobrepasaba los 8 millones de cabezas y ocupaban un área calculada de 57 millones de hectáreas. Otro factor que afecta esta zona son las actividades forestales de carácter extractivo.

En las zonas áridas y semiáridas del norte de México, las plantas han sufrido una profunda evolución, dando origen a una flora moderadamente rica (alrededor de 6000 especies), de sello propio y con una variedad de formas biológicas que solo tiene paralelo en Sudáfrica (Rzedowski, 1998). Además menciona que la abundancia de endemismos en los rangos de familia y género está positiva y notablemente correlacionada con la aridez, concentrándose en la vegetación xerófila.



Por su parte Marroquín et al. (1964) efectuaron un estudio ecológico-dasonómico de las zonas áridas de la Altiplanicie de México, mencionando que la aridez climática manifiesta su influencia en el aspecto, composición florística y distribución geográfica de las especies. Además del factor suelo, las variaciones en la intensidad de los elementos climáticos pueden determinar cambios cualitativos y cuantitativos en la masa vegetal, lo que puede dar por resultado la dominancia, migración, invasión o reducción de las especies.

El matorral ha sido sometido a diversas presiones degradativas, particularmente en las últimas 3 décadas, con lo cual se ha visto reducido su potencial productivo, a causa del desarrollo urbano y actividades de extracción forestal. Por otra parte, el incremento de las actividades antropogénicas, entre las cuales destacan los desmontes masivos que transforman los matorrales en terrenos agropecuarios, acentuando el proceso de pérdida de este recurso; más aún cuando estas zonas no reúnen las características climáticas, edáficas ni topográficas que les permitan mantener una producción agropecuaria sostenida (Synnott, 1986 en Medina, 1995).

Heiseke y Foroughbakhch (1985) analizaron 2 tipos de matorral mediano subinermes en Linares, N. L. para la obtención de datos básicos sobre su uso forestal, para lo cual registraron aspectos estructurales de la vegetación, tales como frecuencia, abundancia, dominancia y valor de importancia; también realizaron mediciones de biomasa, volúmenes aprovechables y productividad de ambas comunidades de matorral, ya que este recurso representa fuentes de ingreso para los pobladores del área rural.

Jurado y Reid (1989) describen la composición y estructura de una porción de matorral espinoso tamaulipeco, en el noreste de México y evalúan la importancia de los factores edáficos, topográficos y antropogénicos en la distribución de las especies vegetales. Registran la presencia de 51 especies, principalmente arbustivas y suculentas; la vegetación tiene una altura promedio de 4 m, distinguiéndose tres estratos en la misma. El análisis de asociación mostró que la distribución de 37 % de las especies se asocia con uno o más de los factores ambientales considerados.

Foroughbakhch y Heiseke (1990) mencionan que desde el punto de vista de la productividad y bajo los esquemas de aprovechamiento actuales, el matorral presenta un rendimiento muy bajo, lo cual constituye la causa principal de su degradación y destrucción



en favor de terrenos agrícolas y praderas artificiales. Ellos realizaron un estudio acerca de la aplicación de métodos y técnicas de manejo silvícola del matorral con el fin de aumentar la producción forestal y pecuaria, manejando técnicas como el raleo, el enriquecimiento y regeneración controlada en una zona de matorral tamaulipeco en Linares, N. L.

El matorral espinoso tamaulipeco es la comunidad dominante en la Planicie Costera del Golfo, y está presente en la porción Norte de los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas en México, así como en el Sur de Texas. De acuerdo a Müller (1947, citado por Alanís, 1993) el matorral espinoso tamaulipeco es un sistema ecológico de gran diversidad florística, con especies espinosas de porte alto.

Reid et al. (1990) estudiaron la variación estructural y florística presente en el matorral espinoso tamaulipeco en el Noreste de México, llegando a la conclusión de que las variaciones regionales en clima, sustrato y topografía son las responsables de las principales diferencias en la vegetación, además encontraron evidencia de cambio en la vegetación a causa del sobrepastoreo, y no siendo así para el corte selectivo de especies maderables o combustibles.

Carrillo-Parra (1991) realizó un estudio en un área de matorral espinoso tamaulipeco de Linares, N.L. con el fin de determinar y comparar el efecto de algunos tratamientos silvícolas y de factores abióticos sobre la regeneración del matorral, a fin de obtener antecedentes que permitiesen implementar un programa de manejo para incrementar la productividad del matorral. Las prácticas silvícolas utilizadas fueron: 1.- corte raso, 2.- corte raso con plantación (especies introducidas), 3.- raleo del 20% más plantación, 4.- raleo del 40% más plantación y 5.- raleo del 60% más plantación. Se encontró que las heladas afectan por igual al matorral independientemente del tratamiento de raleo efectuado, pero la práctica de raleo efectuada sí afecta la velocidad de recuperación de las plantas, siendo el raleo del 60% el que presenta una mejor recuperación.

Rodríguez (1994) realizó un estudio sobre la fitodiversidad de dos comunidades (perturbada y no perturbada) de matorral espinoso tamaulipeco en el municipio de Linares, N. L. Reportando que la comunidad no perturbada (matorral alto) presenta características relativamente prístinas, con mayor diversidad, mayor dominancia a nivel específico y mayor



complejidad estructural que la comunidad perturbada (matorral bajo), el cual se encuentra en un estadio sucesional anterior y con menor complejidad estructural.

González-Murguía (1995) llevó a cabo una interesante investigación en el parque nacional Cumbres de Monterrey, encaminada al desarrollo de una metodología para el mapeo rápido y adecuado de los tipos de cobertura vegetal en regiones montañosas, utilizando imágenes de satélite integradas con los principales factores abióticos que determinan su distribución mediante un sistema de información geográfica. En este trabajo se encontró que los factores abióticos con mayor influencia en la distribución de la vegetación son la elevación y la exposición (la cual genera condiciones microclimáticas de insolación y humedad muy marcadas).

Medina (1995) evaluó el efecto de la fragmentación de la vegetación natural sobre la biodiversidad del matorral espinoso tamaulipeco en el municipio de Linares, N.L. No se detectó ningún efecto del tamaño de los fragmentos con relación a la fitodiversidad, sin embargo, la autora plantea que la similitud en la fitodiversidad se debe a lo reciente de la fragmentación, además de que el muestreo se realizó en el centro de los fragmentos y es posible que las condiciones de merma en la diversidad aún no se presentan en esa zona.

Rocha-Domínguez (1995) realizó una investigación en una comunidad de matorral espinoso tamaulipeco a fin de determinar la presencia de nodricismo para *Astrophytum asterias*. Como parte de este trabajo el autor determinó algunos parámetros ecológicos (abundancia, dominancia, valor de importancia, etc.) para esta comunidad reportando a *Opuntia leptocaulis* como la especie más abundante (46.9%), *Prosopis laevigata* como la de mayor dominancia (24.1%) y de mayor frecuencia (66.7%). En cuanto al valor de importancia indica que *O. leptocaulis* presentó un valor del 32.5%, seguido de *P. laevigata* con 24.2% y *Acacia rigidula* con un 20.7%. Por otra parte reporta para este matorral una cobertura global del 80%, siendo el estrato medio (1.5-3 m) el de mayor cobertura individual con un 57.5%. Se determinó un 30% de suelo con cobertura de materia orgánica y un 70% de suelo sin cobertura de materia orgánica.

González-Elizondo (1996) en un estudio sobre la vegetación secundaria del municipio de Linares, N.L., analiza la fisonomía, composición, diversidad florística, estructura y dinámica de la vegetación. Reporta una diversidad fisonómica y florística que incluye 64

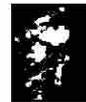


especies leñosas. Los predios relacionados con períodos más largos de aprovechamiento agropecuario mostraron menor riqueza florística que los predios utilizados durante pocos años después del desmonte. Las comunidades secundarias estudiadas carecen de una estructura vertical bien definida, con excepción de un estrato inferior conformado por especies subarborescentes y un estrato superior continuo de especies arbustivo-arborescentes. La densidad y la cobertura totales son parámetros que varían ampliamente en los predios estudiados, la primera de ellas va de 1312-11313 individuos/ha y la segunda varía de 9 a 141%. *Acacia farnesiana* y *A. berlandieri* son las especies arbustivas que se presentan en las primeras fases de desarrollo, seguidas de *A. rigidula*.

Fenología

Los estudios de fenología vegetal son muy importantes para el análisis y manejo de sistemas ecológicos. Estos estudios pueden ser útiles para desarrollar programas de manejo, recuperación de pastizales y para explicar la adaptación de las especies al ambiente (Fresnillo-Fedorenko et al., 1996). Por ejemplo, Yan y Wallace (1998) elaboraron un modelo sobre la fenología vegetal, basado en la interacción genotipo-temperatura y fotoperíodo; mostrando ser exitoso para simular y predecir datos fenológicos de cinco especies cultivadas: chícharo, avena, trigo, frijol y maíz, las tres primeras de fotoperíodo largo y las dos restantes de fotoperíodo corto. Por su parte Baumgärtner y Hartmann (2000) reportan el uso exitoso de modelos fenológicos en programas de conservación vegetal; estos autores elaboraron un modelo fenológico para adecuar la fecha de corte del narciso (*Narcissus radiiflorus*), con lo cual se pretende conservar esta especie en la zona alpina Europea, ya que hasta la fecha el corte de esta especie se realizaba sobre bases empíricas; con el desarrollo de este modelo se pudo calcular una fecha confiable para el corte de la planta, asegurando la madurez de las semillas.

Los eventos fenológicos en las plantas del desierto son disparados principalmente por la precipitación y temperaturas adecuadas (Beatley 1974 en Rossi et al., 1999); por su parte Fournier y Salas (1966 en Rondon, 1992) sugieren que la baja precipitación y la alta radiación solar son los factores ambientales más importantes para la floración en el bosque tropical húmedo. La mayoría de las plantas leñosas tropicales producen nuevas hojas y



flores en periodos específicos mas que continuamente, y la mayoría de los bosques tropicales presentan variación estacional en la aparición de nuevas hojas, flores y frutos; este patrón sugiere que los cambios fenológicos representan adaptaciones a factores bióticos y/o abióticos, de estos últimos el clima es el factor principal (van Schaik et al., 1993).

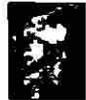
El tiempo de floración puede influir fuertemente en el éxito reproductivo de una planta en varias formas (Rathcke y Lacey 1985 en McIntosh, 2002). Tales efectos pueden ser mediados por factores que operan dentro de las plantas (plantas que florecen demasiado jóvenes pueden no tener suficientes recursos almacenados para madurar los frutos), dentro de las poblaciones (plantas dioicas con floración asincrónica pueden no encontrar compañeros), dentro de especies (plantas que florecen en el momento equivocado pueden no ser visitadas por los polinizadores o pueden ser afectadas desproporcionadamente por los predadores de semillas), o por factores abióticos (plantas que florecen demasiado tarde en la estación pueden ser matadas por el hielo antes de madurar los frutos). De acuerdo con lo anterior, es evidente que la fenología de floración puede afectar la ecología de una planta en múltiples niveles, incluyendo el éxito reproductivo de una planta individual, las interacciones de la planta con otros organismos, la dinámica de la población de la planta y el funcionamiento del ecosistema (McIntosh, 2002).

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Estudios fenológicos de comunidades

Hernández y Carreón (1987) describen los eventos reproductivos de los principales elementos arbóreos y algunas arbustivas y herbáceas de un bosque mesófilo de montaña; encontrando que la floración de los árboles es de carácter fuertemente estacional, con un marcado pico en la interfase sequía-lluvias y lluvias-sequia, mientras que las herbáceas y arbustivas florecieron básicamente durante la estación húmeda. La gran mayoría de las especies arbóreas poseen niveles altos de autocompatibilidad, lo cual se considera un mecanismo adaptativo que aumenta las posibilidades de éxito reproductivo en ausencia de polinizadores eficientes.

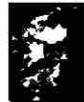
Bertiller et al. (1991, en Friedel et al., 1994) encontraron que la aparición de los eventos fenológicos en los arbustos de zonas áridas dependían principalmente de la



profundidad de los sistemas radiculares y el acceso a la humedad del suelo y nutrientes. Las especies con raíces más profundas fueron menos dependientes de la precipitación precedente inmediata. Reportan también respuestas diferenciales a la temperatura del aire. Friedel et al. (1994), mencionan que la fenología de las plantas puede también reflejar restricciones genéticas y que es posible que las diferencias fenológicas entre especies cercanamente emparentadas sean resultado de la historia evolutiva particular de las mismas. Estas diferencias pueden estar relacionadas con el origen geográfico de las especies y con la longevidad de las mismas. Las especies vegetales que habitan en ambientes áridos encuentran una alta variabilidad en la precipitación, tanto en tiempo como en espacio, además de una redistribución del agua de lluvia sobre una diversidad de paisajes y tipos de suelo. Esta variabilidad influye en el comportamiento fenológico de las especies. De hecho, cuando un ambiente árido es particularmente impredecible, es poco probable que cualquier estrategia fenológica particular sea universalmente exitosa. Así, tenemos que la floración oportunista no es poco común en las regiones áridas, incluso dentro del mismo género las especies pueden variar parcial o completamente su estación de floración y tal vez también la de fructificación (Friedel et al., 1994).

Cantú y Reid (1991) realizaron una de las primeras aproximaciones al conocimiento de la fenología en el matorral tamaulipeco al estudiar 58 especies del matorral tamaulipeco en Linares, N. L., reportando que la pérdida de follaje fue altamente variable entre las especies. La floración se concentró en la parte más cálida del año, particularmente en primavera y verano. Respecto al tipo de frutos, se encontró que la legumbre es el tipo más común (31%), drupas (28%), cápsulas (15%) y el resto presentó bayas, aquenios, folículos, sámaras, etc. En cuanto a la dispersión, 30 especies son dispersadas por agentes bióticos y 23 por factores abióticos y el resto son no asistidas. Las aves representan el principal agente dispersor (43%).

Rondón (1992) estudió los hábitos de floración y fructificación de 53 especies arbustivas en el Jardín Botánico de San Juan de Lagunillas en Mérida, Venezuela, reportando que el 80 % de las especies estudiadas comienzan la floración al final de la estación seca e inicio del período lluvioso (febrero-mayo y julio-agosto). El 66% de las especies tiene periodos largos de floración, en tanto que la fructificación ocurre casi simultáneamente con la floración.



Murali y Sukumar (1994) describieron la fenología reproductiva de un bosque seco tropical en el sur de la India, para ello utilizaron dos localidades con diferente precipitación anual (1100 y 600 mm); en ambas localidades la mayoría de las especies presentó la floración y desarrollo foliar simultáneamente; en cuanto a la polinización se observó que durante la fase seca hubo un mayor número de especies polinizadas por aves, en tanto que la polinización por el viento fue más común en la estación húmeda, la polinización por insectos solo mostró estacionalidad en la época húmeda de la localidad con precipitación de 600 mm.

Smith-Ramírez y Armesto (1994) analizaron el tiempo de aparición y abundancia estacional de flores y frutos en 61 especies y su relación con variables climáticas y ecológicas en la Isla de Chiloé, Chile. Para la mayoría de las especies, se encontraron patrones anuales unimodales para la floración y fructificación y solo algunas mostraron tendencias bimodales. La fructificación fue menos estacional y más variable que la floración. La longitud del tiempo de floración y fructificación mostraron una buena correlación con variables ecológicas tales como formas de polinización y dispersión. Las diferencias fenológicas entre diferentes formas de vida están asociadas con la familia a la que pertenecen y a los mecanismos de polinización y dispersión. La temperatura media mensual estuvo positivamente correlacionada con el número de especies en floración y fructificación.

Farnsworth et al. (1995) estudió la fenología y desarrollo de tres formas de vida de un bosque templado en respuesta al calentamiento artificial del suelo, como simulación de un cambio global del clima. Se encontró que la fenología de la emergencia de las hojas y producción de flores no resultó afectada, sin embargo, los árboles y arbustos maduros produjeron hojas más temprano y en mayor número en el tratamiento con calentamiento, igualmente sucedió con la floración. El calentamiento del suelo también provocó un ligero aumento en el diámetro de crecimiento de arbustos. La riqueza de especies fue menor en los tratamientos con calentamiento.

Wright y Calderón (1995) analizaron la floración en la Isla de Barro Colorado, Panamá, utilizaron datos cuantitativos para 217 especies y cualitativos para 1173 especies. Probaron diferentes hipótesis para explicar los tiempos de floración, llegando a la conclusión de que existe un fuerte patrón filogenético, ya que los tiempos de floración fueron similares



entre especies del mismo género y géneros de la misma familia, e incluso en las monocotiledóneas la floración se concentró en la estación húmeda.

El conocimiento de la fenología en especies de cultivo bajo condiciones de estrés puede llevar a un mejor entendimiento del desarrollo de los componentes de la cosecha bajo tales condiciones. Por ejemplo, Desclaux y Roumet (1996) mencionan que el estrés de sequía modifica la fenología de las plantas y afecta los componentes de la cosecha en plantas de cultivo. Para probar esto, realizaron un estudio en cultivares de soya (*Glycine max*), a los cuales se sometió a estrés hídrico durante diferentes etapas de desarrollo. De acuerdo a sus resultados, aparentemente el estrés de sequía disparó una señal que cambió el desarrollo vegetal de vegetativo a reproductivo. Así, la formación de nudos vegetativos que se estaba llevando cabo previo a la aplicación del estrés, fue retrasada para dar paso a la floración y fructificación. Las fases reproductivas fueron en general más cortas durante el estrés, con la lógica consecuencia de menor producción de materia seca en los frutos.

León de la Luz et al. (1996) registraron la fenología floral de una comunidad árido-tropical en Baja California y de acuerdo a su patrón de respuesta en la floración se agruparon en 3 clases: a) inducida por la precipitación, b) fuera de temporada de lluvias y c) con patrón irregular o sostenida. Es importante mencionar que durante el periodo de observación (2 años), las especies leñosas como grupo se mantuvieron en flor durante todo el tiempo.

Maya y Arriaga (1996) estudiaron los patrones fenológicos de seis especies en una comunidad desértica del noroeste de México (Península de Baja California). Sus resultados mostraron que las especies mostraban diferencias en el desarrollo de estructuras vegetativas en relación a la disponibilidad de agua, y a su vez, la producción de estructuras vegetativas también estuvo relacionada con la morfología foliar de las especies. Por otra parte, reportan que la producción de estructuras reproductivas (flores y frutos) mostró una clara dependencia de la temperatura y la humedad.

Steyn et al. (1996) evaluaron el efecto del estrés hídrico sobre la fenología de cinco especies efímeras en Namalandia, Sudáfrica. El estrés hídrico acortó el ciclo de vida y el periodo de floración de las cinco especies. Las plantas sujetas a estrés fueron más pequeñas y produjeron menor cantidad de flores por inflorescencia y menor cantidad de

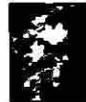


órganos reproductivos durante el período de floración que las plantas control. El estrés hídrico no tuvo efecto significativo sobre el número de hojas en el tallo principal al inicio de la floración. Sin embargo, debido al estrés hídrico se observó una tendencia a retrasar la anthesis en las plantas de abril; mientras que la fecha de floración fue acelerada en las plantas de Junio y Julio incrementando la posibilidad de fructificación antes del final de la estación.

Abd El -Ghani (1997) estudió la fenología de 10 especies de plantas del desierto en el oeste de Arabia Saudita durante dos años. El autor detectó seis diferentes patrones de comportamiento fenológico entre las 10 especies, mencionando que durante casi todo el año algunas especies estuvieron en alguna fase de desarrollo vegetativo o reproductivo, aunque el desarrollo de la mayoría de las especies ocurrió a principios de la primavera y finales del verano. El autor concluye que los patrones fenológicos en el área de estudio parecen estar determinados por tres requerimientos: 1) el desarrollo vegetativo durante la larga estación seca utiliza la humedad del suelo acumulada durante la precipitación de invierno, 2) la floración se lleva a cabo durante un breve periodo favorable, y 3) la madurez de frutos y semillas antes de la llegada de la estación seca.

Villasana y Suárez (1997) realizaron una investigación acerca de la fenología de 16 especies forestales en la reserva forestal IMATACA en Venezuela; los resultados se analizaron mediante una variante del método de Fournier. Todas las especies presentaron hojas durante el año. La floración ocurrió en la época de sequía y la fructificación presentó 2 picos, correspondientes a los períodos más húmedos del año.

Castro-Díez y Montserrat-Martí (1998) estudiaron los patrones fenológicos de 15 especies fanerófitas en varios sitios de clima mediterráneo (semiárido) en el noreste de España. De acuerdo a sus resultados, los autores realizaron una clasificación funcional de las especies, separándolas en dos grupos, el primero de ellos presentó una concentración de las fenofases en un corto periodo de la primavera, traslapando el desarrollo vegetativo y reproductivo que tuvieron que competir por recursos dentro de la planta; mientras que las del segundo grupo presentan un arreglo secuencial de las fenofases y estas no están traslapadas, evitando con ello la competencia intraplanta, aunque tuvieron que desarrollar algunas etapas de su desarrollo en periodos no óptimos. Los autores concluyen que



posiblemente las especies del primer grupo poseen raíces más profundas, dependen de fuentes de agua más predecibles y ocupan etapas maduras de sucesión; en tanto que las especies del segundo grupo poseen sistemas radiculares menos profundos, dependen de fuentes impredecibles de humedad y ocupan estadios más tempranos en la sucesión ecológica. Los autores reportan también una baja variabilidad en la fenología intraespecífica.

Las plantas del desierto están expuestas a la sequía, alta irradiación solar y aire seco caliente, por lo que el estrés hídrico y el sobrecalentamiento son peligros inevitables. Debido a esto, las plantas del desierto tienen adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les permiten sobrevivir bajo estas condiciones. Entre estas adaptaciones, el grupo de las suculentas constituye uno de las más exitosas. Sayed (1998) estudió la fenomorfología y ecofisiología de las plantas suculentas del este de Arabia. El autor reporta que las plantas suculentas con fotosíntesis C_3 fueron árido-pasivas que evitaron el estrés hídrico mediante la iniciación de una floración precoz mucho antes de la estación seca. Las suculentas con fotosíntesis C_4 y plantas intermedias C_3 -CAM que tuvieron una alta eficiencia en el uso del agua se beneficiaron de una mayor cantidad de recursos ya que fueron capaces de extender su crecimiento dentro de la estación seca. Las suculentas árido-activas sobrevivieron a la estación seca mediante una notable pérdida de hojas además del cierre estomatal al medio día o mediante el cambio a fotosíntesis C_4 -CAM lo que contribuyó a la conservación del agua.

Eamus (1999), analizó las características ecofisiológicas de especies leñosas deciduas y perennes en los bosques tropicales con sequía estacional, los cuales están presentes en América, África, India y Australia. De acuerdo con el autor, el análisis de costo-beneficio de las especies siempre verdes y deciduas, muestra que las hojas de las especies deciduas viven rápido y mueren jóvenes, en tanto que las hojas de los árboles siempre verdes viven lentamente pero por más tiempo. Por otra parte, el autor sugiere que el embolismo xilemático y la arquitectura hidráulica pueden ser cruciales en el comportamiento de los árboles y en su fenología.

Vidiella et al. (1999) describen los cambios en la cobertura vegetal, la riqueza de especies y la floración después de la precipitación en el desierto Atacama en Chile. Los autores reportan que un mes después de la lluvia, la vegetación estuvo dominada por



anuales y geófitas, las cuales se secaron después de 19 semanas. También reportan diferencias de 4 a 10 semanas en la longitud del periodo de floración entre las especies encontradas. La secuencia de floración de las especies pertenecientes a las familias Brassicaceae, Liliaceae, Onagraceae y Asteraceae se asemeja fuertemente a las descritas para especies de comunidades templadas, lo cual sugiere que este carácter fenológico está filogenéticamente determinado.

La fenología reproductiva, descrita en su forma más general como la época de floración y fructificación, es un factor relevante que determina el rendimiento reproductivo de las especies, ya que puede poner restricciones en el uso de los recursos estacionales, tales como luz, agua y polinizadores por parte de las plantas. El tiempo de floración y fructificación puede también ser importante para evitar la predación de flores y semillas. (Marco et al., 2000). La fenología reproductiva de los bosques tropicales se caracteriza por presentar una alta diversidad dentro y entre los bosques, este rango de variación sugiere el gran potencial de los estudios fenológicos tropicales para explorar las presiones selectivas que ejercen los factores bióticos y abióticos sobre las plantas (Sakai, 2001).

Mamolos et al. (2001) a fin de determinar el efecto del contenido de agua en el suelo sobre la productividad vegetal, evaluaron la fenología y los cambios en la biomasa aérea de cinco especies coexistentes en comunidades de pastizal en el norte de Grecia. Dos de las especies estudiadas eran de estación temprana, dos de tardía y una especie intermedia. Los autores reportan que las especies de estación temprana son más sensibles a la sequía que las especies de estación tardía y que su productividad y fenología estuvo fuertemente determinada por la variación en el contenido de humedad del suelo entre los años.

Pavón y Briones (2001) exploraron las relaciones entre factores ambientales y la fenología vegetativa y reproductiva durante dos años en nueve especies de plantas perennes dominantes en un ecosistema semiárido del centro de México. Los autores mencionan que a pesar de las condiciones ambientales altamente estacionales y un periodo de sequía relativamente largo en el área de estudio, en todo momento al menos una especie estuvo siempre en alguna fase de desarrollo o reproducción durante el estudio. Los autores reportan la presencia de dos patrones de desarrollo foliar entre las especies estudiadas, el de algunas especies arbustivas que mantuvieron sus hojas durante todo el año, mientras



que otras perdieron sus hojas durante la estación seca. Los autores identificaron también cuatro grupos de especies en base a la fenología reproductiva y las formas de vida, 1) arbustos con un sistema de raíz general (0-1 m de profundidad) y suculentas nanofanerofitas con raíces poco profundas las cuales florecieron y fructificaron durante la estación lluviosa (*Mimosa luisiana*, *Caesalpinia melanadenia*, y *Echinocactus platyacanthus*, 2) arbustos freatofíticos y mesonanerofitas suculentas con raíces poco profundas (*Prosopis laevigata*, *Cercidium praecox*, *Neobuxbaumia tetetzo* y *Cephalocereus columna-trajanti*) florecieron y fructificaron antes de la estación lluviosa, 3) *Castela fortuosa*, un arbusto con sistema de raíz general, la cual floreció y fructificó durante todo el año, y 4) el arbusto semisuculento con sistema de raíz general, *Ipomoea arborescens*, el cual floreció y fructificó después de la estación lluviosa. De acuerdo a los autores, estos patrones fenológicos estuvieron correlacionados principalmente con la humedad del suelo, la temperatura máxima y en un menor grado con la humedad relativa y el fotoperíodo.

Petit (2001) estudió la respuesta fenológica de tres especies simpátricas de cactáceas columnares a la precipitación inmediata durante 21 meses en la isla semiárida de Curacao en las Antillas Holandesas. De acuerdo a la autora, la precipitación es el factor climático que posiblemente afecta más la formación de botones en Curacao, y cada especie de cactácea responde de manera diferente a la misma. El autor menciona que existen pocos estudios acerca del efecto a corto plazo de la precipitación en la fenología de las plantas en zonas secas tropicales o subtropicales, por ejemplo, Guevara de Lampe et al. (1992 en Petit, 2001) encontró una fuerte sincronía entre la precipitación y la floración en las especies del matorral espinoso del noreste de Venezuela, lo cual puede ser debido a que el matorral espinoso comúnmente está sujeto a severas condiciones de sequía y debe responder a la precipitación cuando esta ocurre. Además de la precipitación, existen otros factores que determinan o disparan la floración en los trópicos como puede ser el fotoperíodo. Por otro lado, la temperatura es un factor importante para determinar la floración en plantas no tropicales. No obstante, la precipitación y la temperatura están fuertemente asociadas y sus efectos, difícilmente pueden ser aislados.

Tyler (2001) evaluó los efectos de la variación anual en precipitación, temperatura y humedad sobre la floración de ocho especies de plantas de bosques templados en el sureste de Suecia durante doce años. El autor reporta que la relación



precipitación/humedad por encima del promedio en el intervalo del verano tardío al otoño temprano del año precedente incrementó la abundancia en la floración de la mayoría de las especies estudiadas; sin embargo, dos de las especies mostraron una fuerte relación entre su floración y bajos valores de la relación precipitación/humedad en otoño y/o invierno del año precedente. Dos largos periodos de déficit en la precipitación coincidieron con una disminución en la abundancia de la floración, pero no afectaron el desarrollo vegetativo. Por otra parte, la variabilidad en la temperatura mostró poca relación respecto a la floración de estas especies.

De acuerdo a Borchert et al. (2002) el control de la fenología vegetativa en los árboles de los bosques tropicales con periodos de sequía prolongados no está bien entendido. En estos ecosistemas, la abscisión foliar puede estar resaltada por el avance en la edad foliar, incremento en el stress hídrico o declinación en el fotoperíodo. En un estudio realizado por dichos autores en un bosque tropical semi-decíduo en Costa Rica, ellos reportan que la edad de la hoja juega un papel fundamental en la senescencia y abscisión de la misma, así como una respuesta dependiente de la edad, de las hojas respecto al estrés hídrico. A este respecto, reportan de acuerdo a sus resultados, que el follaje de las especies estudiadas fue retenido durante la estación seca cuando las hojas eran jóvenes, en tanto que, cuando las hojas eran mas viejas, estas fueron tiradas en los primeros meses de la sequía.

Funch y Funch (2002) realizaron un estudio fenológico en bosques de galería y montano de las montañas Chapada Diamantina, en Bahía, Brasil. Estudiaron la fenología vegetativa y reproductiva de 54 especies arbóreas. De acuerdo a sus resultados, las especies de ambos bosques exhibieron un moderado pico en la caída de las hojas durante la estación seca (agosto-octubre), así como un incremento en el desarrollo foliar durante la estación lluviosa (Diciembre-Abril). En general la floración y fructificación fueron anuales, con picos de actividad durante la estación lluviosa. De acuerdo con sus resultados los autores concluyen que la fenología foliar observada en la mayoría de las especies estudiadas (siempre verdes) es más similar a la observada en bosques tropicales húmedos, en tanto que la floración y fructificación (principalmente anual) son más similares a los bosques secos.



Los patrones fenológicos de los bosques secos tropicales han sido relacionados con factores ambientales, principalmente precipitación, fotoperiodo y temperatura, y con factores endógenos inherentes a las plantas. Marco y Páez (2002) consideran que además de estos factores externos (ambientales) e intrínsecos, es posible que existan restricciones filogenéticas que contribuyen a moldear la fenología de las especies. Para probar esto, los autores realizaron un estudio acerca de la fenología y la filogenia de ocho especies de plantas dispersadas por animales en la zona árida del Chaco, Argentina. De acuerdo a sus resultados, los patrones de floración generales fueron condicionados fuertemente por el ambiente y con efectos secundarios por parte de las características intrínsecas a las especies. Sin embargo, la fenología de la fructificación, la filogenia predominó sobre las restricciones ambientales. Por su parte, McIntosh (2002) coincide en que la fenología de la floración frecuentemente tiene limitaciones de tipo filogenético, es decir que muchas especies vegetales cercanamente emparentadas presentan fenologías similares independientemente de factores externos, pero por otro lado, existen fenologías florales divergentes que pueden funcionar como mecanismos de aislamiento, los cuales pueden ser reforzados si las especies coinciden simpátricamente. Sobre esto último, la autora reporta el caso de dos especies de cactáceas cercanamente emparentadas *Ferocactus cylindraceus* y *F. wislizeni*, las cuales ocurren simpátricamente en el Desierto Sonorense. De acuerdo a sus observaciones, estas especies poseen fenologías florales marcadamente diferentes, a pesar de su historia evolutiva compartida. Estas fenologías diferentes parecen estar determinadas por factores climáticos más que por una selección que actúa sobre la época de floración. ®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Estudios Fenológicos Específicos

Cantú-Ayala (1990) realizó un estudio sobre la fenología del mezquite (*Prosopis laevigata*) y el efecto de las cabras en la dispersión de sus semillas. El autor reporta que durante la fase de floración el 95.9% de las inflorescencias se pierden debido a la abscisión natural, al efecto de las lluvias estivales y la actividad trófica de insectos. Al final de la fructificación se produjeron, de un total de 1000 y 500 inflorescencias estudiadas 203 y 46 frutos respectivamente; reporta además que solo un 2.8% de las semillas proporcionadas

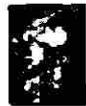


como alimento a las cabras no sufrió daño a su paso por el tracto digestivo, y de estas, solo el 50.9% fueron viables.

Puentes et al. (1993) realizaron un estudio acerca de la fenología y estructura floral de *Trichilia havanensis*; se comprobó el carácter dioico en esta especie, no obstante presentar los órganos masculinos y femeninos en la misma flor. Los autores reportan que los principales agentes polinizadores son himenópteros del grupo de las abejas; por otra parte se apreció que las principales diferencias sexuales en las flores se encuentran en los caracteres del verticilo estaminal que presenta una mayor longitud del tubo y anteras desarrolladas de color amarillo en las flores masculinas, y tubo estaminal más pequeño y anteras carmelitas y arrugadas en las flores femeninas.

Aronson et al. (1994) investigaron el comportamiento fenológico de *Acacia caven* a lo largo de gradientes ecológicos y climáticos en una zona con clima mediterráneo en el centro de Chile. De acuerdo a sus resultados, la fenología de esta especie no está relacionada con los patrones de precipitación de la zona de estudio y se encuentra desfasada con respecto al resto de las especies concurrentes. Según los autores, la fenología de esta especie es más bien parecida a la de muchos árboles de sabanas subtropicales estacionalmente secos que a las plantas típicas del clima mediterráneo.

Friedel et al. (1994) mencionan que existen diversos factores que afectan la floración y fructificación de las especies de *Acacia* en la zona árida del centro de Australia. De acuerdo con sus observaciones en tres localidades de estudio, la humedad del suelo fue el mejor predictor de la floración, en tanto que la fructificación tuvo como principales predictores la humedad del suelo, diferencias entre sitios y fotoperiodo. Por otra parte, y de acuerdo a registros de periodos prolongados de tiempo y en una mayor cantidad de especies, los autores reportan que existen diferencias en los patrones fenológicos dentro del género *Acacia*, ya que por ejemplo, una sección del género muestra un patrón de floración constante de primavera (típico de zonas templadas), este patrón fue también más común en las especies de vida más corta. En tanto que las especies de vida más larga y de otras secciones mostraron un patrón de floración más oportunista. En cuanto a la fructificación, esta ocurrió generalmente en la segunda mitad del año, alcanzando su pico más alto en octubre, independientemente de si la floración fue oportunista o estacional. Los autores



concluyen que los patrones fenológicos de las especies del género *Acacia* en Australia son mixtos, lo cual es congruente con la impredecible precipitación y la diversidad ambiental de las zonas áridas Australianas.

