



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**“ENSAYO DE SEIS ESPECIES ARBÓREAS DE
LA FAMILIA LEGUMINOSAE PARA LA
REFORESTACIÓN DE LA 2ª SECCIÓN
DEL BOSQUE DE CHAPULTEPEC”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :

B I Ó L O G A

P R E S E N T A:

MAIRA ORIANA GAZCA GUZMÁN



DIRECTOR DE TESIS:

DR. HÉCTOR MARIO BENAVIDES MEZA

2011



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

1. Datos del alumno	1. Datos del alumno
Apellido paterno	Gazca
Apellido materno	Guzmán
Nombre(s)	Maira Oriana
Teléfono	56 84 23 88
Universidad Nacional Autónoma de México	Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias	Facultad de Ciencias
Carrera	Biología
Número de cuenta	302063657
2. Datos del tutor	2. Datos del tutor
Grado	Dr.
Nombre(s)	Héctor Mario
Apellido paterno	Benavides
Apellido materno	Meza
3. Datos del sinodal 1	3. Datos del sinodal 1
Grado	Ing.
Nombre(s)	Francisco
Apellido paterno	Camacho
Apellido materno	Morfín
4. Datos del sinodal 2	4. Datos del sinodal 2
Grado	Dra.
Nombre(s)	María Cecilia del Carmen
Apellido paterno	Nieto de Pascual
Apellido materno	Pola
5. Datos del sinodal 3	5. Datos del sinodal 3
Grado	Dra.
Nombre(s)	Alicia Enriqueta
Apellido paterno	Brechú
Apellido materno	Franco
6. Datos del sinodal 4	6. Datos del sinodal 4
Grado	M. C.
Nombre(s)	Irene
Apellido paterno	Pisanty
Apellido materno	Baruch
7. Datos del trabajo escrito.	7. Datos del trabajo escrito
Título	Ensayo de seis especies arbóreas de la familia Leguminosae para la reforestación de la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec
Número de páginas	91 p
Año	2011

DEDICATORIAS

A mis padres Rosy y Luis por el amor incondicional, apoyo, consejos y guía que me han dado en todo momento, por enseñarme a ser una mejor persona e impulsarme para salir adelante y por darme la mejor familia que existe. Gracias por creer siempre en mí, esta tesis es suya, los quiero mucho.

A mis hermanas Rosa y Tani que son una parte fundamental e imprescindible de mi vida y con las que he compartido tantos momentos, gracias por su compañía; no sé qué haría sin ustedes.

A mis abuelitos Mary y Tino por el cariño, experiencias y cuidados que nadie podrá reemplazar; los llevo en mi corazón. Al resto de mi familia, tíos, primos y sobrinos quienes de una forma u otra me han alentado a seguir mis sueños y cuyo apoyo ha sido muy importante. A las personas que están siempre presentes en mis pensamientos y a las que recuerdo con tanto cariño.

A Adriana, Gabs y Gaby por ser unas amigas increíbles, por recorrer conmigo este camino. A Norma, Vian, Daniel y Carmen que siempre estuvieron apoyándome a pesar de la distancia, por estar conmigo en las buenas y las malas. A Fa, Ali, Itzué, Miguel, Luis, Brenda, Laura, Palapa, Moni, Jeanette, Iris, Sandra, Samuel, Rocío y Ale junto con quienes disfruté al máximo estos años, por las mejores prácticas de campo, por todo el estrés y diversión que implicó este aprendizaje y por hacer que cada momento fuera inmejorable.

A Nancy, Diana, Chuy, Adán, Magali, Citlali, Lupita, Juan, Profra. Paty y Prof. Francisco de los que he aprendido muchas cosas en esta nueva etapa de mi vida, gracias por todo.

A todos ustedes gracias por recordarme que hay personas valiosas en el mundo y gracias por estar en el mío.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ciencias por permitirme formar parte de esta maravillosa institución y brindarme lo necesario para llegar a ser una excelente profesionista.

En igual forma agradezco al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, particularmente al Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales, a la Dirección del Bosque de Chapultepec y al Fideicomiso Pro-Bosque de Chapultepec por el apoyo que permitió la realización del proyecto “Diagnóstico y Caracterización de la 2ª Sección e Inventario Total de su Arbolado y Determinación y Evaluación de Especies para la Reforestación de la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec”, en el cual se incluyó la realización de este trabajo.

A mi director de tesis, Dr. Héctor M. Benavides Meza por sus ideas, observaciones y sugerencias para la realización de esta tesis y por darme la oportunidad de poner en práctica los conocimientos adquiridos, gracias por la confianza y el respaldo.

Al Ing. Francisco Camacho Morfín por los consejos otorgados en la parte estadística de este trabajo; por su tiempo, disponibilidad y apoyo para poder finalizar este camino.

A la Dra. Cecilia Nieto, a la Dra. Alicia Brechú Franco y a la M. C. Irene Pisanty Baruch por las valiosas aportaciones, sugerencias y correcciones brindadas para mejorar la calidad de este trabajo.

A los profesores que participaron en mi desarrollo profesional, en especial al Dr. Héctor Benavides, al Ing. Francisco Camacho, a la M en C. Pilar de la Garza, al Biol. Felipe Nepamuceno y al M. en C. Tomás Hernández por las clases proporcionadas en el taller.

A Tani, Rosa, Dr. Benavides, Chuy, Vanesa, Rocío y Juan por ayudarme en la plantación y evaluación de las plantas utilizadas en este trabajo y soportar las consecuencias físicas de ese trabajo.

Un especial agradecimiento al Sr. Federico Martin Ramírez Tapia, encargado de la Biblioteca Ing. Roberto Villaseñor Ángeles del INIFAP porque en todo momento nos proporcionó su valiosa ayuda en la búsqueda de información bibliográfica.

Al igual que al Servicio Meteorológico Nacional por haberme proporcionado los registros meteorológicos que me permitieron complementar y mejorar este trabajo.

CONTENIDO

Página

1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 El bosque urbano	2
1.2 Dasonomía urbana.....	3
1.3 Beneficios del bosque urbano	4
1.4 Selección de la especie al sitio de plantación.....	5
1.5 Factores limitantes	6
2. ANTECEDENTES.....	8
2.1 Áreas verdes de la Ciudad de México	8
2.2 Ensayo de especies	9
2.3 Utilización de especies exóticas y nativas	11
3. OBJETIVOS.....	14
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
4.1 Descripción del área de estudio	15
4.1.1 Bosque de Chapultepec: características e importancia.....	15
4.1.2 Vegetación a través del tiempo.....	16
4.2 Segunda Sección del Bosque de Chapultepec.....	17
4.3 Revisión bibliográfica.....	19
4.3.1 Selección de las especies.....	19
4.3.2 Descripción de especies	21
4.4. Fase de campo.....	33
4.4.1 Selección de los sitios.....	33
4.4.2 Diseño experimental	33
4.4.3 Producción de planta	34
4.4.4 Plantación.....	35
4.5 Variables evaluadas	37
4.5.1 Supervivencia y crecimiento	37
4.5.2 Análisis estadístico	37
4.5.3 Características del suelo y fenología.....	37
5. RESULTADOS	40
5.1 Supervivencia.....	40
5.2 Altura	42
5.2.1 Tasa de crecimiento en altura.....	44
5.3 Diámetro basal	48
5.3.1 Tasa de crecimiento en diámetro basal.....	51

5.4 Suelo	55
5.5 Fenología foliar.....	56
6. DISCUSIÓN.....	62
7. CONCLUSIONES	67
8. RECOMENDACIONES.....	68
9. REFERENCIAS	69
10. APÉNDICE	83

Índice de Cuadros

Página

Cuadro 1. Vivero de procedencia de las especies, así como mes y año de producción.....	35
Cuadro 2. Porcentajes de supervivencia por especie, fecha de medición y sitio.....	40
Cuadro 3. Resultados del análisis de varianza a los porcentajes de supervivencia de seis especies de leguminosas establecidas en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.....	41
Cuadro 4. Plantas trozadas registradas en las seis especies de leguminosas establecidas en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.....	41
Cuadro 5. Resultados del análisis de varianza y agrupación de medias en el crecimiento absoluto de seis especies de leguminosas.....	44
Cuadro 6. Resultados del análisis de varianza y comparación de medias para la tasa de crecimiento en altura de las seis especies de leguminosas por sitio.....	45
Cuadro 7. Resultados del análisis de varianza de la tasa de crecimiento en altura evaluados en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.....	46
Cuadro 8. Resultados de la prueba de comparación de medias de la tasa de crecimiento en altura de seis especies establecidas en la 2ª sección.....	46
Cuadro 9. Resultados del análisis de varianza y agrupación de medias en el crecimiento absoluto en diámetro basal de las seis especies.....	51
Cuadro 10. Resultados del análisis de varianza y comparación de medias para la tasa de crecimiento en diámetro de las seis especies de leguminosas por sitio.....	52
Cuadro 11. Resultados del análisis de varianza de los datos de tasa de crecimiento en diámetro evaluados en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.....	52
Cuadro 12. Resultados de la comparación de medias de la tasa de crecimiento en diámetro de seis especies establecidas en la 2ª sección.....	53

Índice de Figuras

Página

Figura 1. Localización del Bosque de Chapultepec dentro del Distrito Federal	15
Figura 2. Segunda Sección del Bosque de Chapultepec	18
Figura 3. <i>Acacia angustissima</i> (Mill.) Kuntze.....	21
Figura 4. <i>Albizia occidentalis</i> T. S.	23
Figura 5. <i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.....	25
Figura 6. <i>Leucaena esculenta</i> (Sessé & Moc.) Benth.....	27
Figura 7. <i>Lysiloma divaricata</i> (Jacq.) J.F. Macbr.....	29
Figura 8. <i>Senna multiglandulosa</i> (Jacq). Irwin & Barneby	31
Figura 9. Ubicación de las zonas donde se establecieron las parcelas experimentales en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.....	34
Figura 10. Apertura de cepas y plantación en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.....	36
Figura 11. Protección de las parcelas con malla hojillada y aplicación de riego de auxilio.	37
Figura 12. Altura promedio de las especies por fecha de medición en el sitio Washington.....	42
Figura 13. Altura promedio de las especies por fecha de medición en el sitio Café del Bosque.....	43
Figura 14. Altura promedio de las especies por fecha de medición en el sitio Casa Redonda.....	43
Figura 15. Tasas de crecimiento estacional promedio en altura de seis especies registradas en los tres sitios de plantación establecidos en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.....	47
Figura 16. Tasas de crecimiento promedio en altura de las seis especies de leguminosas, en relación con el registro de precipitación de la estación meteorológica Tacubaya.....	48
Figura 17. Diámetro promedio de las especies por fecha de medición en el sitio Washington.....	49
Figura 18. Diámetro promedio de las especies por fecha de medición en el sitio Café del Bosque.	49
Figura 19. Diámetro promedio de las especies por fecha de medición en el sitio Casa Redonda.....	50

Figura 20. Tasas de crecimiento estacional promedio en diámetro de seis especies registradas en los tres sitios de plantación establecidos en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.	54
Figura 21. Tasas de crecimiento promedio en diámetro de las seis especies de leguminosas, en relación con el registro de precipitación de la estación meteorológica Tacubaya.	55
Figura 22. Horizonte de tepetate y cascajo encontrado al momento de apertura de cepas en el sitio Washington en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec	55
Figura 23. Horizonte de tepetate encontrado durante la apertura de cepas en el sitio Café del Bosque en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.	56
Figura 24. Horizonte de tepetate encontrado durante la apertura de cepas en el sitio Casa Redonda en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.	56
Figura 25. a) Defoliación de <i>E. polystachya</i> ; b) manchas foliares en <i>A. occidentalis</i>	57
Figura 26. a) Escamas en <i>A. angustissima</i> ; b) periquitos en <i>S. multiglandulosa</i>	57
Figura 27. a) Foliación de <i>E. polystachya</i> ; b) yema en <i>A. occidentalis</i> ; c) pérdida de follaje en <i>L. esculenta</i> y d) vista parcial de la parcela.	58
Figura 28. a) Floración de <i>E. polystachya</i> ; b) flor y vaina de <i>A. occidentalis</i> ; c) botones florales de <i>L. esculenta</i> ; d) flores de <i>S. multiglandulosa</i>	59
Figura 29. a) Flores de <i>L. esculenta</i> ; b) vainas de <i>S. multiglandulosa</i> ; c) vista parcial de la parcela; d) follaje de <i>L. divaricata</i>	59
Figura 30. a) Comienzo de la defoliación de <i>E. polystachya</i> ; b) defoliador en <i>S. multiglandulosa</i> ; c) flores de <i>L. esculenta</i>	60
Figura 31. a) Defoliación ocasionada por ataque de plaga; b) manchas foliares en <i>S. multiglandulosa</i> ; c) vista parcial de la parcela.	60
Figura 32. a) Yemas de <i>A. occidentalis</i> ; b) flores de <i>L. esculenta</i> ; c) yemas de <i>A. angustissima</i>	61
Figura 33. Eventos fenológicos en las seis especies de leguminosas bajo estudio y su relación con el registro de temperatura de la estación meteorológica Tacubaya.	61

RESUMEN

El Bosque de Chapultepec constituye una zona importante de preservación ecológica y es una fuente importante de servicios ambientales, que ha sufrido una disminución en su cubierta arbórea debido a factores bióticos y abióticos; por lo que es conveniente llevar a cabo una adecuada selección de especies para los futuros programas de reforestación. Tomando en cuenta lo anterior, se realizó un ensayo de plantación con seis especies de leguminosas arbóreas (*Acacia angustissima*, *Albizia occidentalis*, *Eysenhardtia polystachya*, *Leucaena esculenta*, *Lysiloma divaricata* y *Senna multiglandulosa*), para lo cual se utilizó un diseño estadístico de bloques al azar con tres repeticiones, con el objetivo de evaluar su respuesta a las condiciones ambientales y de suelo de la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec mediante la valoración de su supervivencia y tasa de crecimiento en altura y diámetro basal.

Los promedios finales de supervivencia para las especies fueron superiores al 90% y tanto *A. angustissima* como *L. divaricata* mostraron los menores con 92.59%; sin embargo, el análisis de varianza para esta variable no mostró diferencias significativas entre especies. Respecto a la tasa de crecimiento en altura que se obtuvo con la transformación de los valores (log) y el método de mínimos cuadrados, *A. occidentalis* tuvo los valores más altos y diferencias significativas con respecto a las otras especies, mientras que *S. multiglandulosa* logró el mayor incremento en centímetros a lo largo del año de evaluación. Para la tasa de crecimiento en diámetro *S. multiglandulosa*, *A. angustissima* y *A. occidentalis* presentaron diferencias significativas en relación a las demás y en la primera especie se registró el valor más alto de incremento en milímetros. En contraste, *L. esculenta* experimentó el crecimiento absoluto y las tasas de crecimiento más pequeñas en ambas variables.

Con base en lo anterior se puede concluir que de las seis especies evaluadas, *A. angustissima*, *A. occidentalis*, *S. multiglandulosa* y *E. polystachya* resultan una buena opción para la reforestación de la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec y que este ensayo ejemplifica la importancia de conocer la respuesta de las especies para una adecuada selección de las mismas en los programas de reforestación urbana.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 El bosque urbano

El bosque urbano se define como un sistema continuo a través del tiempo, que otorga beneficios y servicios ambientales similares a los de un bosque natural, pero que se conforma de los árboles, arbustos y vegetación asociada presente a lo largo de las banquetas y camellones de calles y avenidas, así como en las áreas verdes públicas, como lo son parques, glorietas, jardines, cementerios, derechos de vía y otros espacios abiertos cubiertos con vegetación (Benavides, 1989). Asimismo forman parte del bosque urbano las grandes masas arboladas, naturales o inducidas, que se encuentran dentro de los límites de la ciudad y que en México comúnmente se les puede incluso denominar bosques, como es el caso de Chapultepec, San Juan de Aragón y Tlalpan. Sin embargo, el concepto de “ecosistema urbano” sigue siendo difícil de aceptar para muchas personas debido en parte a una idea falsa de que los ecosistemas son únicamente “naturales” (Rowntree, 1988; Benavides, comunicación personal).

Aunque en la literatura se usa el concepto de ecosistema urbano con una tendencia a abarcar todas las actividades que se llevan a cabo en la ciudad, no es aceptado por aquellos interesados en comprender cómo la vegetación urbana actúa como un componente del sistema biofísico. No obstante, el bosque urbano no debe equipararse con los bosques naturales, pues es innegable que reúne una serie de condiciones diferentes a las masas forestales, como es el hecho de que su establecimiento, la mayoría de las veces, tiene un origen antropogénico e incluso obedece a los gustos y exigencias del ser humano en un momento dado (Rowntree, 1988; Benavides, 1989).

Además, la cercanía constante con la población influye en su desarrollo y longevidad; así como su distribución es, a su vez, influenciada por los requerimientos urbanos. Aunado a lo anterior, el sotobosque casi siempre está ausente; hay una deformación de los árboles por las podas que se les aplica así como la constante presencia de factores adversos que debilitan el arbolado (Rowntree, 1988; Benavides, 1989). Los bosques urbanos tienen una gran importancia ecológica y social que ha empezado a ser reconocida y valorada

aun más en los últimos años, conforme la calidad ambiental de las grandes manchas urbanas se deteriora, al igual que los niveles de calidad de vida de las personas que viven en ellas. Proporciona una serie de servicios ambientales y antropocéntricos de tipo estético, funcional, económico, de salud pública, de confort y de recreación, que redundan en el mejoramiento del ambiente de la ciudad y por ende, en la calidad de vida de los ciudadanos, especialmente cuando la vegetación es manejada en forma correcta (Benavides *et al.*, 1994).