Fresnillo-Fedorenko et al. (1996) realizaron un estudio acerca de la fenología de *Medicago minima* var. *minima* y *Erodium cicutarium* en dos localidades de la zona semiárida del centro de Argentina. Los sitios de estudio fueron diferentes básicamente en que uno de ellos fue protegido del pastoreo, tanto doméstico como natural; en tanto que el otro sitio estuvo sujeto a pastoreo intensivo durante los seis años anteriores. De acuerdo a los autores, el ciclo de crecimiento de ambas especies fue similar en ambos sitios. El inicio del ciclo ocurrió en otoño y mostró una aparente asociación con la disponibilidad de agua en el suelo. La etapa reproductiva se inició más temprano y fue más rápida en *E. cicutarium* que en *M. minima*. El fin de la época de crecimiento se presentó al final de la primavera, en concordancia con las temperaturas altas máximas. Sus resultados sugieren que estas especies aceleran su desarrollo cuando la temperatura del aire se incrementa y la disponibilidad de agua del suelo disminuye.

Brink (1997) llevó a cabo un experimento para determinar la influencia de la temperatura y el fotoperíodo sobre el desarrollo fenológico del árbol *Vigna subterranea* en Botswana, Zimbawe y Mali. En todos los tratamientos la floración estuvo influenciada por la temperatura y no por el fotoperíodo, mientras que el desarrollo del fruto estuvo influenciado por ambos factores.

Keya (1997) estudió los patrones de germinación, emergencia de plántulas, crecimiento y fenología de dos especies de plantas en la zona árida de Kenya bajo condiciones de laboratorio y de campo. De acuerdo a sus resultados, ambas especies (*Leptothrium senegalense* e *Indigofera spinosa*) mostraron notables adaptaciones a las condiciones ecológicas de su hábitat; con rápidas respuestas de desarrollo vegetativo incluso a los menores eventos de precipitación, y la rápida reproducción, con un ciclo reproductivo completo en 14 a 30 días. El desarrollo vegetativo puede ser mantenido después de la estación húmeda gracias a la humedad del suelo en las capas inferiores.

Bell y Cresswell (1998) investigaron la fenología floral de *Brassica napus* en un experimento donde se expuso la planta a polinizadores. Los autores reportan que esta



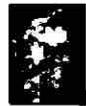
planta presenta un sistema de economía óptima en relación a la senescencia de la flor, ya que esta permanece abierta por un tiempo casi igual al mínimo necesario para cubrir las funciones sexuales, además se observó que la remoción del polen de las anteras acelera la senescencia en las flores y no siendo así para el depósito del polen en el estigma, por lo que aparentemente la remoción del polen gobierna la longevidad de la flor.

Hegazy (1998) reporta que la planta *Avicenia marina*, única especie de manglar en el Golfo Árabe, presenta un ciclo fenológico en el que el período reproductivo se extiende de abril a octubre, mientras que la actividad vegetativa se presenta durante todo el año con un mínimo crecimiento durante la parte final del otoño y principios de invierno.

Antos y Allen (1999) monitorearon durante un período de 6 años la floración y fructificación de plantas masculinas y femeninas de *Oemleria cerasiformis* en Canadá y estimaron datos sobre la fructificación y el esfuerzo reproductivo (gramos de tejido reproductivo por gramo de hoja). En las plantas masculinas el esfuerzo reproductivo estuvo directamente relacionado con los niveles de luz y en las femeninas no sucedió así para la floración, pero sí para los frutos.

Rossi et al. (1999) estudiaron los patrones fenológicos y etapas florales de las especies arbustivas de desierto *Larrea divaricata*, *L. cuneifolia* y *L. nitida* en el desierto Monte en Argentina. Los autores reportan que los eventos de precipitación y/o las condiciones microclimáticas de los sitios resultaron en diferencias fenológicas para la especie entre los sitios y los años. También mencionan que de acuerdo a otros autores (Cunningham et al., 1979; Bowers y Dimmit, 1994) el crecimiento vegetativo de las especies de *Larrea* ocurre siempre que las condiciones sean favorables, en tanto que el desarrollo reproductivo toma lugar en respuesta a los eventos de precipitación. Por otro lado, las diferencias fenológicas pueden reflejar las variaciones genéticas y condiciones microgeográficas, además de estar altamente influida por la variabilidad climática interanual.

Del Pozo et al. (2000) estudiaron las respuestas fenológicas a la temperatura y fotoperíodo en nueve ecotipos de *Medicago polymorpha* en una zona de clima mediterráneo en el centro de Chile. Los autores detectaron la presencia de un gradiente en la precocidad de la floración entre los ecotipos, siendo los ecotipos de zonas más áridas los que mostraron la más temprana floración en tanto que los de la zona más húmeda fueron los últimos. Los

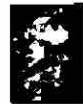


autores reportan que la floración en los ecotipos de floración temprana, esta estuvo determinada por la temperatura y el fotoperiodo; en tanto que en los ecotipos del extremo húmedo, la floración respondió básicamente al fotoperiodo.

Se sabe que los patrones de floración y fructificación pueden diferir entre poblaciones de una misma especie en hábitat diferentes. Por ejemplo, Marco et al. (2000) analizaron los patrones de floración, fructificación y producción de semillas en tres poblaciones de *Larrea divaricata* en la zona semiárida del Chaco, Argentina. De acuerdo a sus resultados, tanto la época como la producción de flores, frutos y semillas fueron diferentes en las poblaciones analizadas durante 9 meses. De acuerdo con los autores, la amplia distribución de esta especie en Sudamérica puede estar relacionada con su habilidad para mantener su éxito reproductivo en hábitats con condiciones contrastantes.

Chmielewski y Rötzer (2001) evaluaron el impacto de los recientes cambios climáticos en el desarrollo de las plantas en Europa mediante el uso de datos fenológicos. Para esto utilizaron los datos de desarrollo foliar en cuatro especies de árboles (*Betula pubescens*, *Prunus avium*, *Sorbus aucuparia* y *Ribes alpinum*). De acuerdo a los autores, el cambio climático ocurrido en los últimos 30 años ha provocado que la estación de crecimiento de estas especies inicie más temprano en el calendario, aproximadamente ocho días en promedio.

Tandon et al. (2001) estudiaron la fenología, biología de polinización y sistema reproductivo de *Acacia senegal* en el noroeste de la India. Respecto a la fenología, los autores reportan que todos los árboles de una población en particular mostraron sincronización en los eventos fenológicos. Los árboles permanecieron parcial o completamente sin hojas durante cuatro meses del año, desde marzo a la mitad de junio. La floración se inicio en julio con la llegada del monzón. El desarrollo de los frutos se inició durante el pico de la floración y continuó hasta finales de septiembre; los frutos alcanzaron su tamaño total en 20-25 días, y maduraron en enero. En cuanto a la caída de las hojas, esta empezó en enero y para marzo los árboles ya estaban sin hojas aunque los frutos aún estaban en la planta; la dehiscencia de los frutos ocurrió en marzo, pero las semillas continuaron unidas a las paredes de la vaina hasta junio, julio y agosto en que fueron dispersadas por el viento y las precipitaciones.



Debandi et al. (2002) estudiaron los patrones fenológicos y reproductivos de la especie *Bulnesia retama* en la reserva de la biosfera de Ñacuñán en el desierto Monte en Argentina. Los autores reportan que en esta especie la floración es relativamente breve, empezando a finales de octubre, un mes después de las primeras lluvias de primavera y durando solo 4 a 5 semanas, en tanto que la fructificación y maduración de las semillas fue mas prolongada, ya que presentó hasta 10 semanas de duración.

El Efecto de la Herbivoría sobre la Fenología

Numerosos estudios muestran que las plantas difieren en la extensión en que son consumidas por los herbívoros y en la forma en que estas responden a la herbivoría. Las teorías tradicionales afirman que existen altos costos asociados con la herbivoría, pero las plantas también pueden beneficiarse cuando un nuevo crecimiento debido a la pérdida de tejido resulta en sobrecompensación. La vasta literatura sobre las respuestas de las especies agrícolas al ataque de los insectos, y la más reducida literatura acerca de los efectos de la diversidad de herbívoros sobre el desempeño de las especies nativas, indica que la dirección de las respuestas de las plantas (p.ej. sobrecompensación, compensación o subcompensación) son una función de importantes factores. Estos factores incluyen variabilidad ambiental en luz y nutrientes, los cuales pueden determinar la calidad nutricional de la planta, el sitio de ataque y el modo de acción del herbívoro.

Sin embargo, un elemento particularmente importante en determinar como las plantas responden a la herbivoría es la época de herbivoría dentro del ciclo de desarrollo fenológico de la planta. Por ejemplo, la herbivoría al inicio de la estación de crecimiento o durante el desarrollo de las inflorescencias puede causar que las plantas se ramifiquen más debido a la liberación de la dominancia apical; al incrementarse la ramificación, el número de tallos y por lo tanto el número de flores producidas también se incrementa al igual que el número de semillas potenciales. Sin embargo, si la herbivoría es experimentada por la planta al final de la época de crecimiento, las respuestas de la planta son generalmente más limitadas y producción de semillas generalmente reducida (Watson, 1995).



Gómez (1996) en un trabajo sobre el efecto de la herbivoría sobre la producción de semillas de la planta *Moricandia moricandioides*, evaluó la fenología reproductiva de esta especie reportando que esta es consumida por insectos y mamíferos, de estos últimos particularmente ovejas; de acuerdo a sus resultados la herbivoría por parte de las ovejas constituye un factor que afecta fuertemente el éxito reproductivo de la especie.

Fenología y Cambio Climático

La fenología es el estudio de el ciclo de los eventos biológicos a través del año, "es una lectura del pulso de la vida". La repetición de los eventos fenológicos tales como floración, fructificación, migración de aves o reproducción animal es frecuentemente utilizada para definir las secuencias estacionales. El uso de los eventos fenológicos como registro del avance de los meses y las estaciones ha sido utilizado desde hace siglos, como por ejemplo en el calendario fenológico chino, lo cual ilustra la forma en que los cambios biológicos están sincronizados con los cambios climáticos estacionales (Balley, 2000). Los estudios fenológicos también han mostrado utilidad en la predicción de las etapas de producción en cultivos y en la medición de la respuesta de las plantas a cambios en la temperatura. La fenología ha emergido recientemente como un importante enfoque de la investigación ecológica, esto principalmente debido a su considerable potencial en la investigación sobre cambio global. El desarrollo tecnológico de los sensores remotos también ha contribuido al resurgimiento de la fenología, mediante la generación de extensas bases de datos sobre la biosfera y que requieren cuidadosa calibración e interpretación. El factor principal para concretar su contribución en el estudio del cambio global dependerá del desarrollo sistemático de redes de observación a escala nacional y global en los próximos años (Schwartz, 1999).

Las observaciones fenológicas constituyen uno de los indicadores más sensibles para determinar como las plantas responden a las condiciones climáticas regionales y por tanto a los cambios climáticos. En las zonas templadas, el desarrollo vegetativo y la floración dependen fuertemente de la temperatura del aire, por lo que al incrementarse las temperaturas, el desarrollo vegetal en primavera puede iniciar anticipadamente en el año (Chmielewski y Rötzer, 2002). Se espera que el calentamiento global tenga impacto sobre

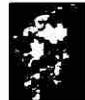


las secuencias fenológicas. Si los registros fenológicos se realizan durante periodos razonables de tiempo, ellos pueden reflejar el cambio climático. Con la amplia evidencia de que el calentamiento global ha ocurrido durante los últimos 40 años, los registros fenológicos a largo plazo pueden reflejar este cambio.

Los cambios en la fenología vegetal constituirán unas de las primeras respuestas a un rápido cambio climático global y podrían potencialmente tener serias consecuencias tanto para las plantas como para los animales que dependen de la disponibilidad periódica de los recursos vegetales. Los patrones fenológicos son más diversos y menos entendidos en los trópicos. En aquellas partes de Asia tropical donde las bajas temperaturas o la sequía imponen un período estacional de descanso, los ciclos anuales de crecimiento y reproducción predominan a nivel de individuos, poblaciones y comunidades. En tanto que en regiones no estacionales, los individuos y las poblaciones muestran un rango de periodicidad en los eventos que va de sub a supra-anual, en tanto que a nivel de comunidad predomina una periodicidad supra-anual (Corlett y LaFrankie, 1998).

La fría y corta estación de crecimiento que caracteriza los climas árticos pone severas restricciones a los ciclos de vida y reproducción en la flora ártica. El periodo de floración es particularmente crítico y puede afectar los sistemas reproductivos a través de fuertes restricciones asociadas sobre todo con la floración tardía. En un estudio de 11 años sobre la floración de 75 especies en Islandia se observó que el inicio de la floración varía grandemente entre años. El número de especies en flor tuvo una fuerte correlación con la temperatura del aire en las 5 semanas previas. Se considera que las especies estudiadas tendrán una inmediata respuesta en su fenología a primaveras más cálidas y tempranas. Los patrones fenológicos anticipados pueden alterar la distribución de recursos en las plantas, tener implicaciones en los sistemas de polinización y pueden incrementar el tamaño, la riqueza de especies y la diversidad genética intraespecífica del banco de semillas del suelo (Thorhallsdottir, 1997).

Intensa investigación se está llevando a cabo sobre la variabilidad y cambio climático y la estimación de los efectos antropogénicos. Para esto se han utilizado métodos estadísticos, aunque el uso de plantas como indicadores biológicos se está haciendo mas popular dada su sensibilidad a las condiciones ambientales. En un estudio sobre la fecha de



floración de *Robinia pseudoacacia* entre 1851 y 1994, se encontraron notables cambios en las fechas, de aproximadamente 3-8 días mas temprano. El modelo desarrollado permite estimar la temperatura media de la primavera usando datos fenológicos de *R. pseudoacacia* con una precisión de 0.2 °C (Walkovszky, 1998).

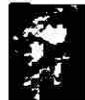
Bradley et al. (1999) estudiaron la fenología primaveral de 55 fenofases en Wisconsin durante 61 años, encontrando que 19 de los eventos fenológicos han ocurrido en fechas cada vez mas tempranas, lo cual de acuerdo con ellos es resultado del incremento en la temperatura. Reportan también que 20 fenofases no mostraron este comportamiento, lo cual indica que son fenofases controladas por fotoperiodo o señales fisiológicas, mas que por la temperatura.

Pocos estudios se han hecho para pronosticar el efecto del calentamiento global sobre interacciones multiespecies (Buse et al., 1999).

Spano et al. (1999) evaluaron la sensibilidad natural de 9 especies a la variabilidad climática en Sardinia, Italia durante el periodo 1986-1996. 5 de las especies son típicas mediterráneas y 4 son típicas de altas latitudes. Se encontró una buena relación entre la aparición de las fenofases y la temperatura en las especies mediterráneas, las cuales estuvieron poco afectadas por variaciones en la precipitación en tanto que el desarrollo fenológico de las especies no nativas por los patrones de precipitación primaverales.

A través del siglo XX En el oeste de Canadá se han observado inviernos y primaveras con temperaturas mas cálidas, así mismo en décadas recientes en Europa se ha reportado desarrollo en las plantas en fechas mas tempranas. En un estudio reciente en Alberta, Canadá utilizando datos históricos y recientes se observó una tendencia de floración más temprana en *Populus tremuloides*, la cual es de casi 26 días, y se encontró una fuerte relación de este evento con las temperaturas del océano Pacífico (Beaubien y Freeland, 2000).

Incrementos en la temperatura del aire debida a factores antropogénicos puede ser detectada fácilmente con los datos fenológicos de Europa de las últimas cuatro décadas, esto sobre todo porque los eventos fenológicos de primavera son particularmente sensibles a la temperatura. Datos de Europa entre 1959 y 1996 revelan que los eventos fenológicos



de primavera se han adelantado en promedio 6.3 días, mientras que los de otoño se han retrasado 4.5 días en promedio. De esta manera tenemos que la estación de crecimiento se ha alargado 10.8 días en promedio desde principios de los 60s. Estos datos son consistentes con medidas satelitales de índices de vegetación de 1981 a 1991 y con medidas de concentración de CO₂ en Hawai y Alaska (Menzel, 2000).

Curie (2001) menciona que los modelos de circulación generales predicen el incremento de los niveles de CO₂ atmosférico y otros gases de invernadero, lo cual puede llevar a dramáticos cambios en el clima. Es sabido que la riqueza de especies está fuertemente relacionada con el clima contemporáneo, asumiendo que esta relación persista los modelos predicen que la riqueza de vertebrados ectotérmicos se incrementará en los Estados Unidos, disminuirá la riqueza de mamíferos y aves en el sur de los EUA y se incrementará en las áreas montañosas. Es posible que la riqueza de plantas leñosas se incremente en el Norte, Este (Iverson y Prasad, 2001) y Oeste y disminuya en el suroeste; estos cambios son predicciones a muy largo plazo, en tanto que a corto plazo se espera que los cambios sean principalmente negativos. De acuerdo a un estudio realizado por Rusterholz y Erhardt (1998) la concentración elevada de CO₂ afecta de manera diferente la fenología de floración, la producción de néctar y el contenido de aminoácidos de 5 especies de plantas de pastizales.

Los bosques tropicales juegan un papel importante en la determinación de la cantidad de CO₂ atmosférico, ya que son fuente de C después de la deforestación y almacenes de carbono debido a la fotosíntesis. Actualmente los investigadores están tratando de cuantificar su papel con resultados que sugieren que la productividad de los bosque tropicales es mayor que la estimada y por tanto el papel de la deforestación en la concentración de CO₂ atmosférico es también mayor que lo previsto (Malhi y Grace, 2000).

Sigurdsson (2001) investigó el efecto del incremento en CO₂ sobre plantas de *Populus trichocarpa* en Islandia, reportando que no se observaron cambios en la fenología de primavera, sin embargo afectó notablemente la fenología de otoño de las plantas, las cuales mostraron cambios similares a los de las plantas que crecen en ambientes con poca disponibilidad de nutrientes.



Peteet (2000) señala en base a evidencia paleontológica que las respuestas de la vegetación a rápidos cambios climáticos se han expresado mejor cerca de los ecotonos, donde la sensibilidad al cambio climático es mayor y las respuestas se manifiestan en menor tiempo.

Roetzer et al. (2000) realizaron un estudio en 10 regiones de Europa central para examinar el impacto del cambio climático a gran escala y a pequeña escala (efecto del clima urbano) sobre el desarrollo de las plantas en el periodo 1951-1995. Los resultados en general indican que a pesar de las diferencias regionales en casi todos los casos las especies estudiadas mostraron una floración mas temprana en las áreas urbanas que en las rurales. Al analizar solamente el periodo 1980-1995 se encontró una notable tendencia a una floración mas temprana tanto en áreas rurales como urbanas, siendo mayor esta en las áreas rurales.

De acuerdo a un estudio realizado en las Islas Británicas (Sparks, 2000) sobre la floración de 11 especies en un periodo de 58 años, encontrando que la floración estuvo fuertemente relacionada con la temperatura y predican que la floración se presentará progresivamente mas temprano en climas más cálidos; sin embargo, el límite inferior para la fecha de floración probablemente esté mejor determinado examinado la fenología de las especies en el límite sur de distribución.

La fenología de los bosque boreales está principalmente controlada por la temperatura, afectando el periodo de inicio de la estación de crecimiento y por lo tanto su duración, afecta también la dureza del hielo y por lo tanto el follaje y la capacidad fotosintética. En los bosques templados es la también la temperatura el factor determinante de los patrones fenológicos; en estas zonas los bosques están compuestos por mezclas de especies deciduas y diferencias en las respuestas fenológicas pueden afectar la competencia de las especies. Por otra parte la fenología de las especies coníferas mediterráneas está principalmente afectada por la disponibilidad de agua, lo cual afecta el desarrollo de área foliar mas que el desarrollo de los eventos fenológicos. En estudio de simulación sobre el efecto de un cambio climático en estos tipos de bosque mostró que la fenología de cada tipo de bosque afecta significativamente la respuesta en el desarrollo de las plantas a un escenario de cambio climático dado (Kramer et al., 2000).



Loik et al. (2000) realizaron un estudio acerca de la respuesta fotosintética a calentamiento climático en dos especies, un arbusto y una hierba, reportando que el calor parece afectara las plantas mediante cambios en el contenido de agua del suelo mas que incrementando la temperatura foliar, se observó también un incremento en la biomasa de la planta arbustiva y disminución en la planta herbácea, lo cual parece estar relacionado con diferencias en procesos bioquímicos de las especies estudiadas.

En los últimos años se ha propuesto una gran cantidad de modelos predictivos del cambio climático a corto, mediano y largo plazo, considerando cada uno de ellos una diversidad de variables y con lo cual se han obtenido una gran diversidad de posibles escenarios, muchos de ellos contrastantes. En un estudio de múltiples escenarios para Estados Unidos (Bachelet et al., 2001) reportan que un moderado incremento en la temperatura produciría un incremento en la densidad de vegetación y secuestro de carbono en la mayor parte de Estados Unidos y habría pequeños cambios en los tipos de vegetación. En tanto que grandes incrementos en la temperatura causarían perdida de carbono, modificaciones en la precipitación, grandes cambios en los tipos de vegetación, pudiendo desaparecer los bosques y convertirse en sabanas.

En Suiza se ha implementado un sistema de observaciones fenológicas en todo el país desde 1951 a la fecha. Además se cuenta con observaciones en las localidades de Geneva desde 1808 y en Liestal desde 1894. De acuerdo a su información han determinado que en general existe una clara tendencia hacia la aparición temprana en primavera de eventos fenológicos y una ligera tendencia hacia una prolongación tardía en otoño, es decir empiezan antes y terminan después. Es importante mencionar que esto es una generalidad pero cada especie y cada fenofases en particular exhibe una respuesta diferente a las influencias ambientales (Defila y Clot, 2001).

Schwartz et al. (2001) afirman que las futuras migraciones de árboles a diferencia de las del pasado estarán correlacionadas espacial y temporalmente como resultado de efectos climáticos y la canalización a través de limitadas regiones con disponibilidad de hábitat. Shafer et al. (2001) concuerdan con los investigadores anteriores en cuanto a los grandes efectos que tendrán los cambios climáticos sobre la distribución de árboles y arbustos en Norteamérica.

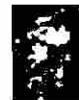


IMPORTANCIA

Los matorrales xerófilos cubren más de tres cuartas partes de la superficie del estado de Nuevo León, estos matorrales están siendo sujetos a diversas presiones degradativas de muy variable intensidad, lo cual está mermando significativamente su superficie. Estos ecosistemas guardan un delicado equilibrio con el clima y la fauna regionales y existen interacciones bióticas aún desconocidas; por otra parte, se sabe que estamos ante inminentes cambios climáticos, debido al sobrecalentamiento de la tierra, propiciados por las altas concentraciones de CO² en la atmósfera, por lo que es de gran importancia el estudio del matorral, más allá de la descripción fisonómico florística del mismo, a fin de poder detectar futuros efectos de estos cambios climáticos sobre las plantas y comprender mejor el funcionamiento de este singular ecosistema. Otro beneficio implícito en el conocimiento de las respuestas adaptativas de la fenología del matorral, es su utilización en el manejo de agroecosistemas y recursos forestales.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
ORIGINALIDAD Y JUSTIFICACIÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Los estudios sobre fenología del matorral son escasos para México y particularmente para la región y más aún estudios integrales que involucren la fenología, la biología floral, mecanismos de polinización y dispersión. Este tipo de estudios son de gran relevancia científica y urgen en nuestro país para marcar la pauta en la comprensión del funcionamiento de las comunidades y el mejor aprovechamiento de los recursos.



HIPÓTESIS

- Las especies del matorral xerófilo presentan diferentes patrones fenológicos los cuales están determinados por factores abióticos ambientales, intrínsecos a la planta y filogenéticos.
- Factores climáticos tales como precipitación y temperatura determinan significativa y diferencialmente el comportamiento fenológico de las especies vegetales en el matorral xerófilo.
- Las flores y frutos de las especies de matorral xerófilo del noreste de México presentan una variación morfológica y de composición química espacial y temporal.



OBJETIVOS

General:

Contribuir al conocimiento de la ecología de las comunidades de matorral xerófilo en el noreste de México mediante el estudio de la fenología y algunos aspectos reproductivos en especies selectas.

Específicos:

- Análisis fenológico de 10 especies del matorral espinoso tamaulipeco durante un periodo de 30 meses en el municipio de Linares, N. L.
- Determinación de la relación entre los patrones fenológicos observados en 10 especies del matorral espinoso tamaulipeco y factores climáticos como precipitación y temperatura.
- Caracterización morfológica y química de los frutos de *Cordia boissieri* en dos localidades del noreste de México y en dos épocas del año.
- Caracterización morfológica y química de los frutos de *Celtis pallida* en el matorral espinoso tamaulipeco de Linares, N. L. en dos épocas del año.
- Caracterización morfológica de los frutos y evaluación de la eficiencia reproductiva en tres especies de leguminosas (*Prosopis glandulosa*, *Acacia farnesiana* y *A. rigidula*) en el matorral espinoso tamaulipeco de Linares, N. L. en dos épocas del año.
- Caracterización morfológica de las flores de dos especies representativas del matorral xerófilo del noreste de México, *C. boissieri* y *Leucophyllum frutescens*, en dos localidades y dos épocas del año.



ÁREA DE ESTUDIO

Localidad A (Linares)

El área de estudio principal se encuentra en el matorral tamaulipeco, único en el noreste de México y de acuerdo a la WWF se encuentra en un estatus de conservación crítico/amenazado (Ricketts et al., 1999).

Ubicación: Dentro del campus de la Fac. de Ciencias Forestales de la U.A.N.L. en el municipio de Linares, en el centro-sur del estado de Nuevo León. Sus coordenadas son 24° 47' latitud Norte y 99° 32' longitud Oeste y a aproximadamente 10 km al sur de la cabecera municipal (Figura 1).

Fisiografía y Topografía: El municipio de Linares, N. L. se encuentra en la Región Fisiográfica denominada Planicie Costera del Golfo Norte, más específicamente en la subprovincia de llanuras y lomeríos, con sistemas de topoformas tales como lomerío suave, lomerío suave con bajadas y lomerío suave con llanuras. La elevación va de 300 a 450 msnm (Anónimo, 1986).

Clima: el clima en el campus universitario de Linares, N. L. es principalmente del tipo semicálido subhúmedo (A) C (Wo) con lluvias en verano con un porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2% (figura 2), además presenta una marcada condición de canícula. La temperatura promedio anual es de 22.3°C y la precipitación es del orden de los 700 mm anuales. (Anónimo, 1981; Anónimo, 1986).

Geología y Edafología: Esta región esta caracterizada por presentar materiales aflorantes dominados por sedimentos marinos no consolidados (arenas, arcillas y conglomerados) cuya edad aumenta conforme su distancia respecto a la costa. El tipo de suelo en el área de estudio van del vertisol pélico, castañozem cálcico, regosol calcárico, feozem calcárico y lúvico, rendzina y litosol. En general, los suelos que predominan son los vertisoles de color negro o bien gris oscuro (Anónimo, 1981, 1986).



Vegetación y Uso del Suelo: El uso del suelo predominante en las zonas de estudio y áreas circundantes corresponde en el área de Linares a matorrales principalmente, entre los que destacan el matorral espinoso tamaulipeco, endémico del noreste del país y sur de Texas (figura 6). Otros tipos de vegetación presentes son pastizales de cultivo, agricultura temporal, agricultura de riego y pastizales inducidos, además de grandes áreas con vegetación secundaria (Anónimo, 1981; Anónimo, 1986).

Localidad B (Monterrey-Cumbres)

Ubicación: La segunda localidad esta ubicada en la parte baja de la sierra de Las Mitras (25°44' latitud Norte y 100°24' longitud Oeste) localizada al Noroeste del municipio de Monterrey, Nuevo León, a una altura aproximada de 650 msnm (Figura 1).

Fisiografía y Topografía: Esta localidad se encuentra en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, dentro de la subprovincia de Sierras y Llanuras Coahuilenses y en el sistema de toposformas de bajadas con lomeríos.

Geología y Edafología: Presenta una naturaleza geológica de rocas sedimentarias de tipo calizas del Cretácico Inferior. Los suelos prevalecientes son de tipo rendzina y litosol de texturas gruesa y media (Anónimo 1981, 1986).

Clima: El clima prevaleciente es de tipo seco semicálido con lluvias en verano (Bs_hhw) con una temperatura promedio anual de 22.8 °C y una precipitación promedio anual de 478.6 mm (Anónimo, 1986). En la figura 3 puede apreciarse el climograma para esta zona.

Vegetación y Uso del Suelo: La vegetación predominante en la zona corresponde al tipo Matorral submontano (figura 7), con los subtipos matorral subinermes, inermes y crasirosulifolio espinoso (Ramírez-Alvarez 1984). En la actualidad la vegetación de esta zona está siendo sujeta a fuertes presiones degradativas debido a la rápida expansión de la zona urbana del área metropolitana de Monterrey, N. L.

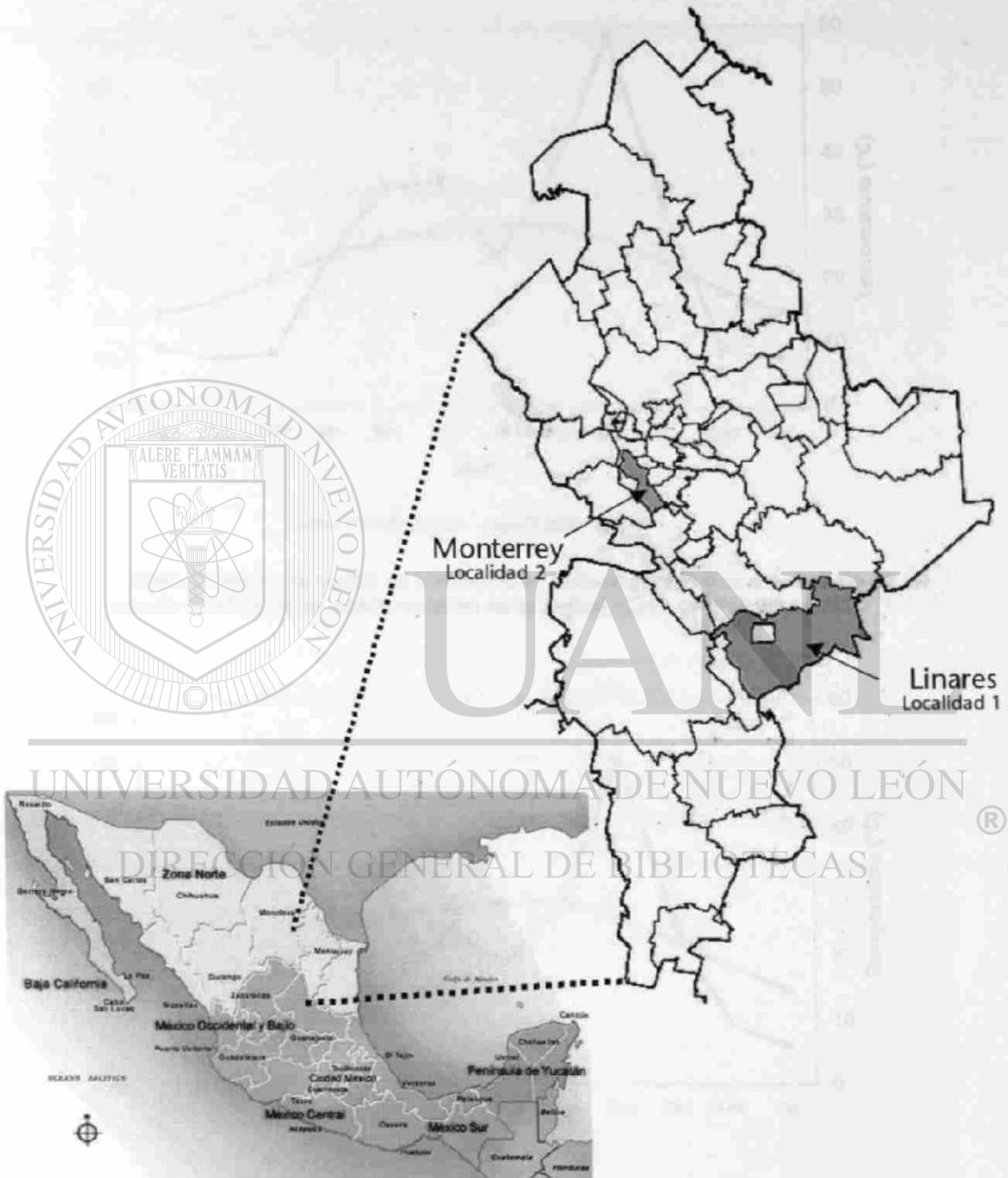


Figura 1. Localización de las áreas de estudio

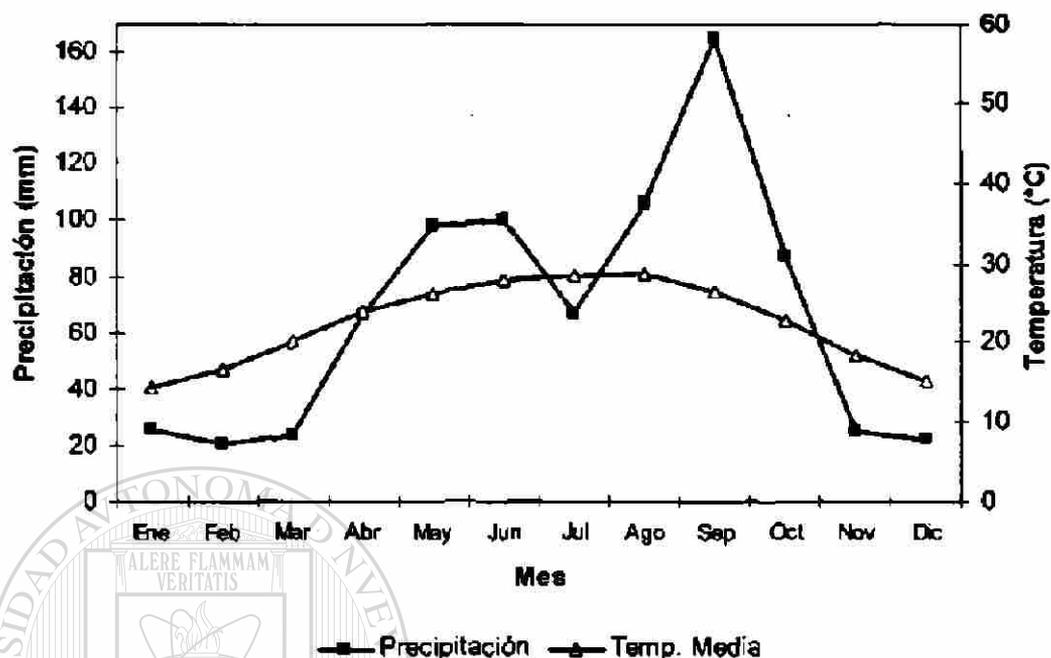


Figura 2. Climograma de la región de Linares N. L. Elaborado con datos promedio de un periodo de 65 años de observaciones en la región (Cavazos y Molina 1992).

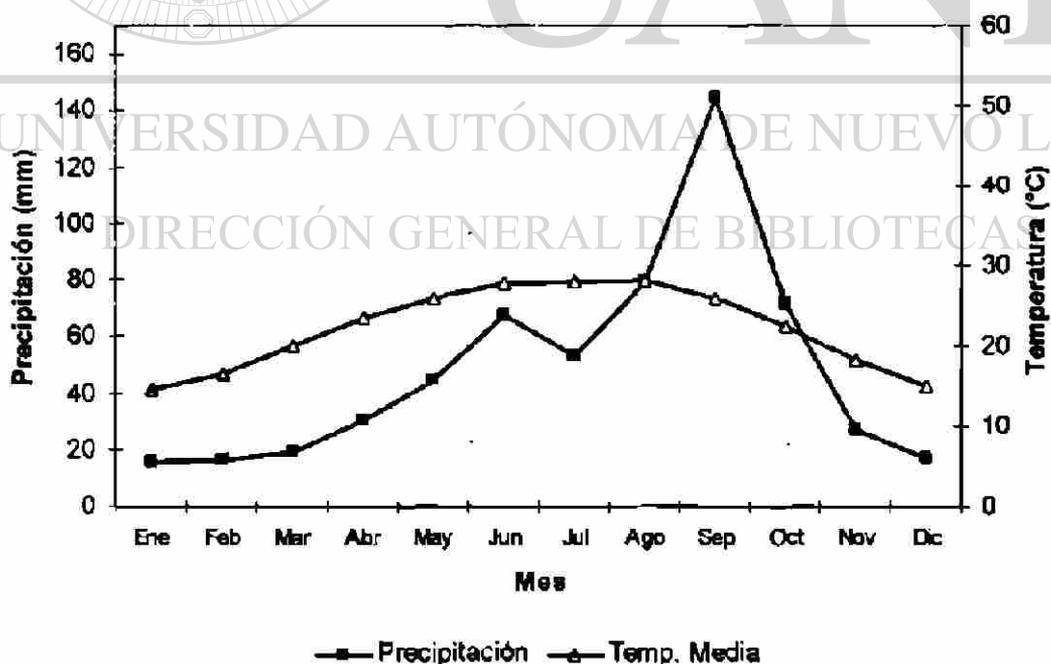


Figura 3. Climograma de la estación meteorológica "Monterrey". Elaborado con datos promedio de un periodo de 79 años (Anónimo 2002).



Figura 4. Vista general del área del jardín botánico "Efrain Hernández Xolocotzi" y sus alrededores en el campus de la Facultad de Ciencias Forestales, U.A.N.L.



Figura 5. Vista parcial del jardín botánico "Efrain Hernández Xolocotzi"



Figura 6. Vegetación característica en el campus de la Facultad de Ciencias Forestales



Figura 7. Vegetación típica de la falda del Cerro de las Mitras (localidad 2) en su exposición Norte



METODOLOGÍA

El presente estudio constó de 5 fases:

- I.- Estudio de la Fenología de 10 especies del matorral xerófilo en el noreste de México
- II.- Estudio morfológico y químico de los frutos de Anacahuita (*Cordia boissieri*) en dos localidades y en dos épocas del año.
- III.- Estudio morfológico y de eficiencia reproductiva en los frutos de Mezquite (*Prosopis glandulosa*), Huizache (*Acacia farnesiana*) y Chaparro prieto (*A. rigidula*) en dos años consecutivos.
- IV.- Estudio morfológico y químico de los frutos de Granjeno (*Celtis pallida*) en una localidad en dos épocas del año.
- V.- Estudio de la morfología floral en Cenizo (*Leucophyllum frutescens*) y Anacahuita (*C. boissieri*) en dos localidades en dos épocas del año.

I.- Estudio Fenológico de 10 especies del matorral xerófilo del Noreste de México

Para el estudio fenológico se seleccionaron 10 especies de importancia ecológica y representativas del matorral xerófilo en la localidad de Linares, N. L.; las especies son las siguientes:

Nombre Científico	Familia	Nombre Común
<i>Cordia Boissieri</i> A.DC.	Boraginaceae	"Anacahuita"
<i>Leucophyllum frutescens</i> (Berl.) I.M. Johnston	Scrophulariaceae	"Cenizo"
<i>Celtis pallida</i> Torr.	Ulmaceae	"Granjeno"
<i>Havardia pallens</i> (Benth.) Britt. & Rose	Leguminosae	"Tenaza"
<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd) M.C. Johnston	Leguminosae	"Mezquite"
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd	Leguminosae	"Huizache"
<i>Acacia rigidula</i> Benth.	Leguminosae	"Chaparro prieto"
<i>Dyospiros texana</i> Scheele	Ebenaceae	"Chapote prieto"
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	Rutaceae	"Colima"
<i>Helietta parvifolia</i> (Gray ex Hemsl.) Benth.	Rutaceae	"Barreta"



De cada una de estas especies se seleccionaron y marcaron 10 ejemplares tomando en cuenta los criterios de Dorais y Ortiz (1991, citados por Villasana y Suárez 1997) para el establecimiento de áreas de observación fenológica, tales como: ejemplares sanos, adultos, de tamaño promedio, y sin daños o deformaciones visibles. El número total de ejemplares seleccionados y marcados fue de 100. A cada uno de los ejemplares marcados se les asignó un número único por especie, de tal manera que pudieran ser identificados individualmente. Durante la realización del trabajo de campo, dos de los ejemplares seleccionados murieron, por lo que fueron reemplazados por ejemplares de la misma especie y lo más cercano posible al sitio original. Los ejemplares reemplazados corresponden a las especies *Zanthoxylum fagara* (1) y *Acacia rigidula* (1).

El estado de cada planta fue medido cada 10 días durante un periodo de 30 meses (febrero 2000 a Julio 2002), para esto se utilizó un método de evaluación visual y cuantitativa en términos porcentuales, más que la presencia o ausencia del fenómeno y se cubrió todo el periodo de manifestación de la fenofase, inicio, plenitud y declinación (Villasana y Suarez, 1997). Los porcentajes utilizados fueron manejados en incrementos de 5 %. A fin de evitar sesgos de apreciación, el registro de las variables fenológicas durante todo el periodo fue realizado por la misma persona. Las fenofases consideradas son las siguientes:

Desarrollo vegetativo:

En esta fenofase se consideraron 3 etapas principales: hojas nuevas (%), hojas maduras (%), hojas seniles (%). Al realizar la visita se observó toda la planta y se cuantificó visualmente en términos porcentuales la cantidad de hojas nuevas, maduras y seniles, de tal forma que al sumar las 3 cantidades se obtiene el 100%, excepto en aquellos casos en que existía una ausencia total de hojas.

Floración:

Aquí se consideraron cuatro etapas: botones florales (%), flores inmaduras (%), flores maduras (%) y flores seniles (%). El método de cuantificación fue similar al utilizado para el desarrollo vegetativo.



Fructificación:

Se consideraron tres etapas, frutos jóvenes (%), frutos inmaduros (%), frutos maduros (%), frutos en dispersión (%). Se empleó la misma metodología que en los casos anteriores.

II.- Estudio morfológico y químico de los frutos de Anacahuita (*Cordia boissieri*)

Para la realización de este estudio se utilizaron frutos de las dos localidades (Linares y Monterrey-Cumbres) y de dos épocas de fructificación (Otoño 2001 y Primavera 2002). En cada una de estas localidades y en las dos épocas del año se colectaron frutos maduros de 5 plantas, seleccionando ejemplares adultos, sanos, sin daños o deformaciones visibles, de altura similar. Se colectaron aproximadamente 100 frutos de cada árbol.

Para la realización del estudio morfológico se utilizaron 50 frutos de cada árbol a los que se les determinaron las siguientes variables:

- largo del fruto
- ancho del fruto
- largo del hueso (endocarpio y semillas)
- ancho del hueso
- peso fresco del fruto
- peso seco del hueso

Se obtuvieron 250 mediciones por variable en cada localidad, y un total de 500 para cada localidad en las dos épocas del año (un total de 1000 datos para ambas localidades). Las mediciones se realizaron utilizando un vernier (precisión 0.05 mm) y los pesos se determinaron en una balanza de precisión (A&D).

Para el análisis químico del fruto de anacahuita se utilizó el epicarpio y mesocarpio de los frutos, determinándose el contenido de humedad, ceniza, proteína, extracto etéreo y fibra cruda por los métodos de la AOAC (1997). También se determinó contenido de glucosa, fructosa y sacarosa por el método volumétrico Lane-Eynon (AOAC, 1997). Estas determinaciones se realizaron por triplicado.



Para el análisis de los datos se utilizó una prueba de ANOVA bifactorial a fin de comparar la morfología y química de los frutos en ambas localidades y ambas épocas del año. A los datos porcentuales de la composición química y de contenido de azúcares se les aplicó primeramente la transformación arcoseno (Zar 1998). Estos análisis se realizaron utilizando el programa estadístico SPSS v. 10.0.

III.- Estudio morfológico y de eficiencia reproductiva en los frutos de *Prosopis glandulosa*, *Acacia farnesiana* y *A. rigidula*

Para la realización de este estudio se utilizó material vegetal de la localidad Linares. Para cada una de las especies, durante la fructificación en dos años consecutivos (2001 y 2002) se colectaron 50 frutos (vainas) de 5 plantas. Se obtuvieron en total 250 frutos de cada especie para cada uno de los años.

Para el estudio morfológico de los frutos se consideraron las siguientes variables:

- Longitud de la vaina
- Ancho de la vaina
- Grosor de la vaina
- Peso fresco de la vaina
- Número de semillas por vaina
- Longitud de la semilla
- Ancho de la semilla
- Grosor de la semilla
- Peso seco de la semilla

Para cada una de estas variables se obtuvieron 50 mediciones por planta en 5 plantas de cada especie. Las mediciones lineales se realizaron utilizando un vernier con una precisión de 0.05 mm. Los pesos fueron determinados utilizando una balanza de precisión (A&D).



Además de esto se contabilizó *in situ* el número de vainas correspondientes a cada espiga floral. En este caso también se registraron 50 datos en cinco plantas, para un total de 250 datos por especie por año. Además, durante la floración se determinó el número de flores por espiga en las especies mencionadas. Se contabilizaron 20 espigas en cinco árboles de cada especie. Estos datos permitieron identificar el número de frutos que son producidos por cada una de las espigas florales y tener una estimación de la eficiencia reproductiva de las especies.

IV.- Estudio morfológico y químico de los frutos de granjeno (*Celtis pallida*)

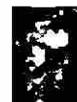
Para la realización de este estudio se utilizaron solamente frutos de la localidad Linares en dos épocas de fructificación (Otoño 2001 y Primavera 2002). En cada una de estas épocas del año se colectaron frutos maduros de 5 plantas, seleccionando ejemplares adultos, sanos, sin daños o deformaciones visibles, de altura similar.

Para la realización del estudio morfológico se utilizaron 50 frutos de cada árbol a los que se les determinaron las siguientes variables:

- largo del fruto
- ancho del fruto
- largo de la semilla
- ancho de la semilla
- grosor de la semilla
- peso fresco del fruto
- peso seco de la semilla

Se obtuvieron un total de 250 mediciones por variable en cada época de fructificación y un total de 500 para ambas épocas. Las mediciones se realizaron utilizando un vernier (0.05 mm).

Para el análisis químico del fruto se utilizó el epicarpio y mesocarpio de los frutos, determinándose el contenido de humedad, ceniza, proteína, extracto etéreo y fibra cruda por los métodos de la AOAC (1997). También se determinó contenido de glucosa, fructosa y



sacarosa por el método volumétrico Lane-Eynon (AOAC, 1997). Estas determinaciones se realizaron por triplicado.

Para el análisis de los datos se utilizó la prueba "t" de student a fin de comparar los resultados de ambas épocas del año y en el caso de los datos porcentuales de la composición química y de contenido de azúcares se les realizó primeramente una transformación arcoseno (Zar 1998). Estos análisis se realizaron utilizando el programa estadístico SPSS v. 10.0.

V.- Estudio de la morfología floral en Cenizo (*Leucophyllum frutescens*) y Anacahuita (*C. baissieri*)

Para la realización de este estudio se utilizaron flores de las dos localidades (Linares y Monterrey-Cumbres) y de dos épocas de floración (Otoño 2001 y Primavera 2002). En cada una de estas localidades y en las dos épocas del año se colectaron flores maduras de 5 plantas, seleccionando ejemplares adultos, sanos, sin daños o deformaciones visibles, de altura similar.

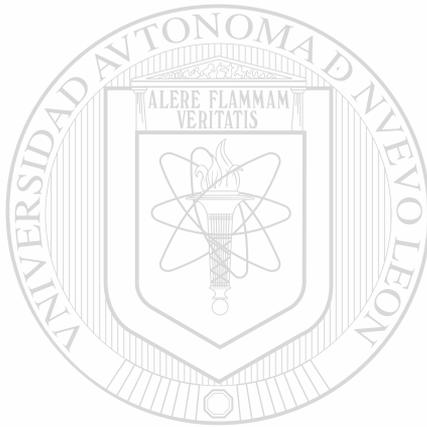
Las variables morfológicas consideradas para las flores de Anacahuita y cenizo son:

Longitud total	Longitud del estigma
Diámetro superior	Número de divisiones del estigma
Diámetro inferior	Número de estambres
Número de pétalos	Longitud del estambre
Número de sépalos	Longitud del filamento
Longitud de pétalos	Longitud de filamento unido al pétalo
Ancho de pétalos	Longitud de filamento libre
Longitud de sépalos	Longitud de la antera
Longitud del gineceo	Ancho de la antera
Diámetro del ovario	



De cada una de estas variables se realizaron 25 mediciones en cinco flores por planta. Se utilizaron cinco plantas para cada localidad y para cada época de floración. Las mediciones fueron realizadas bajo el estereoscopio utilizando un vernier (0.05 mm).

Para el análisis de los datos se utilizó una prueba de ANOVA bifactorial a fin de comparar la morfología de las flores en ambas localidades y ambas épocas del año. Estos análisis se realizaron utilizando el programa estadístico SPSS v. 10.0.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.- Estudio Fenológico de 10 Especies del Matorral Xerófilo del Noreste de México

Los resultados de este estudio están dispuestos en dos secciones principales, la primera referente al desarrollo fenológico individual de cada una de las especies, y la segunda parte aborda los patrones fenológicos observados en la comunidad en base a las 10 especies estudiadas.

1.1 Desarrollo Fenológico Individual de las Especies Estudiadas:

A continuación se presenta una descripción y análisis detallado de la fenología de cada una de las especies estudiadas.

Acacia farnesiana (L.) Willd

“Huisache”

Desarrollo vegetativo

El huisache es una especie que no pierde completamente sus hojas en ninguna época del año, presentando un recambio gradual de hojas en diferentes épocas del año, aunque con una época de notable desarrollo vegetativo, en la que llega a alcanzar un renuevo de hojas del 40 a 50%, esto sucedió a finales del invierno y principio de la primavera (febrero – marzo) en los años 2000 y 2002, en tanto que en el 2001 este renuevo de hojas fue más discreto. Existe otra época de desarrollo vegetativo, aunque de menor intensidad, la cual coincide con las lluvias de primavera (mayo y junio) y en la cual se observó un renuevo de hojas de hasta un 20% (Figura 8a).



Floración

La floración de esta especie fue bastante constante durante el período de estudio, en el cual se observaron 3 eventos de desarrollo floral (uno por año). La etapa de formación de botones es la más larga, iniciando en el mes de noviembre y concluyendo en febrero. Posteriormente, e iniciando generalmente en el mes de enero, estos botones son rápida y gradualmente madurados hasta el mes de marzo o principios de abril. Es importante mencionar que en el primer año de estudio (2000) se presentó una pequeña floración adicional durante el mes de mayo, lo cual no ocurrió en el 2001 y 2002 (Figura 8b).

Fructificación

La fructificación, evento consecutivo a la floración mostró ser más o menos constante durante este estudio. Esta fase se inició durante los tres años en el mes de marzo con el desarrollo de frutos embrionarios, los cuales alcanzaron su madurez en los meses de junio y julio. Por último, las vainas fueron lentamente dispersadas desde el mes de junio, concluyendo alrededor del mes de octubre (Figura 8c). Las diferentes etapas de fructificación presentaron un fuerte grado de traslape temporal.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

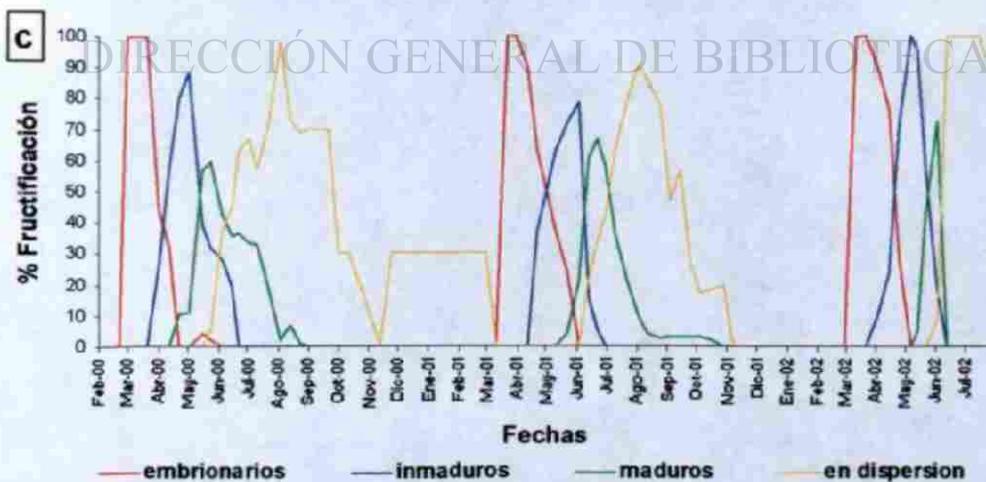
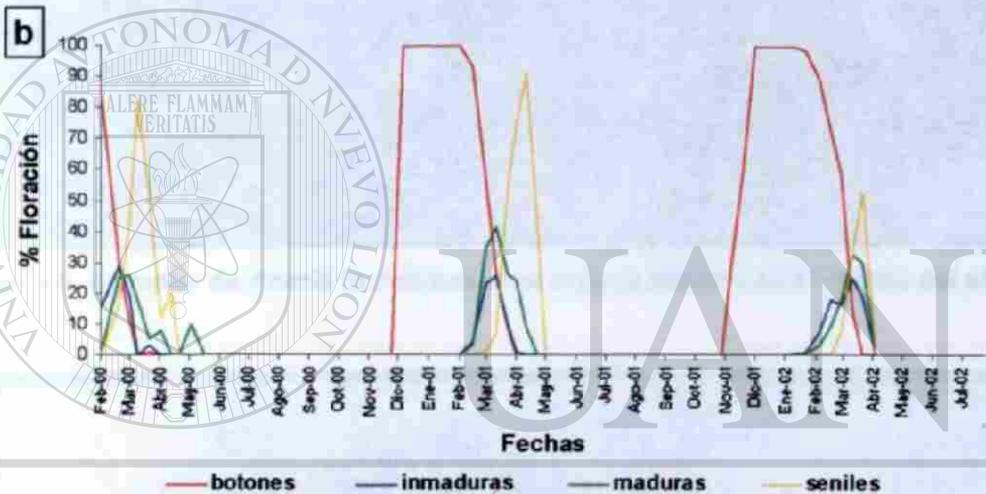
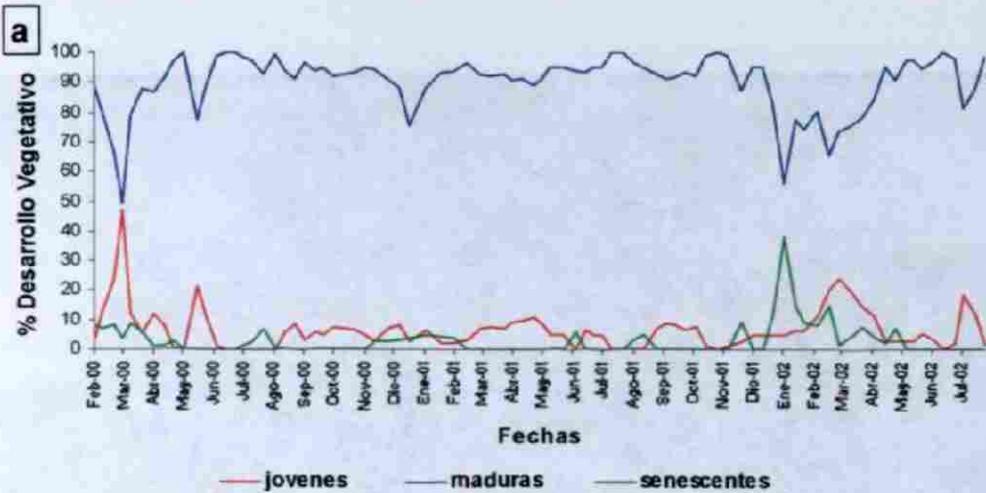


Figura 8. Fenología de *A. farnesiana*. a) desarrollo vegetativo, b) floración y c) fructificación.



Figura 9. Ejemplar de *Acacia farnesiana* en el área de estudio en el verano del año 2000



Figura 10. Ejemplar de *A. farnesiana* en floración en enero del 2001 en el área de estudio



Figura 11. Detalle de las cabezuelas florales de *A. Farnesiana*



Figura 12. Frutos de *A. farnesiana* en la primavera del 2001

**Acacia rigidula Benth****“Chaparro Prieto”****Desarrollo vegetativo**

Esta especie, al igual que *A. farnesiana*, no perdió completamente sus hojas en ninguna época del año, aunque sí sufrió una notable merma en su follaje durante el invierno. El desarrollo vegetativo se presentó en dos épocas durante el año, la primera de ellas y de mayor intensidad ocurrió durante la primavera, época en que se pudo observar hasta más de un 60% de brotes foliares. La segunda época de desarrollo vegetativo coincidió con las lluvias de finales del verano y principios de otoño, aunque el desarrollo vegetativo observado es apenas cercano a un 10%, aunque en el 2002 se apreció un 20% de desarrollo vegetativo en el mes de julio, aunque este coincidió más con las lluvias de primavera verano (Figura 13a).

Floración

A. rigidula, en forma similar a *A. farnesiana*, presentó una floración de periodicidad anual (Figura 13b) y la cual se inició en los meses de noviembre o diciembre con la formación de botones florales, los cuales fueron desarrollados lentamente y mantenidos en latencia hasta el mes de enero (2000), o principios de febrero (2001 y 2002) en que se inició la antesis de los mismos, alcanzando la máxima floración en febrero (2000) o marzo (2001 y 2002).

Fructificación

La fructificación de *A. rigidula* inició con el desarrollo de frutos embrionarios en los meses de febrero (2000) y marzo (2001 y 2002). Estos frutos alcanzaron su pico de madurez durante el mes de mayo e iniciaron la dispersión de semillas en mayo y junio y prolongándose esta etapa hasta el mes de octubre, aunque la máxima dispersión ocurrió en los meses de junio y julio (Figura 13c).

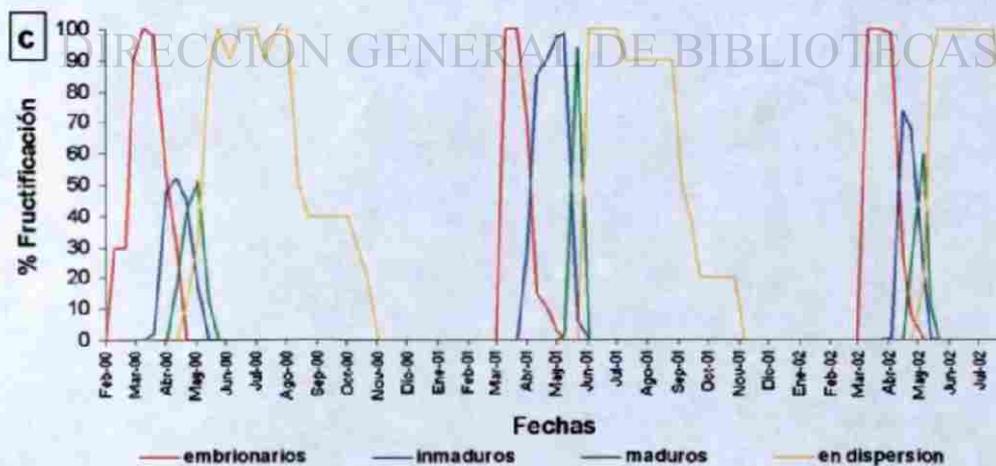
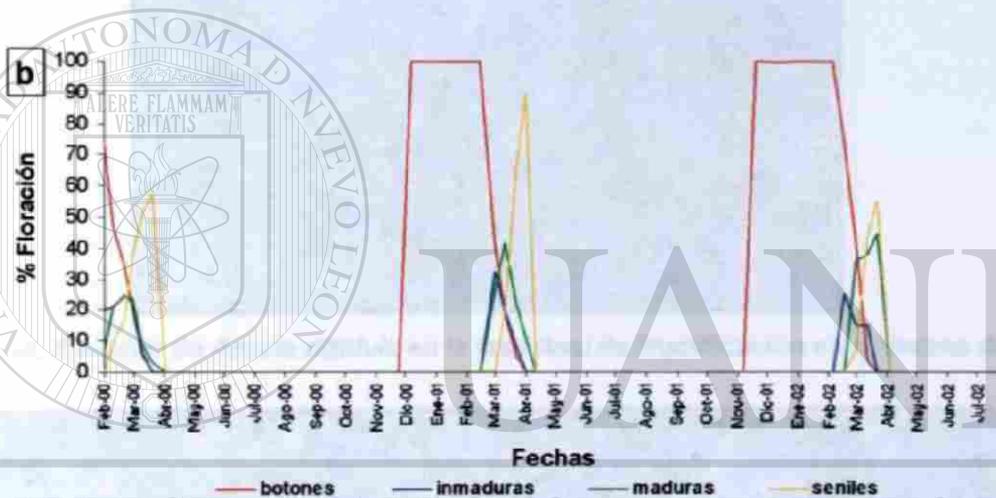
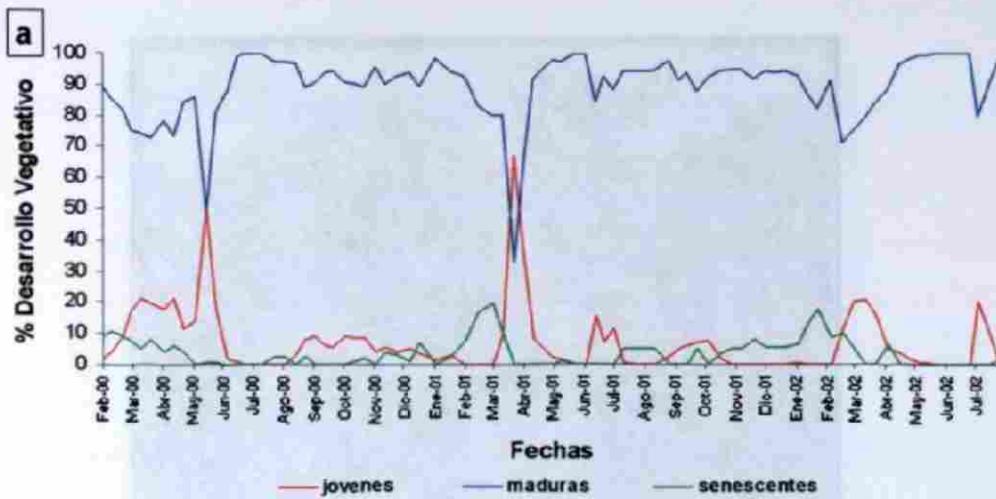


Figura 13. Fenología de *A. rigidula*. a) desarrollo vegetativo, b) floración y c) fructificación



Figura 14. Ejemplar de *Acacia rigidula* en la fase final de fructificación en el verano de 2001



Figura 15. Frutos inmaduros de *A. rigidula* en la primavera de 2001



Figura 16. Inflorescencias de *A. rigidula* en la primavera de 2001



Figura 17. Dispersión de semillas mediante la acción del viento en *A. rigidula* (verano 2001)



Prosopis laevigata "Mezquite"

Desarrollo Vegetativo

P. laevigata a diferencia de las otras leguminosas estudiadas (*A. farnesiana*, *A. rigidula* y *H. pallens*), mostró una notable pérdida de hojas durante el invierno, aunque en ningún momento careció totalmente de ellas. En esta especie se apreció también un notable desarrollo vegetativo a finales del invierno y principios de la primavera (febrero y marzo) en que fue posible apreciar hasta un 90% de hojas nuevas (2001). Se observaron también otros pequeños periodos de desarrollo vegetativo, los cuales coincidieron con las lluvias de primavera (mayo-junio) y verano-otoño (septiembre). Estos periodos adicionales de desarrollo foliar fueron variables en duración y generalmente no superaron el 10% de hojas nuevas (Figura 18a).

Floración

La periodicidad de floración observada en esta especie es anual. Inició con el desarrollo de botones florales a finales del mes de febrero, el período de latencia de estos fue muy breve ya que la antesis se presentó a finales de febrero (2000) y marzo (2001 y 2002), alcanzando la máxima floración en abril (Figura 18b). Esta fenofase concluyó en el mes de mayo (2000 y 2001) y abril (2002).

Fructificación

La fructificación de *P. laevigata* inició en los meses de marzo y abril con la formación de frutos embrionarios, los cuales empezaron a madurar en el mes de mayo, alcanzando su máxima madurez en ese mes y a principios de junio, para posteriormente iniciar la dispersión a finales de mayo y principios de junio. La dispersión de los frutos concluyó en el mes de julio para los años 2000 y 2001, y en junio para el 2002 (Figura 18c).

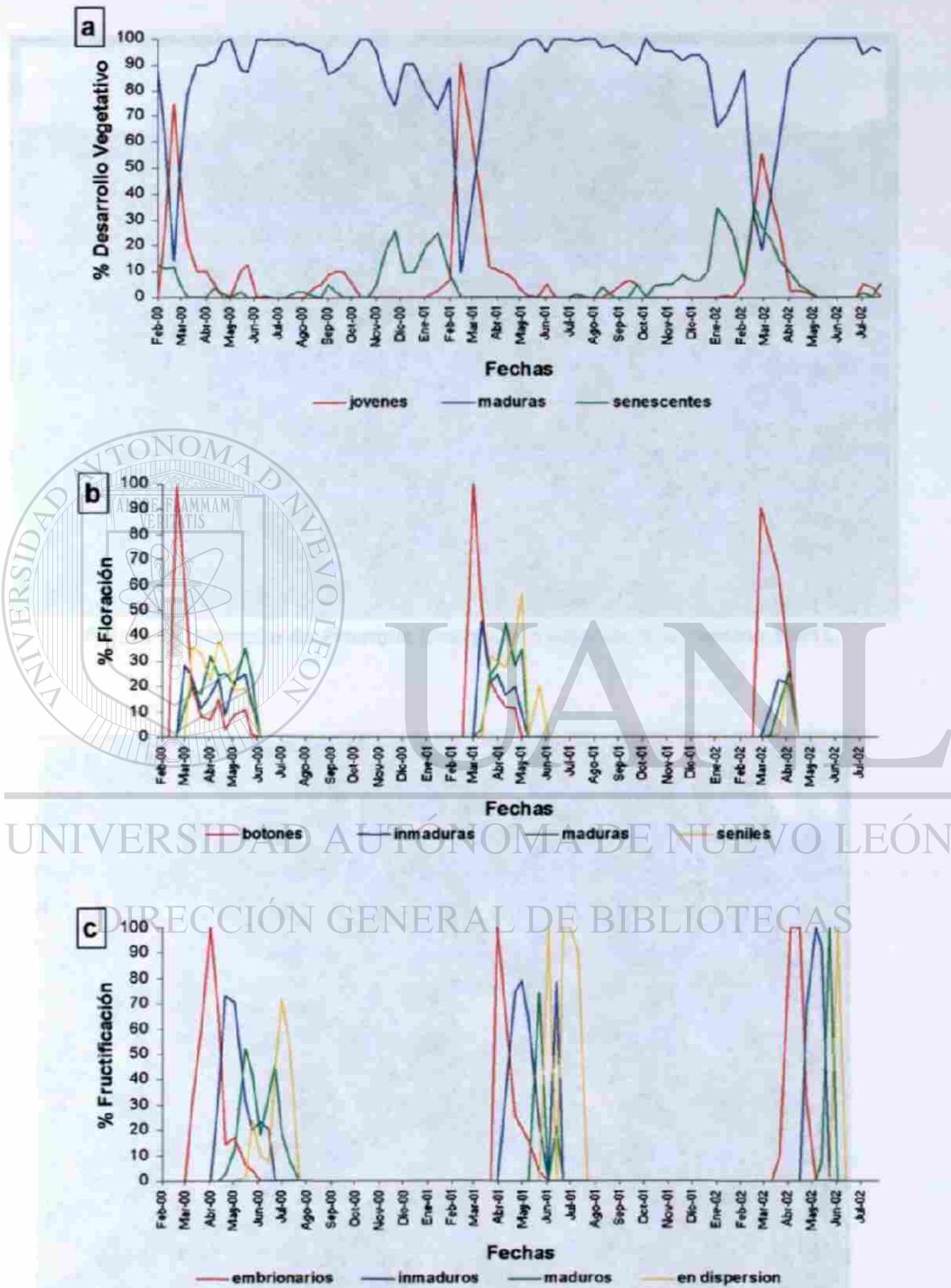
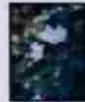


Figura 18. Fenología de *P. laevigata* a) desarrollo vegetativo, b) floración y c) fructificación

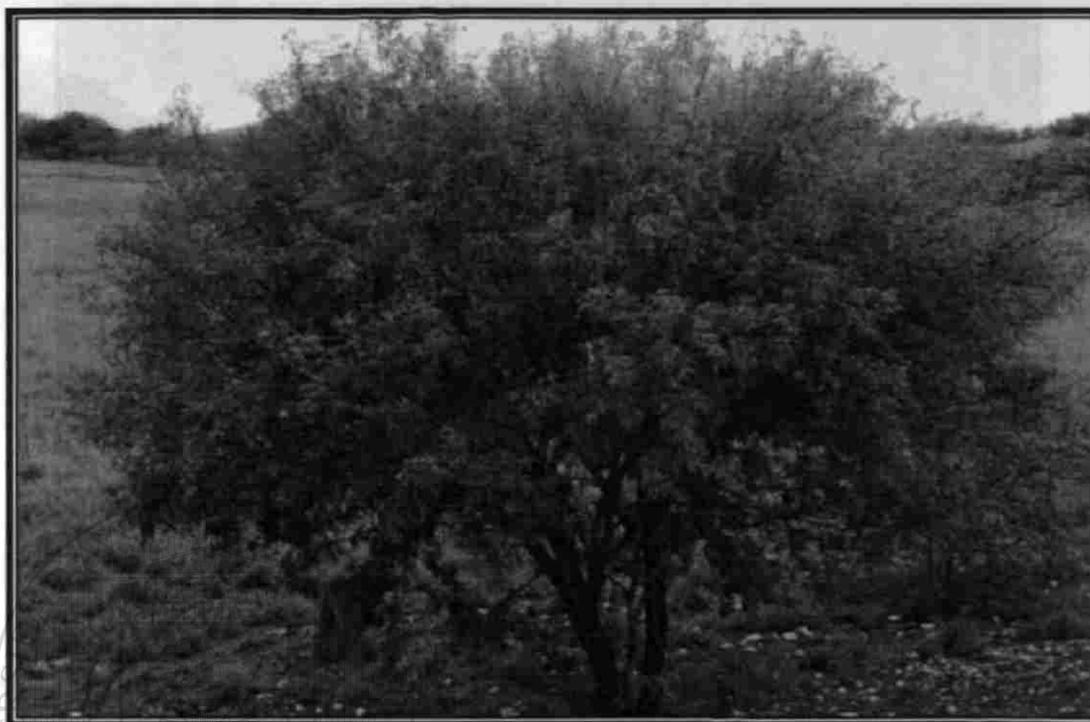


Figura 19. Ejemplar de *Prosopis laevigata* en Linares, N. L. (verano 2001).