Para lograr un manejo eficiente del bosque urbano es necesario iniciar un proceso de selección de las especies arbóreas y arbustivas para la zona de interés, con el fin de conocer sus características y respuesta en el medio urbano, para recomendar las más útiles, un manejo adecuado y coadyuvar de esta forma con los organismos operativos encargados de su mantenimiento (Benavides, 1989). Básicamente el manejo y la investigación sobre el bosque urbano involucra cuatro grandes áreas de interés: 1) beneficios, 2) procesos biológicos con los cuales los bosques urbanos influyen en el ambiente de las ciudades, 3) métodos de reproducción, selección, establecimiento y mantenimiento y 4) protección de las áreas verdes urbanas. Asimismo, la ciencia puede enseñarnos a comprender y apreciar el ecosistema urbano como fenómeno natural y cultural a diferentes niveles de participación, ya que las investigaciones revelan que las plantas en general y los árboles en particular, han jugado un especial papel en la evolución de los asentamientos urbanos (Shafer y Moeller, 1979; Rowntree, 1988).

1.2 Dasonomía urbana

El término dasonomía urbana es relativamente nuevo y se define como la disciplina que se relaciona con el estudio, conservación y manejo del bosque urbano y que tiene como fin básico el de mantener en las mejores condiciones posibles a la vegetación que se encuentran dentro y en la periferia de las ciudades, mediante el uso de recursos urbanos y conocimientos fundamentados en biología, dendrología, ingeniería forestal y otras áreas afines (Jorgensen, 1970; Cordell, 1979; Benavides, 1989).

La dasonomía urbana también tiene como objetivo contribuir a la comprensión básica de los recursos y desarrollar y probar técnicas alternativas de gestión para la eficacia en el logro de cambios favorables en el medio ambiente urbano. Obviamente los árboles forman parte de la investigación central pero también hay que tomar en cuenta las interacciones y reacciones humanas, así como los procesos educativos y la participación pública. A su vez, trata de encontrar un balance entre las necesidades de los habitantes de la ciudad y las capacidades de sustento de la naturaleza (Cordell, 1979; Shafer y Moeller, 1979).

1.3 Beneficios del bosque urbano

La vegetación, especialmente los árboles que conforman el bosque urbano, generan una serie de valores, funciones, bienes y servicios que pueden ser evaluados económicamente, así como la capacidad de enriquecer la calidad de vida de los ciudadanos (López y Zamudio, 2002).

Una adecuada selección de los árboles para calles y avenidas creará condiciones más confortables a las personas que habitan en las ciudades, que repercute en que los ejemplares logren permanecer en el sitio de plantación; así ayudan a reducir la temperatura modificando el microclima urbano, crean un ambiente más húmedo y fresco, ayudan a mitigar o regular la entrada de luz, pueden controlar el paso y velocidad del viento, amortiguan la caída del agua de lluvia, aumentan su filtración y disminuyen la erosión del suelo. Asimismo, actúan como cuencas de captación y depuración de contaminantes atmosféricos, contribuyen en la producción de oxígeno, absorción de gases y tienen la capacidad de enmascarar olores desagradables. También puede ser utilizada como una herramienta para reducir la contaminación por ruidos y asistir en el control del tráfico (González, 1981; Benavides, 1989; Grey y Deneke, 1992; Cabeza, 1993).

Igualmente los bosques urbanos pueden generar beneficios económicos derivados de la venta o consumo de productos y de la disminución en costos de energía, medicamentos, etc. Además proporcionan áreas para la realización de

ejercicio físico, permiten un contacto más cercano con la naturaleza y aumentan la belleza del lugar (Benavides, 1989; Grey y Deneke, 1992).

1.4 Selección de la especie al sitio de plantación

Mucho se ha especulado sobre el papel que tiene la reforestación en las zonas urbanas y en general, se le ha considerado positivo. No obstante, es común el uso exclusivo de especies exóticas que se caracterizan por su rápida adaptación a distintos tipos de clima y suelo, son de rápido crecimiento y sus semillas mejoradas están fácilmente disponibles en el mercado internacional, ocasionando que las especies nativas, en este caso las de México se empleen en número y superficies insignificantes (González, 1981; Vázquez y Batis, 1996).

Aunado a lo anterior, se tiene una falta de atención a la adecuada selección de la especie al sitio de plantación y al objeto que se persiga con la reforestación. La omisión de este detalle, al parecer de poca importancia, ha sido causa de numerosos fracasos en las reforestaciones, con la consecuente pérdida de tiempo y dinero (Macías, 1952).

Al realizar proyectos de reforestación urbana es necesario tomar en cuenta que cada especie posee determinadas estrategias de adaptación al medio urbano, requerimientos particulares de cultivo (agua, luz, condiciones de suelo, espacio de crecimiento, tolerancia a heladas), así como distintos hábitos de crecimiento, tamaño, forma, tiempo de vida promedio, tasa de crecimiento y períodos de floración y fructificación. De igual manera, el conocimiento de las necesidades de poda, resistencia a plagas y enfermedades, tolerancia a contaminación, vientos, tormentas y vandalismo, procedencia, producción, tipo de mantenimiento y tamaño de cepa disponible, son fundamentales tanto para propiciar el óptimo desarrollo del individuo, como para reducir las condiciones estresantes y la posibilidad de provocar futuros daños o molestias a los habitantes o a la infraestructura urbana (Chapman, 1981; Harris, 1992; Benavides *et al.*, 2002).

En este sentido, es probable que de una gran cantidad de especies que se seleccionen, solamente un bajo número demuestre una adaptación exitosa a las condiciones de la ciudad, por lo cual los intentos de aclimatación de las especies deben hacerse con cautela y nunca es recomendable emprender reforestaciones a gran escala sin experimentar con ensayos de especies en proporciones pequeñas (Macías, 1952; López y Díaz, 1991).

1.5 Factores limitantes

Entre los principales problemas que actualmente se observan en las áreas verdes de la Ciudad de México está la inadecuada selección de especies al sitio de plantación, el establecimiento de varios individuos en zonas con poco espacio, que ocasiona una competencia excesiva por los recursos y un crecimiento anormal de los individuos. Asimismo, las podas que se realizan a los árboles no cumplen con las especificaciones técnicas necesarias, lo que ocasiona que pierdan su valor estético y propicien su vulnerabilidad al ataque de plagas o enfermedades. Las Delegaciones Políticas no cuentan con inventarios de arbolado, por lo que no es posible saber qué tipo de actividades de mantenimiento son convenientes y cuáles en prioridad. Aún más difícil es generar un programa de manejo del arbolado y de sus áreas verdes, lo cual es trascendente por el uso excesivo que estos lugares tienen para fines de recreación y descanso. También es evidente la inexistencia de políticas, normas y/o estrategias destinadas al estudio y manejo de las áreas verdes urbanas con el fin de incrementar los beneficios y servicios ambientales que genera (Shafer y Moeller, 1979; Johnson, 1982; Benavides, 1992).

En los últimos años en el Bosque de Chapultepec se ha presentado una marcada declinación del eucalipto (*Eucalyptus* sp.) ocasionada por el ataque del insecto *Glycaspis brimblecombei* Moore perteneciente a la familia Psyllidae, plaga introducida que no tiene enemigos naturales que equilibren sus poblaciones. Este hecho ha inducido a las autoridades del lugar a buscar alternativas para la sustitución del arbolado mediante la reforestación con especies preferentemente nativas.

Dado que hasta el momento en la Ciudad de México no se ha reportado la implementación de ensayos con especies nativas para evaluar su respuesta al medio urbano, y a su vez encontrar tanto alternativas útiles para la reforestación de las áreas verdes, como la posibilidad de incrementar la diversidad de árboles en calles, avenidas, parques, etc., se decidió realizar un ensayo en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec con seis especies de leguminosas que se distribuyen en la región central de México, con fines de coadyuvar en la búsqueda de nuevas opciones para su reforestación, así como para otras áreas verdes urbanas de la Ciudad de México, con especies nativas como en el caso antes descrito, que sean adecuadas al sitio y con mayor probabilidad de establecerse y sobrevivir a las condiciones locales.

2. ANTECEDENTES

2.1 Áreas verdes de la Ciudad de México

Según la Norma Ambiental NADF-006-RNAT-2004 un área verde pública es toda superficie cubierta de vegetación natural o inducida, localizada en bienes del dominio público del Distrito Federal (GDF, 2005) y en la cual se abarcan parques y jardines, plazas jardinadas o arboladas, jardineras, arbolado de alineación, alamedas, promontorios, cerros, colinas, elevaciones y depresiones orográficas, pastizales naturales y áreas rurales de producción forestal, agroindustrial o que presten servicios ecoturísticos (SMA, 2007).

De acuerdo con el Departamento del Distrito Federal, en 1984 (DDF, 1984) la Ciudad de México contaba con 3.4 m² de áreas verdes en promedio por habitante, cifra que resultaba inferior a lo recomendado por organismos internacionales (de 9 a 12 m² de acuerdo con la Asociación Mundial de la Salud) o comparativamente con otras grandes urbes del mundo (Benavides, 1989; INEGI, 2001). Para 1999 esta cifra aumentó a 7 m²/habitante y se estimaba que para el año 2000 se pudiera llegar a los 7.5 m² promedio por habitante (INEGI, 2001). Estudios más recientes reportan que éste valor índice se incrementó a 5.66 m² por habitante, pues tomó en cuenta la superficie de bosques, parques, jardines, camellones, vialidades principales y glorietas (GDF, 2000).

Gran parte de las áreas verdes de la Ciudad de México se encuentran deterioradas debido a la insuficiencia de recursos económicos para su mantenimiento; a esto se agrega una serie de condiciones de índole técnico, administrativo, político y social que limitan el manejo de las mismas. Aunado a lo anterior, la dispersa y escasa dotación de áreas verdes ocasiona que las establecidas en la actualidad reciban un elevado número de visitantes, por encima de su capacidad de carga, que causa un severo impacto al sitio y a la vegetación (Benavides, comunicación personal).

La falta de una adecuada selección de la especie al sitio de plantación es uno de los errores técnicos que se cometen con más frecuencia y resulta por ejemplo, en plantas que no son capaces de soportar de forma satisfactoria la

época de sequía, lo que ocasiona su debilitamiento y posible muerte anticipada. De igual manera, varios factores ambientales no son tomados en cuenta como por ejemplo la contaminación atmosférica o el tipo de suelo (Benavides, comunicación personal).

Actualmente, los problemas ecológicos de las áreas verdes son muy complejos y poco atendidos. Algunos son de tipo técnico, pero la mayoría se deben a la poca importancia que se les presta. La sociedad actual ha perdido la sensibilidad para percibir la importancia que tienen en materia de recreación, educación e investigación, además de los beneficios intangibles medioambientales que aportan al entorno local (PUEC-UNAM, 2002).

2.2 Ensayo de especies

Uno de los mayores obstáculos en el establecimiento de plantaciones es la carencia de información de fácil acceso y confiabilidad sobre las especies que se desea plantar, sitio o lugares para ello y medio de plantación apropiado (Ogaya y Vincent, 1979 citado por Martínez, 1981).

La experimentación forestal es una herramienta imprescindible para construir los conocimientos necesarios que permitan gestionar de forma racional y adecuada los recursos forestales. Cuando se carece de información, la elección de especies para su uso en la repoblación forestal requiere la extrapolación de datos que se han generado en otra parte y la mejor manera de hacerlo es por medio de ensayos de cierta cantidad de especies, en parcelas pequeñas ubicadas en sitios representativos dentro de la zona del proyecto de forestación, siendo éste uno de los medios más convincentes para la selección de las especies adecuadas a un fin y a una localidad determinada (Martínez, 1981; Willan, 1984; Cuadros y Francia, 1999).

En su mayoría, los ensayos de especies como los de procedencias, están conformados por varias parcelas o sitios de ensayo que se encuentran en un ambiente común. Lo anterior se hace con el fin de obtener estimaciones relativas a su crecimiento en diámetro y altura, adaptación a las condiciones

ecológicas de los sitios, supervivencia, resistencia a plagas y factores ambientales desfavorables (Rodríguez *et al.*, 2000; García *et al.*, 2007a).

La respuesta de adaptación de las especies o procedencias puede guardar relación con los gradientes o cambios que presentan los factores ambientales continuos o discontinuos, como son el tipo de suelo y altitud, exposición o latitud y con conexos como la precipitación y temperatura; la productividad y éxito de una plantación es consecuencia de la influencia de varios elementos, entre los que figuran no solamente las características bioclimáticas y edafológicas, sino también los medios técnicos y sociales de que se disponga para hacerla y darle mantenimiento (Métro, 1967 citado por Martínez, 1981; Burley, 1969).

Con base en lo anterior, el objetivo principal de los ensayos de especies es localizar del modo más rápido y económico posible, aquellas que formen bosques o masas arboladas urbanas bien adaptadas a las condiciones del sitio (Burley, 1969). Además en este formato se puede saber si existe un efecto o interacción entre las variables muestreadas y el sitio de plantación, así como dentro de cada bloque. Los ensayos también son de gran importancia y utilidad debido a que se pueden emplear para la introducción de nuevas especies y aumentar la diversidad en los proyectos de reforestación dentro de las ciudades. Asimismo, la información obtenida de los ensayos en los distintos lugares a reforestar, junto con los conocimientos fisiológicos de adaptabilidad, permitirán tomar una decisión respecto al plan de mejoramiento genético más conveniente para cada especie. Finalmente, al definir los objetivos de un ensayo deben enunciarse claramente el número de variables por evaluar y la frecuencia de las mediciones (Cony, 1995; Ruíz *et al.*, 2003; García *et al.*, 2007b; Burley, 1969).

De los pocos trabajos sobre ensayos de especies realizados en México en los últimos años, destaca el reportado por Seppänen *et al.* (1999), en el que se evaluó a *Eucalyptus camaldulensis* Dehnhardt, *Eucalyptus tereticornis* Sm., *Eucalyptus torelliana* F. Muell., *Eucalyptus urophylla* ST. Blake, *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth., *Acacia mangium* Willd., así como a *Gmelina*

arbórea Roxb., *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., *Paraserianthes falcataria* (L.) I. Nielsen y *Sesbania sesban* (L.) Merr. en los estados de Sinaloa y Nayarit, con el fin de determinar el posible aprovechamiento de su madera para la fabricación de pulpa y papel. Asimismo el trabajo realizado por de los Ríos *et al.* (2008) probó la adaptabilidad de tres especies de pinos piñoneros en áreas degradadas en el estado de Nuevo León y el efectuado por Rodríguez *et al.* (2009) que evaluaron la supervivencia y crecimiento de cinco especies multipropósito nativas de Veracruz, con el fin de saber cuál tenía la mejor adaptación y desarrollo. No obstante, debido a que estos experimentos se enfocan al ámbito forestal y no se llevaron a cabo en áreas urbanas, no se hace referencia a sus resultados.

2.3 Utilización de especies exóticas y nativas

En México se han realizado muchas obras significativas de reforestación urbana y suburbana, en las cuales se ha sobreutilizado un grupo relativamente reducido de especies vegetales, con el agravante de que la mayoría no son nativas y otras especies se encuentran representadas, en ocasiones, por un solo individuo, por lo que debe considerarse el desarrollo de la dasonomía urbana dentro del quehacer nacional, estatal y local, como acciones de muy alta prioridad (González, 1983; Chacalo y Fernández, 1995; Segura, 2005).

Las especies empleadas en dichos programas poseen características apropiadas como son la facilidad de propagación, rápido crecimiento, resistencia a plagas, en general debido a que no tienen enemigos locales y por supuesto las “modas” o decisiones políticas que la mayoría de las veces solicitan la realización de plantaciones a gran escala. No obstante, la falta de periodos de prueba y el uso indiscriminado de estas especies ha propiciado el fracaso de los programas de reforestación, con la consecuente homogeneización de la composición de las áreas verdes y la disminución o pérdida de la riqueza florística natural local. En la actualidad destaca el amplio uso de especies de origen australiano y asiático en las plantaciones en zonas urbanas como *Eucalyptus* sp., *Acacia* sp., *Grevilea* sp., *Casuarina* sp., *Ficus* sp., y *Ligustrum* sp. Asimismo, el pirúl (*Schinus molle* L.) y la jacaranda (*Jacaranda mimosifolia* D.Don), árboles nativos de Perú y Brasil

respectivamente, se encuentran bien representados en el paisaje urbano (Zobel *et al.*, 1987; Chacalo y Fernández, 1995; López y Zamudio, 2002; Segura, 2005). Por ejemplo, la plantación de eucaliptos realizada en la entrada a la ciudad, de la carretera de Cuernavaca, en la sierra del Tepeyac o bien, el caso del Ajusco medio, son lugares donde existe una vegetación natural rica en especies que pueden ser aprovechadas para reforestar estas zonas y en las que al contrario, se han utilizado especies introducidas (Chacalo y Fernández, 1995).

En un inventario de los árboles y arbustos ubicados en Ciudad Universitaria, se encontró que 76% de las especies son introducidas y únicamente 24% son nativas (Terrazas *et al.*, 1996 citado por Segura, 2005). Lo anterior es paradójico ya que México es uno de los países megadiversos del mundo y posee muchas especies autóctonas y endémicas que pueden ser aprovechadas como ornamentales pero son desconocidas por la mayoría de la población, ya que no han sido evaluadas para estos fines. Lo anterior debería de influir para evitar caer en el error de la creación de los “desiertos verdes”, endonde el costo de mantener a las especies resulta muy elevado (López y Zamudio, 2002; Segura, 2005). Por lo tanto, se debe poner a consideración la importancia del ahorro de recursos económicos por reducción de actividades de mantenimiento que se obtiene con el uso de especies nativas, además de que éstas se encuentran relacionadas con la fauna local, forman parte de procesos naturales como la polinización, dispersión de semillas, relación con epífitas y reciclaje de nutrimentos y generan un componente paisajístico muy agradable (Budowski, 2002; López y Zamudio, 2002; Segura, 2005).