Figura 20. Desarrollo vegetativo de *P. laevigata* (primavera 2002).



Figura 21. Inflorescencias de *P. laevigata* en diferentes etapas de madurez (primavera 2001)



Figura 22. Frutos maduros de *P. laevigata* en el mes de junio de 2002 en Linares, N. L.

***Havardia pallens* (Benth.) Britt. & Rose****“Tenaza”****Desarrollo Vegetativo**

El desarrollo vegetativo de *H. pallens* presentó mayor irregularidad temporal y cuantitativa que las otras leguminosas estudiadas. En el año 2000 se presentaron 3 periodos de desarrollo vegetativo, siendo el más significativo el observado en el mes de mayo en que se apreció hasta un 80% de hojas nuevas. En el año 2001 se observaron 2 periodos de formación de hojas, alcanzando un 40% de hojas nuevas en el mes de abril. En el 2002 para el mes de julio se habían observado tres periodos, aunque muy breves y alcanzando solamente un 20% de hojas nuevas en el mes de marzo (Figura 23a).

Floración

La floración de esta especie se presentó con una periodicidad anual. Este evento inició en el mes de mayo durante los tres años, siendo la etapa de botones florales la más larga ya que se prolongó hasta finales de agosto o principios de septiembre. Se observaron eventos de antesis parciales previos a la antesis importante que ocurrió en el mes de septiembre. Estos eventos se presentaron en dos ocasiones en el año 2000 y en una ocasión en el 2001. Durante estos eventos de antesis parcial una pequeña parte de los botones fueron madurados en junio y/o julio (Figura 23b). En estos eventos anticipados se alcanzó una mínima fructificación para el año 2002.

Fructificación

La fructificación inició en septiembre, alcanzando las vainas su madurez en noviembre y diciembre (Figura 23c). La dispersión de los frutos y semillas se prolongó hasta los meses de abril (2000 y 2002) y mayo(2001). Se apreció una fructificación adicional en el mes de julio de 2002, producto de la floración parcial a principios del verano de ese año.

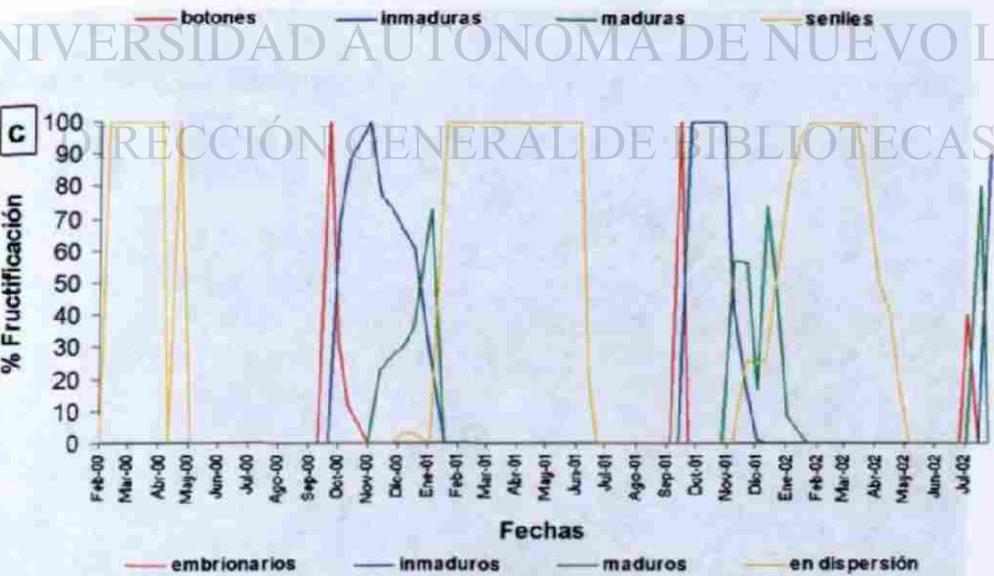
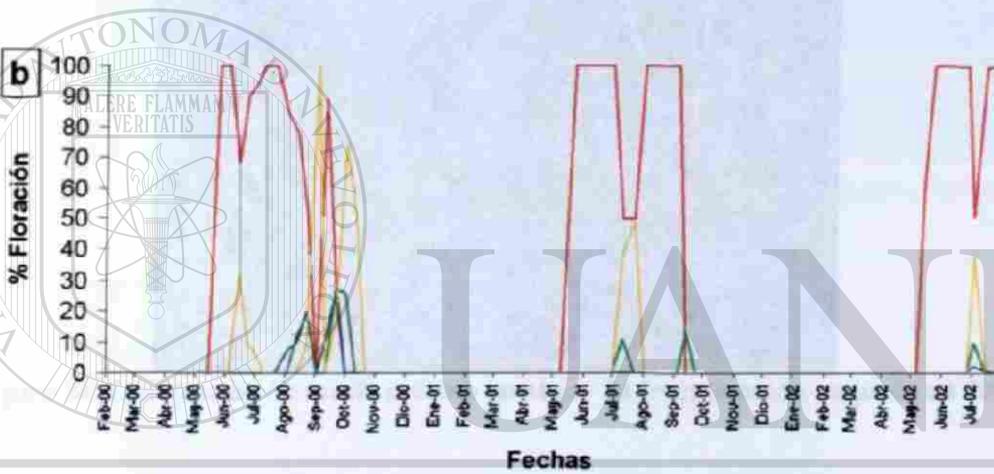
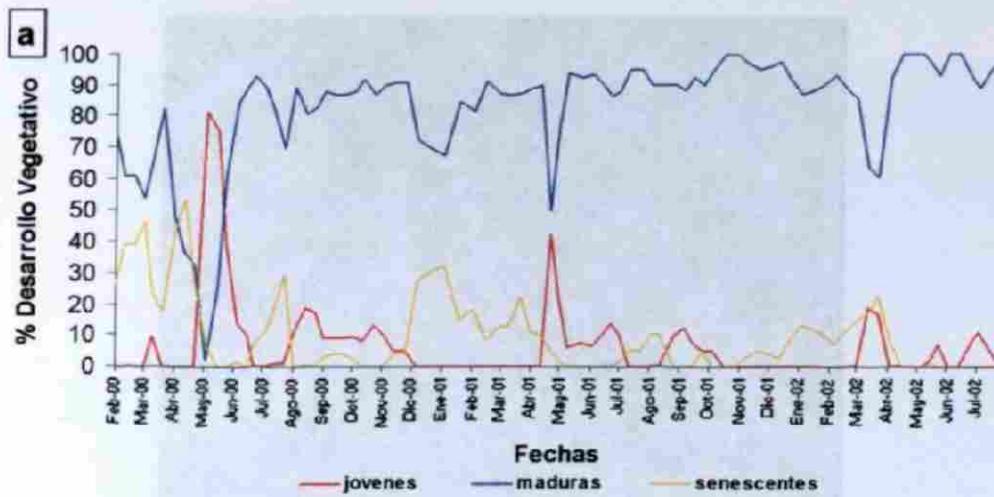


Figura 23. Fenología de *H. pallens*, a) desarrollo vegetativo, b) floración y c) fructificación



Figura 24. Ejemplar de *Havardia pallens* en etapa de fructificación en junio de 2000



Figura 25. Detalle del desarrollo vegetativo y botones florales en *H. pallens* (verano 2001)

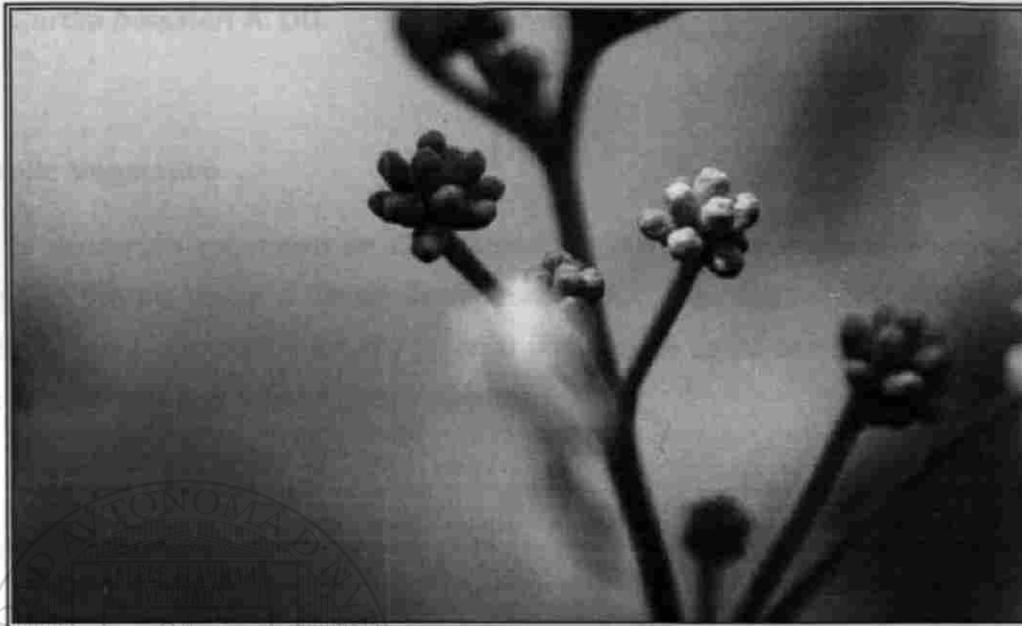


Fig. 26. Acercamiento a las cabezuelas florales en etapa temprana en *H. pallens* (verano 2001)



Figura 27. Frutos inmaduros de *H. pallens* en el otoño de 2001

***Cordia boissieri* A. DC.****"Anacahuita"**

Desarrollo Vegetativo

El desarrollo vegetativo de *C. boissieri* fue sumamente irregular (Figura 28a). Sin embargo es posible ubicar el desarrollo vegetativo en dos épocas principales, la primavera y el otoño. En esta especie fue posible apreciar una notable caída de hojas durante el invierno y en la sequía de medio verano (julio y agosto).

Floración

La floración en esta especie fue irregular en términos cuantitativos y de número de eventos. Sin embargo fue posible apreciar que esta fenofase se presenta en dos épocas principales del año, primavera y otoño (Figura 28b). La duración en cada una de estas épocas y el número de picos de floración fue variable, observando por ejemplo para el año 2000, un evento en la primavera y dos en otoño. En tanto que en el año 2001, fue posible identificar dos picos de floración para ambas épocas. En el año 2002 se presentó un pequeño evento de floración invernal (enero).

Fructificación

La fructificación en *C. boissieri* es predecible en función de los eventos de floración. La maduración de los frutos en la mayoría de los casos se dio a las 4 a 6 semanas después del inicio de la fructificación. La dispersión de los frutos en términos generales se presentó durante el mes de julio para la floración de primavera y en enero para la de otoño. Sin embargo, durante el periodo de mayo del 2001 a junio del 2002 fue posible observar alguna etapa de fructificación en forma casi ininterrumpida (Figura 28c).

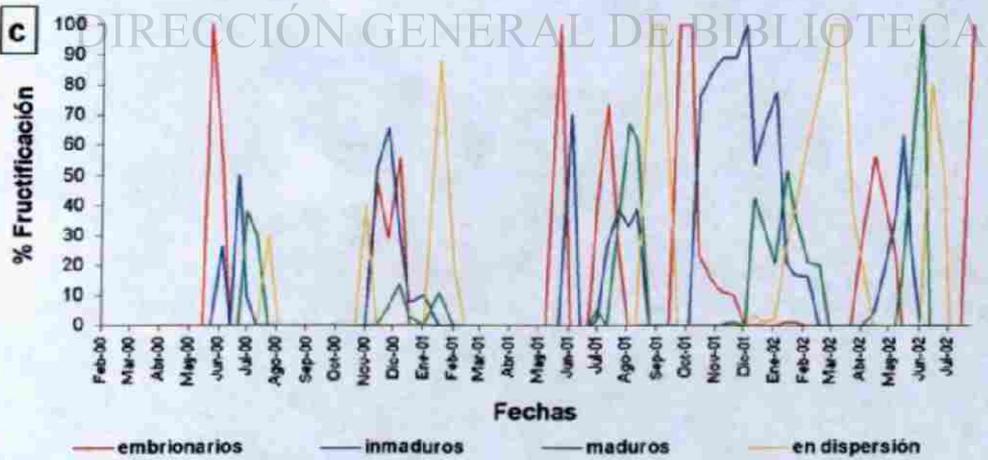
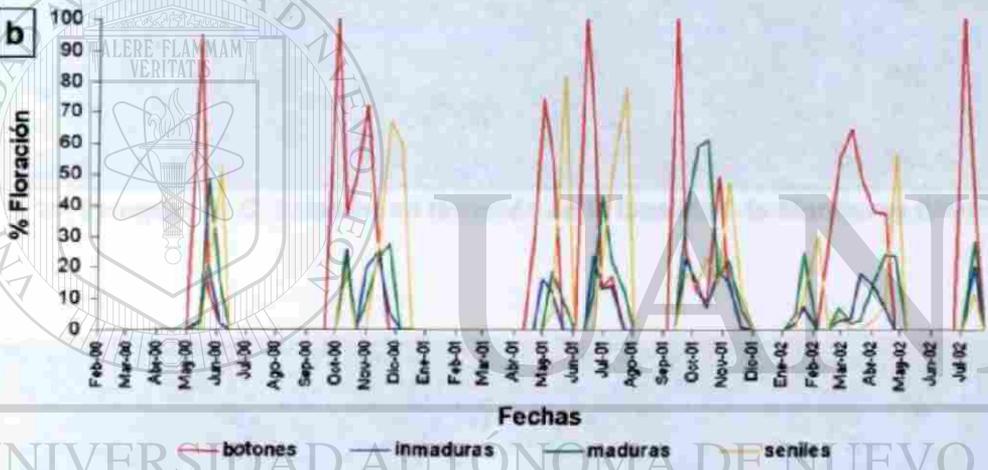
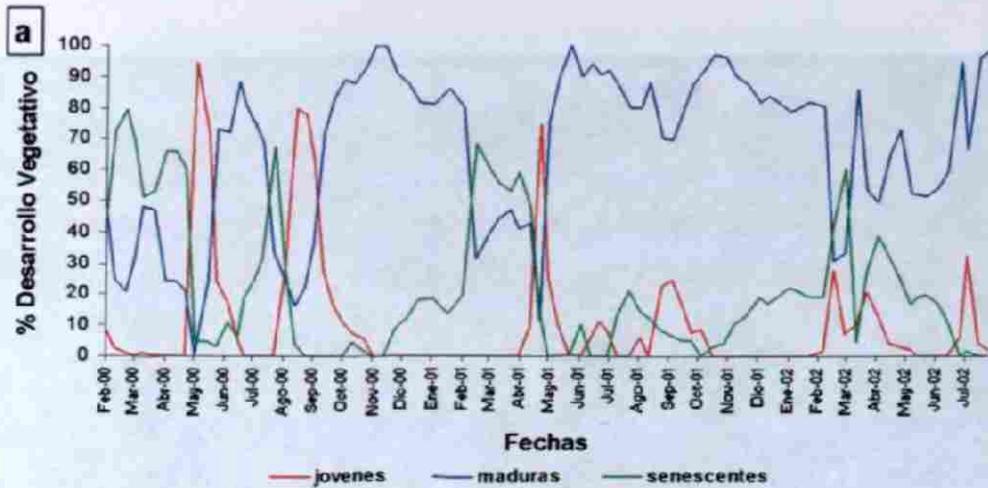


Figura 28. Fenología de *C. boissieri*, a) desarrollo vegetativo, b) floración y c) fructificación



Figura 29. Ejemplar de *C. boissieri* en floración en la localidad de Monterrey (Verano 2002)



Figura 30. Flores y botones de *C. boissieri* en el otoño del 2000



Figura 31. Acercamiento a las estructuras reproductoras de *C. boissieri*



Figura 32. Botones florales y frutos inmaduros presentes simultáneamente en *C. boissieri*

***Leucophyllum frutescens* (Berl.) I.M. Johnston****"Cenizo"****Desarrollo Vegetativo**

Esta especie presenta un recambio de hojas gradual a través del año. El desarrollo de hojas nuevas fue más significativo en la primavera y el otoño (Figura 33a) en que alcanzó cerca del 20% de hojas nuevas, siendo significativo el año 2000 en que se observó más de 30% de hojas nuevas en la primavera. La pérdida de hojas fue también lenta a través del año, aunque se intensificó durante el invierno y en la sequía de medio verano (julio-agosto).

Floración

En la Figura 33b se puede apreciar el desarrollo de la floración en *L. frutescens* durante 30 meses. Durante este período se pudieron apreciar hasta 5 eventos de floración en el año 2000, siete picos en el 2001 y cuatro hasta julio del 2002. Estos eventos están concentrados principalmente en la primavera y el otoño, épocas en que pueden apreciarse hasta 3 o 4 eventos de floración por estación. Estos eventos generalmente coincidieron con la presencia de lluvias.

Fructificación

En el cenizo se observó alguna etapa de fructificación durante casi todo el año (Figura 33c). Esto está en relación directa con los varios eventos de floración de esta especie. La duración de las fases de frutos embrionarios, a inmaduros y maduros es relativamente breve cubriéndose en unas cuantas semanas. Sin embargo, la dispersión de las semillas fue bastante lenta y puede ocupar varios meses.

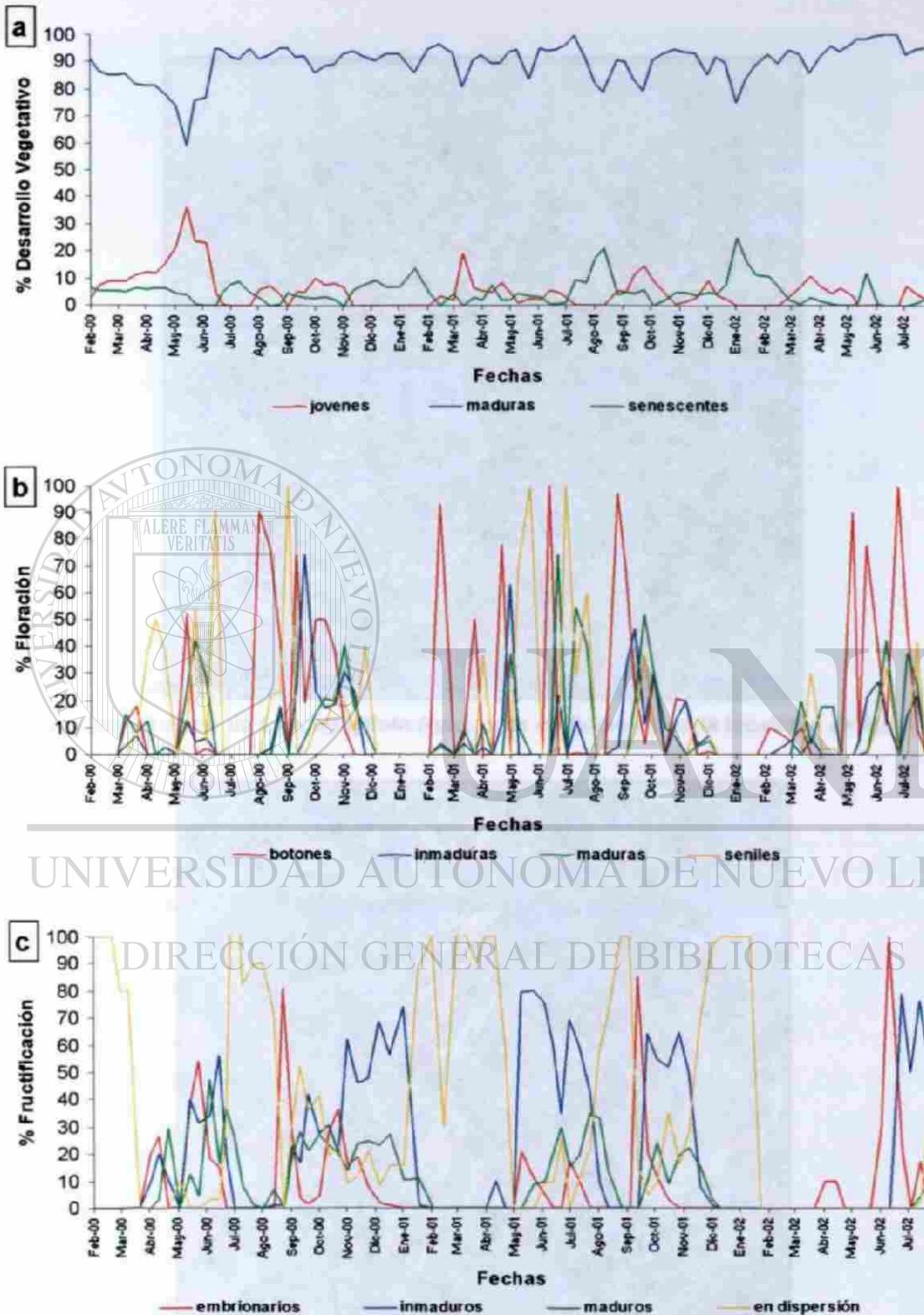
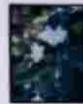


Figura 33. Fenología de *L. frutescens*, a) desarrollo vegetativo, b) floración y c) fructificación



Figura 34. Ejemplar de *Leucophyllum frutescens* en floración en la localidad de Monterrey



Figura 35. Formación de botones florales en *L. frutescens*



Figura 36. Acercamiento a la estructura floral de *L. frutescens*



Figura 37. Fructificación de *L. frutescens* en Julio de 2001

***Diospyros texana* Scheele****“Chapote prieto”****Desarrollo Vegetativo**

El desarrollo vegetativo foliar de *D. texana* (Figura 38a) se presenta principalmente durante la primavera, época en que se observó hasta un 90% de hojas nuevas. En los años 2001 y 2002 fue posible apreciar también un desarrollo vegetativo adicional durante el verano, aunque este fue cuantitativamente mucho menor. Esta especie perdió hojas principalmente durante el invierno y en el medio verano, aunque no llegó a perderlas totalmente durante el periodo de estudio.

Floración

Esta especie mostró un solo evento de floración en el año (Figura 38b), el cual se presentó durante la primavera de los tres años de estudio, mostró variación temporal, ya que en el año 2000, esta se observó en mayo; en el 2001, durante abril - mayo y en el 2002 durante el mes de marzo. El periodo de floración fue muy breve, ya que los botones fueron desarrollados en un corto lapso y rápidamente llevados a maduración en forma simultánea, con lo que logran completarse las diferentes etapas de la floración en aproximadamente 4 semanas.

Fructificación

En *D. texana* la fructificación siguió inmediatamente a la floración. Los frutos pasaron rápidamente del estado embrionario a frutos inmaduros en donde alcanzaron su tamaño final pero permanecieron en esta etapa durante dos a tres meses hasta alcanzar su madurez alrededor del mes de agosto. La dispersión se presentó durante el otoño, finalizando en el mes de noviembre, aunque en el año 2000 se observaron frutos en dispersión hasta el mes de diciembre (Figura 38c).

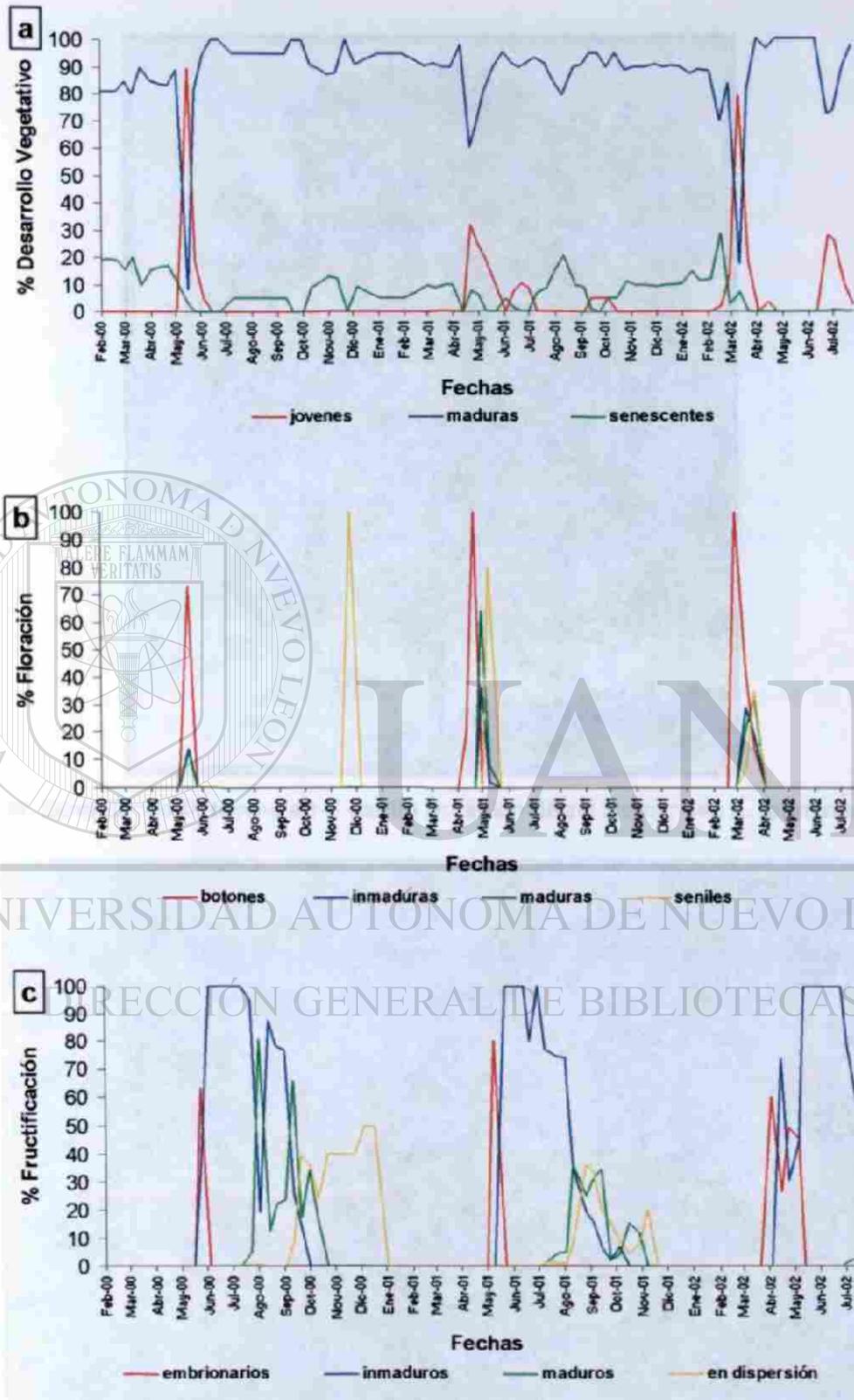


Figura 38. Fenología de *D. texana*, a) desarrollo vegetativo, b) floración y c) fructificación



Figura 39. Ejemplar de *D. texana* en el Jardín Botánico Efraín Hernández X. (primavera 2000)



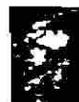
Figura 40. Desarrollo foliar en *D. texana* en abril de 2001



Figura 41. Formación de botones florales en *D. texana* durante la primavera de 2001



Figura 42. Frutos inmaduros de *D. texana* en el verano de 2001

***Celtis pallida* Torr.****“Granjeno”**

Desarrollo Vegetativo

El desarrollo vegetativo en esta especie se observó principalmente durante la primavera y principios del verano (marzo a junio), y otro evento de menor intensidad en el otoño (septiembre a noviembre). Se observó un desarrollo vegetativo muy intenso en noviembre del 2001 (Figura 43a). La pérdida de hojas en *C. pallida* se presentó principalmente durante el invierno y en menor intensidad durante el medio verano, aunque en ningún caso llegó a perder la totalidad de sus hojas.

Floración

La floración en el granjeno fue de manera más o menos continua desde finales de marzo a septiembre, con un breve periodo de receso durante el medio verano. Dentro de la continuidad del evento de floración fue posible identificar aproximadamente cuatro picos de floración (Figura 43b).

Fructificación

En los ejemplares de *C. pallida* fue posible apreciar frutos en diferentes etapas durante casi todo el año, con excepción de la parte final del invierno. Los frutos de granjeno son madurados gradualmente y que la etapa de frutos inmaduros es la de mayor duración. Los frutos maduros son particularmente abundantes en los meses de julio - agosto y noviembre (Figura 43c).

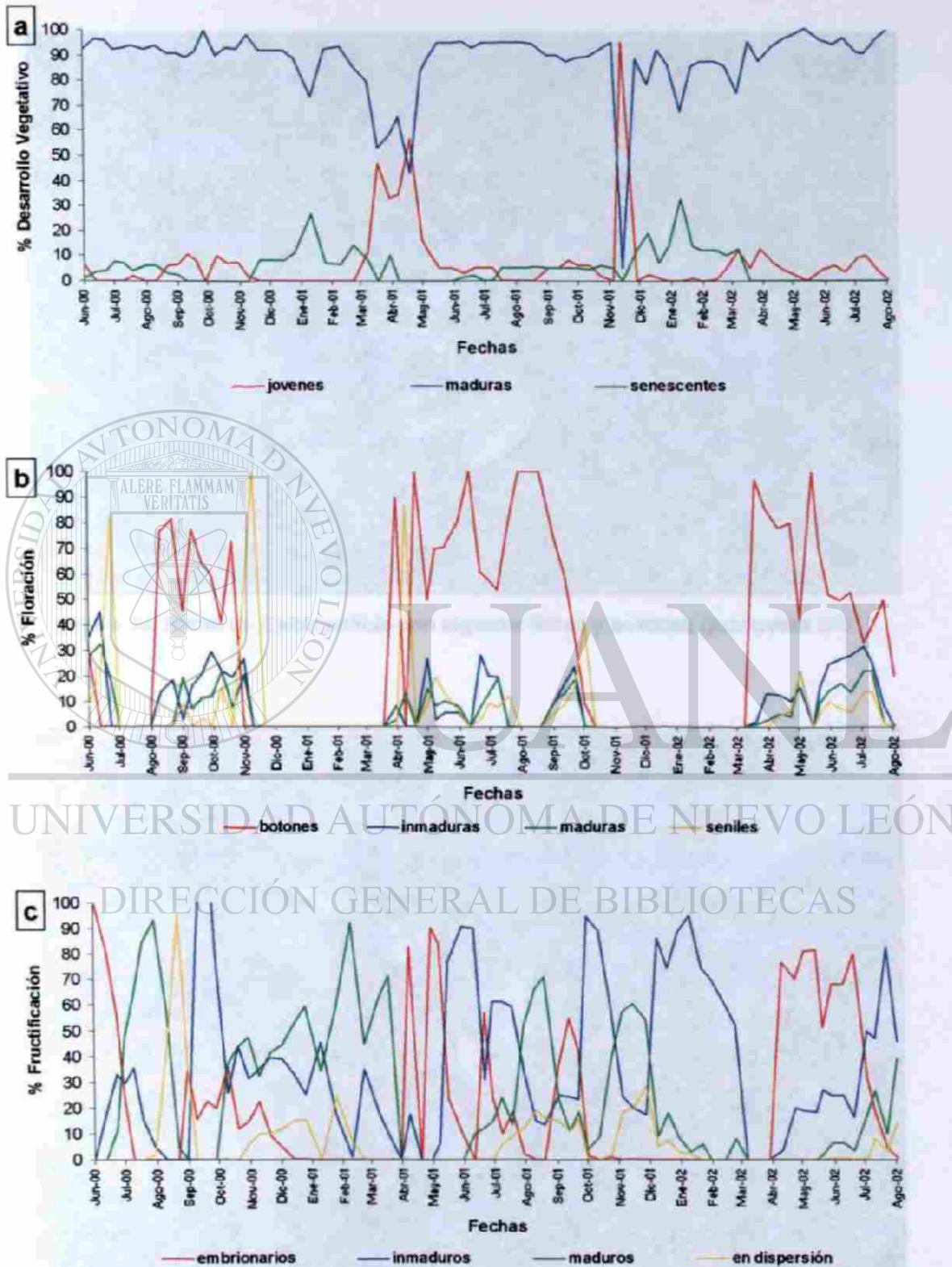


Figura 43. Fenología de *C. pallida*, a) desarrollo vegetativo, b) floración y c) fructificación



Figura 44. Rama de *Celtis pallida* con algunas flores y botones (primavera 2001)



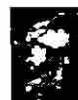
Figura 45. Acercamiento a una flor madura de *C. pallida* (primavera 2001)



Figura 46. Acercamiento a frutos en etapa embrionaria de *C. pallida* (verano 2001)



Figura 47. Frutos inmaduros (verdes) y maduros (rojos) en *C. pallida* (verano 2001)



Helietta parvifolia (Gray ex Hemsl.) Benth "Barreta"

Desarrollo Vegetativo

El desarrollo vegetativo de *H. parvifolia* fue bastante irregular durante el periodo de estudio, aunque al igual que la mayoría de las especies estudiadas, este se presentó principalmente durante la primavera y el otoño (Figura 48a). El desarrollo de hojas nuevas fue inferior al 20%, con excepción del mes de mayo del 2000 en que alcanzó casi el 50%. La pérdida de hojas se presentó también en forma irregular a través del año. Esta pérdida de hojas estuvo en general por debajo del 10%, con excepción del mes de agosto del 2001 en que superó el 20%.