No obstante lo anterior, Zobel y Talbert (1984) mencionan las razones por las cuales en ciertas condiciones es conveniente el uso de especies exóticas; entre ellas destacan: velocidad de crecimiento mucho mayor al de las nativas, debido a que la adaptación de éstas últimas está enfocada a su capacidad de supervivencia y reproducción (Zobel *et al.*, 1987), falta de depredadores, el buen conocimiento que se tiene de su propagación, manejo y aprovechamiento industrial y el hecho de que se prestan para inversiones a largo plazo, en comparación con la falta de información acerca de los métodos de colecta,

almacenamiento y rendimientos esperados de las semillas de especies nativas. Algunas especies exóticas pueden crecer en suelos pobres o salinos debido a la asociación de sus raíces con bacterias y hongos, existen datos precisos sobre condiciones ecológicas, normas para raleo y poda y muchas especies califican para beneficiarse de incentivos creados por entidades gubernamentales, ya que a diferencia de las nativas, son relativamente más seguras para lograr altos rendimientos. Por todo lo anterior algunas son utilizadas para reemplazar a las nativas por su resistencia al ataque de plagas y enfermedades. Además las especies exóticas representan una respuesta simple que se justifica por la carencia de conocimientos científicos y técnicos sobre el uso y manejo de las especies nativas, que en México contiene varios miles de especies de árboles que es necesario rescatar (Nelson, 1975; Zobel *et al.*, 1987; Vázquez y Batis, 1996; Budowski, 2002).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

- Evaluar la respuesta de seis especies de leguminosas arbóreas a las condiciones ambientales de la 2ª sección del Bosque de Chapultepec, con el fin de determinar su utilidad para la reforestación de dicha zona.

3.2 Objetivos Específicos

- Evaluar la supervivencia y crecimiento de los individuos en altura y diámetro bajo distintas condiciones de suelo y exposición a la luz solar.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Descripción del área de estudio

4.1.1 Bosque de Chapultepec: características e importancia

El Bosque de Chapultepec se localiza en la porción occidental de la Cuenca de México, dentro del eje volcánico de la Sierra de Las Cruces y entre los 99°10'40" y 99°14'15" de longitud oeste y 19°23'40" y 19°25'45" de latitud norte (Hernández, 1999).

Se ubica en la Delegación Política Miguel Hidalgo del Distrito Federal y cuenta con una superficie de 686.01 ha que en el año 2003 fueron declaradas como Área de Valor Ambiental, bajo la categoría de Bosque Urbano (GDF, 2003), (Figura 1). Esta área verde está dividida en tres secciones: la primera corresponde al antiguo bosque y ocupa una superficie de 274.08 ha; las otras dos fueron ampliaciones posteriores. La 2ª sección está conformada por un poco más de 168.03 ha y la 3ª sección posee una superficie total de 243.9 ha, de las cuales 53.5 corresponden a áreas verdes y aunque es la menos conocida y visitada, constituye una zona importante de preservación ecológica así como una fuente primordial de servicios ambientales para la Ciudad de México, por lo que en 1992 fue decretada como Área Natural Protegida de jurisdicción local, bajo la categoría de zona sujeta a conservación ecológica (PUEC-UNAM, 2002; GDF, 2006).

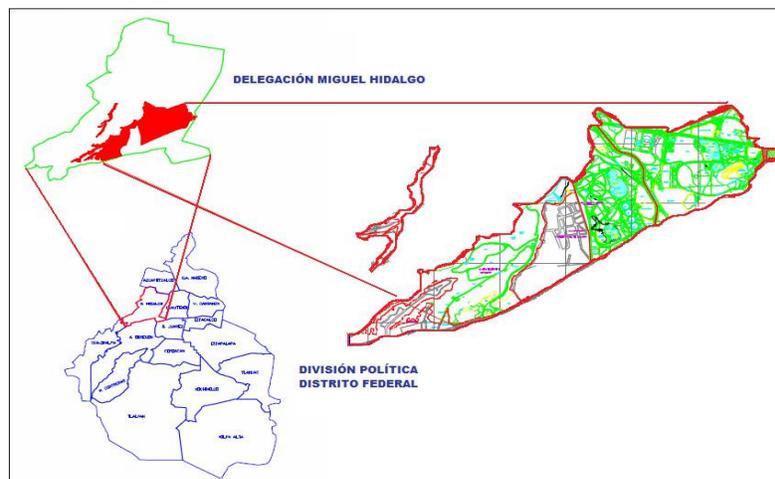


Figura 1. Localización del Bosque de Chapultepec dentro del Distrito Federal

Fuente: PUEC-UNAM (2002).

La enorme extensión de áreas verdes y la diversidad de recintos culturales, recreativos, educativos y de convivencia, hacen del Bosque de Chapultepec un espacio de esparcimiento por excelencia para la población metropolitana, por lo que recibe alrededor de 14.5 millones de visitantes al año (GDF, 2006). Sin embargo, este elevado número de visitantes genera daños a la vegetación y fauna del bosque, lo cual hace necesario y urgente un correcto manejo de este bosque urbano.

4.1.2 Vegetación a través del tiempo

Debido a que la intervención del hombre en las comunidades vegetales presentes en la zona es muy antigua, la vegetación original se ha perdido con el tiempo, por lo que es difícil determinar con exactitud su composición. No obstante, para obtener un panorama de las condiciones naturales y del componente arbóreo y arbustivo del Bosque de Chapultepec, es preciso apoyarse en las fuentes históricas. Debido a las características naturales de esta zona, en tiempos de Moctezuma I este bosque obtuvo una gran importancia como lugar de recreo de los gobernantes (Solís, 2002). Árboles de *T. mucronatum* Ten. (ahuehuete), *S. bonplandiana* Kunth. (ahuejote) y plantas ornamentales como *Rosa* sp. (rosa) y *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch (nochebuena) fueron utilizados para adornar calzadas y acueductos. Asimismo, Humboldt en su “Ensayo Político sobre la Nueva España”, comenta la existencia de “antiguos ahuehuetes que levantan sus copas por encima de los pirús” y la “Monarquía Indiana” de Fray Juan de Torquemada se menciona la presencia de *Cupressus* sp. (cipreses) y *S. babylonica* L. (sauces llorones) y es posible extrapolar la presencia de especies nativas del Valle de México, como *Liquidambar* sp. (liquidámbar), *Prunus serotina* ssp. *capuli* (capulín), *Pinus* sp. (pino), *A. religiosa* (abeto), entre otras (Tovar, 1982).

La primera reforestación en esta área se llevó a cabo con especies exóticas de zonas tropicales con carácter medicinal y fue ordenada por el Emperador Moctezuma; sin embargo, los españoles fueron los primeros en introducir vegetación de otros continentes e igualmente durante las épocas de Maximiliano de Habsburgo (1864-1867) y el Porfiriato (1876-1911), se intensificó la introducción de especies exóticas como por ejemplo el trueno en

esta última (Tovar, 1982; Orozco, 2007). Posteriormente, las alteraciones antrópicas del bosque condujeron al posible desarrollo de pastizales, caracterizados por ejemplares de *Schinus molle* L. (pirul), *Acacia schaffneri* (Wats.) Hermann (huizache), *Senecio praecox* (Cav.) DC (palo loco) y *Eysenhardtia polystachya* (Ort.) Sarg. (palo dulce).

En 2007 Orozco refirió que entre las especies más frecuentes en el Bosque de Chapultepec se cuenta a *Ligustrum lucidum* W. T. Aiton (trueno), *Fraxinus uhdei* (Wenz.) Lingelsh. (fresno), *Cupressus* sp. (cedro, *L. styraciflua*, *T. mucronatum* y *Alnus* sp. (aile) y el INIFAP (2008) llevó a cabo un diagnóstico de la vegetación arbórea de la 1ª Sección del Bosque de Chapultepec, mediante el cual encontraron que las especies más frecuentes fueron: *L. lucidum*, *F. uhdei*, *Cupressus benthamii* Endl. (cedro blanco), *T. mucronatum* y *Cupressus lusitanica* Mill. (cedro blanco).

4.2 Segunda Sección del Bosque de Chapultepec

Esta zona se inauguró el 24 de octubre de 1964 como parte de un proyecto diseñado por el Arq. Leónides Guadarrama. Se localiza entre la Av. Constituyentes y Anillo Periférico y comprende una superficie de 168.03 ha (Figura 2), que albergan espacios recreativos y museos como La Feria, el Papalote Museo del Niño, el Museo Tecnológico de la CFE y el Museo de Historia Natural, así como numerosas obras entre las que destacan el Cárcamo de Tláloc, la fuente de “Física Nuclear” y la de “Xochipili” (Tovar, 1982; Hernández, 1999; GDF, 2006).

Clima.- Le corresponde un clima Cw (w)b(i), es decir, templado subhúmedo con lluvias en verano, una temperatura media anual de 12 a 18°C con oscilaciones mensuales menores de 5°C, una precipitación anual entre los 600 y 1,000 mm y una estación seca en invierno (García, 1973). En cuanto a la temperatura, Jáuregui (1975) refiere que son más bajas que en sus alrededores y la evaporación de la superficie líquida de los lagos y la evapotranspiración de las plantas y suelos es otro factor que contribuye al contraste térmico entre éste y el área urbana (INEGI, 2009; PUEC-UNAM, 2002).

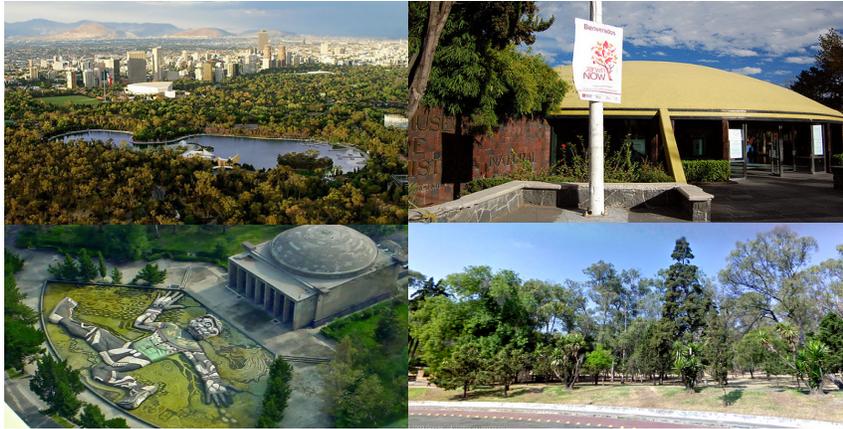


Figura 2. Segunda Sección del Bosque de Chapultepec

Fuente: <http://www.chapultepec.org.mx/>; <http://maps.google.com.mx/>

Suelo.- En la ZMCM se distinguen tres zonas geológicas: la lacustre, la de transición y la de lomas. Ésta última le corresponde a la zona de estudio y está constituida principalmente de tobas, depósitos fluviales y flujos piroclásticos poco consolidados que se originaron por las erupciones de la Sierra de las Cruces y que se clasifica como Formación Tarango (Mooser 1975; Soto *et al.*, 2000). Por lo tanto, el suelo de la 2a sección se caracteriza por contener una capa de material suelto sobre otra de origen volcánico (andosol), que facilitó la formación de un horizonte inferior endurecido denominado tepetate, cuyo material parental está básicamente constituido por elementos piroclásticos que subyacen en el suelo o bien, afloran en su superficie. Este horizonte se caracteriza por presentar una alta compactación que se refleja en elevadas densidades aparentes ($1.7-1.9 \text{ g/cm}^3$), una porosidad baja de (25 a 30%), contenidos pobres de N y P, así como una conductividad hidráulica y retención de humedad mínima (INIFAP-DBCh, 2009).

En dichos suelos las texturas predominantes son arcillosas y arenosas y se presentan condiciones de acidez (pH entre 5.05 y 6.1). También es importante señalar que al inicio de los años 60, cuando se iniciaron las actividades de construcción de esta sección, se llevó a cabo la utilización de cascajo para rellenar y nivelar la zona, a tal grado que en algunas áreas es muy difícil encontrar la capa de tepetate. Asimismo es evidente la presencia de áreas minadas creadas para la extracción de materiales para construcción (PUEC-UNAM, 2002; INIFAP-DBCh, 2009).

Vegetación.- En 2006 el Gobierno del Distrito Federal reportó que las principales especies de árboles de la 2ª sección son *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., *F. uhdei* y *L. lucidum*, presentes en más del 80% de las áreas verdes. Posteriormente, en un trabajo más detallado intitulado Diagnóstico y Caracterización de la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec e Inventario Total de su Arbolado, realizado por el INIFAP (2009), se registró un total de 131 especies arbóreas y arbustivas, de las cuales las más frecuentes fueron: *Fraxinus uhdei* (Wenz.) Lingelsh., *Eucalyptus camaldulensis*., *Ligustrum lucidum* W. T. Aiton, *Thuja occidentalis* L.(thuja), *Pinus radiata* D. Don (pino radiata), *Casuarina equisetifolia* Forst.(casuarina) y *Cupressus lusitanica* (cedro blanco), las cuales representan casi 76.8% del arbolado.

La mayoría del arbolado está en buen estado, tanto físico como sanitario y más del 80% del mismo ostenta una condición que va de vigorosa a declinante incipiente y solamente se registraron 1,158 árboles de alto riesgo que los expertos en el tema propusieron derribar para disminuir problemas o lesiones (INIFAP, 2009).

4.3 Revisión bibliográfica

Con base en las condiciones y características físicas de la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec, como son el tipo de suelo, precipitación y temperatura, se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica con el fin de detectar posibles especies que por sus características biológicas, de mantenimiento, propagación y requerimientos ecológicos podrían ser adecuadas para reforestar dicha área.

4.3.1 Selección de las especies

Los criterios de selección de dichas especies se basaron en las siguientes características: preferentemente nativas de México, que se desarrollaran en sitios de climas semiáridos a templados; que fueran capaces de desarrollarse en diversos tipos de suelo o que tuvieran la capacidad de crecer en suelos pobres o tepetatosos y que a su vez pudieran formar suelo y controlar la erosión; que fueran resistentes a sequía, bajas temperaturas y tolerantes a las podas. También se tomaron en cuenta sus características ornamentales (flores,

frutos y corteza principalmente), producción en vivero y su poca o nula presencia en este componente del bosque urbano de la Ciudad de México.

Dentro de las especies que cumplían estas características se seleccionó para el presente ensayo a: *Acacia angustissima* (Mill.) Kuntze (timbe), *Albizzia occidentalis* T. S. Brandegees (palo blanco), *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg. (palo dulce), *Leucaena esculenta* (Sessé & Moc.) Benth (querenda), *Lysiloma divaricata* (Jacq.) J.F. Macbr (palo prieto) y *Senna multiglandulosa* (Jacq.) Irwin & Barneby (retama de tierra caliente), todas ellas pertenecientes a la familia Leguminosae.

4.3.2 Descripción de especies

Acacia angustissima (Mill.) Kuntze (timbe)

Especie perennifolia conocida comotimbre, timbrillo, timbe, palo de pulque, gavia, barbas de chivo y guajillo. También se ha identificado como *Mimosa angustissima* Mill., *Acacia glabrata* Schlecht., *Acacia elegans* Mart. & Gal., *Acacia insignis* Mart. & Gal. y *Acaciella angustissima* (Mill.) Britton & Rose (Martínez, 1979; Standley, 1982).

Arbusto o árbol perteneciente a la subfamilia Mimosoideae, de 2 a 4 m de alto, con ramillas glabras, hojas de 10 a 13 cm de largo formadas por 8 a 12 pares de pinnas, glabras o poco tomentosas, ápice acuminado. Las inflorescencias consisten en racimos axilares; flores blancas en capítulos que aparecen en los meses de junio a diciembre. El fruto es una vaina de 4 a 9 cm de largo, dehiscente, oblonga, plana, glabra, con márgenes sinuosos, de color café-marrón cuando madura (octubre a febrero), que contiene de 8 a 12 semillas circulares, pardo oscuras, de 2.5 a 3.2 mm de largo (Figura 3), (Standley, 1926; Rico y Bachman, 2006; Rico, 2007). Presenta un sistema radical profundo (Rincón y Gutiérrez, 2008).



Figura 3. *Acacia angustissima* (Mill.) Kuntze

Fuente: INIFAP; Terrones *et al.*, 2004

Se distribuye naturalmente desde el sur de los Estados Unidos hasta Venezuela, Colombia, Perú, Ecuador, Bolivia y Argentina; en bosques de pino, bosques mixtos de pino-encino, selva baja caducifolia, selva mediana subperennifolia y matorrales xerófilos (Rico, 2001; Rico y Bachman, 2006).

En México se le encuentra en los estados de Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Durango, Zacatecas, Aguascalientes, San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, México, Distrito Federal, Morelos, Puebla, Veracruz, Guerrero, Oaxaca, Tabasco, Chiapas, Campeche, Yucatán y Quintana Roo. En el Valle de México se encuentra entre los 2, 300 y 2, 500 m de altitud y se ha colectado en los municipios de Pachuca, Tepetzotlán, Coacalco, Atizapán y la delegación política Villa G. A. Madero (Calderón y Rzedowski, 2001; Rico, 2007).

Es una especie de rápido crecimiento que tolera suelos ácidos. Sus ramas tienden a quebrarse incluso con vientos ligeros, sus hojas son utilizadas como forraje, su corteza se incorpora en la fermentación del tepache y el pulque y en algunas zonas ha sido empleada para contrarrestar la diarrea y la gastritis; las ramas se usan en el hilado en Michoacán (Standley, 1926; Rico y Bachman, 2006; Rico, 2007).