Floración

La floración de *H. parvifolia* se presentó durante los meses de junio a septiembre, aunque en el año 2000 se extendió al mes de noviembre (Figura 48b). Durante el periodo de estudio la intensidad de floración fue mínima, ya que en ningún momento se apreciaron más de 100 flores por planta (estimación aproximada).

Fructificación

La fructificación de *H. parvifolia* fue muy escasa, concentrándose esta en el mes de octubre en el año 2000 y de septiembre del 2001 a marzo del 2002. La fructificación del año 2000 fue particularmente escasa, ya que solo se apreciaron 3 a 5 frutos por planta. En el 2001 hubo mayor cantidad de frutos, pero estos totalizaron apenas unas decenas por planta en el mejor de los casos (Figura 48c).

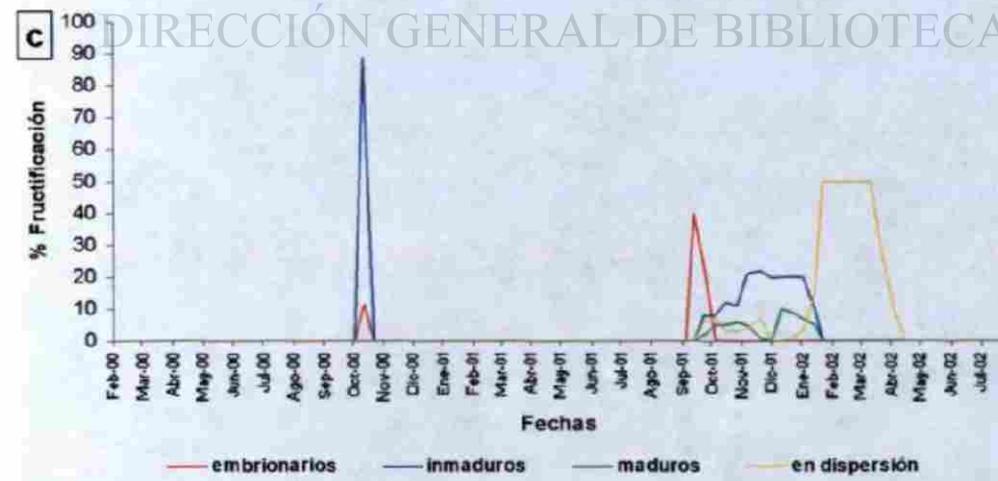
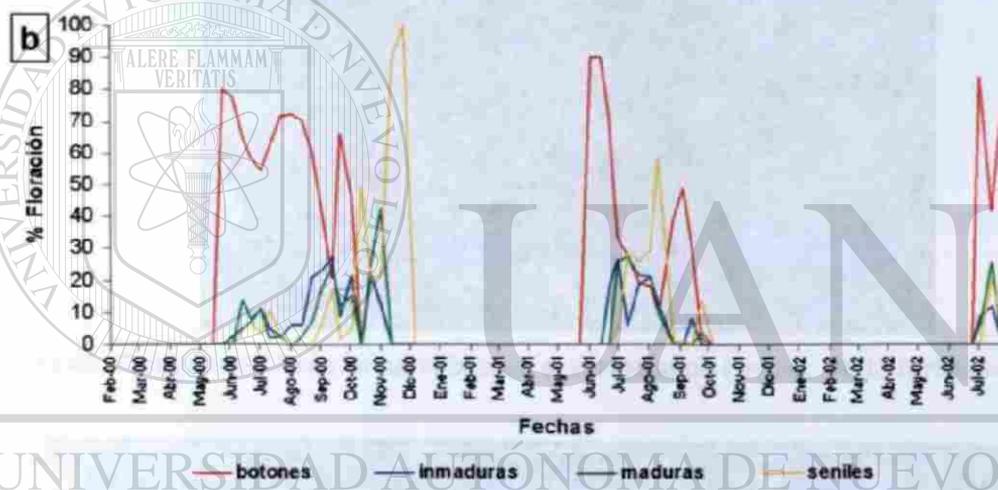
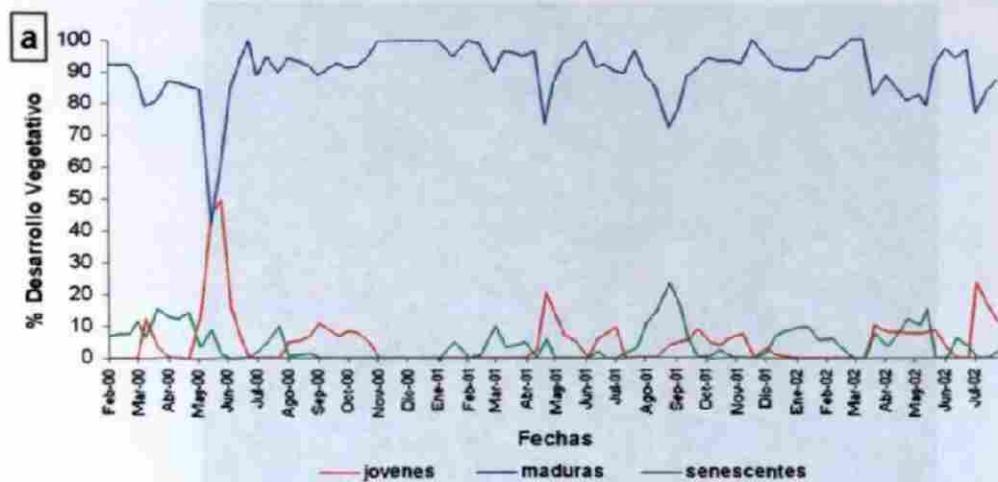


Figura 48. Fenología de *H. parvifolia*, a) desarrollo vegetativo, b) floración y c) fructificación

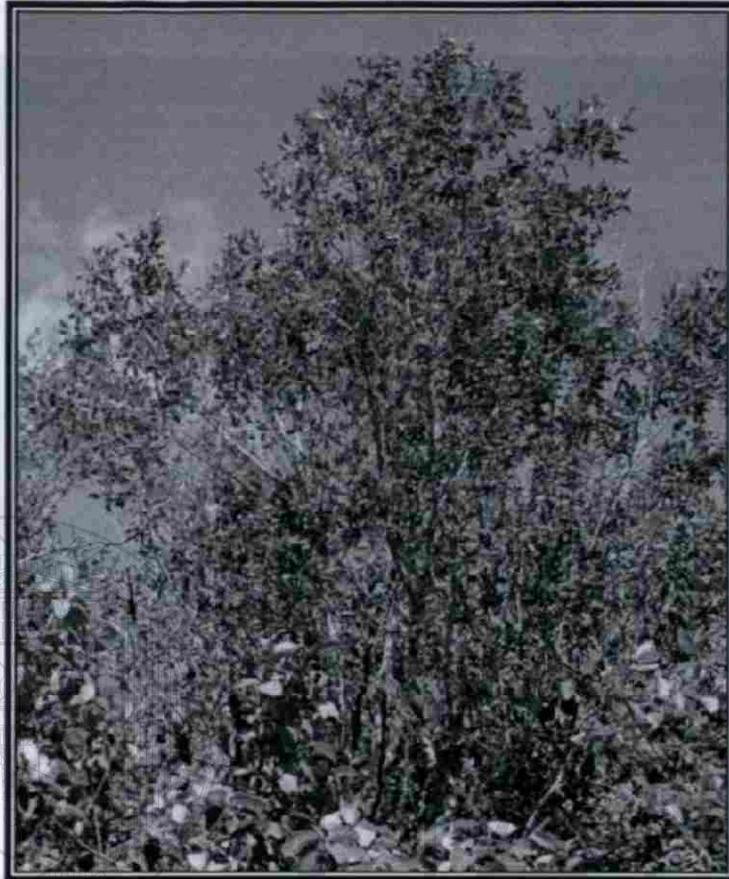


Figura 49. Ejemplar de *Helietta parvifolia* en el matorral de Linares, N. L. (primavera 2000)



Figura 50. Floración de *H. parvifolia* (verano 2001)



Figura 51. Acercamiento a la estructura floral de *H. parvifolia* (verano 2001)



Figura 52. Fruto maduro de *H. parvifolia* durante el verano de 2002 en Linares, N. L.

***Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg.****“Colima”****Desarrollo Vegetativo**

La formación de hojas nuevas en *Z. fagara* se presentó principalmente durante la primavera y el otoño de los años de estudio (Figura 53a). El desarrollo foliar de primavera fue el más significativo, ya que en el año 2000 alcanzó el 90% de hojas nuevas y más de 60% en el 2001, aunque en el 2002 fue menor (cerca de 30%).

Floración

La floración de *Z. fagara* fue bastante singular ya que desarrolló los botones florales con varios meses de anticipación, generalmente desde el mes de octubre y los llevó a antesis hasta la primavera. En el año 2000 la antesis se produjo en el mes de mayo, en tanto que en el 2001 presentó dos periodos de antesis, uno en abril y otro en junio. En el año 2002 la antesis se presentó en el mes de marzo, sin embargo no hubo fructificación e inmediatamente desarrolló nuevos botones florales (Figura 53b).

Fructificación

La fructificación de *Z. fagara* fue muy irregular en el periodo de estudio (Figura 53c). En el año 2000 la fructificación se presentó en los meses de mayo a septiembre, pero esta fue muy escasa y solo en pocos ejemplares. En el año 2001, la fructificación se inició en mayo, alcanzando la maduración de los frutos en octubre y continuando la dispersión hasta febrero del 2002 (Figura 51c). En el 2001 también fueron pocos los ejemplares que alcanzaron la etapa de madurez del fruto.

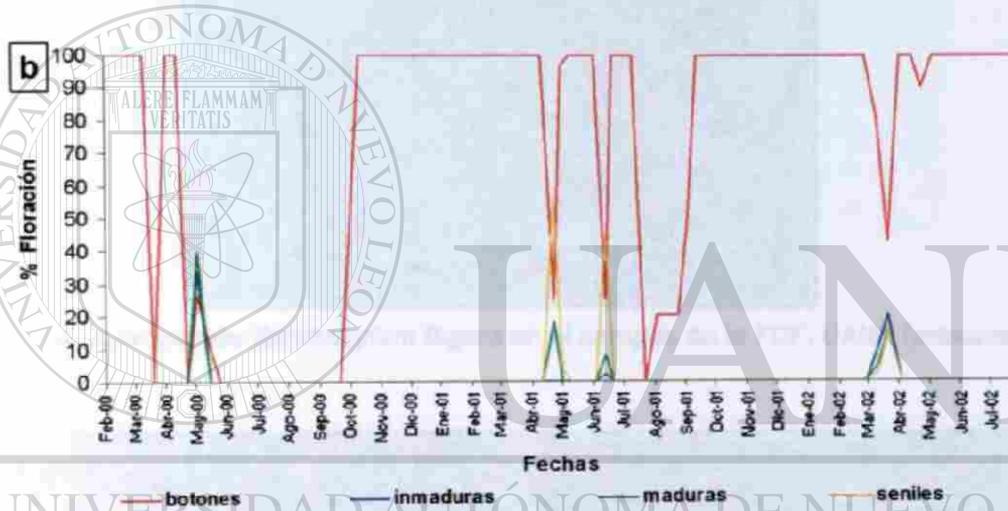
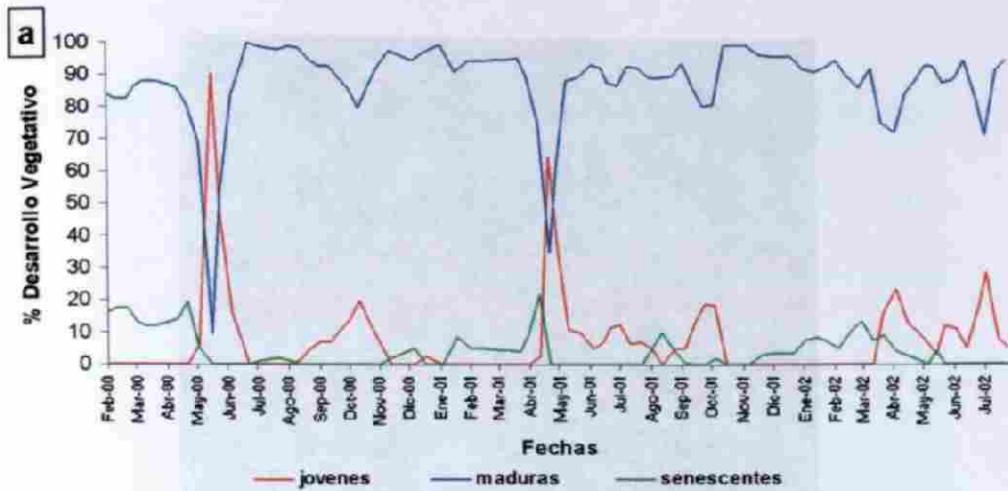
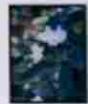


Figura 53. Fenología de *Z. fagara*, a) desarrollo vegetativo, b) floración y c) fructificación

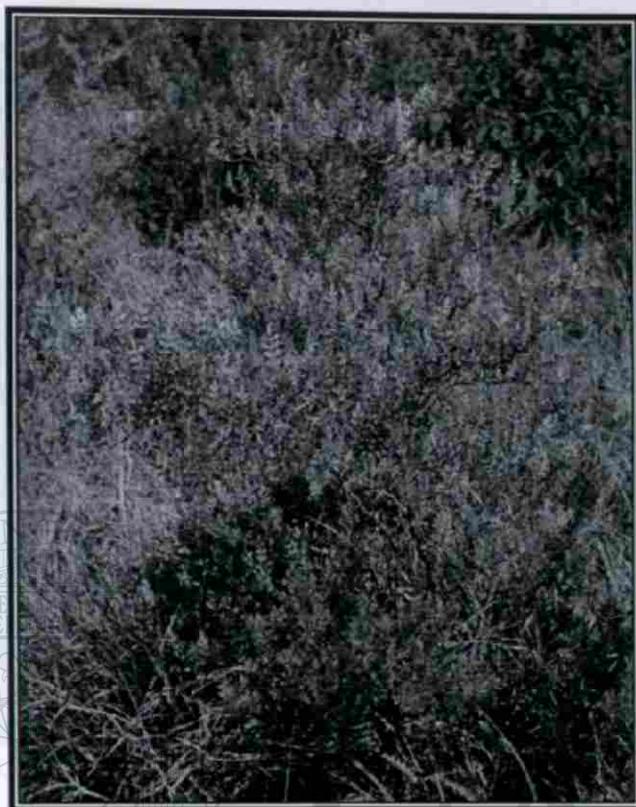


Figura 54. Ejemplar de *Zanthoxylum fagara* en el campus de la FCF, UANL (primavera 2001)



Figura 55. Desarrollo vegetativo de *Z. fagara* en la primavera de 2001



Figura 56. Acercamiento a las flores maduras de *Z. fagara* (primavera 2001)



Figura 57. Frutos inmaduros de *Z. fagara* en Linares, N. L. (verano 2001)



1.2 Patrones Fenológicos en la Comunidad

Formas de vida y aspectos reproductivos generales

Cinco de las especies estudiadas son arbustivas, una arbustivo-arbórea y cuatro arbóreas. Nueve de las especies son monoicas y solo una especie dioica (*D. texana*); en la comunidad muestreada los ejemplares de esta especie fueron en su mayoría femeninos y de los ejemplares seleccionados aleatoriamente para observación fenológica, ocho son femeninos y dos masculinos; esta desproporción en el número de ejemplares masculinos y femeninos ha sido documentada en la naturaleza para otras especies, por ejemplo, en especies de la familia Meliaceae (Puentes et al. 1993).

En el periodo de observación se apreció que seis de las especies estudiadas presentaron un solo evento reproductivo durante el año, una especie presentó dos eventos (*H. pallens*), dos especies (*H. pallens* y *Z. fagara*) presentaron dos eventos reproductivos, *C. boissieri* presentó dos eventos en el año 2000 y tres en el 2001 y *L. frutescens* presentó cuatro y cinco eventos reproductivos en el año 2000 y 2001 respectivamente. Dos especies desarrollaron estructuras reproductivas en invierno, tres en primavera, una en primavera y otoño, dos en verano-otoño y dos en primavera-verano-otoño (Cuadro 1).

Patrones Fenológicos

Los ritmos fenológicos de las plantas están determinados por factores ambientales tales como agua, luz y temperatura (Sharp y Davis, 1989), sin embargo en las plantas de zonas áridas la disponibilidad de agua quizá sea el factor principal (Sayed, 1998; Pavón y Briones, 2001); esto es congruente con los eventos fenológicos de algunas de las especies en estudio, particularmente floración y desarrollo vegetativo de especies tales como *L. frutescens*, *C. boissieri*, y *H. pallens* principalmente, sin embargo en especies como *A. farnesiana*, *A. rigidula* y *P. laevigata* se observó que los eventos fenológicos de floración y desarrollo vegetativo están determinados al menos parcialmente, además del agua, por otros factores ambientales, posiblemente temperatura y fotoperíodo.

Es notoria la presencia en la región de un patrón de precipitación bimodal, con lluvias, en primavera y otoño, separadas en medio verano por un notable periodo de sequía y altas temperaturas, y en invierno por otro de sequía y temperaturas bajas, lo cual ha determinado significativamente los eventos fenológicos de las especies en estudio ya que la



mayor parte de estos eventos se presentaron en primavera y otoño, además de finales de invierno, previo a las lluvias en las especies de *P. laevigata*, *A. famesiana* y *A. rigidula*. Esto es congruente con reportes de sistemas estacionales de desarrollo vegetativo y reproductivo (Murali y Sukumar, 1994; Smith-Ramírez y Armesto, 1994; Ghazanfar, 1997; Ramírez, 2002). Sin embargo de acuerdo a Sakai et al. (1999) la floración sincronizada de diferentes especies puede además facilitar la polinización, ya que aumenta la densidad de recursos florales y la atracción de los polinizadores.

En las Figuras 58 y 59 puede observarse el patrón fenológico general observado en las especies estudiadas durante el periodo febrero 2000 – enero 2002, donde se consideran las siguientes fenofases:

Desarrollo Vegetativo

El desarrollo vegetativo de nueve de las especies estudiadas se presentó principalmente en dos épocas durante el año 2000, primavera y otoño, con un claro receso en la época de sequía de medio verano; en el año 2001 todas las especies desarrollaron nuevas hojas en las épocas mencionadas. Algunas especies (*A. rigidula*, *A. famesiana*, *C. boissieri* y *L. frutescens*) presentaron desarrollo vegetativo adicional en el invierno, aunque limitado y *A. famesiana* durante prácticamente todo el año con excepción de dos breves periodos, uno previo a la época de lluvias de primavera y otro en la sequía de medio verano. La mayoría de las especies estudiadas tiraron sus hojas y las renovaron gradualmente en ciertas épocas del año y solo algunos ejemplares de *C. boissieri*, *Z. fagara* y *H. pallens* llegaron a permanecer sin hojas por breves periodos; en el caso de *C. boissieri* esto se presentó en tres ejemplares en la segunda mitad de abril de 2000 y en un ejemplar a principios de agosto del mismo año, en tanto que para *H. pallens* esta condición se presentó en un ejemplar a mediados de abril de 2000 y para *Z. fagara* esto fue observado en dos ejemplares a principios de mayo de 2000. Existen dos épocas principales en que la mayoría de las especies tiraron sus hojas y fue en los meses de julio-agosto y noviembre a febrero (Figura 58), lo cual coincide con la época más cálida y seca, a medio verano y la más fría y seca en el invierno.

De acuerdo a Sayed (1998) la pérdida de hojas en respuesta a la sequía ha sido observada frecuentemente, teniendo como principal objetivo disminuir la transpiración; esto



fue observado en la mayoría de las especies en estudio principalmente en los meses de julio y agosto en que se presentan las mayores temperaturas además de una notable sequía, aunque esta pérdida de hojas fue solo parcial en la mayoría de las especies. Estos datos concuerdan también con los reportados por Pavón y Briones (2001), para nueve especies perennes (3 cactáceas), incluyendo *P. laevigata*, en un ecosistema semiárido en México (Valle de Zapotitlán, Puebla). Por su parte Reid et al. (1991) reportan que en los matorrales del noreste de México las condiciones climáticas invernales fueron una causa significativa de pérdida de follaje en 1989 en que se alcanzaron temperaturas de $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$, y reporta para 58 especies del matorral un comportamiento semicaducifolio en el invierno, lo cual fue confirmado en este estudio aunque para un menor número de especies; sin embargo no enfatiza el también notable y significativo efecto de la sequía y altas temperaturas del medio verano sobre la pérdida de hojas.

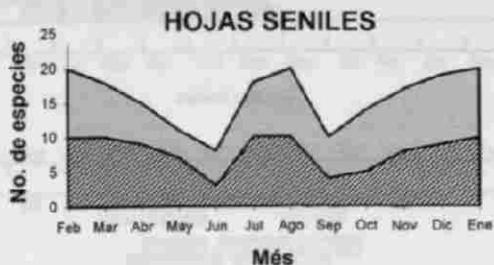
Cuadro 1. Formas de vida y síntesis sobre aspectos reproductivos de las especies estudiadas

Familia	Especie	Forma de Vida	Nombre Común	Sexo de la planta	Eventos reproductivos por año	Epoca reproductiva principal
BORAGINACEAE						
	<i>Cordia boissieri</i>	Arbusto-Arbol	Anacahuila	Monoica	2-3***	Primavera - Otoño
EBENACEAE						
	<i>Diospyros texana</i>	Arbol	Chapote prieto	Dioca	1	Primavera
FABACEAE						
	<i>Acacia farnesiana</i>	Arbol	Huisache	Monoica	1	Invierno
	<i>Acacia rigidula</i>	Arbusto	Chaparro prieto	Monoica	1	Invierno
	<i>Havardia pallens</i>	Arbol	Tenaza	Monoica	2*	Verano-Otoño
	<i>Prosopis laevigata</i>	Arbol	Mezquite	Monoica	1	Primavera
RUTACEAE						
	<i>Hollettia parvifolia</i>	Arbusto	Barreta	Monoica	1**	Verano-Otoño
	<i>Zanthoxylum tegare</i>	Arbusto	Colima	Monoica	2	Primavera
SCROPHULARIACEAE						
	<i>Leucophyllum frutescens</i>	Arbusto	Cenizo	Monoica	4-5	Prim - Ver - Otoño
ULMACEAE						
	<i>Celtis peltata</i>	Arbusto	Granjeno	Monoica	1**	Prim- Ver - Otoño

* Presentó dos periodos de formación y maduración de botones florales, aunque solamente uno fue efectivo reproductivamente

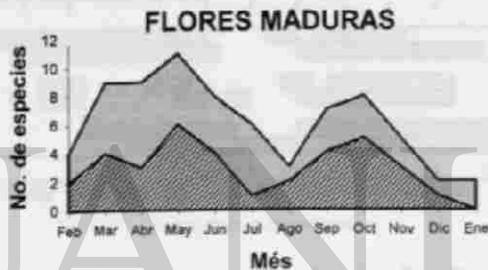
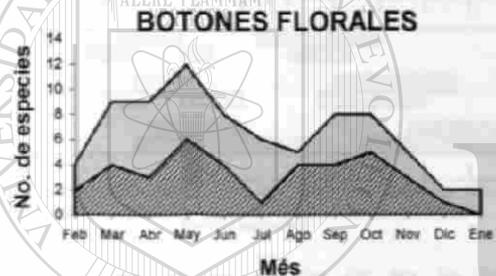
** Presentó botones florales en forma continua durante un largo periodo, aunque son madurados en diferentes periodos

*** Presentó dos eventos reproductivos en el año 2000 y tres en el año 2001



■ Feb 2000 - Ene 2001 ■ Feb 2001 - Ene 2002

■ Feb 2000 - Ene 2001 ■ Feb 2001 - Ene 2002



■ Feb 2000 - Ene 2001 ■ Feb 2001 - Ene 2002

■ Feb 2000 - Ene 2001 ■ Feb 2001 - Ene 2002



■ Feb 2000 - Ene 2001 ■ Feb 2001 - Ene 2002

■ Feb 2000 - Ene 2001 ■ Feb 2001 - Ene 2002

Fig. 58. Número de especies en determinado estadio fenológico a través del año durante el periodo Febrero 2000 - Enero 2002.



Figura 59. Eventos fenológicos (Desarrollo vegetativo, floración y fructificación) en 10 especies del matorral durante el periodo febrero 2000 - enero 2001.



Floración

La floración en las especies estudiadas, presentó en términos generales tres picos en el año: invierno con tres a cuatro especies en floración; primavera con seis a ocho especies en floración y otoño con 4 especies en floración (Figura 58).

Se pueden identificar dos grupos funcionales principales de especies de acuerdo a su floración durante el periodo de estudio (Cuadro 2), el primero de ellos formado por seis especies con un solo evento de floración en el año y el segundo con cuatro especies, las cuales presentaron mas de un evento. Dentro de este último grupo se aprecian dos subtipos, el primero de ellos con eventos reproductivos variables en número y fecha a través del año (*C. boissieri* y *L. frutescens*) y el segundo con eventos fijos (*H. pallens* y *Z. fagara*).

Cuadro 2. Patrones de floración de acuerdo a la época de antesis de las flores observados en 10 especies del matorral tamaulipeco en el periodo febrero 2000 - Julio 2002.

Número de eventos	Epoca de antesis de las flores	Especie	
Un evento en el año	Invierno tardío - Primavera temprana	<i>A. farnesiana</i> <i>A. rigidula</i>	
	Primavera	<i>P. laevigata</i> <i>D. texana</i>	
	Primavera - Verano - Otoño	<i>Celtis pallida</i>	
	Verano - Otoño	<i>H. parvifolia</i>	
Dos o más eventos en el año	Eventos variables a través del año		
		<i>C. boissieri</i> <i>L. frutescens</i>	
	Eventos bien definidos		
	Verano	Otoño	<i>H. Pallens</i>
	Primavera	Primavera	<i>Z. fagara</i>



Se identificaron tres grupos principales de especies de acuerdo a la formación de los botones florales y su duración en la planta (Cuadro 3), el primero de ellos formado por cuatro especies que desarrollaron los botones florales poco tiempo antes de la antesis; el segundo de ellos formado por aquellas especies que formaron los botones florales con una marcada anticipación, dentro de este grupo es posible identificar dos subtipos, el primero de ellos con una anticipación ligera y en el cual se encuentra *A. farnesiana* y *A. rigidula* las cuales desarrollaron sus botones con 6 a 8 semanas de anticipación, y el otro subtipo con una anticipación extrema (*H. pallens* y *Z. fagara*), las cuales formaron botones florales con una anticipación que va de 3 a 8 meses; el tercer grupo está formado por *C. pallida* y *H. parvifolia*, las cuales desarrollaron gradualmente los botones durante el periodo de floración.

Cantú-Ayala (1990) reporta a *P. laevigata* con un periodo de floración y fructificación de principios de marzo a mediados de junio, esto en los años 1985-1986 en el área de Linares, N. L., este periodo es muy similar al observado en los años 2000-2001. Cabe señalar que el mismo autor reporta que en las áreas con asentamientos humanos se observaron hasta 2 periodos adicionales de floración en *P. laevigata*, lo cual fue observado también en este estudio quizá debido al riego, además de que el periodo de floración fue mas prolongado que en las plantas silvestres.

Durante el periodo de estudio, los eventos reproductivos de *Z. fagara*, *H. parvifolia* y *H. pallens* presentaron algunas características peculiares. *Z. fagara* al inicio del estudio (febrero 2000) presentaba botones florales, los cuales repentinamente abortó a principios de abril (no hubo fructificación) y a finales del mismo mes los formó nuevamente, madurando solo unos pocos a finales de mayo y con una fructificación mínima; posteriormente a principios de octubre desarrolló nuevamente estos botones florales y los conservó hasta mediados de abril del siguiente año, cuando repentinamente maduró una gran cantidad de ellos y abortó las flores sin fructificar; rápidamente los volvió a formar y a mediados de junio maduró nuevamente una gran cantidad, logrando ahora si llevar a fructificación un pequeño porcentaje pero solo en algunos ejemplares; posteriormente en septiembre desarrolló nuevamente los botones florales y los mantuvo hasta el final del periodo de estudio.

H. pallens desarrolló sus botones florales al final de la primavera (2000) y los mantuvo casi todo el verano, a principios de septiembre maduró rápidamente una gran parte



de ellos y en pocos días los abortó; desarrollando rápidamente nuevos botones a mediados de septiembre, y llevándolos a maduración a principios de octubre, pero ahora si continuaron hasta la fructificación. En el año 2001 nuevamente desarrolló los botones florales a finales de la primavera y así los mantuvo hasta principios de julio, en que repentinamente maduró aproximadamente la mitad de ellos llevándolos a floración, pero rápidamente los abortó y en menos de 3 semanas desarrolló nuevos botones florales, los cuales maduró en septiembre y los llevó a fructificación con éxito durante el otoño.

En un estudio realizado en el noreste de México sobre la depredación de semillas de *Pithecellobium pallens* (= *H. pallens*) y su fructificación, Grimm (1995) reporta un periodo de floración del 27 de junio al 15 de agosto, lo cual contrasta con el periodo de principios de junio a mediados de octubre para el año 2000 y mediados de mayo a finales de septiembre en 2001 observados en este estudio; en la fructificación también hay diferencias notables; estas diferencias pueden estar relacionadas con diferentes condiciones ambientales en los años mencionados, ya que por ejemplo el año 1989 fue notablemente seco (494.8 mm), aunque el año anterior fue uno de los más húmedos de las últimas décadas (1023.4 mm); por otro lado es relevante mencionar que en dicho estudio no se indica la frecuencia de las observaciones, por lo que si estas fueron muy espaciadas, pudo afectar sus resultados; además no reporta la presencia de eventos de aborción de flores, los cuales si fueron observados en los dos años del presente estudio, lo cual puede tener relación con las características ambientales de esa época o debido a que no era el objetivo principal del trabajo.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

De acuerdo a las observaciones en *H. pallens* y *Z. fagara* es posible suponer que aquellas especies que evolutivamente han optado por desarrollar con mucha anticipación sus botones florales, posiblemente han ajustado la antesis de los mismos con determinadas condiciones ambientales (p. ej. temperatura, precipitación o fotoperiodo), con lo cual corren el riesgo de llevar a maduración los botones al presentarse una determinada condición ambiental y si esta condición no es sostenida, las flores posiblemente no completarán su desarrollo, por lo que la planta ante esta situación opta por abortarlos tempranamente y no invertir recursos en flores que difícilmente alcanzarán el objetivo final de producir semillas; y para compensar estas pérdidas de estructuras reproductoras la planta ha desarrollado estrategias tales como: a) formar una gran cantidad de botones y ante una determinada



condición ambiental favorable madurar solamente una parte de ellos, b) la capacidad de desarrollar nuevamente y con rapidez nuevas estructuras reproductoras y c) flores pequeñas para poder producir muchas y en caso de pérdida el costo sea mínimo.

Cuadro 3. Patrones de floración de acuerdo a la formación de los botones florales y su duración observados en 10 especies del matorral tamaulipeco en el periodo febrero 2000 - enero 2002.

Formación de los botones florales con respecto a la antesis de los mismos	Especie	No. de eventos de floración	Duración de los botones
Inmediata	<i>C. boissieri</i>	2 - 3	1 - 3 semanas
	<i>L. frutescens</i>	4 - 5	1 - 2 semanas
	<i>D. texana</i>	1	1 - 2 semanas
	<i>P. laevigata</i>	1	2 - 3 semanas
Anticipada			
	Ligera		
	<i>A. famesiana</i>	1	6 - 8 semanas
	<i>A. rigidula</i>	1	6 - 8 semanas
Extrema	<i>H. Pallens</i>	2	3 - 4 meses
	<i>Z. fagara</i>	2	7 - 8 meses
Gradual	<i>Celtis pallida</i>	1	*
	<i>H. parvifolia</i>	1	*

* En estas especies la formación de los botones y su maduración se presenta de forma gradual durante varios meses

H. parvifolia en el año 2000 desarrolló muy pocas flores, las cuales fue madurando gradualmente, sin embargo, no hubo formación de frutos en los ejemplares estudiados. En el año 2001 desarrolló una mayor cantidad de flores, pero solo cuatro de los ejemplares estudiados lograron desarrollar frutos, aunque estos en ningún caso sumaron más de 10. El hecho de que no se haya observado formación de frutos en el primer año y que en el segundo año solo se desarrollaran unos pocos, sugiere la estrategia de "masting" o años semilleros.



Fructificación

La fructificación en la mayoría de los casos se presentó inmediatamente después de la floración y por tanto el número de eventos fue similar, con excepción de *Z. fagara* y *H. pallens* en que se presentaron eventos de aborción de flores y por tanto no llegaron a fructificar. Este evento fenológico fue el que consumió mayor tiempo en las especies ya que desde la formación de frutos embrionarios hasta el final de la dispersión fue de seis meses o más como en *A. rigidula*, *A. farnesiana*, *D. texana*; en tanto que las especies con el menor tiempo de fructificación fueron el cenizo y la anacahuita, las cuales pasaron de frutos embrionarios a completar la dispersión en un promedio de 11 - 16 y 10 - 15 semanas respectivamente. Esta rapidez para madurar y dispersar los frutos y semillas es posiblemente lo que ha permitido que estas especies puedan tener múltiples eventos reproductivos en el año (Figura 59).

La dispersión de los frutos y semillas ocurrió en términos generales durante casi todo el año, con excepción de los meses de febrero y marzo (fin de invierno e inicio de primavera), presentándose un notable incremento en el número de especies en dispersión en el verano, después de las lluvias de primavera y otro pequeño incremento a finales de otoño y principios del invierno (Figura 58).