Se propaga principalmente por semilla, las cuales deben ser remojadas en agua a 80 °C durante 4 minutos y dejarlas remojando en esa misma agua pero a temperatura ambiente por 24 horas. Se recomienda dar poda de formación para obtener un solo tronco y promover la lignificación y el engrosamiento del tallo (Terrones *et al.*, 2004). Puede plantarse a una distancia de 2x2 m, con un 60% de supervivencia (Cordero y Boshier, 2003).

Albizzia occidentalis T. S. Brandegees (palo blanco).

Especie caducifolia conocida como palo blanco, palo fierro, palo escopeta, bolillo, arellano, guaje negro y capiro. También se ha identificado como *Leucaena plurijuga* Standl., *Albizzia plurijuga* (Standl.) Britt. & Rose y *Hesperalbizia occidentalis* Barneby & Grimes (Standley, 1926; Rzedowski, 2007).

Árbol perteneciente a la subfamilia Mimosoideae, de 5 a 15 m de altura con una copa que puede ser compacta o extendida, ligeramente redondeada. Corteza lisa y grisácea; hojas de 14 a 28 cm de largo, compuestas por 2 a 5 pares de pinnas, oblongas u ovadas, casi glabras. Flores blanquecinas o amarillentas en capítulos que se observan a lo largo de todo el año; vaina solitaria, indehiscente o tardíamente dehiscente, plana, lisa, glabra, de 13 a 20 cm de largo (Figura 4) que contiene de 11 a 14 semillas ovadas, circulares a elípticas, de color café algo lustroso (Standley, 1926; Rzedowski, 2007; Rico *et al.*, 2008).



Figura 4. *Albizzia occidentalis* T. S.

Fuente: INIFAP.

Esta especie es endémica de México y se distribuye en los estados de Baja California Sur, Sinaloa, Zacatecas, Aguascalientes, Jalisco, Colima, Guanajuato, Nayarit, Michoacán, Querétaro, Guerrero, Oaxaca y Chiapas. Crece en zonas tropicales o subtropicales, en matorrales secundarios y bosque tropical caducifolio, a altitudes de 1, 600 a 2, 300 m (Rzedowski, 2007; Rico *et al.*, 2008).

Es una especie de rápido crecimiento que se desarrolla en suelos someros, calizos, salinos, arenosos, pedregosos, bien drenados. Es resistente a sequía, tolerante a poda pero susceptible a heladas en los primeros años. Los árboles de *A. occidentalis* son muy llamativos por sus troncos de corteza clara y sobre todo por los grandes y vistosos frutos que a menudo se producen en prolíficas cantidades. Se les puede observar con frecuencia cerca o dentro de algunos poblados en las regiones de distribución. Su madera es utilizada en carpintería (Standley, 1926; Terrones *et al.*, 2004; Rzedowski, 2007).

Se propaga principalmente por semillas, a las cuales debe aplicarse un tratamiento pregerminativo en agua a 80°C durante 4 minutos y después es conveniente dejarlas remojar en esa misma agua temperatura ambiente por 48 horas. Se recomienda dar poda de formación para obtener un solo fuste y promover la lignificación y engrosamiento del tallo (Terrones *et al.*, 2004). Para esta especie no se ha reportado el ataque de plagas, sin embargo puede ser atacado por los descortezadores *Elaphidion irroratum* y *E. mimeticum*, que atacan a la gran mayoría de las especies de este género (Cibrián *et al.*, 2007).

Eysenhardtia polystachya (Ortega) Sarg. (palo dulce)

Especie caducifolia conocida como palo dulce, rosilla, palo cuate, coatl, cuate, palo dulce blanco, taray, vara dulce, varaduz, leña nefrítica, urza y coatillo. También se ha identificado como *Dalea fruticosa* G. Don, *Eysenhardtia amorphoides* Kunth, *Psoralea fruticosa* Sessé et Moc., *P. stipularis* Sessé et Moc., *Widorgia polystachya* (Ortega) Kuntze y *Varennea polystachya* (Ortega) (Standley, 1926; Martínez, 1979; Cervantes *et al.*, 2001).

Arbustos o arbolitos perteneciente a la subfamilia Papilionoideae, de 3 a 8 metros de alto, corteza delgada, fisurada, de color ligeramente grisáceo; hojas de 3 a 10 cm de largo, compuestas por 21 a 51 foliolos, oblongos u ovales, ápice redondeado, margen entero, glabros. Inflorescencias en racimos de 4 a 15 cm de largo, pubescentes, que aparecen en los meses de mayo a septiembre (Figura 5); vainas de 1 a 1.5 cm de largo, glabras, colgantes que contienen semillas de 4 a 5 mm de largo, de color café amarillento (Standley, 1926; Calderón y Rzedowski, 2001).



Figura 5. *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg.

Fuente: INIFAP

En el Valle de México se conoce de Pachuca a Tlalpan, Xochimilco y Chalco, entre los 2,250 a 2,700 m de altitud, en sitios con matorral xerófilo y pastizal.

También se extiende desde el sur de Arizona, Chihuahua y Tamaulipas a Oaxaca (Calderón y Rzedowski, 2001).

Crece en climas cálidos y semicálidos, en altitudes que varían de los 1,200 a 1,900 msnm, en áreas de vegetación secundaria de selva baja caducifolia, en planicies y laderas con pendientes moderadas y abruptas (Cervantes *et al.*, 2001).

Es una especie de crecimiento rápido que se desarrolla en lugares perturbados, en suelos someros, calizos, arenosos, pedregosos, bien drenados pero tolera los suelos ácidos y ligeramente alcalinos. Soporta sequías y heladas y requiere de plena luz o media sombra para un buen crecimiento (Cervantes *et al.*, 2001; Terrones *et al.*, 2004).

Su madera es dura y tiene la curiosa propiedad de que si se pone en agua, toma un color azul fluorescente que cambia al amarillo o al rojo según la incidencia de la luz (Martínez y Matuda, 1979). Su follaje es aromático y las flores son fragantes; las infusiones de corteza son utilizadas para prevenir enfermedades y disminuir la fiebre y la madera es empleada en algunas localidades para afecciones del riñón y la vejiga. Fija nitrógeno y ayuda a formar suelos con su abundante deposición de hojarasca. Las varas que produce tienen mercado en la cestería y se destinan a la fabricación de escobas (Standley, 1926; Camacho, 2003).

Se propaga principalmente por semillas que deben dejarse remojando por dos días y secarlas antes de la siembra, para estimular la germinación. Son muy sensibles al estrangulamiento y las plantas en vivero requieren un estricto programa de poda de raíz por remociones. Se recomienda poda de conformación para obtener un solo fuste y plantar a 1 m de distancia entre individuos. Puede observarse la presencia del muérdago *Phoradendron brachystachyum*, el cual ataca a diversas especies de leguminosas (INIFAP, 1997; Cervantes *et al.*, 2001; Camacho, 2003; Terrones *et al.*, 2004; Cibrián *et al.*, 2007).

Leucaena esculenta (Sessé & Moc.) Benth. (querenda)

Especie perennifolia conocida como querenda, guaje, guaje rojo, guaxi, tlapahuaxin y huachi blanco. También ha sido identificada como *Acacia esculenta* Moc et Sessé, *Leucaena confusa* Britton et Rose, *Mimosa esculenta* Sessé et Moc (Martínez, 1979; Cervantes *et al.*, 2001).

Árbol perteneciente a la subfamilia Mimosoideae, de 6 a 15 m de altura, corteza gris claro, sin lenticelas evidentes; hojas de 30 a 40 cm de largo, alternas, bipinnadas, los folíolos son lineares, glabros; flores blancas de 2 cm de diámetro, dispuestas en panículas que aparecen en los meses de abril a diciembre (Figura 6). Muestra legumbres de 12 a 27 cm de largo de color rojo o púrpura que contienen de 15 a 20 semillas elípticas, de 0.9 cm de largo. Presenta un sistema radical profundo (Standley, 1926; Terrones *et al.*, 2004; Grether, 2006).



Figura 6. *Leucaena esculenta* (Sessé & Moc.) Benth.

Fuente: INIFAP; Terrones *et al.*, 2004

Es una especie endémica de México que se distribuye de Jalisco a Chiapas y Puebla. Crece en climas cálidos y semicálidos en matorrales espinosos, selva baja caducifolia y en zonas de transición de selva baja y bosques de encino, a

elevaciones de 1,200 a 2,700 m (Standley, 1926; Cervantes *et al.*, 2001; Grether, 2006).

Se desarrolla en suelos ligeramente ácidos y alcalinos, someros, calizos, arenosos, pedregosos, bien drenados, con crecimiento medio. Es resistente a sequías pero susceptible a heladas (Terrones *et al.*, 2004).

Las semillas son comestibles, aunque su olor y sabor son desagradables, los frutos se venden en los mercados locales. La planta en general tiene propiedades medicinales; la madera puede utilizarse para construcciones ligeras, cajas, piezas pequeñas y mangos de herramientas. La corteza y vaina se aprovechan como curtiente vegetal; tiene potencial para la extracción de colorantes y es útil en la fabricación de papel. Los tallos y ramas son fuente de leña o materia prima para la elaboración de carbón, el follaje tierno, flores y frutos se consumen como verdura fresca y la corteza molida con miel se aplica para cicatrizar heridas leves (Standley, 1926; Abúndiz, 2004; Terrones *et al.*, 2004).

Se propaga por semillas que deben ser puestas a remojar en agua a 80°C por 4 minutos y después dejarlas en esa misma, ya a temperatura ambiente, durante 24 horas. Se recomienda aplicar poda de conformación para obtener un solo fuste y de esta forma promover la lignificación y engrosamiento del tallo antes del trasplante al lugar definitivo (Cervantes *et al.*, 2001; Terrones *et al.*, 2004).

Lysiloma divaricata (Jacq.) J.F. Macbr.(palo prieto).

Especie perennifolia conocida como palo prieto, quiebracha, tepehuaje, mezquite prieto, tepemezquite y mauto colorado(Martínez, 1979; Standley, 1926).

Arbusto o árbol perteneciente a la subfamilia Mimosoideae, de 3 a 18 m de altura; corteza escamosa, café grisácea a blanco grisácea, lenticelas prominentes; hojas compuestas por 4 a 12 pares de pinnas, linear-oblongos, agudos a obtusos en el ápice, glabros. Inflorescencias en capítulos globosos, solitarios, de 0.7 a 1.4 cm de diámetro, flores blancas y sésiles que aparecen en los meses de mayo a julio. Vainas oblongas, rectas, de 9 a 15 cm de largo (Figura 7), que contienen de 10 a 12 semillas elípticas a ovadas, aplanadas, con una pequeña hendidura en el centro de ambos lados, de 7 a 13 mm de largo, textura lisa, de color café verdosos oscuro (Standley, 1926; Cervantes y Sotelo, 2002; Andrade *et al.*, 2007).



Figura 7. *Lysiloma divaricata* (Jacq.) J.F. Macbr.

Fuente: INIFAP; Terrones *et al.*, 2004

Se distribuye en los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Tamaulipas, Zacatecas, San Luis Potosí, Guanajuato,

Querétaro, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, México, Morelos, Puebla, Guerrero y Oaxaca y se extiende hasta Costa Rica. Crece en bosques de encinos y forman parte de la selva baja caducifolia, pastizal y bosque espinoso, en altitudes de 250 a 2,300 m (Terrones *et al.*, 2004; Andrade *et al.*, 2007).

Es una especie de crecimiento rápido que crece en climas cálidos y semicálidos, en suelos someros, calizos, arenosos, pedregosos y bien drenados. Requiere de sombra durante su primer mes de edad para un mejor desarrollo, tolera sequías y es susceptible a heladas (Cervantes *et al.*, 2001; Cervantes y Sotelo, 2002; Terrones *et al.*, 2004).

La madera es utilizada en construcciones rústicas y postes; la corteza se emplea como curtiente y en varias regiones es aprovechada en la medicina tradicional. Se recomienda para fabricación de muebles, recubrimientos, instrumentos musicales, puertas y ventanas. En ocasiones se usa para contrachapados, pulpa para papel y por su durabilidad para duelas, durmientes y parquet (Standley, 1926; Corderoy Boshier, 2003; Andrade *et al.*, 2007).

Se propaga por semillas que requieren ser remojadas en agua a 80°C por 4 minutos y dejar remojando en agua a temperatura ambiente dos veces por 24 horas (Terrones *et al.*, 2004). En un estudio realizado por Cervantes y Sotelo (2002), las semillas de esta especie presentaron 73% llenas y 6 % vanas; la emergencia de las plántulas se observó al 4º o 6º día de la siembra y la máxima velocidad de emergencia del 5º al 7º día.

Es conveniente realizar podas de raíz a partir del tercer mes, una vez al mes y plantar a 2 x 2 m y 2.5 x 2.5 m en plantaciones puras para leña y de 1 a 3 m para cercas vivas. Se deben realizar limpiezas obligatorias los 3 primeros años, aunque si se planta para leña no hacen falta podas (Cervantes *et al.*, 2001; Cervantes y Sotelo, 2002; Corderoy Boshier, 2003).

Senna multiglandulosa (Jacq). Irwin & Barneby (retama de tierra caliente).

Especie caducifolia, conocida como retama de tierra caliente, retama, retama china, retamalo, alcaparro, frijol cimarrón, mulato y parra (Martínez, 1979; Rzedowski y Calderón, 1997).

Arbusto o árbol pequeño perteneciente a la subfamilia Caesalpinoideae, de 1 a 4.5 m de altura; tallo tomentoso, hojas compuestas por 6 a 8 pares de folíolos oblongos, de 2 a 6.5 cm de largo, ápice obtuso o agudo, margen entero, haz glabro o algo pubescente, envés tomentoso. Flores grandes y llamativas de color amarillo, dispuestas en panículas axilares o terminales que aparecen casi todo el año; frutos lineares, tomentosos, de 8 a 12 cm de largo, comprimidos (Figura 8), que contienen de 30 a 35 semillas semilunares, de 5 mm de largo, de color café, lustrosas y dispuestas transversalmente (Standley, 1926; Calderón y Rzedowski, 2001; Reynel *et al.*, 2006).



Figura 8. *Senna multiglandulosa* (Jacq). Irwin & Barneby

Fuente: INIFAP

Se distribuye en los estados de Zacatecas, San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, México, Distrito Federal, Morelos,

Puebla, Tlaxcala, Veracruz, Guerrero, Oaxaca y Chiapas. En el Valle de México se ha encontrado en los municipios y delegaciones de Zempoala, Teotihuacán, Huixquilucan, Cuajimalpa, Contreras, Xochimilco y Milpa Alta (Rzedowski y Calderón, 1997; Calderón y Rzedowski, 2001).

Forma parte de la selva baja caducifolia, asociada con encinos, coníferas y más frecuentemente en matorrales espinosos y xerófilos, en altitudes de 2,100 y 2,700 m (Terrones *et al.*, 2004).

Esta especie es de rápido crecimiento que se desarrolla en suelos profundos y fértiles, pero tolera suelos someros, calizos, arenosos pedregosos, bien drenados y suelos salinos. Requieren pleno sol y es resistente a sequías y heladas. Es posible que se trate de una planta antropófila, pues con frecuencia se le observa como cultivada y naturalizada, casi siempre prosperando cerca de viviendas o en condiciones de muy intenso disturbio. Es utilizada en la construcción rural, en la fabricación de mangos de herramientas, como fuente de leña y su follaje es consumido como forraje por el ganado. También se ha cultivado como ornamental y se emplea en medicina popular (Rzedowski y Calderón, 1997; Calderón y Rzedowski, 2001; Terrones *et al.*, 2004).

Si la propagación se realiza por semillas, es necesario romper su latencia aplicando un tratamiento pregerminativo que consiste en escarificarlas y sumergirlas en ácido sulfúrico concentrado durante 60 min o sumergirlas en agua a 82°C por 3 minutos (PRONARE, 2000). La germinación se inicia entre los 5 y 8 días después de la siembra y el poder germinativo es de 75 a 85%. No es recomendable la siembra en camas de almacigo pues las raíces se entrelazan, por lo que se sugiere la siembra en envases (Reynel *et al.*, 2006). Se recomienda podar a 35 cm de altura y eliminar las ramas basales antes del trasplante al lugar definitivo. Se recomienda establecer la plantación con un espaciamiento de 1 x 1 en suelos profundos y húmedos, o a 2 o 3 m en suelos pobres y secos, aunque posteriormente se puede llevar el aclareo y trasplante de los individuos (González *et al.*, 1992; Terrones *et al.*, 2004).

4.4. Fase de campo

4.4.1 Selección de los sitios

Se llevó a cabo un reconocimiento de la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec para seleccionar los sitios donde se establecerían las parcelas experimentales con las especies bajo estudio. Para lo anterior se consideró que las áreas tuvieran una baja densidad de arbolado y que fuera fácil la aplicación de riego por pipa en caso de ser necesario. Las zonas que se eligieron se ubicaron y nombraron con base en el proyecto “Diagnóstico y Caracterización de la 2ª Sección e Inventario Total de su Arbolado y Determinación y Evaluación de Especies para la Reforestación de la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec”, dentro del cual se realizó este trabajo.

Con base en lo anterior, el establecimiento de las parcelas se hizo en las zonas denominadas Café del Bosque (5.6.3), Casa Redonda (6.1) y Washington (7.5) y su ubicación se muestra en la Figura 9.

4.4.2 Diseño experimental

Para el estudio se aplicó un diseño estadístico de bloques al azar con tres repeticiones. Cada bloque experimental medía 25.5 m de largo por 3 m de ancho y cada uno contenía las 6 especies (tratamientos), organizadas en unidades experimentales conformadas por nueve plantas de la misma especie. Las especies se acomodaron de forma aleatoria y las plantas se dispusieron en tres hileras con una distancia de 1.5 m entre individuos (Figura 9).