— En el Cuadro 4 se pueden apreciar los patrones de fructificación observados en las especies estudiadas de acuerdo a la estructura dispersada y el desarrollo temporal de la fructificación. Se identificaron seis especies que dispersan sus frutos completos y las cuatro restantes presentan frutos dehiscentes en la planta de tal forma que se da una dispersión directa de las semillas. En el caso de las especies que dispersan sus frutos se observaron dos subtipos, primero el de aquellas especies (cuatro) donde las diferentes etapas de la fructificación están bien definidas en tiempo y otro subtipo con solo dos especies (*Celtis pallida* y *Helietta parvifolia*), donde la fructificación es gradual y se pueden encontrar frutos en todas sus etapas de desarrollo simultáneamente en la planta, esto debido a que la floración también se desarrolló en forma gradual, lo cual permite que durante un periodo prolongado se puedan estar formando nuevos frutos en condiciones ambientales muy diferentes.



Los resultados obtenidos respecto a la época de dispersión de frutos y semillas indican que estos están disponibles casi todo el año pero son mas abundantes en el verano y a principios del invierno, lo cual es consecuencia de los mayores picos de floración en primavera y otoño. El verano y el invierno en teoría no presentan las condiciones óptimas para la germinación de las semillas sin embargo de acuerdo a Jurado et al. (2001) en los matorrales del noreste de México no existe una asociación entre la época de producción de semillas y la época de germinación, y por otra parte Jurado et al. (1998, 2000), y Flores y Jurado (1998) reportan que las plantas leñosas del matorral del noreste de México muestran una tendencia de germinación en las condiciones de fines de verano y muchas otras especies no muestran una época de preferencia para la germinación. Estos resultados apoyan la teoría de que en las plantas del matorral existen otros factores, más importantes que la época óptima de germinación de las semillas, que determinan la época de producción de semillas y estos pueden ser la disponibilidad de recurso o de agentes polinizadores y/o dispersores (Jurado et al. 2001).

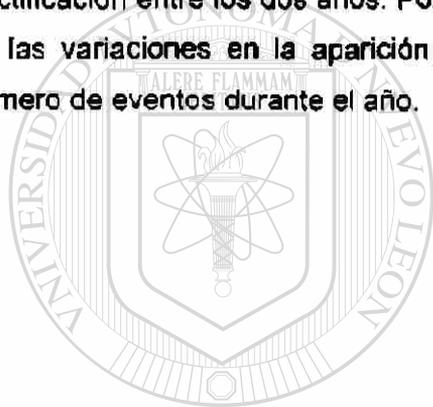
Cuadro 4. Patrones de fructificación de acuerdo a la estructura dispersada y el desarrollo de este evento en el tiempo en 10 especies del matorral tamaulipeco en el periodo febrero 2000 - enero 2002.

Estructura dispersada	Fructificación	Especie	Periodo de maduración del fruto	Periodo de dispersión
Fruto	bien definida	<i>D. texana</i>	12 - 15 semanas	12 - 13 semanas
		<i>A. farnesiana</i>	10 - 11 semanas	16 - 20 semanas
		<i>C. boissieri</i>	8 - 10 semanas	3 - 6 semanas
		<i>P. laevigata</i>	8 - 10 semanas	4 - 6 semanas
	gradual	<i>C. pallida</i>	8 - 10 semanas	24 semanas
		<i>H. parvifolia</i>	4 - 6 semanas	24 semanas
Semilla	bien definida	<i>H. pallens</i>	8 - 10 semanas	18 - 20 semanas
		<i>A. rigidula</i>	8 - 10 semanas	20 - 24 semanas
		<i>L. frutescens</i>	2 - 3 semanas	8 - 12 semanas
		<i>Z. fagara</i>	11 - 20 semanas	20 - 22 semanas



Variación fenológica interanual

En la Figura 59 puede apreciarse la secuencia de eventos fenológicos para cada especie en forma individual, así como el comportamiento fenológico comparativo entre los dos años de estudio. *P. laevigata*, *A. farmesiana*, *A. rigidula*, *H. pallens*, *D. texana* y *C. pallida* presentan bastante consistencia en cuanto a la época de aparición y duración de los eventos fenológicos entre los años de estudio, aunque con algunas variaciones sobre todo en el desarrollo vegetativo. *H. parvifolia* y *Z. Fagara* presentan una mayor variación entre los dos años de estudio, ya que además de las variaciones en el desarrollo vegetativo, presentan notables diferencias en la aparición y duración de los eventos de floración y fructificación entre los dos años. Por su parte *C. boissieri* y *L. frutescens* presentan, además de las variaciones en la aparición y duración de los eventos, notables diferencias en el número de eventos durante el año.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



II.- Estudio morfológico y químico de los frutos de Anacahuita (*Cordia boissieri*)

Morfología

El fruto de anacahuita esta considerado dentro del tipo de las drupas, de color blanco, color que cambia a medida que madura tornándose púrpura, presenta una forma ovoide, comestible cuando esta maduro y es muy apetecido por los roedores. En el Cuadro 5 se presenta la estadística descriptiva básica obtenida para cada una de las variables morfológicas estudiadas y en el cuadro 6 pueden observarse los resultados de la prueba de ANOVA realizada para estas mismas variables . Asimismo, en la Figura 60 puede apreciarse la variabilidad observada en los parámetros morfológicos de acuerdo a la localidad y a la época de colecta.

Cuadro 5. Valores promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de las variables morfológicas del fruto de Anacahuita.

VARIABLES	LOCALIDAD							
	LINARES				MONTERREY			
	PRIMAVERA		OTOÑO		PRIMAVERA		OTOÑO	
	Media ± D. S.	C. V. %	Media ± D. S.	C. V. %	Media ± D. S.	C. V. %	Media ± D. S.	C. V. %
Largo de fruto (mm)	20.96 ± 2.06	9.92	20.97 ± 2.52	12.01	19.28 ± 1.47	7.62	20.05 ± 1.75	11.45
Ancho de fruto (mm)	17.73 ± 1.49	8.40	18.48 ± 1.82	9.85	17.14 ± 1.97	11.49	18.02 ± 1.33	7.38
Peso del fruto (g)	4.78 ± 0.88	18.41	5.42 ± 1.33	24.54	4.88 ± 1.20	24.59	4.66 ± 0.88	18.88
Largo del hueso (mm)	18.35 ± 1.75	9.54	17.37 ± 1.06	6.10	16.5 ± 1.30	7.88	16.38 ± 1.89	11.53
Ancho del hueso (mm)	8.19 ± 0.65	7.94	8.74 ± 0.76	8.70	8.06 ± 0.60	7.44	8.67 ± 0.86	9.92
Peso del hueso (g)	0.63 ± 0.13	20.63	0.71 ± 0.11	15.49	0.62 ± 0.10	16.13	0.60 ± 0.16	26.67

D. S. =Desviación Estándar, C.V. = Coeficiente de Variación



El largo y ancho de los frutos fue mayor en la localidad de Linares que en la de Monterrey en ambas épocas de fructificación. Es importante señalar también que en general, los frutos de otoño presentan mayor longitud y anchura que los de primavera para ambas localidades. De acuerdo a la prueba de ANOVA estas diferencias son significativas tanto entre las localidades ($P < 0.01$), como entre las estaciones ($P < 0.05$).

Respecto al peso del fruto, en la localidad Linares los frutos de otoño mostraron mayor peso que los de primavera (5.42 y 4.78 g respectivamente), en tanto que en la localidad Monterrey ocurrió a la inversa con un peso de 4.88 g en primavera y 4.66 g en otoño. Estas diferencias se reflejaron estadísticamente entre las localidades ($P < 0.01$) y entre las estaciones ($P < 0.05$).

El peso del hueso mostró un patrón similar al peso del fruto, siendo mayor en otoño que en primavera para la localidad Linares y a la inversa para la localidad de Monterrey. Esto se reflejó en diferencias significativas entre las localidades ($P < 0.01$), pero no entre las estaciones ($P > 0.05$).

El largo del hueso mostró una tendencia a ser mayor en la primavera que en otoño para ambas localidades. Esto se reflejó en diferencias estadísticas significativas tanto para las localidades como para las estaciones ($P < 0.05$).

Por último, respecto al ancho del hueso, se observó un patrón inverso al observado en el largo del mismo ya que, el ancho del hueso fue notablemente menor en los frutos de primavera que en los de otoño para ambas localidades. Sin embargo, esto no se reflejó estadísticamente entre las localidades ($P < 0.05$), pero si entre las épocas de fructificación ($P < 0.01$).

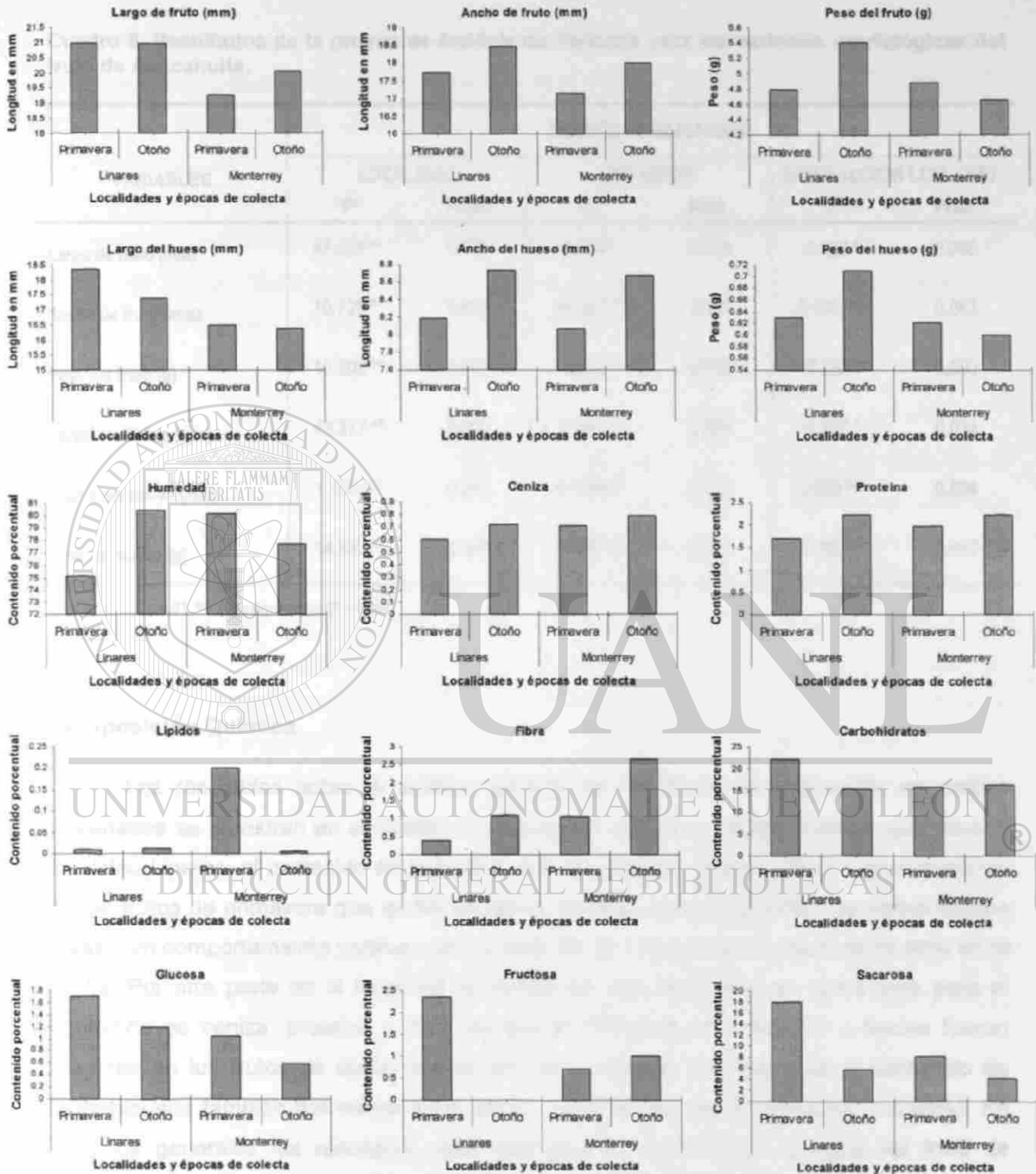


Figura 60. Representación gráfica de la variación de los parámetros morfológicos, nutricionales y de contenido de azúcares en los frutos de anacahuita colectados en dos épocas del año, en dos localidades del noreste de México.



Cuadro 6. Resultados de la prueba de Análisis de Varianza para las variables morfológicas del fruto de Anacahuíta.

VARIABLES	FUENTE DE VARIACION					
	LOCALIDAD		ESTACION		INTERACCION LOC – EST.	
	"F"	Prob.	"F"	Prob.	"F"	Prob.
Largo de fruto (mm)	47.532 **	0.000	4.336 *	0.038	4.023 *	0.045
Ancho de fruto (mm)	10.725 **	0.001	26.317 **	0.000	0.190 N.S.	0.663
Peso del fruto (g)	10.209 **	0.001	4.013 *	0.046	17.098 **	0.000
Largo del hueso (mm)	49.317 **	0.000	7.394 **	0.007	4.557 *	0.034
Ancho del hueso (mm)	1.160 N.S.	0.282	37.886 **	0.000	0.062 N.S.	0.804
Peso del hueso (g)	14.997 **	0.000	3.537 N.S.	0.061	7.525 **	0.007

* $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$, N.S. = No significativo ($P > 0.05$)

Composición Química

Los resultados sobre el análisis químico de los frutos de anacahuíta en ambas localidades se muestran en el Cuadro 7 y Figura 60, donde se puede apreciar que para la localidad Linares, el contenido de humedad, ceniza, proteína, lípidos y fibra fueron mayores en los frutos de primavera que en los de otoño, en tanto que el contenido de carbohidratos mostró un comportamiento inverso, con un valor de 22.12% en primavera y de 15.48% en el otoño. Por otra parte en la localidad de Monterrey, esa tendencia es válida solo para el contenido de ceniza, proteína y fibra, ya que el contenido de humedad y lípidos fueron mayores en los frutos de otoño que en los de primavera. En tanto que el contenido de carbohidratos también fue mayor en el otoño (16.53%) que en la primavera (15.83%). En términos generales los resultados obtenidos para la composición química del fruto de anacahuíta son similares reportados por Hernández-Cantú (1995) para el mesocarpio de anacahuíta, con valores de humedad, 79.09; ceniza, 1.15; proteína, 1.20 y extracto etéreo, 0.065%.



Respecto al contenido de azúcares en los frutos de anacahuíta, se determinaron tres azúcares principales, glucosa, fructosa y sacarosa. La sacarosa fue el azúcar más abundante en los frutos de anacahuíta en ambas localidades y ambas épocas de fructificación (Cuadro 8). Este resultado concuerda con lo encontrado por Alanis-Guzmán et al., (1998) para la anacahuíta, aunque difiere en la cantidad, ya que ellos reportan un contenido de sacarosa de 11.38%. El contenido de sacarosa y glucosa fue mayor en primavera que en otoño para ambas localidades (Figura 60), en tanto que el contenido de fructosa se incrementó de primavera (0.70%) a otoño (1.00%) en la localidad de Monterrey, y disminuyó de 2.36% en primavera a indetectable (0.00%) en otoño para la localidad de Linares.

Se sabe que la sacarosa es rápidamente acumulada con la maduración (Ogiwara et al., 1999; Sánchez et al., 2000) y está relacionada con la actividad de la sacarosa sintetasa (Gómez et al. 2002; Lester et al., 2001). Por otro lado se conoce que los azúcares glucosa, fructosa y sacarosa son fácilmente asimilables, el proceso de digestibilidad del azúcar de los frutos es más rápido que el de alimentos que contienen nutrientes complejos, entonces los frutos representan accesibilidad, son alimentos ricos en energía donde los nutrientes son eficientemente absorbidos por aves frugívoras (Witmer, 1999) o murciélagos; además la dulzura es un importante atributo en el sabor, aceptabilidad y calidad perceptiva de los frutos; la glucosa, fructosa y sacarosa contribuyen enormemente a esa dulzura, siendo esta última la más importante para tal efecto (Corrigan et al. 2000).

En cuanto al análisis de ANOVA para las variables de composición química (Cuadro 9), se observaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre las localidades para todas las variables consideradas excepto contenido de proteína ($P = 0.068$). En cuanto a las épocas de fructificación, estas mostraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.01$) en todas las variables.

Respecto al contenido de azúcares, el ANOVA mostró diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre las localidades y entre las épocas de fructificación para el contenido de glucosa, sacarosa y fructosa en el fruto de anacahuíta (Cuadro 10). La interacción entre localidades y época de fructificación fue significativa ($P < 0.01$) solo para fructosa y sacarosa.



Cuadro 7. Valores promedio, desviación estándar y coeficiente de variación para la composición química en base húmeda del fruto de Anacahuíta.

VARIABLES	LOCALIDAD							
	LINARES				MONTERREY			
	PRIMAVERA		OTOÑO		PRIMAVERA		OTOÑO	
	Media ± D. S.	C. V. %	Media ± D. S.	C. V. %	Media ± D. S.	C. V. %	Media ± D. S.	C. V. %
Humedad	75.13 ± 0.75	1.00	80.47 ± 0.06	0.07	80.20 ± 0.00	0.00	77.80 ± 0.01	0.01
Ceniza	0.61 ± 0.06	9.84	0.72 ± 0.02	2.78	0.71 ± 0.06	8.45	0.79 ± 0.02	2.53
Proteína	1.72 ± 0.01	0.58	2.22 ± 0.20	9.01	1.99 ± 0.10	5.02	2.22 ± 0.02	0.90
Lípidos	0.010 ± 0.001	10	0.014 ± 0.005	35.71	0.200 ± 0.006	3.00	0.006 ± 0.004	66.67
Fibra	0.40 ± 0.02	5.00	1.11 ± 0.10	9.01	1.06 ± 0.05	4.72	2.65 ± 0.05	0.19
Carbohidratos	22.12 ± 0.66	2.98	15.48 ± 0.10	0.65	15.83 ± 0.15	0.95	16.53 ± 0.08	0.48

D.S. =Desviación Estándar, C.V. = Coeficiente de Variación

Cuadro 8. Valores promedio en porcentaje, desviación estándar y coeficiente de variación para el contenido de azúcares del fruto de Anacahuíta.

VARIABLES	LOCALIDAD							
	LINARES				MONTERREY			
	PRIMAVERA		OTOÑO		PRIMAVERA		OTOÑO	
	Media ± D. S.	C. V. %	Media ± D. S.	C. V. %	Media ± D. S.	C. V. %	Media ± D. S.	C. V. %
Glucosa	1.71 ± 0.30	17.54	1.19 ± 0.01	0.84	1.05 ± 0.05	4.76	0.58 ± 0.02	3.45
Fructosa	2.36 ± 0.35	14.83	0.00 ± 0.00	0.00	0.70 ± 0.00	0.00	1.00 ± 0.00	0.00
Sacarosa	17.93 ± 0.71	3.96	5.90 ± 0.01	0.17	8.15 ± 0.05	0.61	4.26 ± 0.06	1.41

D.S. =Desviación Estándar, C.V. = Coeficiente de Variación



Cuadro 9. Resultados de la prueba de Análisis de Varianza para las variables de composición química del fruto de Anacahuíta.

VARIABLES	FUENTE DE VARIACION					
	LOCALIDAD		ESTACION		INTERACCION LOC - EST.	
	"F"	Prob.	"F"	Prob.	"F"	Prob.
Humedad	31.165 **	0.001	48.173 **	0.000	354.673 **	0.000
Ceniza	17.333 **	0.003	18.692 **	0.003	0.641 n.s.	0.446
Proteína	4.441 n.s.	0.068	30.921 **	0.001	3.822 n.s.	0.086
Lípidos	1348.247 **	0.000	1498.778 **	0.000	1614.229 **	0.000
Fibra	913.071 **	0.000	991.937 **	0.000	149.692 **	0.000
Carbohidratos	171.755 **	0.000	220.366 **	0.000	336.840 **	0.000

* $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$, n.s. = No significativo ($P > 0.05$)

Cuadro 10. Resultados de la prueba de Análisis de Varianza para las variables de composición de azúcares en el fruto de Anacahuíta.

VARIABLES	FUENTE DE VARIACION					
	LOCALIDAD		ESTACION		INTERACCION LOC - EST.	
	"F"	Prob.	"F"	Prob.	"F"	Prob.
Glucosa	52.177 **	0.000	31.376 **	0.001	0.103 n.s.	0.757
Fructosa	10.812 *	0.011	103.857 **	0.000	172.909 **	0.000
Sacarosa	756.185 **	0.000	1464.802 **	0.000	385.326 **	0.000

* $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$, n.s. = No significativo ($P > 0.05$)

De acuerdo a los resultados obtenidos es posible inferir que además de la variabilidad en las condiciones ambientales estacionales, las diferentes condiciones geográficas y ecológicas de las localidades estudiadas, afectan no solo la morfología de los frutos de anacahuíta, sino también su composición química.



III.- Estudio morfológico y de eficiencia reproductiva en los frutos de Mezquite (*Prosopis glandulosa*), Huizache (*Acacia farnesiana*) y Chaparro prieto (*A. rigidula*).

Morfología

Los frutos de *Acacia farnesiana*, *A. rigidula* y *P. laevigata* al igual que todas las leguminosas son de tipo vaina o legumbre. En el caso de las especies mencionadas se trata de vainas altamente lignificadas, principalmente las del género *Acacia*, lo cual les confiere el aspecto leñoso característico. De las especies estudiadas solo *A. rigidula* presenta vainas dehiscentes en la planta, liberando las semillas y quedando las valvas unidas al tallo de la planta durante varios meses hasta que debido al viento y la fricción son desprendidas del tallo. Las dos especies restantes presentan dispersión del fruto, el cual cae al suelo, donde las semillas son liberadas mediante procesos de descomposición del pericarpio de la vaina o a través del consumo de las mismas por animales herbívoros y posteriormente liberadas en las heces de los mismos.

En los cuadros 11, 12 y 13 pueden apreciarse los valores de estadística descriptiva de las variables morfológicas del fruto de *Acacia farnesiana*, *A. rigidula* y *Prosopis laevigata* respectivamente durante los años 2001 y 2002. Asimismo en la Figura 59 puede observarse gráficamente el comportamiento de estas variables durante los años mencionados.

Para todas las variables morfológicas del fruto de *A. farnesiana* se observó un mayor valor en los frutos del año 2001 que en los del 2002. Así por ejemplo, el largo promedio del fruto fue de 44.89 mm en el 2001 y de 42.31 mm en el 2002, el peso promedio del fruto en el 2001 fue de 1.53 g, y de 1.42 g en el 2002, y el número promedio de semillas por fruto fue de 18.85 y 18.20 en los años 2001 y 2002 respectivamente.

Es importante señalar que el número de frutos (vainas) por inflorescencia (o racimo) mostró un comportamiento inverso al de las variables morfológicas de los frutos, ya que este se vio incrementado ligeramente del año 2001 al 2002, con valores promedio de 1.26 y 1.27 respectivamente.



Cuadro 11. Valores promedio, desviación estándar y coeficiente de variación en las variables morfológicas consideradas para los frutos de *Acacia farnesiana* en dos años consecutivos.

VARIABLES	AÑO DE COLECTA			
	2001		2002	
	MEDIA ± DESV. EST.	COEF. DE VAR.	MEDIA ± DESV. EST.	COEF. DE VAR.
Largo de fruto (mm)	44.89 ± 7.28	16.22%	42.31 ± 7.25	17.14%
Ancho de fruto (mm)	10.51 ± 1.78	16.94%	9.51 ± 1.30	13.67%
Grosor de fruto (mm)	8.61 ± 1.15	13.36%	7.89 ± 0.64	8.11%
Peso de fruto (g)	1.53 ± 0.23	18.25%	1.42 ± 0.26	18.31%
Número de valvas por inflorescencia	1.26 ± 0.50	39.68%	1.27 ± 0.53	41.73%
Longitud de semillas (mm)	5.56 ± 0.44	7.91%	5.01 ± 0.32	6.39%
Ancho de semillas (mm)	4.02 ± 0.41	10.20%	3.75 ± 0.32	8.53%
Grosor de semillas (mm)	2.51 ± 0.34	13.55%	2.25 ± 0.21	9.33%
Peso de semillas (g)	0.046 ± 0.007	15.22%	0.045 ± 0.006	13.33%
Número de semillas	18.85 ± 3.13	16.60%	18.20 ± 2.12	11.65%

En cuanto a los frutos de *A. rigidula*, y a diferencia de los frutos de *A. farnesiana*, la mayoría de las variables morfológicas del fruto mostraron valores promedio mayores en el año 2002 que en el 2001, con excepción del ancho y el grosor de las semillas que mostraron valores de 3.31 y 1.59 mm respectivamente para el año 2001, y de 2.98 y 1.35 mm respectivamente para el año 2002 (Cuadro 12 y Figura 59).

Por último, para el caso de los frutos del mezquite, *P. laevigata*, y en similitud a los de *A. rigidula*, presentaron variables morfológicas con valores superiores en el año 2002 que en el 2001. Así por ejemplo, tenemos que el largo de los frutos mostró un notable incremento de 92.83 mm en el 2001 a 148.85 mm en el 2002, el peso promedio del fruto en la fructificación fue de 3.13 g en el 2001 y de 3.15 g en el 2002, y el número promedio de semillas por fruto fue de 17.60 en el 2001 y 17.84 en el 2002.



Cuadro 12. Valores promedio, desviación estándar y coeficiente de variación en las variables morfológicas consideradas para los frutos de *Acacia rigidula* en dos años consecutivos.

VARIABLES	AÑO DE COLECTA			
	2001		2002	
	MEDIA ± DESV. EST.	COEF. DE VAR.	MEDIA ± DESV. EST.	COEF. DE VAR.
Largo de fruto (mm)	60.04 ± 8.92	14.86%	72.44 ± 9.47	13.07%
Ancho de fruto (mm)	3.40 ± 0.72	21.18%	4.25 ± 0.55	12.94%
Grosor de fruto (mm)	1.78 ± 0.37	20.79%	2.10 ± 0.28	13.33%
Número de vainas por inflorescencia	1.82 ± 0.95	52.20%	1.95 ± 0.76	38.97%
Longitud de semillas (mm)	5.87 ± 0.67	11.41%	6.46 ± 0.58	8.98%
Ancho de semillas (mm)	3.31 ± 0.57	17.22%	2.98 ± 0.32	10.74%
Grosor de semillas (mm)	1.59 ± 0.23	14.47%	1.35 ± 0.21	15.56%
Peso de semillas (g)	0.021 ± 0.005	23.81%	0.024 ± 0.006	25.00%
Número de semillas	7.23 ± 1.64	22.68%	8.00 ± 1.37	17.13%

De acuerdo a los resultados de la prueba "t" de student aplicada a las variables morfológicas de los frutos de *A. farnesiana* (Cuadro 14), se identificaron diferencias altamente significativas entre los frutos de dos años consecutivos para las variables de largo de fruto ($t = 2.622$), ancho de fruto ($t = 4.783$), grosor de fruto ($t = 5.887$), peso de fruto ($t = 3.205$), longitud de semillas ($t = 10.798$), ancho de semillas ($t = 5.448$) y grosor de semillas ($t = 6.965$). En tanto que para las variables de número de vainas por inflorescencia, peso de semillas y número de semillas, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) entre los dos años.

En el caso de *A. rigidula*, se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.01$) para todas las variables morfológicas del fruto entre los dos años de estudio (Cuadro 14), con excepción del número promedio de vainas por inflorescencia ($P = 0.298$). Es importante señalar que no fue posible analizar los datos de peso seco del fruto en esta especie, debido a que los frutos de esta especie presentan dehiscencia apenas alcanzada la



madurez o incluso antes, por lo que al momento de la colecta de frutos maduros ya se han dispersado total o parcialmente las semillas.

Los resultados de la prueba "t" de student aplicada a las variables morfológicas de los frutos de *P. laevigata* en dos años consecutivos (Cuadro 14), evidenciaron la existencia de diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) entre los años 2001 y 2002 solo para las variables de largo, ancho y grosor de fruto, número de vainas por inflorescencia y longitud de semillas. El resto de las variables estudiadas no mostró diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$).

Cuadro 13. Valores promedio, desviación estándar y coeficiente de variación en las variables morfológicas consideradas para los frutos de *Prosopis laevigata* en dos años consecutivos.

VARIABLES	AÑO DE COLECTA			
	2001		2002	
	MEDIA ± DESV. EST.	COEF. DE VAR.	MEDIA ± DESV. EST.	COEF. DE VAR.
Largo de fruto (mm)	92.83 ± 4.18	4.50%	148.85 ± 1.64	11.01%
Ancho de fruto (mm)	5.71 ± 2.32	40.63%	7.90 ± 0.88	11.14%
Grosor de fruto (mm)	3.07 ± 1.03	33.55%	4.67 ± 0.61	13.06%
Peso de fruto (g)	3.13 ± 0.62	19.81%	3.15 ± 0.53	16.83%
Número de vainas por inflorescencia	3.30 ± 1.47	44.55%	3.83 ± 1.02	26.63%
Longitud de semillas (mm)	5.38 ± 0.36	6.69%	5.74 ± 0.32	5.57%
Ancho de semillas (mm)	3.72 ± 0.32	8.60%	3.77 ± 0.39	10.34%
Grosor de semillas (mm)	1.69 ± 0.33	19.53%	1.74 ± 0.21	12.07%
Peso de semillas (g)	0.030 ± 0.004	13.33%	0.031 ± 0.004	12.90%
Número de semillas	17.60 ± 3.28	18.64%	17.84 ± 2.23	12.50%

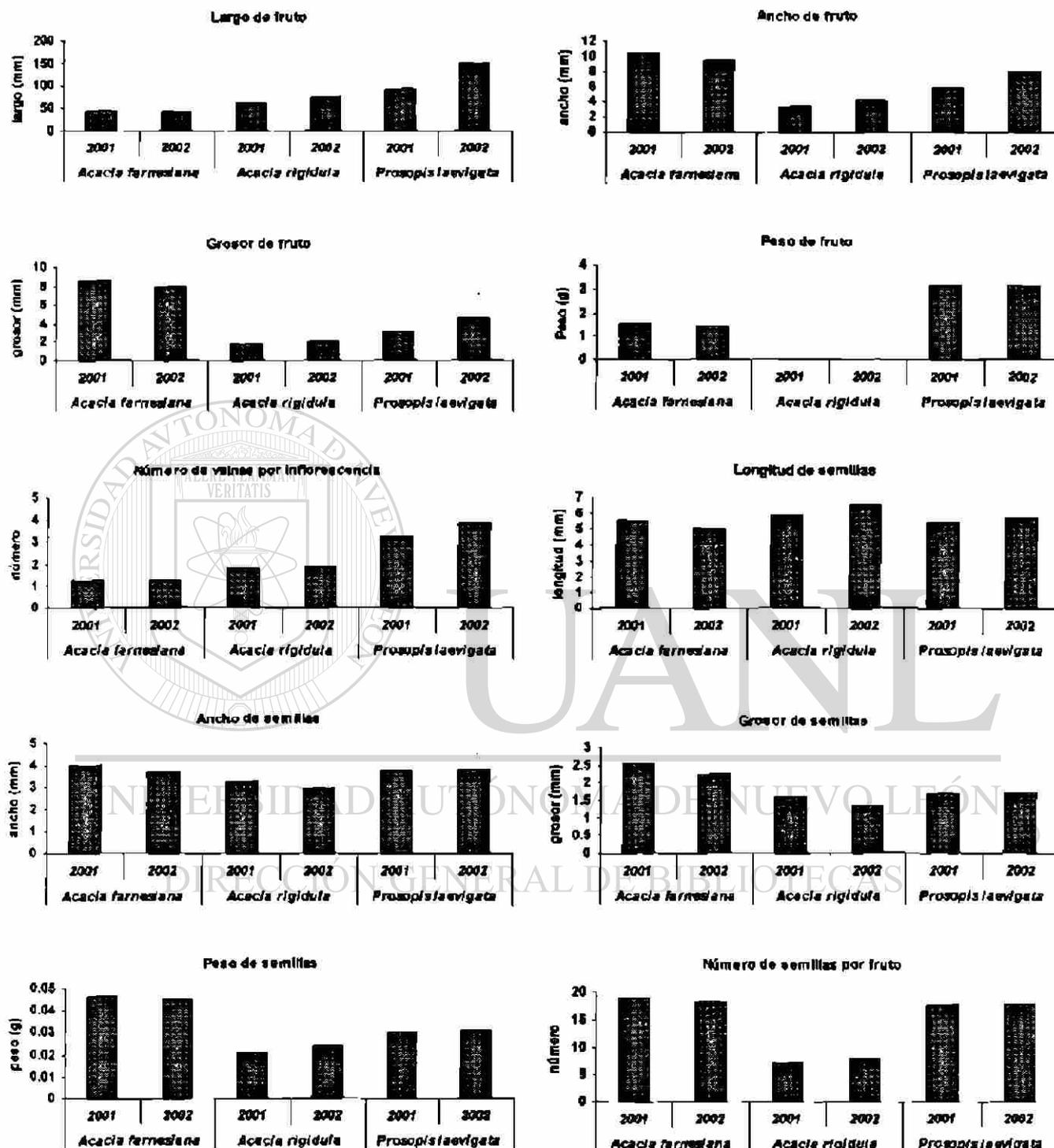
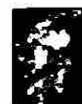


Figura 61. Representación gráfica de la variación en los parámetros morfológicos de los frutos de *Acacia farnesiana*, *A. rigidula* y *Prosopis laevigata* en los años 2001 y 2002 en Linares, N. L.



Cuadro 14. Resultados de la prueba de "t" de student para las variables morfológicas estudiadas en los frutos de tres especies de leguminosas en dos años consecutivos en Linares, N. L.

VARIABLES	ESPECIES DE LEGUMINOSAE					
	<i>A. farnesiana</i>		<i>A. rigidula</i>		<i>P. laevigata</i>	
	"t"	Prob.	"t"	Prob.	"t"	Prob.
Largo de fruto (mm)	2.622 **	0.009	-7.020 **	0.000	-10.572 **	0.000
Ancho de fruto (mm)	4.783 **	0.000	-6.846 **	0.000	-7.492 **	0.000
Grosor de fruto (mm)	5.887 **	0.000	-4.965 **	0.000	-10.659 **	0.000
Peso de fruto (g)	3.205 **	0.002	N.D.	N.D.	-0.199 N.S.	0.843
Número de vainas por inflorescencia	-0.095 N.S.	0.924	-1.044 N.S.	0.298	-2.539 *	0.012
Longitud de semillas (mm)	10.798 **	0.000	-6.109 **	0.000	-5.964 **	0.000
Ancho de semillas (mm)	5.448 **	0.000	4.964 **	0.000	-0.816 N.S.	0.416
Grosor de semillas (mm)	6.965 **	0.000	6.937 **	0.000	-1.160 N.S.	0.248
Peso de semillas (g)	0.442 N.S.	0.659	-3.479 **	0.001	-1.548 N.S.	0.124
Número de semillas	1.826 N.S.	0.069	-2.612 **	0.010	-0.473 N.S.	0.637

* $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$, N.S. = No significativo ($P > 0.05$), N.D. = Datos No disponibles

Eficiencia reproductiva

Se determinó la eficiencia reproductiva en tres especies de leguminosas del noreste de México, *A. farnesiana*, *A. rigidula* y *P. laevigata* para la fructificación de estas especies en el año 2002. Esta eficiencia se expresó como el porcentaje de botones florales que llegan a convertirse en frutos maduros.