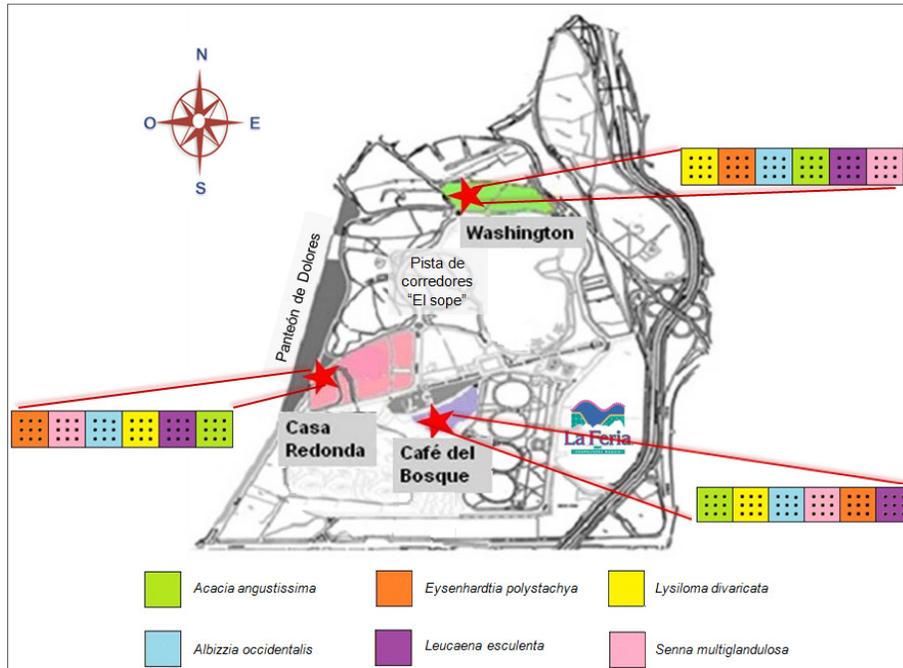


Figura 9. Ubicación de las zonas donde se establecieron las parcelas experimentales en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.

Este diseño permite reducir al mínimo la heterogeneidad ambiental y aumentar la precisión cuando se comparan tratamientos. De esta forma, las diferencias que hay en las fechas de siembra y entre sitios, se consignaron a los bloques, con el fin de poder hacer comparaciones válidas entre las especies.

Asimismo, la utilización de este diseño facilita la separación del error experimental respecto de otras fuentes de variación y también tiene la ventaja de que puede efectuarse un análisis preliminar de la varianza de las medias de parcela y el diseño de campo puede ajustarse a las condiciones locales y la pérdida de alguna parcela no invalida la utilización de los datos restantes (Burley, 1969).

4.4.3 Producción de planta

Debido a que las plantas requeridas para el experimento se solicitaron a distintos viveros, ellos mismos nos proporcionaron el mes de siembra e información adicional que se requería para completar este apartado (Cuadro 1).

Especie	Nombre común	Vivero de procedencia	Año de propagación
<i>A. angustissima</i>	timbe	Campo Experimental Bajío, INIFAP	abril de 2006
<i>A. occidentalis</i>	palo blanco	Campo Experimental Bajío, INIFAP	abril de 2006
<i>E. polystachya</i>	palo dulce	Vivero Nezahualcoyotl, G. D. F.	2008
<i>L. esculenta</i>	querenda	Campo Experimental Bajío, INIFAP	abril de 2006
<i>L. divaricata</i>	palo prieto	Campo Experimental Bajío, INIFAP	abril de 2006
<i>S. multiglandulosa</i>	retama	Vivero de Coyoacán, SEMARNAT	septiembre de 2008

Cuadro 1. Vivero de procedencia de las especies, así como mes y año de producción.

Para la producción de *A. angustissima*, *L. divaricata*, *A. occidentalis* y *L. esculenta*, se empleó un sustrato compuesto de arena y tierra lama en proporción 1:1 y se les mantuvo en condiciones de vivero bajo una malla sombra del 70%, con riegos dos veces a la semana, uno ligero y otro a saturación y en épocas de lluvia solo se les aplicó un riego.

En el caso de *S. multiglandulosa* y *E. polystachya* se sembraron en envases con un sustrato formado de tierra negra y composta de molienda de hojas, ramas y pasto que se obtienen del manejo del mismo vivero. Se les aplicó fertilizante en micromódulos (micro y macro elementos) de liberación controlada y se indujeron micorrizas en las raíces con el fin de obtener un mejor desarrollo. El riego se suministró cada tres días hasta que se estableciera la época de lluvias.

4.4.4 Plantación

Para la plantación fue necesario establecer 27 individuos de cada especie para cumplir con los requerimientos del diseño experimental. Cada planta debía tener de 80 a 100 cm de altura como mínimo, de tal forma que fuera evidente su presencia en las parcelas para evitar o disminuir los daños que pudieran ocasionar los visitantes a dichas áreas.

Entre el 19 de marzo y el 3 de abril de 2009 las plantas de *Acacia angustissima*, *Albizia occidentalis*, *Leucaena esculenta* y *Lysiloma divaricata* fueron trasladadas del Campo Experimental Bajío del INIFAP ubicado en Celaya, Guanajuato, al vivero de la 2ª sección del Bosque de Chapultepec; mientras que los individuos de *Eysenhardtia polystachya* y *Senna multiglandulosa* setrasladaron del Vivero de Coyoacán y del Vivero Nezahualcóyotl respectivamente al vivero referido. En este último sitio las plantas se aclimataron, se cuidaron y regaron hasta el día de la plantación.

El 25 de marzo de ese año se llevó a cabo la demarcación de las parcelas con ayuda de varillas de construcción de aproximadamente 20 cm de largo, que fueron enterradas a nivel del suelo y posteriormente marcadas con pintura verde en aerosol y de igual manera se marcaron las cepas un mes después (21 de abril).

Finalmente, del 22 al 29 de abril se realizó paralelamente la apertura de cepas y la plantación con ayuda del personal del vivero de la 2ª sección, en el siguiente orden: zona 7.5 Washington (22 y 23 de abril), zona 6.1 Casa Redonda (24 y 27 de abril) y zona 5.6.3 Café del Bosque (28 y 29 de abril), (Figura 10).



Figura 10. Apertura de cepas y plantación en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.

Al finalizar la plantación, se cercaron las parcelas con malla ojillada para protegerlas. En total se plantaron 162 plantas a las cuales se les aplicó riego de

auxilio cada tres días durante los meses de mayo y principios de junio, hasta que se estableció la temporada de lluvias y al finalizar ésta, también fue necesario proporcionar agua a las plantas para asegurar su sobrevivencia hasta la siguiente época de lluvias (Figura 11).



Figura 11. Protección de las parcelas con malla hojillada y aplicación de riego de auxilio.

4.5 Variables evaluadas

4.5.1 Supervivencia y crecimiento

La evaluación se llevó a cabo durante un año a partir del último día de plantación. Se midió la altura y el diámetro basal de las plantas con una cinta métrica y un vernier digital marca Mitutoyo, modelo CD-6" BS respectivamente. Se realizaron cinco mediciones cada tres meses en las siguientes fechas: 29 y 30 de abril de 2009, 31 de julio y 3 de agosto, 29 y 30 de octubre, 28 y 29 de enero de 2010 y la última el 29 de abril de ese mismo año.

La supervivencia se evaluó por medio de la determinación del número de plantas vivas por especie y parcela en cada fecha de medición y se obtuvieron los porcentajes parciales y finales para realizar el análisis de varianza (ANOVA) correspondiente.

Se utilizó la tasa de crecimiento para evaluar el desarrollo de las especies en los sitios de plantación, debido a que las alturas y diámetros iniciales de las mismas fueron distintos. Lo anterior permitió eliminar la variación y obtener su

crecimiento neto; sin embargo, a partir de la segunda medición se registraron varias plantas trozadas y muertas.

Debido a que en cada bloque se observaron máximo cuatro individuos trozados o muertos por especie, sólo se consideraron las cinco plántulas restantes para llevar a cabo los análisis correspondientes. Asimismo, en las especies cuyas plantas no presentaron daños, se seleccionaron aleatoriamente 5 por parcela para homogeneizar el número de individuos.

Asimismo, se llevó a cabo la obtención de las tasas de crecimiento relativas que corresponden a cada periodo de tiempo entre una y otra medición y que se reportan como gráficas de barras. La fórmula empleada para la obtención de estos valores se tomó de Hunt (1990):

$$\text{Tasa de crecimiento relativa} = \frac{C_i - C_{i-1}}{T_i - T_{i-1}}$$

Donde:

C_i = Crecimiento en altura o diámetro basal alcanzado en la i -ésima medición

T_i = Tiempo transcurrido hasta la i -ésima medición

i = número de medición (subíndice)

Debido a que se registraron cinco datos, uno en cada fecha de medición, se transformó a logaritmo el crecimiento para que la tendencia exponencial de los datos se convirtiera en una recta que pasa por dos puntos y que tiene una pendiente constante, y de esta forma poder aplicar un análisis de regresión lineal por el método de mínimos cuadrados obtenida de Hunt (1990), con el fin de calcular la tasa de crecimiento promedio de cada especie por sitio. La fórmula se muestra a continuación:

$$\text{Tasa de crecimiento } (b) = \frac{n [\sum(x_i y_i) - (\sum x_i)(\sum y_i)]}{n (\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2}$$

Donde:

n = Número de mediciones

Σ = sumatoria

x_i = Tiempo transcurrido desde la plantación

y_i = Crecimiento transformado a logaritmo base 10.

4.5.2 Análisis estadístico

El diseño correspondió a bloques completos al azar y con los valores obtenidos de supervivencia, incremento y tasa de crecimiento en altura y diámetro basal, se realizaron análisis de varianza en Excel y comparación de medias mediante pruebas de Tukey con ayuda del paquete de Diseños Experimentales FAUANL (Olivares, 1994) para establecer el grado de significancia de las diferencias.

Debido a que en los análisis de varianza se obtuvieron coeficientes de variación muy altos, se llevó a cabo una transformación ($\text{Raíz}(B+1)$) para homogeneizar las varianzas y determinar si en la comparación de medias se observaban diferencias con respecto a los resultados sin transformar.

En forma complementaria y con fines demostrativos, se efectuó la comparación de las medias obtenidas en cada bloque, con lo que se supuso que se tenían tres experimentos completamente al azar donde las seis especies se tomaron como repeticiones. Esto se hizo para observar la dinámica del crecimiento en cada sitio y saber si las condiciones presentes en cada uno (condición de suelo e incidencia de luz solar), influyeron en el crecimiento y supervivencia de las especies.

4.5.3 Características del suelo y fenología

Para tener un mejor criterio en la evaluación del crecimiento y la adaptación de las especies al área de estudio, se valoraron las características del suelo por apreciación visual al momento de abrir las cepas para la plantación y se realizó un seguimiento fenológico mensual de las especies en base a una simplificación del método de Fournier (1974), en el que se señaló el inicio de la caída de hojas en especies caducifolias, aparición y apertura de yemas, floración y fructificación; así como la aparición de plagas y enfermedades.

5. RESULTADOS

5.1 Supervivencia

Los valores de supervivencia para estas especies fueron, en general, elevados. En la segunda medición se identificaron dos individuos muertos de *A. angustissima*; mientras que en las evaluaciones posteriores también se registraron dos individuos muertos de *L. divaricata* y uno de *S. multiglandulosa*, por lo que los porcentajes promedio finales para las especies fueron entre 100 y 92.59% (Cuadro 2).

Cuadro 2. Porcentajes de supervivencia por especie, fecha de medición y sitio.

Especie	Sitio	30/04/2009		31/07/2009		30/10/2009		29/01/2010		29/04/2010	
		%	\bar{X}	%	\bar{X}	%	\bar{X}	%	\bar{X}	%	Promedio Final
<i>Acacia angustissima</i>	W	100	100	88.89	92.59	88.89	92.59	88.89	92.59	88.89	92.59
	CB	100		100		100		100		100	
	CR	100		88.89		88.89		88.89		88.89	
<i>Albizzia occidentalis</i>	W	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	CB	100		100		100		100		100	
	CR	100		100		100		100		100	
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	W	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	CB	100		100		100		100		100	
	CR	100		100		100		100		100	
<i>Leucaena esculenta</i>	W	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	CB	100		100		100		100		100	
	CR	100		100		100		100		100	
<i>Lysiloma divaricata</i>	W	100	100	100	100	100	96.30	100	96.30	88.89	92.59
	CB	100		100		88.89		88.89		88.89	
	CR	100		100		100		100		100	
<i>Senna multiglandulosa</i>	W	100	100	100	100	88.89	96.30	88.89	96.30	88.89	96.30
	CB	100		100		100		100		100	
	CR	100		100		100		100		100	

W = Washington, CB= Café del Bosque, CR= Casa Redonda

Con los valores anteriores se realizó la prueba de análisis de varianza correspondiente, con la cual no se encontraron diferencias significativas entre las mismas, lo cual indica que ninguna especie presenta una supervivencia significativamente menor o mayor a otra en ninguno de los sitios y la media general fue de 96.91% de plantas vivas al final de la evaluación (Cuadro 3).

Cuadro 3. Resultados del análisis de varianza a los porcentajes de supervivencia de seis especies de leguminosas establecidas en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	Sig Obs
Total	17	445.82			
Tratamiento	5	198.90	39.78	2.071	0.153 ^{ns}
Bloques	2	54.87	27.434	1.428	0.284 ^{ns}
Error	10	192.043	19.204		
Media general (μ)	96.91				
C.V. (%)	4.52				

* = significativo con $\alpha=0.05$, ns = no significativo

A partir de la segunda medición se observó daño en la parte apical de algunas plantas, lo que puede atribuirse a diversos factores bióticos como fauna presente en el área y vandalismo, lo que ocasionó una disminución en los promedios de altura en algunas fechas de medición. En total se registraron 38 plantas trozadas que representan el 23.46 % del total de individuos bajo estudio; sin embargo en *E. polystachya* se encontró el mayor número (10), seguida por *A. angustissima* y *L. esculenta* con 7. Cabe destacar que el mayor daño se advirtió en el sitio Café del Bosque y el menor en Casa Redonda (Cuadro 4).

Cuadro 4. Plantas trozadas registradas en las seis especies de leguminosas establecidas en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.

Especie	Washington	Café del Bosque	Casa Redonda	Total	
				N	%
<i>Acacia angustissima</i>	1	4	2	7	4.32
<i>Albizzia occidentalis</i>	1	4	0	5	3.09
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	3	4	3	10	6.17
<i>Leucaena esculenta</i>	3	3	1	7	4.32
<i>Lysiloma divaricata</i>	3	0	1	4	2.47
<i>Senna multiglandulosa</i>	2	2	1	5	3.09
Total	13	17	8	38	23.46

Debido a lo anterior, para llevar a cabo los análisis de incremento y tasa relativa decrecimiento de las especies, sólo se consideraron los datos de 5 plantas por especie que no fueron trozadas en cada sitio, como ya fue referido anteriormente. No obstante lo anterior, los valores promedio de altura y diámetro basal registrados en los tres sitios tomando en cuenta todas las plantas dañadas se muestran en los anexos 1.1 y 1.2 respectivamente.

5.2 Altura

El crecimiento vertical fue un buen indicador de la respuesta de las especies a las condiciones en que fueron establecidas y los datos numéricos se muestran en el Anexo 2.1; mientras que en la Figura 12 se presentan gráficamente los promedios de altura y el error estándar calculado para cada especie por fecha de medición en el sitio Washington, en el cual *E. polystachya* fue la especie que mostró la mayor altura promedio final (197 cm) y *A. occidentalis* la menor (68.4 cm). En Café del Bosque *S. multiglandulosa* y *A. angustissima* tuvieron los valores promedio finales más altos y bajos respectivamente; sin embargo se observó que la primera mostró un aumento considerable en altura a lo largo de la duración del experimento (152.90 cm), mientras que la segunda, se mantuvo casi invariable de la tercera a la quinta medición y sólo mostró un crecimiento de 2.8 cm (Anexo 2.1 y Figura 13).

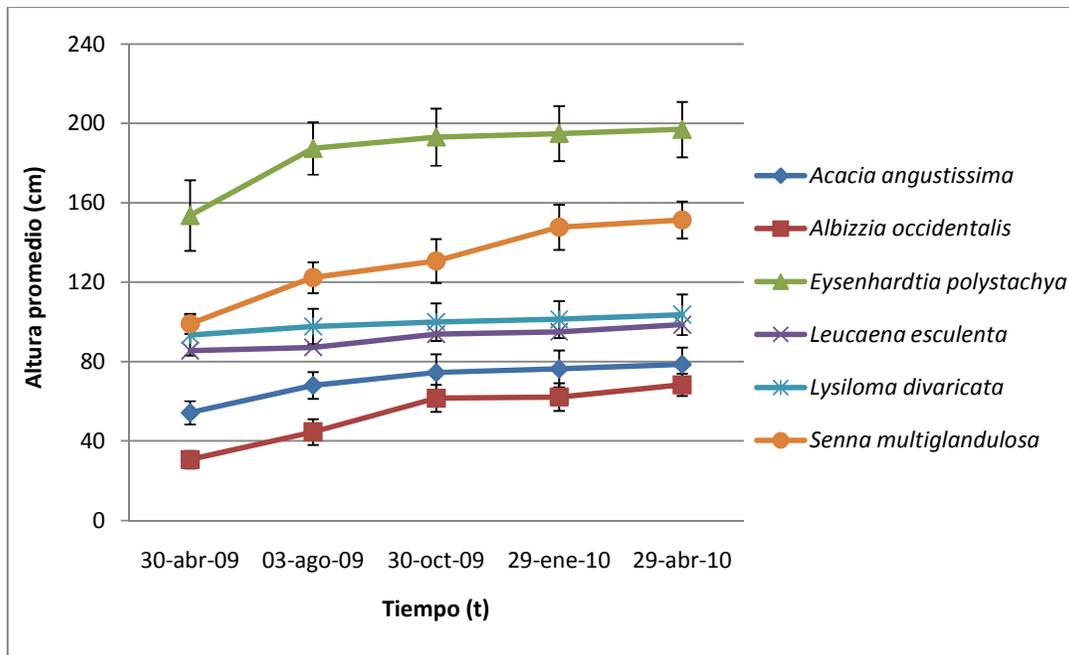


Figura 12. Altura promedio de las especies por fecha de medición en el sitio Washington.