En el cuadro 15 puede apreciarse para cada una de las especies mencionadas, el número promedio de botones florales, el número promedio de flores por inflorescencia y el número promedio de frutos por inflorescencia (u originados de la misma) en el año 2002 en la localidad de Linares. Así mismo, en la Figura 80 puede apreciarse gráficamente la eficiencia reproductiva de estas especies.



P. laevigata es la especie con mayor número de botones florales con un promedio de 140.05 por inflorescencia, seguida de *A. farnesiana* con 57.97 (no obstante que esta presenta una inflorescencia de menor tamaño que *A. rigidula*). En cuanto al número de flores por inflorescencia, *P. laevigata* presentó un promedio de 129.24, en tanto que *A. rigidula* y *A. farnesiana* tienen un promedio de 53.79 y 48.27 respectivamente. Esta última tendencia se observó también para el número promedio de vainas originadas de una misma inflorescencia (Cuadro 15).

Cuadro 15. Valores promedio, Desviación estándar y Coeficiente de variación del número de botones, flores y frutos por inflorescencia en tres especies de leguminosas en el año 2002.

VARIABLES	ESPECIES DE LEGUMINOSAE					
	<i>A. farnesiana</i>		<i>A. rigidula</i>		<i>P. laevigata</i>	
	MEDIA ± D. S.	COEF. VAR.	MEDIA ± D. S.	COEF. VAR.	MEDIA ± D. S.	COEF. VAR.
Número de botones por inflorescencia	57.97 ± 11.16	19.25%	53.11 ± 9.15	17.23%	140.05 ± 17.62	12.58%
Número de flores por inflorescencia	48.27 ± 10.01	20.74%	53.79 ± 8.25	15.34%	129.24 ± 9.65	7.47%
Número de frutos por inflorescencia	1.27 ± 0.53	41.73%	1.95 ± 0.76	38.97%	3.83 ± 1.02	26.63%

De acuerdo a lo anterior se determinó que para la fructificación del año 2002 en la localidad de Linares, *A. rigidula* presentó la mayor eficiencia reproductiva con un 3.67%, seguida de *P. laevigata* con un 2.73% y *A. farnesiana* con un 2.19% (Figura 60).

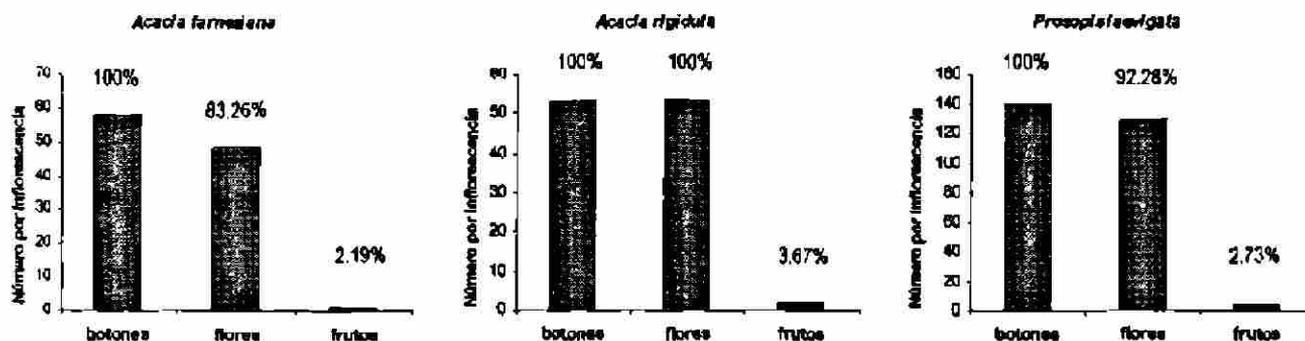


Figura 62. Representación gráfica de la eficiencia reproductiva en base al número de botones, flores y frutos en tres especies de leguminosas en Linares, N. L.



IV.- Estudio morfológico y químico de los frutos de granjeno (*Celtis pallida*).

Morfología

El fruto de granjeno es una drupa globosa, de color verde cuando inmaduro, tornándose anaranjado-rojizo a medida que madura tornándose púrpura, presenta una forma ovoide, comestible cuando esta maduro y es consumido por la fauna silvestre y el hombre. En el Cuadro 16 se presenta la estadística descriptiva básica obtenida para cada una de las variables morfológicas estudiadas y los resultados de la prueba de "t" de student realizada para comparar las épocas de fructificación en estas mismas variables . Asimismo, en la Figura 63 puede apreciarse la variabilidad observada en los parámetros morfológicos de acuerdo a la localidad y a la época de colecta.

Cuadro 16. Variables morfológicas del fruto de granjeno y resultados de la prueba "t" de student para las mismas variables en dos épocas del año, en Linares, N. L., México.

VARIABLES	EPOCA DE FRUCTIFICACION				"t"	P
	OTOÑO 2001		PRIMAVERA 2002			
	Media ± D. S.	C. V. %	Media ± D. S.	C. V. %		
Largo de fruto (mm)	6.54 ± 0.46	7.03	6.07 ± 0.50	8.24	5.759 **	0.000
Ancho de fruto (mm)	7.42 ± 0.63	8.49	7.05 ± 0.66	9.36	3.425 **	0.001
Peso del fruto (g)	0.292 ± 0.011	3.77	0.311 ± 0.069	22.19	-1.993 *	0.048
Largo de semilla (mm)	5.24 ± 0.56	10.69	4.96 ± 0.40	8.06	2.522 *	0.014
Ancho de semilla (mm)	3.69 ± 0.33	8.94	2.90 ± 0.15	5.17	13.719 **	0.000
Grosor de semilla (mm)	2.95 ± 0.16	5.42	2.88 ± 0.12	4.17	2.448 *	0.016
Peso de semilla (g)	0.029 ± 0.004	13.79	0.031 ± 0.004	12.90	-1.790 ^{NS}	0.077

D.S. =Desviación Estándar, C.V. = Coeficiente de Variación.

* P < 0.05, ** P < 0.01, ^{NS} = No Significativo (P > 0.05)



El largo, ancho y por consecuencia el peso de los frutos mostraron valores superiores en el otoño que en la primavera. Esto se vio reflejado en diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) entre las épocas de fructificación para estas variables (Cuadro 16). Para las dos primeras variables, estas diferencias fueron del orden de $P < 0.01$.

Por otro lado, los atributos morfológicos de la semilla mostraron un comportamiento diferente, ya que por ejemplo, el largo, ancho y grosor de la semilla mostraron valores superiores en la primavera. De acuerdo al análisis con la prueba "t" de student, existen diferencias significativas para estas variables entre las dos épocas de fructificación.

Respecto al peso promedio de la semilla, es importante mencionar que este fue ligeramente mayor en el otoño que en la primavera (0.031 y 0.029 g respectivamente), aunque esto no se reflejó en los resultados de la prueba de "t" ($P = 0.077$).

Composición Química

Los resultados sobre el análisis químico y de la prueba "t" de student para los frutos de granjeno en ambas épocas de fructificación se muestran en el cuadro 17 y Figura 63, donde se puede apreciar que el contenido promedio de humedad, proteína y carbohidratos fueron menores en el otoño del 2001 (77.0, 4.70 y 10.90 % respectivamente) que en la primavera del 2002 (78.01, 6.93 y 11.04% respectivamente). Estas diferencias cuantitativas entre las épocas de fructificación se vieron reflejadas en la prueba "t" de student solo para el contenido promedio de proteína ($P < 0.01$).

Por otra parte, el contenido promedio de ceniza, lípidos y fibra fueron mayores en los frutos de otoño (2.00, 0.60 y 4.50% respectivamente) que en los de primavera (1.40, 0.023 y 2.60% respectivamente). Para las tres variables y de acuerdo a la prueba de "t" (Cuadro 17), existen diferencias estadísticas significativas ($P < 0.01$) entre las dos épocas de fructificación.

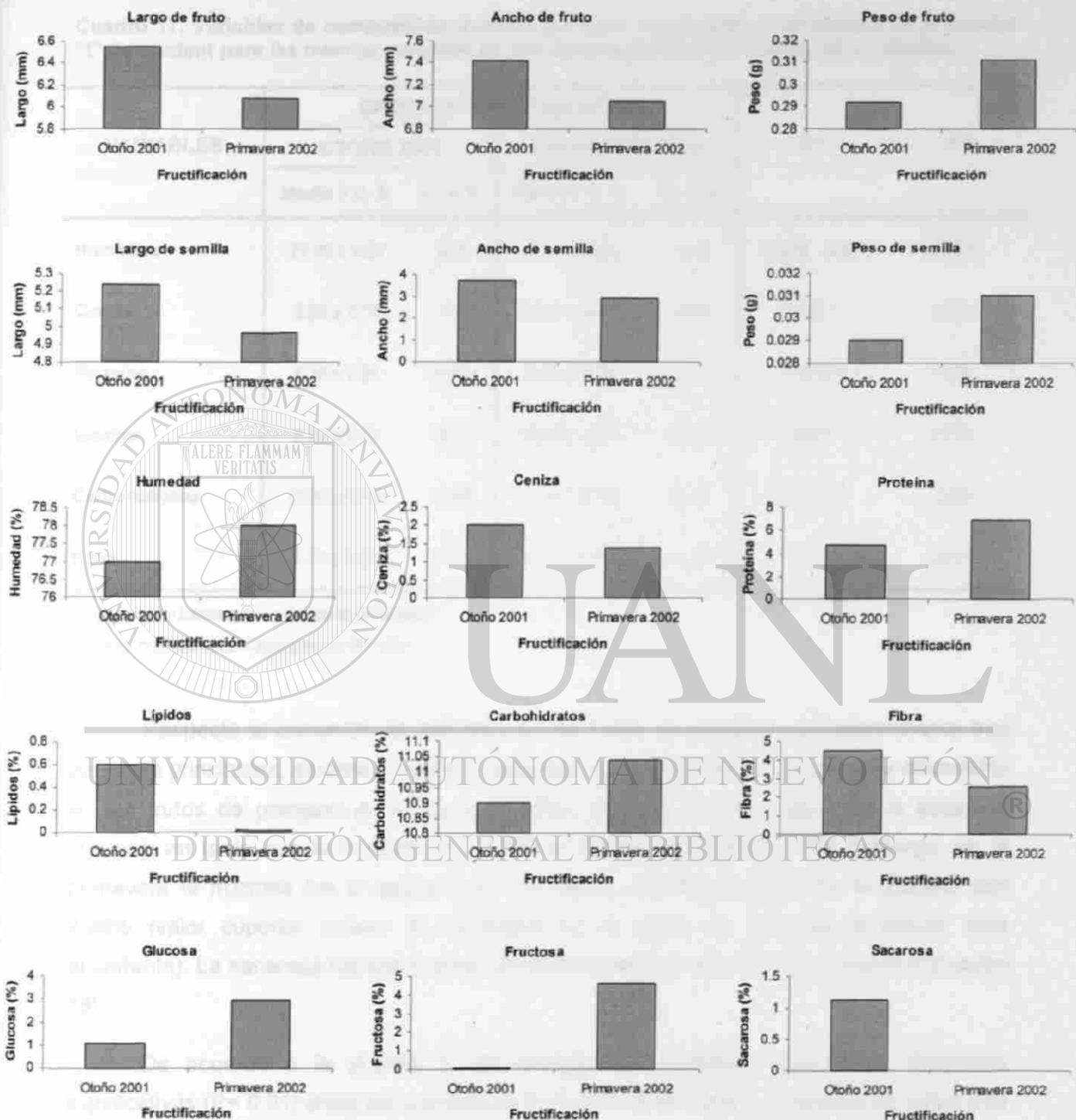


Figura 63. Representación gráfica de la variación de los parámetros morfológicos, nutricionales y de contenido de azúcares en los frutos de granjeno colectados en dos épocas del año, en la localidad de Linares, N. L., México.



Cuadro 17. Variables de composición química del fruto de granjeno y resultados de la prueba "t" de student para las mismas variables en dos épocas del año, en Linares, N. L., México.

VARIABLES	EPOCA DE FRUCTIFICACION				"t"	P
	OTOÑO 2001		PRIMAVERA 2002			
	Media ± D. S.	C. V. %	Media ± D. S.	C. V. %		
Humedad	77.00 ± 0.21	0.27	78.01 ± 0.38	0.49	-3.254 N.S.	0.083
Ceniza	2.00 ± 0.14	7.00	1.40 ± 0.064	4.57	5.517 *	0.031
Proteína	4.70 ± 0.21	4.47	6.93 ± 0.19	2.74	-11.075 **	0.008
Lípidos	0.60 ± 0.11	18.33	0.023 ± 0.004	17.39	7.207 *	0.019
Carbohidratos	10.90 ± 0.14	12.84	11.04 ± 0.057	0.52	-1.302 NS.	0.323
Fibra	4.50 ± 0.14	3.11	2.60 ± 0.31	11.92	7.953 *	0.015

D.S. = Desviación Estándar, C.V. = Coeficiente de Variación.

* $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$, N.S. = No significativo ($P > 0.05$)

Respecto al contenido de azúcares en los frutos de granjeno, se determinaron tres azúcares principales, glucosa, fructosa y sacarosa. La glucosa fue el azúcar más abundante en los frutos de granjeno en el otoño (1.12%), seguido muy de cerca por la sacarosa (1.11%), en tanto que la fructosa fue el menos abundante (0.044%). Sin embargo, en la primavera la fructosa fue el azúcar más abundante (4.61%), seguido de la glucosa con 2.96% (valor superior incluso al observado en el otoño en que fue el azúcar más abundante). La sacarosa fue prácticamente indetectable en los frutos de primavera (Cuadro 18).

De acuerdo a la prueba "t" de student, se detectaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre las dos épocas de fructificación para el contenido de estos tres azúcares en el fruto de granjeno (Cuadro 18).



Cuadro 18. Variables de contenido de azúcares en el fruto de granjeno y resultados de la prueba "t" de student para las mismas variables en dos épocas del año, en Linares, N. L., México.

VARIABLES	EPOCA DE FRUCTIFICACION				"t"	P
	OTOÑO 2001		PRIMAVERA 2002			
	Media ± D. S.	C. V. %	Media ± D. S.	C. V. %		
Glucosa	1.12 ± 0.014	1.25	2.96 ± 0.20	8.78	-13.142 **	0.006
Fructosa	0.044 ± 0.001	2.27	4.81 ± 0.37	8.03	-17.200 **	0.003
Sacarosa	1.11 ± 0.011	0.99	0.00 ± 0.00	0.00	147.661 **	0.000

D.S. = Desviación Estándar, C.V. = Coeficiente de Variación.

* P ≤ 0.05, ** P ≤ 0.01

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



V.- Estudio de la morfología floral en Cenizo (*Leucophyllum frutescens*) y Anacahuita (*Cordia bolssieri*)

Anacahuita:

En el cuadro 19 pueden apreciarse los valores promedio de las variables morfológicas consideradas para las flores de anacahuita y en la Figura 64 puede apreciarse en forma gráfica el comportamiento de estas variables en dos épocas de floración en las localidades de Linares y Monterrey.

La longitud y diámetro superior de la flor fue mayor en las flores de otoño que en las de primavera en ambas localidades, siendo particularmente superiores los valores promedio de las flores de otoño en Monterrey con un valores de 45.60 y 60.13 mm respectivamente para ambas variables, en tanto que los valores inferiores se presentaron en esta misma localidad durante la primavera (36.46 y 43.23 mm respectivamente).

El número de pétalos, sépalos y estambres en la mayoría de las flores de ambas localidades es de 5, sin embargo, se observaron algunas flores con 6 de estos verticilos. Igualmente, el estigma de las flores de anacahuita presenta generalmente 4 divisiones, sin embargo, no fue raro observar estigmas con 6 divisiones.

El diámetro del ovario y longitud del gineceo fueron también mayores en las flores de otoño de la localidad de Monterrey. Es importante señalar que las flores de anacahuita son heterostilicas, es decir, hay flores con gineceos mayores a las anteras y gineceos de menor longitud de las anteras. La proporción de flores de uno u otro tipo fue aproximadamente 1:1, esto de acuerdo a un muestreo en campo con más de 100 flores en cada localidad.

En cuanto a las estructuras reproductoras masculinas, los estambres, las flores de otoño de la localidad Linares presentaron la menor longitud del filamento (13.77 mm), en contraste con las flores de Monterrey de la misma época donde se observó la mayor longitud (18.22 mm). La longitud de las anteras presentó un comportamiento similar, con su valor mínimo y máximo en las flores de otoño de Linares y Monterrey respectivamente.



Cuadro 19. Valores promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de las variables morfológicas de la flor de "anacahuíta".

VARIABLES	LOCALIDAD							
	LINARES				MONTERREY			
	OTOÑO 2001		PRIMAVERA 2002		OTOÑO 2001		PRIMAVERA 2002	
	Media ± D. S.	C. V. %	Media ± D. S.	C. V. %	Media ± D. S.	C. V. %	Media ± D. S.	C. V. %
Diámetro superior	47.55 ± 4.60	9.67	44.55 ± 3.14	7.05	60.13 ± 5.43	9.03	43.23 ± 6.95	16.08
Diámetro inferior	3.76 ± 0.34	9.03	3.78 ± 0.44	11.54	4.86 ± 0.85	17.50	4.01 ± 0.52	12.94
Longitud	36.60 ± 3.53	9.60	36.97 ± 4.01	10.11	45.60 ± 3.97	8.71	36.46 ± 4.32	11.85
Número de pétalos	5.00 ± 0.00	0.00	5.00 ± 0.00	0.00	5.51 ± 0.51	9.26	5.00 ± 0.00	0.00
Número de sépalos	5.00 ± 0.00	0.00	5.06 ± 0.25	4.94	5.44 ± 0.50	9.20	5.00 ± 0.00	0.00
Longitud de sépalos	12.425 ± 1.70	13.71	11.31 ± 1.23	10.90	12.93 ± 1.17	9.10	11.05 ± 0.99	9.00
Longitud de pétalos	14.98 ± 2.35	15.70	37.60 ± 4.81	12.80	18.30 ± 2.92	16.12	34.50 ± 4.45	12.90
Ancho de pétalos	12.88 ± 1.72	13.35	16.45 ± 3.36	20.43	19.76 ± 3.61	18.27	14.69 ± 2.68	18.24
Diámetro del ovario	1.92 ± 0.19	9.70	1.7 ± 0.56	32.66	2.09 ± 0.31	14.98	1.81 ± 0.34	18.83
Longitud del gineceo	18.87 ± 4.55	24.11	16.45 ± 2.92	17.77	20.29 ± 5.24	25.84	16.45 ± 1.49	9.06
Gineceo unido	13.47 ± 2.79	20.74	12.22 ± 2.15	17.58	14.86 ± 3.56	23.98	12.92 ± 1.17	9.06
Longitud estigma	5.36 ± 1.95	36.41	4.23 ± 1.2	28.34	5.44 ± 2.25	41.38	3.53 ± 0.87	24.77
Longitud del filamento	13.77 ± 3.07	22.30	17.35 ± 2.77	15.97	18.22 ± 4.26	23.40	17.67 ± 3.76	21.28
Filamento unido	6.13 ± 1.11	18.11	6.84 ± 1.12	16.37	8.45 ± 2.11	24.97	6.05 ± 1.05	17.38
Filamento libre	7.41 ± 2.43	32.79	10.49 ± 2.40	22.88	9.84 ± 4.26	43.29	11.66 ± 3.04	26.07
Longitud de las tecas	2.04 ± 0.15	7.26	2.31 ± 0.27	11.86	2.46 ± 0.42	17.08	2.23 ± 0.29	13.11

D.S. =Desviación Estándar, C.V. = Coeficiente de Variación

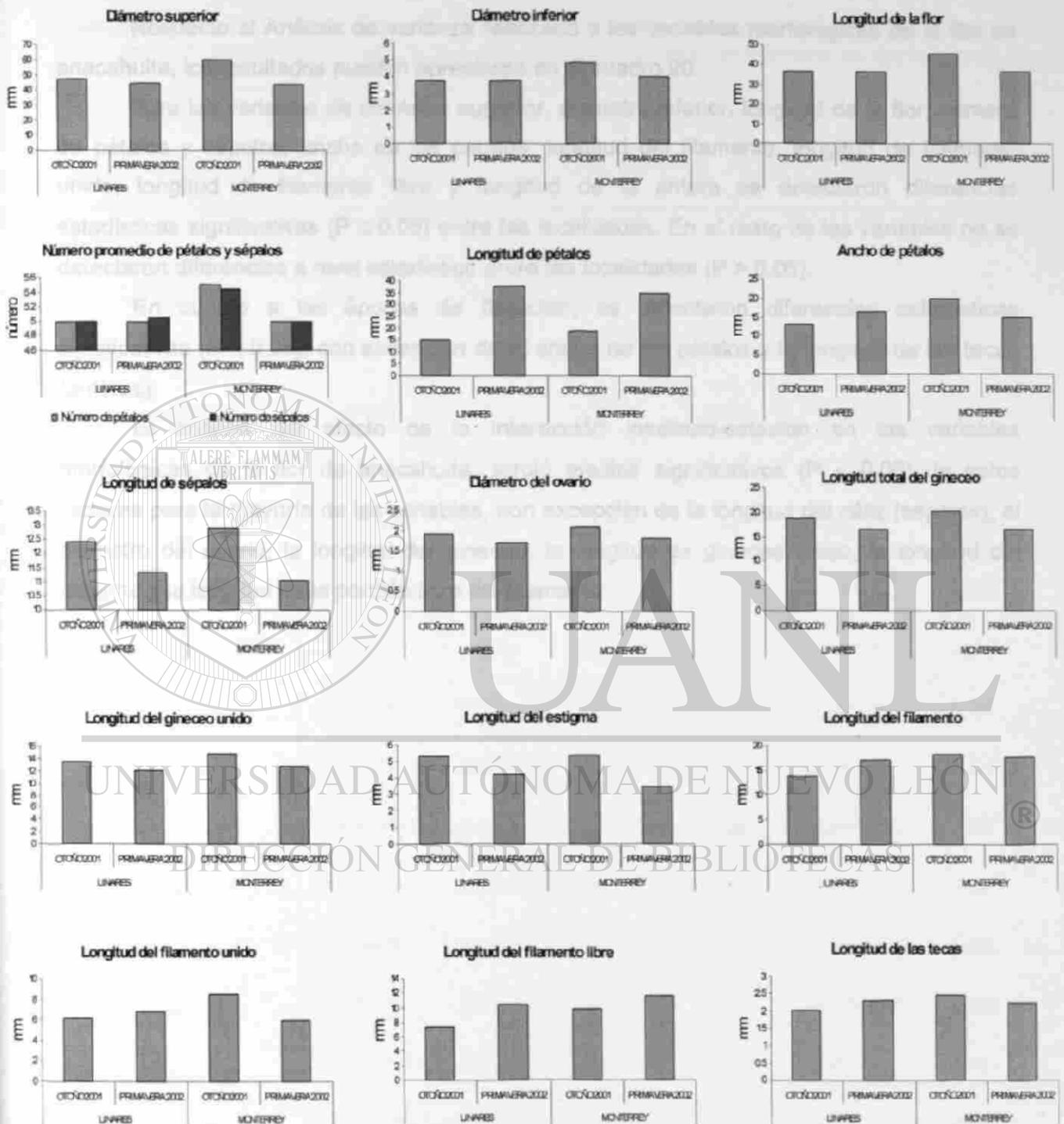


Figura 64. Representación gráfica de la variación de los parámetros morfológicos de la flor de "anacahuíta" en dos épocas del año, en dos localidades del noreste de México.



Respecto al Análisis de varianza realizado a las variables morfológicas de la flor de anacahuíta, los resultados pueden apreciarse en el cuadro 20.

Para las variables de diámetro superior, diámetro inferior, longitud de la flor, número de pétalos y sépalos, ancho de los pétalos, longitud del filamento, longitud de filamento unido, longitud de filamento libre y longitud de la antera se detectaron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) entre las localidades. En el resto de las variables no se detectaron diferencias a nivel estadístico entre las localidades ($P > 0.05$).

En cuanto a las épocas de floración, se detectaron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$), con excepción de el ancho de los pétalos y la longitud de las tecas (anteras).

El análisis del efecto de la interacción localidad-estación en las variables morfológicas de la flor de anacahuíta, arrojó efectos significativos ($P \leq 0.05$) de estos factores para la mayoría de las variables, con excepción de la longitud del cáliz (sépalos), el diámetro del ovario, la longitud del gineceo, la longitud de gineceo unido, la longitud del estigma y la longitud de la porción libre del filamento.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Cuadro 20. Resultados de la prueba de Análisis de Varianza para las variables morfológicas de la flor de "anacahuíta" en dos épocas del año, en dos localidades del Noreste de México.

VARIABLES	FUENTE DE VARIACION					
	LOCALIDAD		ESTACION		INTERACCION LOC - EST.	
	"F"	Prob.	"F"	Prob.	"F"	Prob.
Diámetro superior	24.094 **	0.000	75.236 **	0.000	36.713 **	0.000
Diámetro inferior	22.243 **	0.000	8.695 **	0.004	9.576 **	0.003
Longitud	10.746 **	0.001	13.539 **	0.000	49.552 **	0.000
Número de pétalos	12.200 **	0.001	12.200 **	0.001	12.200 **	0.001
Número de sépalos	6.358 *	0.013	6.358 *	0.013	11.200 **	0.001
Longitud de sépalos	0.214 N.S.	0.645	30.137 **	0.000	1.959 N.S.	0.165
Longitud de pétalos	0.021 N.S.	0.886	657.907 **	0.000	18.065 **	0.000
Ancho de pétalos	14.748 **	0.000	1.253 N.S.	0.266	41.912	0.000
Diámetro del ovario	2.090 N.S.	0.154	6.679 *	0.012	0.108 N.S.	0.744
Longitud del gineceo	0.521 N.S.	0.473	10.048 **	0.002	0.525 N.S.	0.471
Gineceo unido	2.464 N.S.	0.122	5.701 *	0.020	0.261 N.S.	0.611
Longitud estigma	0.547 N.S.	0.463	12.577 **	0.001	0.844 N.S.	0.362
Longitud del filamento	33.846 **	0.000	13.675 **	0.000	25.465 **	0.000
Filamento unido	20.698 **	0.000	24.897 **	0.000	84.753 **	0.000
Filamento libre	23.810 **	0.000	43.929 **	0.000	2.917 N.S.	0.089
Longitud de las tecas	23.280 **	0.000	0.286 N.S.	0.593	50.060 **	0.000

*P ≤ 0.05, ** P ≤ 0.01, N.S. = No significativo (P > 0.05)



Cenizo:

En el cuadro 21 pueden apreciarse los valores promedio de las variables morfológicas consideradas para las flores de cenizo y en la Figura 65 puede apreciarse en forma gráfica el comportamiento de estas variables en dos épocas de floración en las localidades de Linares y Monterrey.

A diferencia de la anacahuita, las flores de cenizo presentaron su mayor tamaño (diámetro superior y ambas longitudes) en la floración de primavera de la localidad de Monterrey, aunque si se considera solo la localidad de Linares, las flores de mayor tamaño corresponden a la floración de otoño. El número de pétalos fusionados, o lóbulos de la corola se mantuvo constante en ambas localidades durante las dos épocas de floración.

En cuanto a las estructuras reproductoras, el diámetro del ovario se mantuvo bastante constante, con un valor máximo de 1.36 mm en el otoño para la localidad Linares y un mínimo de 1.24 mm para las flores de otoño en Monterrey. Así mismo, la longitud del gineceo presentó sus valores mínimo y máximo en Linares con valores de 12.49 y 17.00 para la primavera y otoño respectivamente. Un patrón similar se observó en la longitud del filamento de los estambres. En el cenizo, al igual que en la anacahuita, una porción del filamento se encuentra unida a la corola; esta porción unida a la corola varió su longitud de 3.16 mm en primavera para la localidad de Linares a 4.86 mm en esa misma época pero en la localidad de Monterrey.

La longitud de las tecas también presentó su valor máximo (2.03 mm) en el otoño en la localidad de Linares, y su valor mínimo (1.81 mm) se presentó en esa misma época en la localidad de Monterrey.



Cuadro 21. Valores promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de las variables morfológicas de la flor de "ceniza".

VARIABLES	LOCALIDAD							
	LINARES				MONTERREY			
	OTOÑO 2001		PRIMAVERA 2002		OTOÑO 2001		PRIMAVERA 2002	
	Media ± D. S.	C. V. %	Media ± D. S.	C. V. %	Media ± D. S.	C. V. %	Media ± D. S.	C. V. %
Longitud 1 de la flor	21.70 ± 2.58	11.89	18.36 ± 2.07	11.27	23.22 ± 3.81	16.41	25.52 ± 4.13	16.18
Longitud 2 de la flor	17.85 ± 1.80	10.08	16.83 ± 1.74	10.34	20.59 ± 3.06	14.86	23.41 ± 3.17	13.54
Diámetro superior	29.25 ± 2.74	9.37	23.49 ± 4.41	18.77	23.47 ± 5.14	22.00	29.95 ± 2.52	8.41
Diámetro inferior	1.94 ± 0.13	7.00	1.90 ± 0.25	13.27	2.38 ± 0.33	13.97	1.88 ± 0.27	14.40
Número de sépalos	5.00 ± 0.00	0.00	5.00 ± 0.00	0.00	4.90 ± 0.31	6.33	5.00 ± 0.00	0.00
Número de pétalos	5.00 ± 0.00	0.00	5.00 ± 0.00	0.00	5.00 ± 0.00	0.00	5.00 ± 0.00	0.00
Largo de pétalos	6.14 ± 0.78	12.70	16.83 ± 1.74	10.34	9.36 ± 2.26	24.15	23.41 ± 3.17	13.54
Largo de sépalos	6.85 ± 1.04	15.60	4.75 ± 0.91	19.15	5.28 ± 0.70	13.31	4.51 ± 1.11	24.57
Diámetro del ovario	1.36 ± 0.27	20.20	1.27 ± 0.21	17.11	1.24 ± 0.14	11.78	1.34 ± 0.21	16.21
Longitud del gineceo	17.00 ± 1.64	9.66	12.49 ± 1.21	9.66	15.65 ± 2.09	13.37	15.05 ± 2.55	16.98
Longitud del filamento	11.65 ± 1.77	15.25	7.67 ± 2.07	27.10	10.50 ± 2.42	23.05	11.17 ± 1.71	15.27
Filamento unido	4.85 ± 1.43	29.48	3.16 ± 1.04	32.91	4.48 ± 1.54	34.38	4.86 ± 1.07	22.02
Filamento libre	6.77 ± 1.31	19.28	4.53 ± 1.45	32.03	6.23 ± 2.23	35.88	6.37 ± 1.18	18.54
Longitud de las tecas	2.03 ± 0.24	11.82	1.96 ± 0.08	4.07	1.81 ± 0.24	13.26	1.98 ± 0.04	2.39

D.S. =Desviación Estándar, C.V. = Coeficiente de Variación.

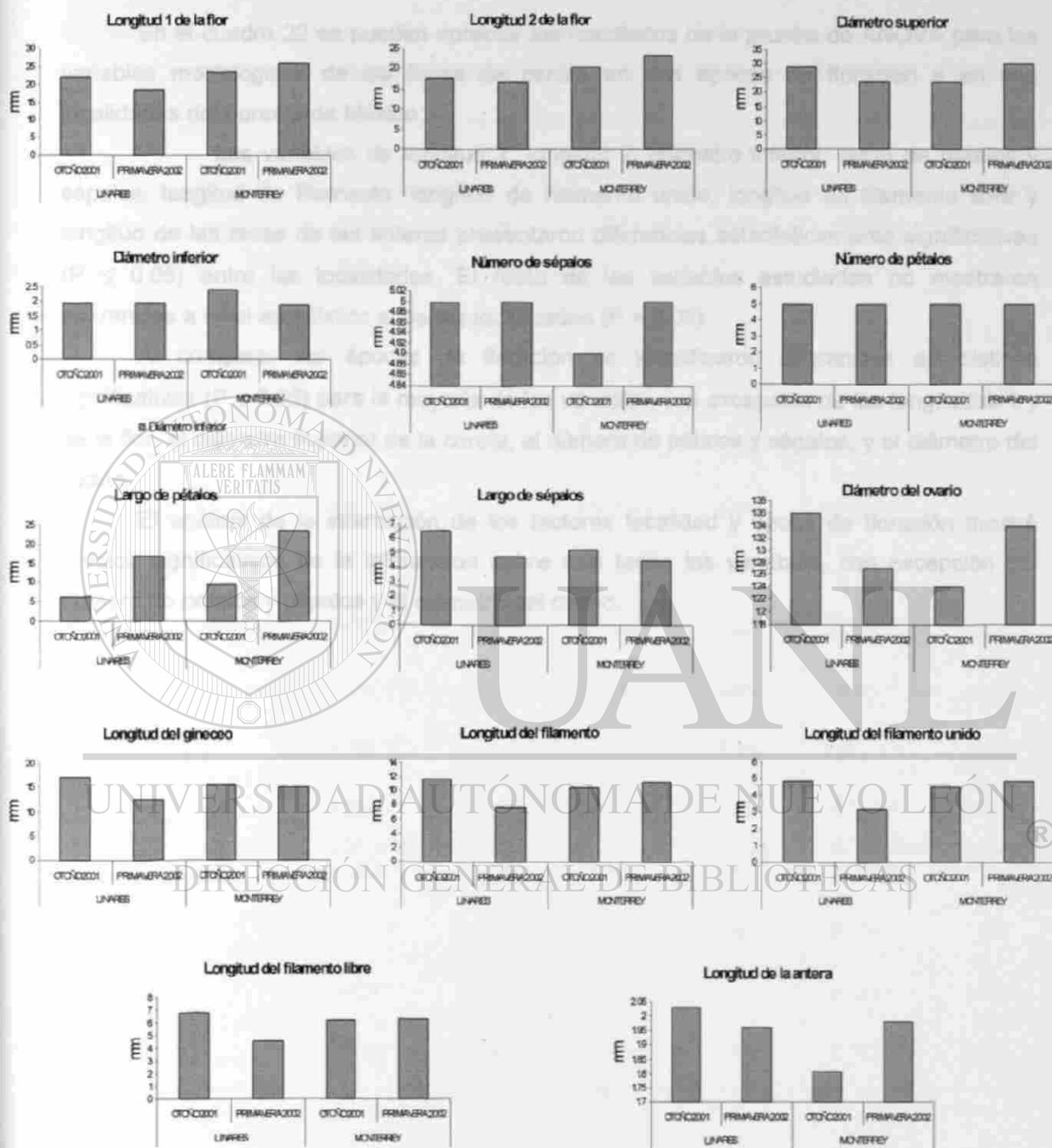


Figura 65. Representación gráfica de la variación de los parámetros morfológicos de la flor de "cenizo" en dos épocas del año, en dos localidades del noreste de México.