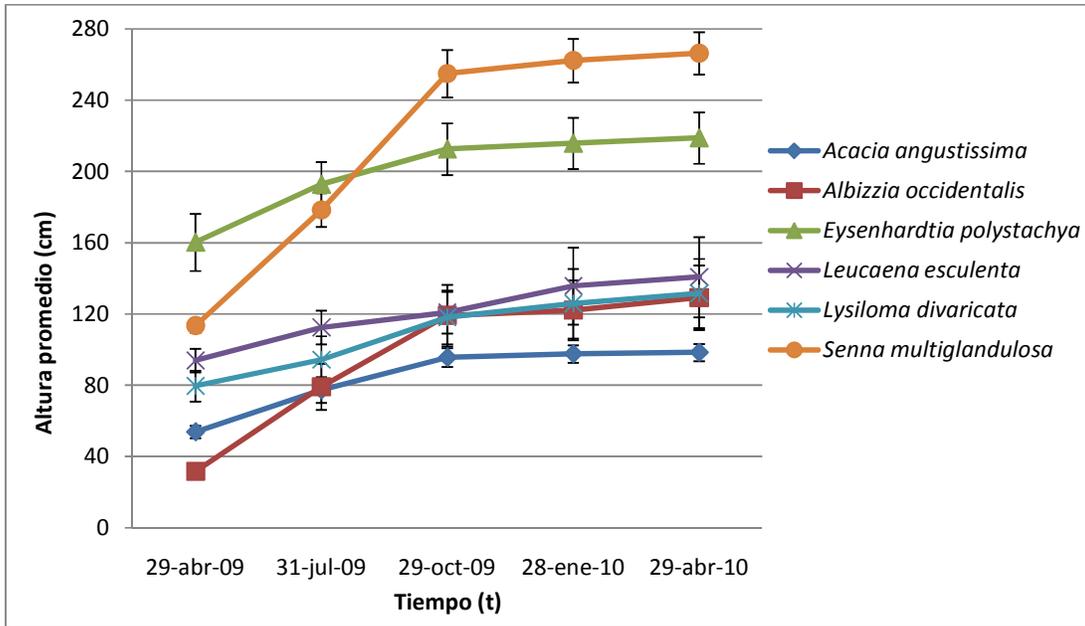


Figura 13. Altura promedio de las especies por fecha de medición en el sitio Café del Bosque.

En Casa Redonda *E. polystachya* mostró la altura promedio inicial y final más grande (127.7 y 216.8, respectivamente) y *A. angustissima*, a partir de la segunda mitad del año, fue manteniendo un crecimiento constante pero reducido, que ocasionó que en la última evaluación su promedio fuera de 98.4 cm, el más bajo de las seis especies (Figura 14).

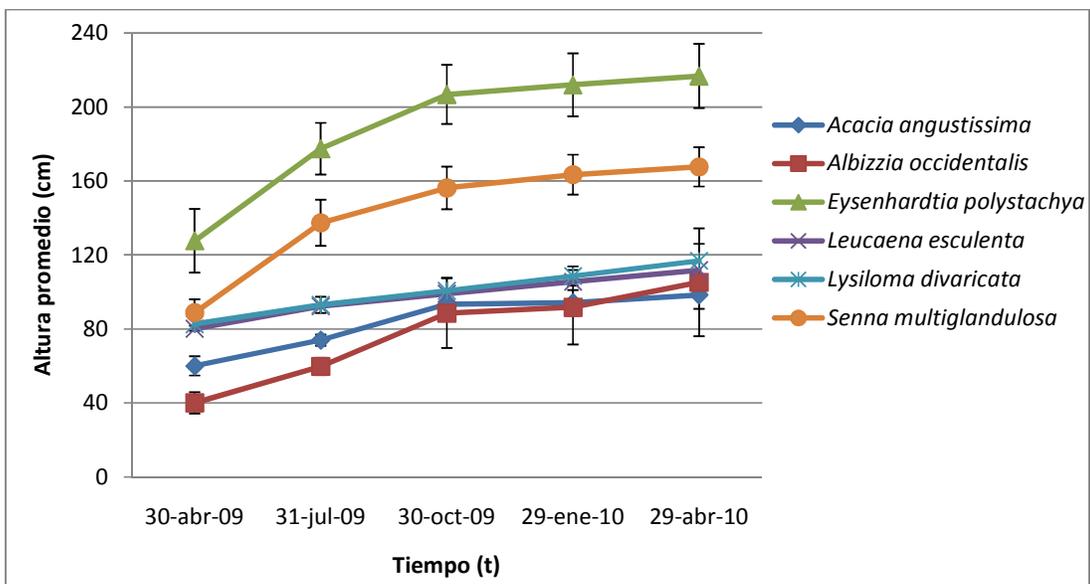


Figura 14. Altura promedio de las especies por fecha de medición en el sitio Casa Redonda.

Con respecto al crecimiento absoluto promedio de las especie a lo largo del año de evaluación (altura final - altura inicial), se observó que *S. multiglandulosa* tuvo el mayor incremento, mientras que *L. esculenta* fue la especie con el menor crecimiento (94.65 y 37.11 cm, respectivamente). A pesar de esto, el análisis de varianza realizado a estos valores indican que no existieron diferencias significativas entre las especies (Cuadro 5).

Cuadro 5. Resultados del análisis de varianza y agrupación de medias en el crecimiento absoluto de seis especies de leguminosas.

Especie	Media	Agrupación (*)
<i>Senna multiglandulosa</i>	94.65	A
<i>Albizia occidentalis</i>	64.83	A
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	60.62	A
<i>Lysiloma divaricata</i>	38.77	A
<i>Acacia angustissima</i>	37.60	A
<i>Leucaena esculenta</i>	37.11	A
Significancia observada para tratamientos	0.104	
C. V. (%)	53.4996	

(*) Las medias con diferente letra difieren significativamente entre sí con un $\alpha=0.05$.

No obstante lo anterior, los datos referidos sólo muestran el crecimiento absoluto de las especies y no la tasa relativa de crecimiento, es decir, el incremento que cada especie experimentó día con día. La determinación anterior es muy importante ya que cada especie tenía alturas iniciales distintas desde el vivero y por ejemplo, *E. polystachya* y *S. multiglandulosa* presentaban alturas iniciales promedio de 141.46 y 95.07 cm, respectivamente, mientras que en *A. occidentalis* y *A. angustissima* se registraron alturas promedio de 37.22 y 53.25 cm.

5.2.1 Tasa de crecimiento en altura

Los resultados del análisis de varianza para comparar las tasas de crecimiento en altura entre las seis especies de leguminosas en cada uno de los sitios se reúnen en el Cuadro 6. En Washington se registraron diferencias significativas entre las especies, en particular *A. occidentalis*, cuya tasa de crecimiento fue mayor a 0.0010 cm por día.

Cuadro 6. Resultados del análisis de varianza y comparación de medias para la tasa de crecimiento en altura de las seis especies de leguminosas por sitio.

Especie	Washington		Café del Bosque		Casa Redonda	
	Media	Agrupación (*)	Media	Agrupación (*)	Media	Agrupación (*)
<i>Acacia angustissima</i>	0.0004	BC	0.0007	BC	0.0005	A
<i>Albizzia occidentalis</i>	0.0010	A*	0.0015	A*	0.0010	A
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	0.0003	BC	0.0004	C	0.0006	A
<i>Leucaena esculenta</i>	0.0002	BC	0.0004	C	0.0003	A
<i>Lysiloma divaricata</i>	0.0001	C	0.0006	BC	0.0003	A
<i>Senna multiglandulosa</i>	0.0005	B	0.0010	AB*	0.0006	A
Significancia observada para tratamientos	1.33 x 10 ⁻⁶		5.14 x 10 ⁻⁶		0.141	
C. V. (%)	44.08		35.89		69.53	
C. V. c/transformación (%)	0.0089		0.0138		0.020	

(*) Las medias con diferente letra difieren significativamente entre sí con un $\alpha=0.05$.

Los resultados para Café del Bosque mostraron diferencias significativas entre las tasas de crecimiento de las especies y la prueba de Tukey para dichos datos revela que de nuevo, *A. occidentalis* alcanzó los valores más altos (0.0015 cm/día) junto con *S. multiglandulosa*, por lo que se separan de las especies restantes. En Casa Redonda no se observaron diferencias entre las especies, lo que significa que las tasas de crecimiento de cada una no fueron significativamente mayores o menores a las otras.

Debido a que los coeficientes de variación oscilaron entre 35.89 y 69.53, se procedió a aplicar una transformación a los datos (Raíz(B+1)), cuyos resultados se ordenan en los anexos 3.1 a 3.3, con el fin de homogeneizar las varianzas y reducir la variación. No obstante lo anterior, los resultados y la agrupación de medias fueron las mismas por lo que se continuaron utilizando los valores originales. Igualmente, se llevó a cabo un análisis de varianza en el que se tomaron en cuenta los promedios generales de las tasas de crecimiento de los tres sitios y cuyos resultados arrojaron diferencias significativas entre las especies (Cuadro 7).

Cuadro 7. Resultados del análisis de varianza de la tasa de crecimiento en altura evaluados en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	Sig Obs
Total	17	2.09×10^{-6}			
Tratamientos	5	1.52×10^{-6}	3.04×10^{-7}	6.402	0.004*
Bloques	2	3.97×10^{-7}	1.98×10^{-7}	4.171	0.042*
Error	12	5.71×10^{-7}	4.75×10^{-8}		
Media general (μ)				0.0006	
C.V. (%)				37.5853	

*=significativo con $\alpha=0.05$, ns = no significativo

En el Cuadro 8 se presentan los resultados de la prueba de medias correspondiente para determinar las diferencias en la tasa de crecimiento en altura entre especies. Nuevamente *A. occidentalis* (0.0012 cm/día) tuvo diferencias significativas con *A. angustissima*, *E. polystachya*, *L. esculenta* y *L. divaricata* pero no así con *S. multiglandulosa* (0.0007 cm/día).

Cuadro 8. Resultados de la prueba de comparación de medias de la tasa de crecimiento en altura de seis especies establecidas en la 2ª sección.

Especie	Media	Agrupación (*)
<i>Albizzia occidentalis</i>	0.0012	A
<i>Senna multiglandulosa</i>	0.0007	AB
<i>Acacia angustissima</i>	0.0005	B
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	0.0004	B
<i>Lysiloma divaricata</i>	0.0004	B
<i>Leucaena esculenta</i>	0.0003	B

(*) Las medias con diferente letra difieren significativamente entre sí con un $\alpha=0.05$.

Los valores promedio de las tasas de crecimiento en altura de las especies en los tres sitios experimentales a lo largo de un año de evaluación (Figura 15) mostraron que, en general, se registraron los valores más altos del mes de abril, cuando se hizo la plantación, al mes de agosto, periodo que coincide con la temporada de lluvias. Asimismo, del mes de octubre de 2009 a enero de 2010, las plantas disminuyeron su tasa de crecimiento pues entraron en un periodo de latencia. En abril de ese mismo año dichos valores continuaron disminuyendo en la mayoría de las especies y solamente *A. angustissima* y *A. occidentalis* tuvieron un aumento en su velocidad de crecimiento.

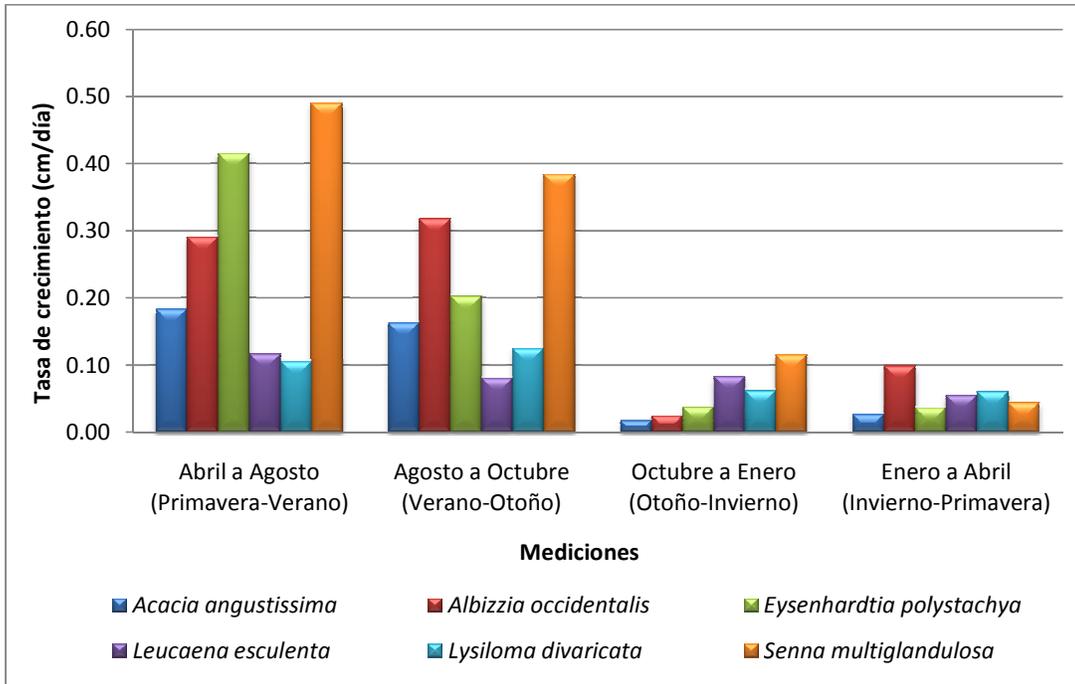


Figura 15. Tasas de crecimiento estacional promedio en altura de seis especies registradas en los tres sitios de plantación establecidos en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.

Se solicitó información al Servicio Meteorológico Nacional sobre los registros de temperatura promedio y precipitación total de la estación de Tacubaya, por su cercanía al área de estudio (anexos 4.1 y 4.3). Esto con el fin de saber si existía una relación positiva entre el crecimiento de las especies y las condiciones climáticas que se presentaron en los meses en que se evaluó la plantación.

Los registros de precipitación mostraron que del 04 de agosto al 30 de octubre del 2009 se acumularon 370.3 mm (Anexo 4.2) y en esos meses las plantas presentaron tasas de crecimiento elevadas, mientras que de principios de noviembre a finales de enero del 2010, sólo se acumularon 38.1 mm de lluvia, lo que pudo ocasionar que la velocidad de crecimiento de las plántulas disminuyera drásticamente (Figura 16).

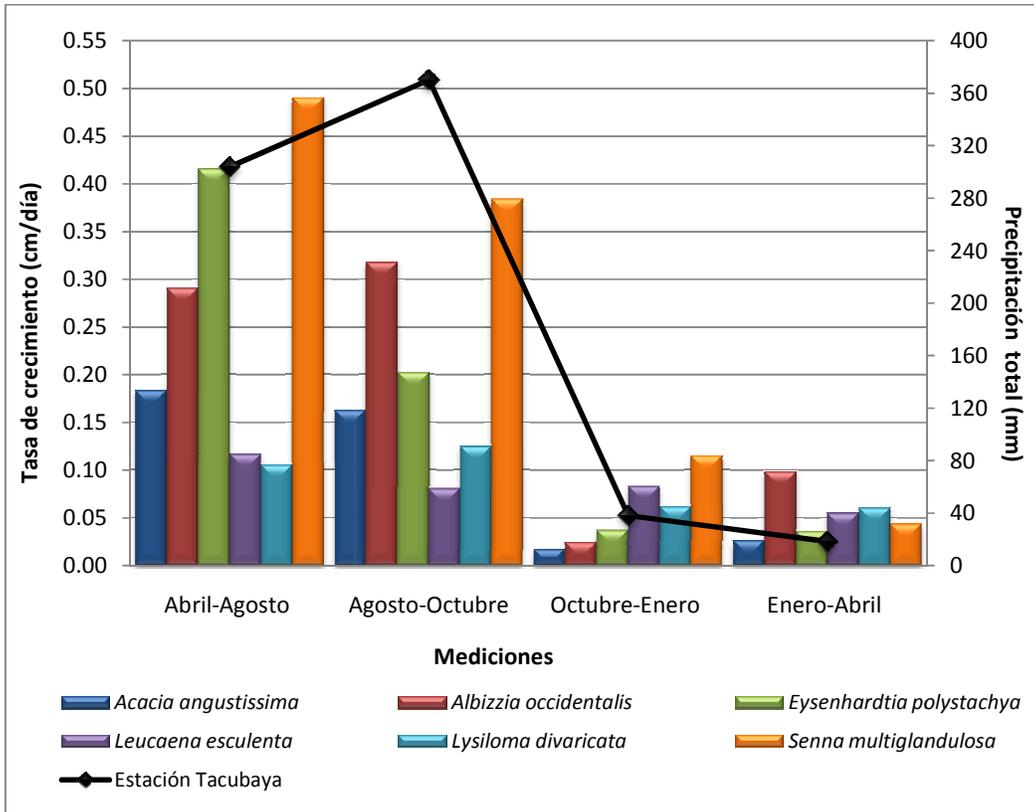


Figura 16. Tasas de crecimiento promedio en altura de las seis especies de leguminosas, en relación con el registro de precipitación de la estación meteorológica Tacubaya.