En el cuadro 22 se pueden apreciar los resultados de la prueba de ANOVA para las variables morfológicas de las flores de cenizo en dos épocas de floración y en dos localidades del noreste de México.

Las variables de longitud 1, longitud 2, diámetro inferior, largo de pétalos y sépalos, longitud de filamento, longitud de filamento unido, longitud de filamento libre y longitud de las tecas de las anteras presentaron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) entre las localidades. El resto de las variables estudiadas no mostraron diferencias a nivel estadístico entre las localidades ($P > 0.05$).

Al comparar las épocas de floración se identificaron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) para la mayoría de las variables con excepción de las longitudes 1 y de la flor, el diámetro superior de la corola, el número de pétalos y sépalos, y el diámetro del ovario.

El análisis de la interacción de los factores localidad y época de floración mostró efectos significativos de la interacción sobre casi todas las variables, con excepción del número de pétalos y sépalos y el diámetro del ovario.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Cuadro 22. Resultados de la prueba de Análisis de Varianza para las variables morfológicas de la flor de "cenizo" en dos épocas del año, en dos localidades del Noreste de México.

VARIABLES	FUENTE DE VARIACION					
	LOCALIDAD		ESTACION		INTERACCION LOG - EST.	
	"F"	Prob.	"F"	Prob.	"F"	Prob.
Longitud 1 de la flor	23.841**	0.000	0.343 N.S.	0.560	10.081**	0.002
Longitud 2 de la flor	44.381**	0.000	1.664 N.S.	0.202	7.551**	0.008
Diámetro superior	0.097 N.S.	0.756	0.104 N.S.	0.748	31.021**	0.000
Diámetro inferior	8.691**	0.004	13.019**	0.001	10.085**	0.002
Número de sépalos	0.917 N.S.	0.342	0.917 N.S.	0.342	0.917 N.S.	0.342
Número de pétalos	-	-	-	-	-	-
Largo de pétalos	70.521**	0.000	449.463**	0.000	8.312**	0.005
Largo de sépalos	12.395**	0.001	33.785**	0.000	6.236*	0.015
Diámetro del ovario	0.160 N.S.	0.690	0.013 N.S.	0.909	2.588 N.S.	0.115
Longitud del gineceo	1.255 N.S.	0.268	22.468**	0.000	13.202**	0.001
Longitud del filamento	17.820**	0.000	34.963**	0.000	69.651**	0.000
Filamento unido	14.681**	0.000	14.174**	0.000	35.194**	0.000
Filamento libre	8.524**	0.004	22.452**	0.000	28.499**	0.000
Longitud de las tecas	21.610**	0.000	4.423*	0.037	27.314**	0.000

*P ≤ 0.05, ** P ≤ 0.01, N.S. = No significativo (P > 0.05)



CONCLUSIONES

Las especies del matorral tamaulipeco presentan diferentes patrones fenológicos y es posible identificar grupos funcionales de especies de acuerdo a sus mecanismos de desarrollo vegetativo, floración y fructificación.

El patrón de precipitación bimodal presente en la región, con lluvias en primavera y otoño, separadas en medio verano por un notable período de sequía y altas temperaturas, y en invierno por otro periodo de sequía y bajas temperaturas parece determinar significativamente la fenología de las especies estudiadas ya que la mayor parte de los eventos de desarrollo vegetativo, floración y fructificación ocurrieron en primavera y otoño.

Las diferencias en la filogenia de las especies estudiadas no necesariamente se reflejan en los patrones fenológicos de las especies ya que especies de diferente historia filogenética mostraron similitudes fenológicas y viceversa.

La floración es el evento fenológico que presentó mayor diversidad de respuestas en las especies estudiadas, con una amplia variación en tiempo y magnitud. La fructificación por ser un evento consecutivo a la floración es predecible, sin embargo, existen notables diferencias en los patrones, la época y la duración de la dispersión de los frutos y semillas, lo cual tiene un notable significado en el éxito reproductivo de la especie.

La diversidad de respuestas fenológicas observada en las especies estudiadas muestra diferentes adaptaciones evolutivas de las especies para una mejor competencia por los recursos y una mayor eficiencia reproductiva para la supervivencia de la especie y donde cada estrategia aunque es diferente es útil para una especie o grupo de especies.

La morfología floral y de frutos, así como la composición química de los frutos de las especies estudiadas mostró variabilidad tanto espacial como temporal, reflejando las diferentes condiciones ambientales a través del año y entre los sitios.

Las diferentes condiciones ambientales de un año a otro, afectan la morfología de los frutos y semillas en *Acacia farnesiana*, *A. rigidula* y *Prosopis laevigata*. Por otra parte, la eficiencia reproductiva de las especies de leguminosas estudiadas no es una función directa del número de flores producidas.



LITERATURA CITADA

Abd El-Ghani, M.M. 1997. Phenology of Ten Common Plant Species in Western Saudi Arabia. *Journal of Arid Environments* 35:673-683.

Alanis-Flores, G. 1993. El Matorral Espinoso Tamaulipeco, Usos y Conservación. *Agrociencia, serie Recursos Naturales Renovables* 3(3):115-123.

Alanis-Guzman M.G, T.E. Torres-Capeda, C. Garcia-Díaz y G. Hernández-Cantú. 1998. Chemical characteristics of anacahuita (*Cordia boissieri* A.DC. Boraginaceae) fruit. *Phyton. International Journal of Experimental Botany*. 63 (1/2): 25-29.

Anónimo. 1981. Anexo Cartográfico de La Síntesis Geográfica De Nuevo León. SPP, México, D.F. 13 Mapas.

Anónimo. 1986. Síntesis Geográfica del Estado de Nuevo León. INEGI, Secretaria de Programación y Presupuesto. México, D.F. 170.

Anónimo. 2002. Monterrey, Estado de Nuevo León. Cuaderno Estadístico Municipal. Edición 2001. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 168.

Antos, J. A. and G.A. Allen. 1999. Patterns Of Reproductive Effort in Male and Female Shrubs of *Oemleria cerasiformis*: A 8-Year Study. *Journal of Ecology* 87:77-84.

AOAC. 1997. Official Methods of Analysis of the AOAC. 16th edition. Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C.

Aronson, J., C. Ovalle, L. Aguilera and P. León. 1994. Phenology of an "Immigrant" Savanna Tree (*Acacia caven*, Leguminosae) in the Mediterranean zone of Chile. *Journal of Arid Environments* 27:55-70.

Bachelet, D., R.P. Neilson, J.M. Lenihan and R.J. Drapek. 2001. Climate change effects on vegetation distribution and carbon budget in the United States. *Ecosystems* 4:164-185.



Batley, N. H. 2000. Aspects of seasonality. *Journal of Experimental Botany* 51(352): 1769-1780.

Baumgärtner, J. and J. Hartmann. 2000. The Use of Phenology Models in Plant Conservation Programmes: The Establishment of the Earliest Cutting Date for the Wild Daffodil *Narcissus radiiflorus*. *Biological Conservation* 93:155-161.

Bawa, K.S., P.S. Ashton and M.S. Nor. 1991. Reproductive ecology of tropical forest plants: management issues. In: K. S. Bawa and M. Hadley (eds.). *Reproductive Ecology of Tropical Forest Plants* pp. 3-13. *Man and the Biosphere Series*. The Parthenon, London.

Beaubien, E.G. and H.J. Freeland. 2000. Spring phenology trends in Alberta, Canada: links to ocean temperature.

Bell, S.A. and J.E. Cresswell. 1998. The Phenology of Gender in Homogamous Flowers: Temporal Change in the Residual Sex Function of Flowers of Oil-Seed Rape (*Brassica napus*). *Functional Ecology*. 12:298-306.

Borchert, R., G. Rivera and W. Hagnauer. 2002. Modification of Vegetative Phenology in a Tropical Semi-Deciduous Forest by Abnormal Drought and Rain. *Biotropica* 34(1):27-39.

Bradley, N.L., A.C. Leopold, J. Ross and W. Huffaker. 1999. Phenological changes reflect climate change in Wisconsin. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 96: 9701-9704.

Brink, M. 1997. Rates of Progress Towards Flowering and Podding in Bambara Groundnut (*Vigna subterranea*) As a Function of Temperature and Photoperiod. *Annals of Botany*. 80:505-513.

Buse, A., S.J. Dury, R.J.W. Woodburn, C.M. Perrins and J.E.G. Good. 1999. Effects of elevated temperature on multi-species interactions: the case of Pedunculate Oak, Winter Moth and Tits. *Functional Ecology* 13 (Suppl. 1): 74-82.

Cantú-Ayala, C. 1990. Fenología de la Floración y Fructificación del Mezquite *Prosopis laevigata* (Humb and Bonpl. Ex Willd) M.C. Johnst. en Nuevo León y el Efecto de las Cabras



sobre la Dispersión de sus Semillas. Reporte Científico No. 18. Fac. de Ciencias Forestales, U.A.N.L. 38 p.

Cantú-Ayala, C. y N. Reid. 1991. Fruit Production, Phenology and Seed Dispersal Patterns in The Semiarid thomscrub of North-Eastern Mexico. Simposio Internacional sobre Frugivorismo y Dispersión de Semillas. San Andrés Tuxtla, Veracruz.

Carrillo-Parra, A. 1991. Efecto de Algunos Tratamientos Silvícolas y de Factores Abióticos sobre la Regeneración Y Manejo Del Matorral. Tesis Inédita, Facultad De Ciencias Forestales, U.A.N.L. 73 P.

Castro-Diez, P. and G. Montserrat-Martí. 1998. Phenological Pattern of Fifteen Mediterranean Phanerophytes from *Quercus ilex* Communities of NE-Spain. Plant Ecology 139:103-112.

Cavazos-Pérez, T. y V. Molina-Guerra. 1992. Registros Climatológicos de la Región Citrícola de Nuevo León. Boletín Técnico No. 1. Facultad de Ciencias Forestales, UANL. 65 pp.

Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México, pasado, presente y futuro. CONABIO, Instituto de Biología, UNAM, Agrupación Sierra Madre. México, D. F.

Chmielewski, F. M. and T. Rötzer. 2001. Response of Tree Phenology to Climate Change[®] Across Europe. Agricultural and Forest Meteorology 108:101-112.

Corrigan, V.K., D.E. Irving and J.F. Potter. 2000. Sugars and sweetness in buttercup squash. Food quality and preference. 11(4): 313-322.

Corlett, R.T. and J.V. Lafrankie. 1998. Potential Impacts of Climate Change on Tropical Asian Forest through an influence on Phenology. Climatic Change 39: 439-453.

Curie, D.J. 2001. Projected effects of climate change on patterns of vertebrate and tree species richness in the conterminous United States. Ecosystems 4: 216-225.



Debandi, G., B. Rossi, J. Aranibar, J.A. Ambrosetti and I.E. Peralta. 2002. Breeding System of *Bulnesia retama* (Gillies ex Hook and Arn.) Gris. (Zygophyllaceae) in the Central Monte Desert (Mendoza, Argentina). *Journal of Arid Environments* 51: 141-152.

Defila, C. and B. Clot. 2001. Phytophenological trends in Switzerland. *Int. J. Biometeorol.* 45(4): 203-207.

Del Pozo, A., C. Ovalle, J. Aronson and J. Avendaño. 2000. Developmental Responses to Temperature and Photoperiod in Ecotypes of *Medicago polymorpha* L. Collected Along an Environmental Gradient in Central Chile. *Annals of Botany* 85: 809-814.

Desclaux, D. and P. Roumet. 1996. Impact of Drought Stress on the Phenology of two Soybean (*Glycine max* L. Merr) Cultivars. *Field Crops Research* 46:61-70.

Eamus, D. 1999. Ecophysiological Traits of Deciduous and Evergreen Woody Species in the Seasonally Dry Tropics. *Trends in Ecology and Evolution* 14: 11-16.

Farnsworth, E.J., J. Nuñez-Farfán, S.A. Careaga and F.A. Bazzaz. 1995. Phenology and Growth of three Temperate Forest Life Forms in Response to Artificial Soil Warming. *Journal of Ecology* 83:967-977.

Flores, J. and E. Jurado. 1998. Germination and early growth traits of 14 plant species native to northern Mexico. *The Southwestern Naturalist* 43(1): 40-46.

Foroughbakhch, R y D. Heiseke. 1990. Manejo Silvícola Del Matorral: Raleo Enriquecimiento y Regeneración Controlada. Reporte Científico No. 19, Facultad de Ciencias Forestales, U.A.N.L., Linares, N.L., México. 28.

Fresnillo-Fedarenko, D.E., O.A. Fernández, C.A. Busso y O.E. Elia. 1996. Phenology of *Medicago minima* and *Erodium cicutarium* in Semi-arid Argentina. *Journal of Arid Environments* 33:409-416.

Friedel, M.H., D.J. Nelson, A.D. Sparrow, J.E. Kinloch and J.R. Maconochie. 1994. Flowering and Fruiting of Arid Zone Species of *Acacia* in Central Australia. *Journal of Arid Environments* 27:221-239.



Funch, L.S. and R. Funch. 2002. Phenology of Gallery and Montane Forest in Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. *Biotropica* 34(1):40-50.

Garnier, E., G. Laurent, A. Bellmann, S. Debain, P. Berthelie, B. Ducour, C. Roumer and M. L. Navas. 2001. Consistency of species ranking based on functional leaf traits. *New Phytologist* 152(1): 69-83.

Ghazanfar, S.A. 1997. The phenology of desert plants: a 3-year study in a gravel desert wadi in northern Oman. *Journal of Arid Environments*. 35: 407-417.

Golubov, J., L.E. Eguiarte, M.C. Mandujano, J. López-Portillo and C. Montaña. 1999. Why be a honeyless honey mesquite? Reproduction and mating system of nectarful and nectarless individuals. *American Journal of Botany* 86(7): 955-963.

Gómez, J.M. 1996. Predispersal Reproductive Ecology of an Arid Land Crucifer, *Moricandia moricandioides*: Effect of Mammal Herbivory on Seed Production. *Journal of Arid Environments* 33:425-437.

Gómez, M., F. Lajolo, B. Cordenunsi. 2002. Evolution of soluble sugar during ripening of papaya fruit and its relation to sweet taste. *Journal of food science*, 67(1): 442-447.

González-Elizondo, M. 1996. Análisis de la Vegetación Secundaria de Linares, N.L., México. Tesis Maestría, Facultad de Ciencias Forestales, U.A.N.L. 108.

González-Murguía, R.G. 1995. Modelos Ecológicos de Distribución de Cobertura Vegetal. Tesis Maestría, Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. 84.

Grimm, C. 1995. Seed Predators and the Fruiting Phenology of *Phitecellobium pallens* (Leguminosae) in Thornscurb, North-Eastern Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 11:321-332.

Hansen, J., M. Sato, R. Ruedy, A. Lacis and V. Oinas. 2000. Global warming in the twenty-first century: an alternative scenario. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 97(18): 9875-9880.



Hansen, J., M. Sato, R. Ruedy and M.S.K. Lo. 2002. Global warming continues. *Science* 295(5553): 275.

Hegazy, A.K. 1998. Perspectives on Survival, Phenology, Litterfall and Decomposition, and Caloric Content of *Avicennia marina* in the Arabian Gulf Region. *Journal of Arid Environments* 40: 417-429.

Heiseke, D. y R. Foroughbakhch. 1985. El Matorral Como Recurso Forestal. Reporte Científico No. 1. Facultad de Silvicultura y Manejo de Recursos Renovables, U.A.N.L., Linares, N. L., México. 31 p.

Hernández-Cantú, G. 1995. Caracterización química del fruto y semillas de *Cordia boissieri* variedad silvestre del estado de Nuevo León, México. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. 60.

Hernández, H.M. y Y. Carreón-Abud. 1987. Notas sobre la Ecología Reproductiva de Árboles en un Bosque Mesófilo de Montaña En Michoacán, México. *Bol. Soc. Bot. México* 47:5-35.

Hughes, L. 2000. Biological consequences of global warming: is the signal already apparent?. *TREE* 15(2): 56-61.

Ibarra-Manríquez, G., M. Martínez Ramos and K. Oyama. 2001. Seedling functional types in a lowland rain forest in Mexico. *American Journal of Botany* 88(10): 1801-1812.

Iverson, L.R. and A.M. Prasad. 2001. Potential changes in tree species richness and forest community types following climate change. *Ecosystems* 4:186-199.

Jurado, E. y N. Reid. 1989. Influencia de los Factores Edáficos, Topográficos y Perturbación sobre el Matorral Espinoso Tamaulipeco en Linares, N.L. Reporte Científico No. 10. Facultad de Ciencias Forestales, U. A. N. L., Linares, N. L., México. 43 P.

Jurado, E., J. Flores, J. Navar and J. Jiménez. 1998. Seedling establishment under native tamaulipan thornscrub and *Leucaena leucocephala* plantation. *Forest Ecology and Management* 105:151-157.



Jurado, E., O. Aguirre, J. Flores, J. Navar, H. Villalón and D. Wester. 2000. Germination in tamaulipan thornscrub of north-eastern Mexico. *Journal of Arid Environments* 46: 413-424.

Jurado, E., J. Navar, H. Villalón and M. Pando. 2001. Germination associated with season and sunlight for Tamaulipas thornscrub plants in north-eastern Mexico. *Journal of Arid Environments* 49:833-841.

Keya, G.A. 1997. Environmental Triggers of Germination and Phenological Events in an Arid Savannah Region of Northern Kenya. *Journal of Arid Environments* 37:91-106.

Kramer, K., I. Leinonen and D. Loustau. 2000. The importance of phenology for the evaluation of impact of climate change on growth of boreal, temperate and Mediterranean forests ecosystems: an overview. *Int. J. Biometeorol.* 44(2): 67-75.

León de la Luz, J.L., R. Coria-Benet y M. Cruz-Estrada. 1996. Fenología Floral de una Comunidad Árido-Tropical de Baja California Sur, México. *Acta Botánica Mexicana* 35:45-64.

Lester, G.E, L.S. Arias and M. Gomez-Lim. 2001. Muskmelon fruit soluble acid invertase and sucrose phosphate synthase activity and profiles during growth and maturation. *Journal of the American society for horticultural science*, 126 (1): 33-36.

Linkosalo, T. 1999. Regularities and Patterns in the spring phenology of some boreal trees. *Silva Fennica* 33(4): 237-245.

Loik, M.E., S.P. Redar and J. Harle. 2000. Photosynthetic responses to a climate-warming manipulation for contrasting meadows species in the Rocky Mountains, Colorado, USA. *Functional Ecology* 14, 166 – 175.

Malhi, Y. and J. Grace. 2000. Tropical Forests and Atmospheric Carbon dioxide. *TREE* 15(8): 332-337.

Mamolos, A.P., D.S. Veresoglou, V. Noitsakis and A. Gerakis. 2001. Differential Drought Tolerance of Five Coexisting Plant Species in Mediterranean Lowland Grasslands. *Journal of Arid Environments* 49: 329-341.



Marco, D.E., A.A. Calviño and Sergio Páez. 2000. Patterns of Flowering and Fruiting in Populations of *Larrea divaricata* in Dry Chaco (Argentina). *Journal of Arid Environments* 44:327-346.

Marco, D.E. and S.A. Páez. 2002. Phenology and Phylogeny of Animal Dispersed Plants in a Dry Chaco Forest (Argentina). *Journal of Arid Environments* 52:1-16.

Marroquín, J.S., G. Borja, R. Velázquez y J.A. de la Cruz. 1964. Estudio Ecológico Dasonómico de las Zonas Áridas del Norte de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Publ. Esp. 2. México, D. F. 165.

Maya, Y. and L. Arriaga. 1996. Litterfall and Phenological Patterns of the Dominant Overstorey Species of a Desert Scrub Community in North-Western Mexico. *Journal of Arid Environments* 34:23-35.

McIntosh, M.E. 2002. Flowering Phenology and Reproductive Output in Two Sister Species of *Ferocactus* (Cactaceae). *Plant Ecology* 159:1-13.

Medina, Ma. del C. 1995. Fitodiversidad en Relación al Tamaño de Fragmentos Remanentes de Matorral en Linares, N. L., México. Tesis Inédita, Facultad de Ciencias Forestales, U.A.N.L. 45.

Menzel, A. 2000. Trends in phenological phases in Europe between 1951 y 1996. *Int. J. Biometeorol.* 44(2): 76-81. 

Montenegro, G. y R. Ginocchio. 1999. La fenomorfología y su expresión a través del crecimiento modular en las plantas leñosas perennes. En R. Orellana, J.A. Escamilla y A. Larqué-Saavedra (editores). *Ecofisiología Vegetal y Conservación de Recursos Genéticos*. CICY, Mérida, Yucatán, México. 222 pp.

Murali, K.S. and R. Sukumar. 1994. Reproductive Phenology of a Tropical Dry Forest in Mudumalai, Southern India. *Journal of Ecology*. 82:759-767.



Ogiwara, I., M. Shiraishi, M. Hakosa and I. Shimura. 1999. Causes of low sugar levels in forced strawberry fruits. *Journal of the Japanese society for horticultural science*, 68(1): 130-137.

Pavón, N.P. and O. Briones. 2001. Phenological Patterns of Nine Perennial Plants in an Intertropical Semi-Arid Mexican Scrub. *Journal of Arid Environments* 49:265-277.

Peñuelas, J. and I. Filella. 2001. Phenology: Responses to a warming world. *Science* 294: 793-795.

Peteet, D. 2000. Sensitivity and rapidity of vegetational response to abrupt climate change. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 97(4): 1359-1361.

Petit, S. 2001. The Reproductive Phenology of Three Sympatric Species of Columnar Cacti on Curacao. *Journal of Arid Environments* 49:521-531.

Puentes, D.A., J. Hernández de Armas y A. López Almirall. 1993. Fenología y Estructura Floral de *Trichilia havanensis* Jacq. (Melraceae). *Ann. Missouri Bot. Gard.* 80:862-869.

Ramírez, N. 2002. Reproductive phenology, life-forms, and habitats of the venezuelan central plain. *Am. J. Bot.* 89 (5):836-842.

Ramírez-Alvarez E. 1984. Unidades fisonómico-florísticas de la Sierra de las Mitras, Nuevo León, México. Tesis de Licenciatura. Fac. de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. 59.

Reid, N., D.M. Stafford Smith, P. Beyer-Münzel and J. Marroquin. 1990. Floristic and Structural Variation in the Tamaulipan Thornscrub, Northeastern Mexico. *Journal of Vegetation Science* 1:529-538.

Ricketts, T.H., E. Dinerstein, D.M. Olson, C.J. Loucks, W. Eichbaum, D. DellaSala, K. Kavanagh, P. Hedao, P.T. Hurley, K. M. Carney, R. Abell, and S. Walters. 1999. Terrestrial ecorregions of North America: A conservation assessment. *World Wildlife Fund*. Island Press. 508 pp.



Rocha-Dominguez, L. 1995. Estudio Poblacional del Falso Peyote *Astrophytum asterias* (Zucc) Lem. (Cactaceae) en una Fracción del Matorral Espinoso Tamaulipeco en Villagrán, Tamps. Tesis Inédita, Facultad de Ciencias Forestales, U.A.N.L. 116.

Rodríguez, G. 1994. Analisis de la Fitodiversidad (Sinusias: Arbórea y Arbustiva) de dos Comunidades de Matorral Espinoso Tamaulipeco En Linares, N. L., México. Tesis Biólogo, F.C.B., U.A.N.L.

Roetzer, T., M. Wittenzeller, H. Haeckel and J. Nekovar. 2000. Phenology in central Europe – differences and trends of spring phenophases in urban and rural areas. *Int. J. Biometeorol.* 44(2): 60-66.

Rondón, J.A. 1991-1992. Hábito Fenológico de 53 Especies Arbóreas del Jardín Botánico de San Juan de Lagunillas, Edol Mérida. *Rev. For. Venez.* No. 35 y 36:23-33

Rossi, B.E., G.O. Debandi, I.E. Peralta and E. Martínez Palle. 1999. Comparative Phenology and Floral Patterns in *Larrea* Species (Zygophyllaceae) in the Monte Desert (Mendoza, Argentina). *Journal of Arid Environments* 43:213-226.

Rusterholz, H.P. and A. Erhardt. 1998. Effects of elevated CO₂ on flowering phenology and nectar production of nectar plants important for butterflies of calcareous grasslands. *Oecologia* 113(3): 341-349.

Rzedowski, J. 1998. Diversidad y Orígenes de la Flora Fanerogámica de México. En Ramamoorthy, T. P, Robert Bye, Antonio Lot y John Fa (Editores). *Diversidad Biológica de México, Orígenes y Distribución.* Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. 129-143.

Sakai, S., K. Momose, T. Yumoto, T. Nagamitsu, H. Nagamasu, A. Hamid and T. Nakashizuka. 1999. Plant reproductive phenology over four years including an episode of general flowering in a lowland dipterocarp forest, Sarawak, Malaysia. *Am. J. of Bot.* 86(10): 1414 – 1436.

Sakai, S. 2001. Phenological diversity in tropical forests. *Population ecology* 43(1): 77-86.



Sánchez, M., M. Camara, J. Prohens, J.J. Ruiz, E. Torija and F. Nuez. 2000. Variation in carbohydrate content during ripening in two clones of pepino. *Journal of the science of food and agriculture*. 80(13): 1985-1991.

Sayed, O.H. 1998. Phenomorphology and Ecophysiology of Desert Succulents in Eastern Arabia. *Journal of Arid Environments* 40:177-189.

Schwartz, M. D. 1999. Advancing to full bloom: planning phenological research for the 21st century. *Int. J. Biometeorol.* 42(3): 113-118.

Schwartz, M.W., L.R. Iverson and A. Prasad. 2001. Predicting the potential future distribution of four tree species in Ohio using current habitat availability and climate forcing. *Ecosystems* 4: 568-581.

Shafer, S.L., P.J. Bartlein y R.S. Thompson. 2001. Potential changes in the distributions of western north America tree and shrub taxa under future climate scenarios. *Ecosystems* 4:200-215.

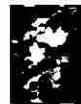
Sharp, R. E. and Davis, W. J. 1989. Regulation of growth and development of plants growing with restricted supply of water. – In: Hamlyn, G. J., Flowers, T. J. and Jones, M.B. (eds.), *Plants under stress*. Cambridge University Press, pp. 71-93.

Sigurdsson, B.D. 2001. Elevated [CO₂] and nutrient status modified leaf phenology and growth rhythm of young *Populus trichocarpa* trees in a 3-year field study. *Trees* 15: 403-413.

Smith, T. M., Shugart, H.H., F.I. Woodward and P.J. Burton. 1993. Plant functional types. In: *Vegetation dynamics and global change*. A.M. Solomon and H.H. Shugart (eds.). Chapman and Hall. New York. pp. 272 – 292.

Smith-Ramirez, C. y J.J. Armesto. 1994. Flowering and Fruiting Patterns in the Temperate Rainforest of Chiloé, Chile - Ecologies and Climatic Constraints. *Journal of Ecology*. 82: 353-365.

Spano, D., C. Cesaraccio, P. Duce and R. L. Snyder. 1999. Phenological stages of natural species and their use as climate indicators. *Int. J. Biometeorol.* 42(3): 124-133.



Sparks, T.H. 2000. An examination of the relationship between flowering times and temperature at the national scale using long-term phenological records from the UK. *Int. J. Biometeorol.* 44(2): 82-87.

Steyn, H.M., N. van Rooyen, M.W. van Rooyen and G.K. Theron. 1996. The Phenology of Namaqualand Ephemeral Species, The Effect of Water Stress. *Journal of Arid Environments* 33:49-62.

Tandon, R., K.R. Shivanna and H.Y. Mohan Ram. 2001. Pollination Biology and Breeding System of *Acacia Senegal*. *Botanical Journal of the Linnean Society* 135: 251-262.

Toledo, V. M. y M. de J. Ordóñez. 1998. El Panorama de la Biodiversidad de México: Una Revisión de los Hábitats Terrestres. En T. P. Ramamoorthy, Robert Bye, Antonio Lot Y John Fa (Editores). *Diversidad Biológica de México: Orígenes y Distribución*. Instituto De Biología, U.N.A.M. 739-755.

Thorhallsdottir, T.E. 1997. Flowering phenology in the central highland of Iceland and implications for climatic warming in the Arctic. *Oecologia* 114(1): 43-49.

Tyler, G. 2001. Relationships Between Climate and Flowering of Eight Herbs in a Swedish Deciduous Forest. *Annals of Botany* 87: 623-630.

van Schaik, C.P., J.W. Terbourgh and S.J. Wright. 1993. The phenology of tropical forests: adaptative significance and consequences for primary consumers. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 24: 353-377.

Vázquez-Yanes, C. 1999. La fisiología ecológica de las plantas. En R. Orellana, J.A. Escamilla y A. Larqué-Saavedra (editores). *Ecofisiología Vegetal y Conservación de Recursos Genéticos*. CICY, Mérida, Yucatán, México. 222 pp.

Vilasana, R.A. y A. Suárez de Giménez. 1997. Estudio Fenológico de Dieciséis Especies Forestales Presentes en la Reserva Forestal Imataca Estado Bolívar-Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* 41(1):13-21.



Vidiella, P.E., J.J. Armesto and J.R. Rodríguez. 1999. Vegetation Changes and Sequential Flowering After Rain in the Southern Atacama Desert. *Journal of Arid Environments* 43: 449-458.

Walkovszky, A. 1998. Changes in phenology of the locust tree (*Robinia pseudoacacia* L.) in Hungary. *Int. J. Biometeorol.* 41(4): 155-160.

Watson, M.A. 1995. Sexual Differences in Plant Developmental Phenology Affect Plant-Herbivore Interactions. *Trends in Ecology and Evolution* 10: 180-182.

Westoby, M. and M. Leishman. 1997. Categorizing plant species into functional types. In: *Plant functional types, their relevance to ecosystem properties and global change*. T. M. Smith, H.H. Shugart and F.I. Woodward (eds.). Cambridge University Press. pp. 104 – 121.

Wigley, T.M.L., P.D. Jones and S.C.B. Raper. 1997. The observed global warming record: What does it tell us?. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 94: 8314-8320.

Witmer, M. 1999. Do avian frugivores absorb fruit sugars inefficiently? How dietary nutrient concentration can affect coefficients of digestive efficiency. *Journal of avian biology.* 30(2): 159-164.

Wright, S.J. and O. Calderon. 1995. Phylogenetic Patterns among Tropical Flowering Phenologies. *Journal of Ecology* 83:937-948.

Yan, Weikai and D.H. Wallace. 1998. Simulation and Prediction of Plant Phenology for Five Crops Based on Photoperiod X Temperature Interaction. *Annals of Botany* 81:705-716.

Zar, J.H. 1998. *Biostatistical Analysis*. Fourth edition. Prentice Hall. 663.

RESUMEN CURRICULAR

MARCO ANTONIO ALVARADO VAZQUEZ

Nacionalidad: Mexicana
Lugar de Nacimiento: Nuevo Laredo, Tamaulipas
Estudios Profesionales: Biólogo
Facultad de Ciencias Biológicas, UANL

Lugar de Trabajo: Departamento de Botánica,
Facultad de Ciencias Biológicas, UANL

Estancia de Investigación: Cesar Kleberg Wildlife Research Institute
Texas A&M University, Kingsville, Texas, USA.

Artículos de Investigación:

Estructura, Composición Química y Valor Nutricional del Grano de Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Publicaciones Biológicas 5(1): 97-109. 1991

Aspectos Morfológicos y Anatómicos de 10 Variedades de Grano de Sorgo Utilizado en Alimentación de Ganado Bovino. Universidad y Ciencia 10 (19): 101-110. 1993.

Flora Ornamental en Plazas y Jardines Públicos del Área Metropolitana de Monterrey, México. SIDA 18(2): 1998.

Efecto de la Contaminación Atmosférica sobre Algunas Características Anatómicas de la Hoja del Fresno (*Fraxinus* sp. L.) en el Área Metropolitana de Monterrey, N. L., México. Phytion 2001: 75-79.

Morfología del Polen de 13 Especies de Leguminosae en Monterrey, N. L., México. Phytion 2002: 87-92

Flora Medicinal del Municipio de Santiago, Nuevo León, México. Su Importancia y Distribución en la Vegetación. Phytion 2002: 173-179.

El Cambio Climático y la Fenología de las Plantas. CIENCIA UANL 5(4): 493-500, 2002.

Distribution and Growth of *Helletta parvifolia* (Gray) Benth. in Northeastern Mexico. Phytion 2002: 137-142.

Performance and Use of *Helletta parvifolia* (Gray) Benth. in Northeastern Mexico. Phytion 2002: 143-147.

Morfología y Anatomía Foliar de *Castela erecta* subsp. *texana* (Torr. & Gray) Cronq. (Simaroubaceae) en el Matorral Xerófilo de China, N. L., México. Phytion 2003:

Plantas Ruderales del Área Metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México. Aceptado en la revista Acta Botánica Mexicana. Posible publicación 2003.

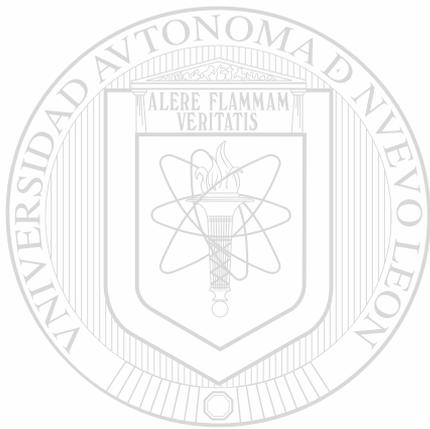
Phenological Patterns in Plants with Two Growth Seasons in Matorral of North-Eastern Mexico. Enviado a la revista OIKOS, Suecia en 2002.

Caracterización Morfológica y Nutricional del Fruto de Anacahuita (*Cordia Boissieri* A. DC.) en Dos Localidades del Noreste de México. Aceptado para publicar en la revista Phytion, posible publicación 2003.

E-mail: malvarad@ccr.dsi.uanl.mx

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