5.3 Diámetro basal

El crecimiento en esta variable también fue un buen indicador de la respuesta de las especies a las condiciones en que fueron establecidas. Los datos numéricos se presentan en el Anexo 2.2 mientras que en la Figura 17 se ilustran gráficamente los promedios de diámetro y el error estándar calculado para cada especie por fecha de medición. En el sitio Washington. *S. multiglandulosa* es la especie con el diámetro promedio final mayor (27.82 mm) y *L. esculenta* el menor (8.08 mm); sin embargo la primera experimentó un aumento considerable en diámetro a lo largo del ensayo (20.58 mm), mientras que la segunda sólo tuvo un crecimiento de 0.77 mm de la tercera a la quinta medición.

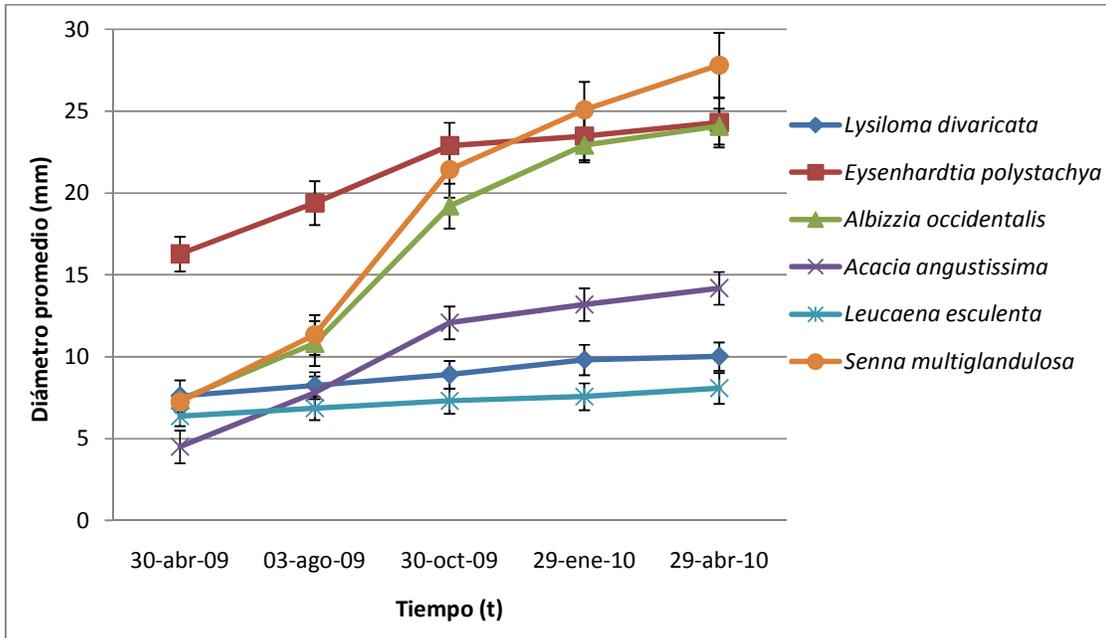


Figura 17. Diámetro promedio de las especies por fecha de medición en el sitio Washington.

En Café del Bosque *S. multiglandulosa* y *L. divaricata* presentaron los valores promedio finales más altos y bajos respectivamente (38.29 y 12.72 mm); sin embargo *S. multiglandulosa* tuvo un incremento en diámetro considerable (29.24 mm) a lo largo del año de evaluación, mientras que en *L. divaricata* se observó lo contrario, únicamente un incremento de 3.96 mm (Figura 18).

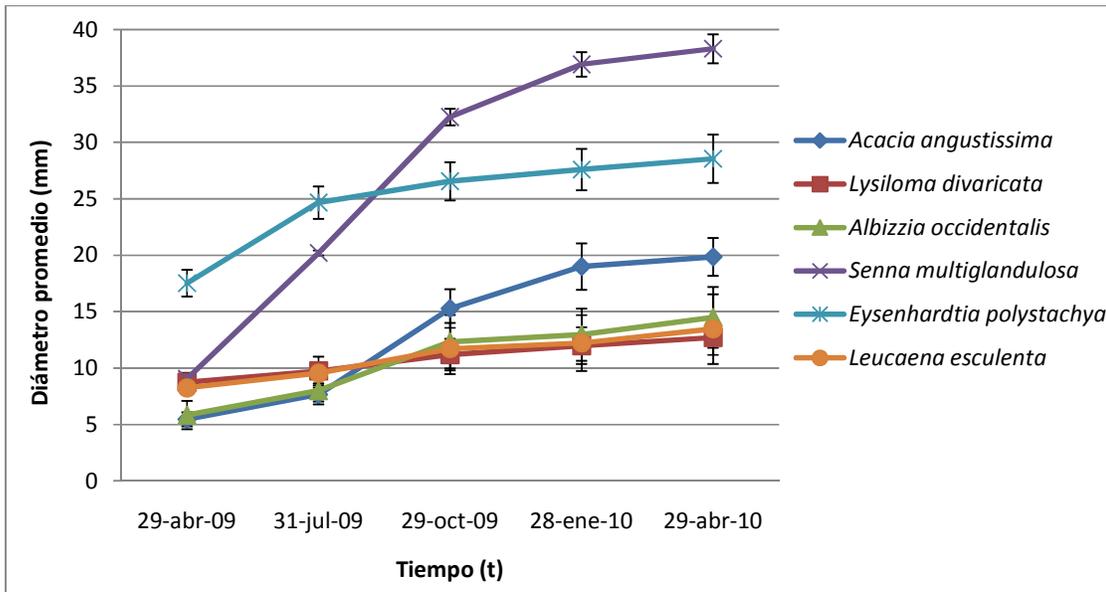


Figura 18. Diámetro promedio de las especies por fecha de medición en el sitio Café del Bosque.

En Casa Redonda *A. occidentalis* mostró la altura promedio final más grande (26.17 mm), con un incremento de 17.56 mm desde el diámetro inicial, mientras que *L. esculenta* fue manteniendo un crecimiento constante a través del tiempo, lo que ocasionó que en la última evaluación tuviera un promedio de 11.33 mm, el más bajo de las seis especies (Figura 19).

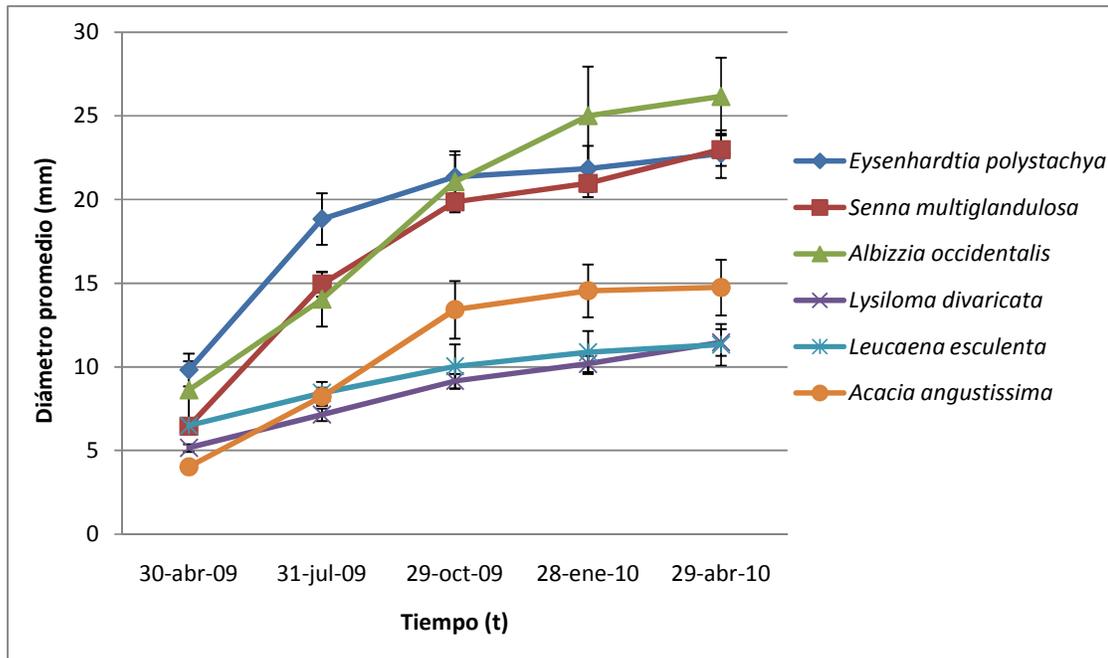


Figura 19. Diámetro promedio de las especies por fecha de medición en el sitio Casa Redonda.

Con respecto al crecimiento absoluto promedio de las especie a lo largo del año de evaluación (diámetro final - diámetro inicial), *S. multiglandulosa* tuvo el mayor incremento, con 18.12 mm, en contraste, *L. esculenta* tuvo el menor (5.54 mm). A pesar de esto, los resultados del análisis de varianza para estos valores mostraron que no existen diferencias significativas entre las especies (Cuadro 9).

Cuadro 9. Resultados del análisis de varianza y agrupación de medias en el crecimiento absoluto en diámetro basal de las seis especies.

Especie	Media	Agrupación (*)
<i>Senna multiglandulosa</i>	18.12	A
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	11.76	A
<i>Albizzia occidentalis</i>	11.74	A
<i>Acacia angustissima</i>	10.80	A
<i>Lysiloma divaricata</i>	6.71	A
<i>Leucaena esculenta</i>	5.54	A
Significancia observada para tratamientos	0.11	
C. V. (%)	47.5268	

(*) Las medias con diferente letra difieren significativamente entre sí con un $\alpha=0.05$

Debido a que desde el vivero cada especie presentaba una variación en el diámetro inicial, (por ejemplo, *E. polystachya* tenía diámetros iniciales promedio de 14.54 mm y *A. angustissima* de 4.67 mm), se calcularon las tasas de crecimiento.

5.3.1 Tasa de crecimiento en diámetro basal

La prueba de análisis de varianza de las tasas de crecimiento en diámetro entre las seis especies de leguminosas por sitio (Cuadro 10) mostró que en Washington sí hubo diferencias significativas entre las especies, en este caso *S. multiglandulosa*, *A. occidentalis* y *A. angustissima* con tasas de crecimiento de 0.002 mm/día para las primeras y 0.001 mm/día para la segunda, las cuales difieren significativamente de *E. polystachya*, *L. divaricata* y *L. esculenta*.

En Café del Bosque se observaron diferencias significativas y la prueba de Tukey para dichos datos reveló que *S. multiglandulosa* y *A. angustissima* volvieron a ser las especies con un crecimiento significativamente mayor. Contrariamente a los resultados registrados para la altura, en el diámetro de las plantas establecidas en Casa Redonda sí se verificaron diferencias entre las especies y resaltó nuevamente las diferencias entre *A. angustissima* que presentó la tasa de crecimiento más alta (0.0014 mm/día), en comparación con *E. polystachya* y *L. esculenta* con las más bajas (0.0008 y 0.0006 mm/día), (Cuadro 10).

Cuadro 10. Resultados del análisis de varianza y comparación de medias para la tasa de crecimiento en diámetro de las seis especies de leguminosas por sitio.

Especie	Washington		Café del Bosque		Casa Redonda	
	Media	Agrupación (*)	Media	Agrupación (*)	Media	Agrupación (*)
<i>Acacia angustissima</i>	0.0013	A	0.0017	A	0.0015	A
<i>Albizia occidentalis</i>	0.0015	A	0.0011	B	0.0014	AB
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	0.0005	B	0.0005	C	0.0009	BC
<i>Leucaena esculenta</i>	0.0003	B	0.0005	C	0.0006	C
<i>Lysiloma divaricata</i>	0.0004	B	0.0004	C	0.0009	ABC
<i>Senna multiglandulosa</i>	0.0017	A	0.0017	A	0.0014	AB
Significancia observada para tratamientos	3.11×10^{-10}		3.13×10^{-8}		0.0005	
C. V. (%)	25.681		28.350		27.099	
C. V. c/transformación (%)	0.012		0.014		0.015	

(*) Las medias con diferente letra difieren significativamente entre sí con un $\alpha=0.05$.

Debido a que se encontraron coeficientes de variación entre 25.68 y 28.35, se aplicó la misma transformación (Raíz(B+1)) que se utilizó para los datos de altura, con el fin de reducirla. No obstante lo anterior, las agrupaciones de medias fueron las mismas por lo que se continuó trabajando con los valores originales (anexos 3.4 a 3.6). Asimismo, se llevó a cabo un análisis de varianza en el que se tomaron en cuenta los promedios generales de las tasas de crecimiento de los tres sitios y cuyos resultados arrojaron diferencias significativas entre las especies (Cuadro 11).

Cuadro 11. Resultados del análisis de varianza de los datos de tasa de crecimiento en diámetro evaluados en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	Sig Obs
Total	17	4.45×10^{-6}			
Tratamientos	5	3.89×10^{-6}	7.78×10^{-7}	16.637	4.96×10^{-5} *
Bloques	2	1.16×10^{-7}	5.81×10^{-8}	1.242	0.323 ^{ns}
Error	12	5.61×10^{-7}	4.67×10^{-8}		
Media general (μ)				0.0010	
C.V. (%)				21.2995	

*=significativo con $\alpha=0.05$, ns = no significativo

La prueba de medias correspondiente para determinar las diferencias en la tasa de crecimiento en diámetro entre especies (Cuadro 12), mostró que nuevamente *S. Multiglandulosa* (0.002 mm/día), *A. angustissima* (0.001

mm/día) y *A. occidentalis* (0.001 mm/día) manifestaron diferencias significativas en relación con *E. polystachya*, *Lysiloma divaricata* y *Leucaena esculenta*.

Cuadro 12. Resultados de la comparación de medias de la tasa de crecimiento en diámetro de seis especies establecidas en la 2ª sección.

Especie	Media	Agrupación (*)
<i>Senna multiglandulosa</i>	0.0016	A
<i>Acacia angustissima</i>	0.0015	A
<i>Albizia occidentalis</i>	0.0013	A
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	0.0006	B
<i>Lysiloma divaricata</i>	0.0006	B
<i>Leucaena esculenta</i>	0.0005	B

(*) Las medias con diferente letra difieren significativamente entre sí con un $\alpha=0.05$

Los valores promedio de las tasas de crecimiento en diámetro de las especies en los tres sitios experimentales a lo largo de un año de evaluación (Figura 20) mostraron que para la mayoría de las especies se registraron altos valores del mes de abril (cuando se hizo la plantación) al mes de octubre, período en que ocurre la época de lluvias. Asimismo, de este último mes a enero de 2010, las plantas disminuyeron su tasa de crecimiento pues entraron en un periodo de poca actividad. En abril de ese mismo año dichos valores continuaron disminuyendo para la mayoría de las especies y únicamente *E. polystachya* y *L. esculenta* registraron un aumento en su velocidad de crecimiento.

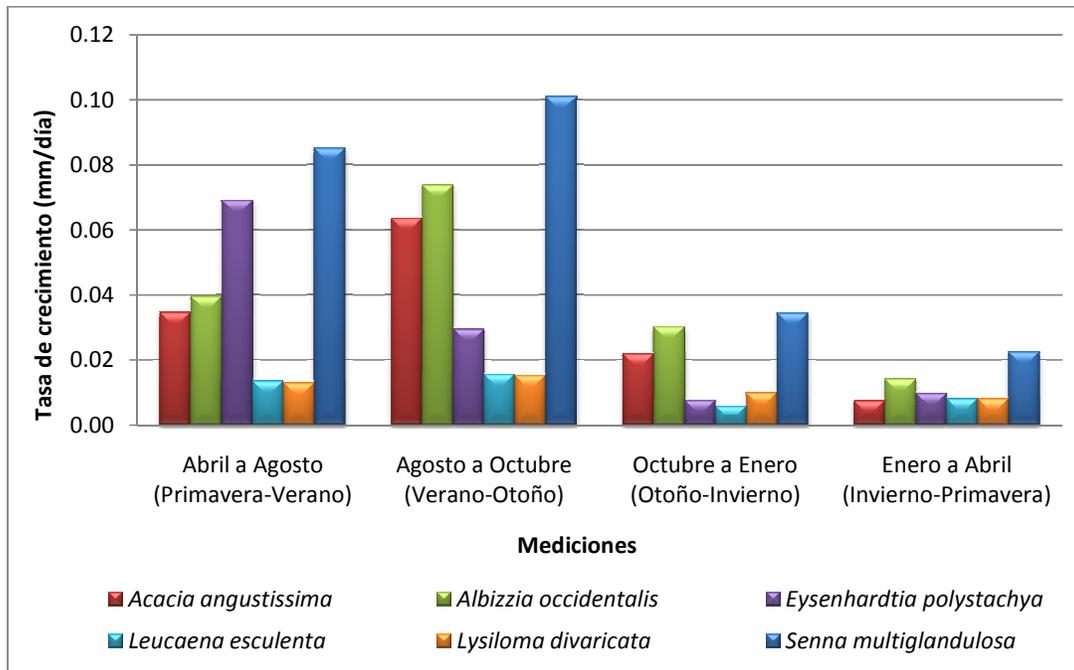


Figura 20. Tasas de crecimiento estacional promedio en diámetro de seis especies registradas en los tres sitios de plantación establecidos en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.

Al igual que en la altura, las tasas de crecimiento en diámetro basal en su mayoría se relacionan con los registros de precipitación obtenidos de la estación meteorológica de Tacubaya (Anexo 4.2). Las especies alcanzaron valores más altos en los meses de agosto a octubre, cuando se acumula una mayor precipitación (370.3 mm), mientras que las tasas de crecimiento disminuyeron notoriamente a principios de noviembre, lo que podría deberse a que la precipitación fue mínima (Figura 21).

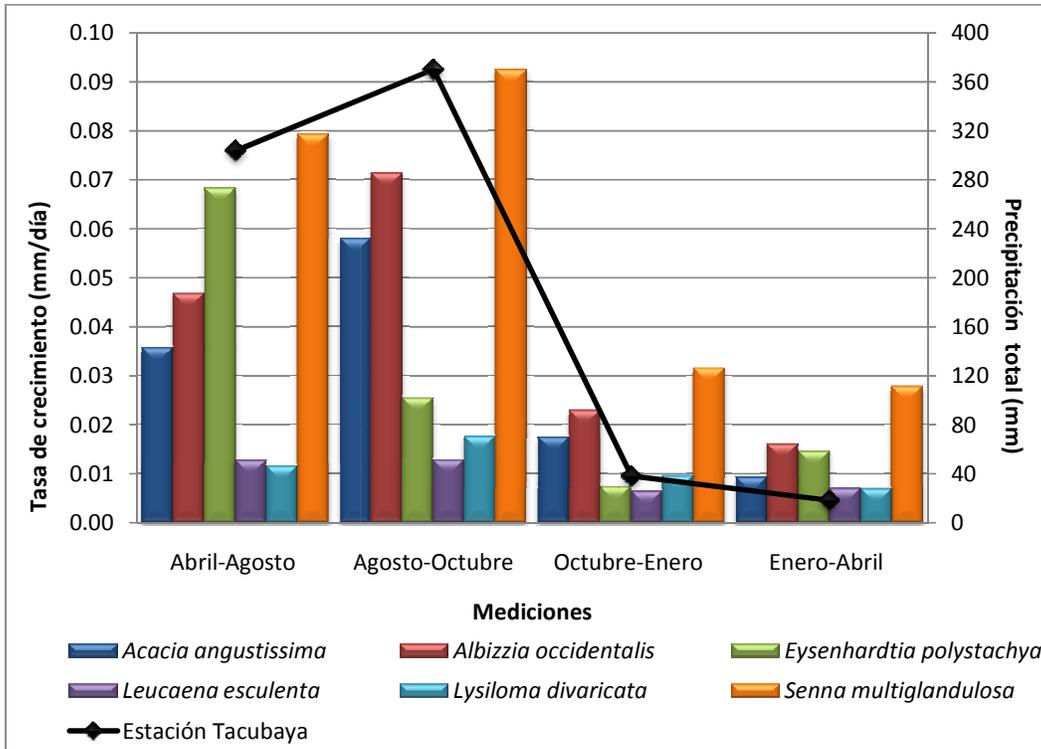


Figura 21. Tasas de crecimiento promedio en diámetro de las seis especies de leguminosas, en relación con el registro de precipitación de la estación meteorológica Tacubaya.

5.4 Suelo

Las características del suelo se determinaron de forma visual al momento de que se abrieron las cepas para la plantación. En el sitio Washington se observó una mayor cantidad de cascajo (ladrillos, cemento) y se encontraron restos de vidrio, papel, plástico, etc. y un horizonte endurecido (tepetate) con un alto grado de compactación y poca retención de humedad (Figura 22).



Figura 22. Horizonte de tepetate y cascajo encontrado al momento de apertura de cepas en el sitio Washington en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.

En Café del Bosque y Casa Redonda se advirtió un horizonte más delgado y definido de tepetate (figuras 23 y 24) y menos cascajo, que en este caso únicamente estaba conformado por piedras y restos de plástico.

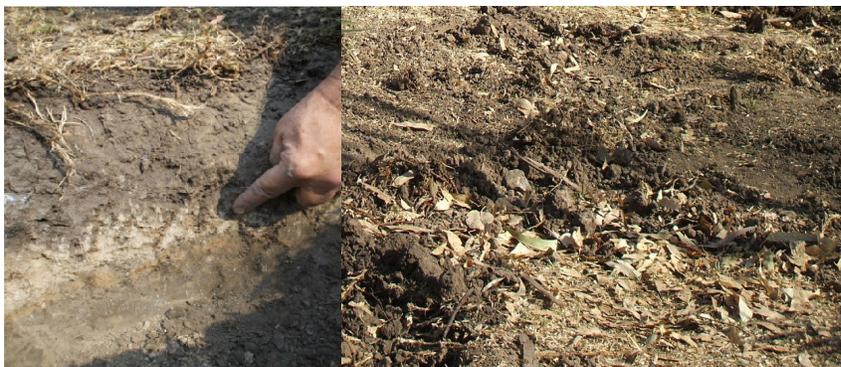


Figura 23. Horizonte de tepetate encontrado durante la apertura de cepas en el sitio Café del Bosque en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.



Figura 24. Horizonte de tepetate encontrado durante la apertura de cepas en el sitio Casa Redonda en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.

5.5 Fenología foliar

Se dio seguimiento a la fenología foliar de las especies en forma complementaria a la evaluación de crecimiento. Después de ocho meses de haber realizado la primera medición (10/dic/2009), en el sitio Washington comenzó la defoliación de los ejemplares de *Eysenhardtia polystachya*, las cuales se quedaron sin hojas a principios de marzo de 2010. También se evidenció la aparición de manchas foliares en *Albizzia occidentalis* (Figura 25), la caída de hojas en *Acacia angustissima* ocasionada por la presencia de insectos homópteros de la familia Coccidae (escamas) y la aparición de yemas en *A. occidentalis*, *Leucaena esculenta* y *Lysiloma divaricata*. Asimismo, se observó la floración y fructificación de *Senna multiglandulosa* y evidencia en

ésta del ataque de insectos hemípteros de la familia Membracidae que son conocidos como toritos o periquitos (Figura 26).



Figura 25. a) Defoliación de *E. polystachya*; b) manchas foliares en *A. occidentalis*.



Figura 26. a) Escamas en *A. angustissima*; b) periquitos en *S. multiglandulosa*.

Para el 29 de abril del 2010 aparecieron las primeras hojas en las plantas de *E. polystachya* y yemas en *A. occidentalis*; en *S. multiglandulosa* se registró una gran cantidad de vainas maduras. Tanto en *A. angustissima* como en *L. esculenta* y *L. divaricata* se observó una pérdida de follaje (Figura 27), ocasionada en el primer caso por el ataque de las escamas que se adhieren a las ramas y chupan la savia y en las otras especies probablemente por la falta de algunos nutrientes en el suelo.



Figura 27. a) Foliación de *E. polystachya*; b) yema en *A. occidentalis*; c) pérdida de follaje en *L. esculenta* y d) vista parcial de la parcela.

Para la segunda evaluación en Café del Bosque se encontró que algunas plantas de *E. polystachya* presentaban floración y tres meses después, en noviembre de 2009, se registró la aparición de una flor y una vaina en *A. occidentalis*, así como la de botones florales en *L. esculenta* y flores y algunas vainas en *S. multiglandulosa* (Figura 28). Al igual que en el primer sitio, la defoliación de los individuos de *E. polystachya* comenzó en diciembre de 2009.



Figura 28. a) Floración de *E. polystachya*; b) flor y vaina de *A. occidentalis*; c) botones florales de *L. esculenta*; d) flores de *S. multiglandulosa*.

Igualmente, en marzo del 2010 se inició la apertura de yemas en *A. occidentalis*, *L. divaricata* y *L. esculenta* y para la última evaluación, ésta ya tenía flores, *S. multiglandulosa* frutos maduros e *E. polystachya* hojas. *A. angustissima* y *L. divaricata* presentaban poco follaje y ésta última portaba evidencia de la posible falta de nutrientes (Figura 29).



Figura 29. a) Flores de *L. esculenta*; b) vainas de *S. multiglandulosa*; c) vista parcial de la parcela; d) follaje de *L. divaricata*.

En Casa Redonda a finales del 2009 también se reconocieron manchas foliares en *A. occidentalis*, caída de hojas en *E. polystachya* y aparición de botones florales en *L. esculenta* y *S. multiglandulosa* (Figura 30).

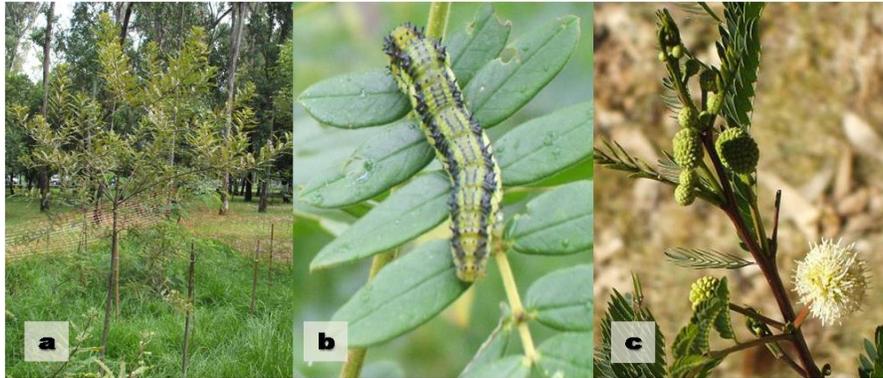


Figura 30. a) Comienzo de la defoliación de *E. polystachya*; b) defoliador en *S. multiglandulosa*; c) flores de *L. esculenta*.

También se identificaron síntomas de plaga y capullos de mariposa en *S. multiglandulosa*, así como clorosis en las hojas de ésta (Figura 31). Al igual que en los otros sitios, a principios del 2010 se verificó la apertura de yemas en plantas de *A. occidentalis*, *L. divaricata* y *A. angustissima*; la floración y fructificación de los individuos de *S. multiglandulosa*, así como las primeras flores en *L. esculenta* (Figura 32).



Figura 31. a) Defoliación ocasionada por ataque de plaga; b) manchas foliares en *S. multiglandulosa*; c) vista parcial de la parcela.

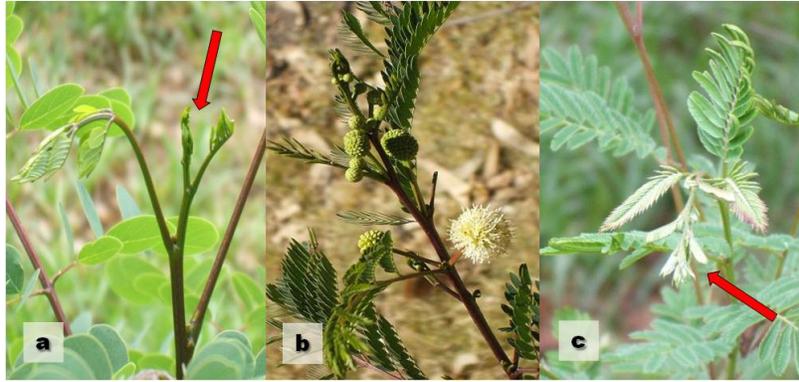


Figura 32. a) Yemas de *A. occidentalis*; b) flores de *L. esculenta*; c) yemas de *A. angustissima*.

Finalmente, se ilustran distintos eventos fenológicos en relación con los datos de temperatura de la estación Tacubaya (Anexo 4.3), donde se observa que en general la aparición de yemas, floración y fructificación de las especies tienen lugar de mayo a julio del año en que se hizo la plantación y entre marzo y abril del año siguiente, es decir, cuando se registran las máximas temperaturas. Asimismo, los meses con las temperaturas más bajas se registraron de noviembre del 2009 a febrero del 2010 (15.98, 16.25, 14.50 y 15.38 °C respectivamente), época en la que comienza la defoliación de las plantas y surgen algunas plagas en ciertas especies (Figura 33).

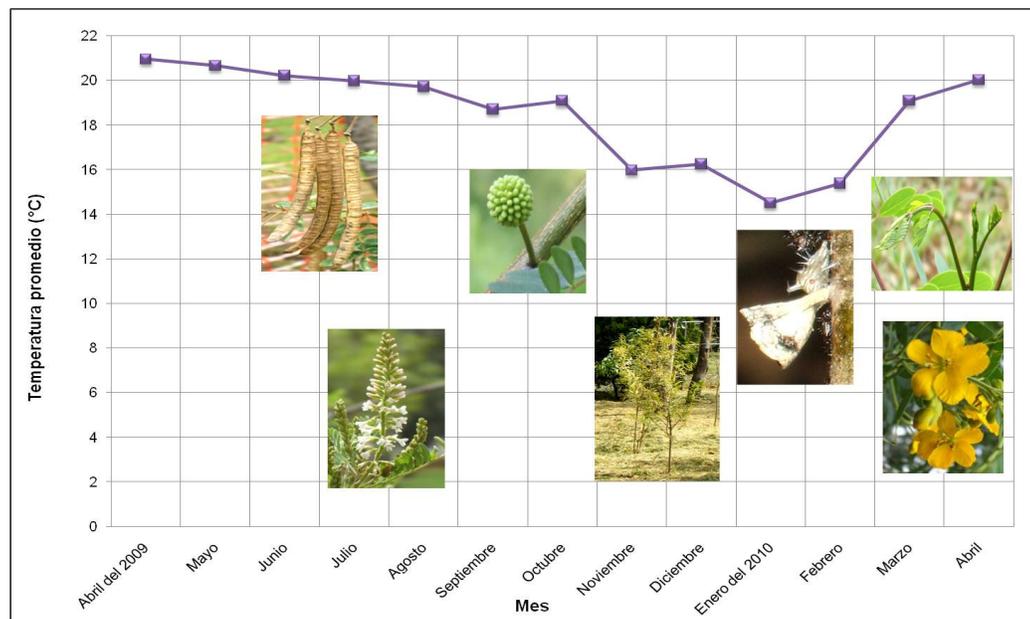


Figura 33. Eventos fenológicos en las seis especies de leguminosas bajo estudio y su relación con el registro de temperatura de la estación meteorológica Tacubaya.

6. DISCUSIÓN

Durante la evaluación del ensayo se observó una supervivencia final muy elevada (96.91%) y solo se registraron dos individuos muertos de *Acacia angustissima*, uno de *Senna multiglandulosa* y uno muerto y uno desaparecido de *Lysiloma divaricata* (92.59, 96.3 y 92.59% de supervivencia para cada especie, respectivamente). Asimismo, si se analiza esta variable por sitio, en Washington hubo una supervivencia de 94.44% mientras que en Café del Bosque y Casa Redonda fue de 98.15%, pequeña diferencia entre sitios que se corroboró con el resultado de la prueba de análisis de varianza que fue no significativa ($\text{sig}=0.28 > 0.05$), lo que implica que la condición de los sitios no influyó en la supervivencia de las plantas.

La muerte de los individuos se debió a distintos factores; en el caso de *S. multiglandulosa* se atribuyó al ataque de una plaga de insectos chupadores de la familia Membracidae conocida comúnmente como toritos o periquitos, que se alimentan, principalmente, de ramas y ramitas tiernas de árboles y arbustos, lo que puede ocasionar la muerte del brote (Cibrián *et al.*, 1995). En el caso de *A. angustissima* y *L. divaricata* se podría deber a la intervención de ardillas y/o de perros en el lugar que dañaron la base del tallo de las plantas. No obstante lo anterior, los resultados del análisis de varianza mostraron que ninguna especie tuvo una supervivencia significativamente menor o mayor a otra en ninguno de los sitios ($0.153 > 0.05$).

De igual forma, algunos factores ajenos a la condición física de los sitios y a las características de cada especie como presencia de fauna o vandalismo, ocasionaron daños en la punta de algunas ramas, lo que se reflejó en la disminución de algunos valores promedio al momento de llevar a cabo las mediciones.

En el crecimiento absoluto promedio en altura (final-inicial) se observó que *L. esculenta* alcanzó el valor más alto; sin embargo no hubo diferencias significativas entre las especies. No obstante, *Albizzia occidentalis* tuvo una tasa de crecimiento mayor seguida de *S. multiglandulosa*. En la prueba de Tukey realizada con estos valores resultó que estas dos especies difirieron

significativamente de las restantes en los sitios denominados Washington y Café del Bosque; mientras que en Casa Redonda no se observaron diferencias significativas entre ninguna de las leguminosas.

S. multiglandulosa fue la especie con el mayor crecimiento absoluto promedio en diámetro y, en contraste, *Leucaena esculenta* el menor; sin embargo no se encontraron diferencias significativas en el análisis de varianza. Para la tasa de crecimiento, *S. multiglandulosa* y *A. angustissima* tuvieron las velocidades de crecimiento mayores en Café del Bosque, mientras que en Washington *A. occidentalis* también alcanzó los valores máximos. En el sitio Casa Redonda, *L. divaricata*, junto con estas tres especies anteriores, también manifestó diferencias significativas, lo que pudo deberse a que en este sitio la densidad arbórea circundante era mayor y por lo tanto el área de sombra también. Esta situación podría haber influido en el desarrollo de las plantas de esta especie, ya que según Terrones *et al.* (2004), requiere de sombra en sus etapas iniciales y a diferencia de Washington y Casa Redonda, este sitio presentó una menor incidencia de luz solar.

Leucaena esculenta presentó el crecimiento absoluto en diámetro y las tasas de crecimiento más bajas en ambas variables, aunque no formó una agrupación separada de las demás. Estos resultados en cierta forma se podrían comprender debido a que algunos autores como Terrones *et al.* (2004) clasifican a la especie como de crecimiento medio.

Los resultados obtenidos para *A. angustissima*, *A. occidentalis* y *S. multiglandulosa* también coinciden con lo encontrado por Rico y Bachman (2006) y Terrones *et al.* (2004) quienes las designan como de rápido crecimiento. También incluyen en esta categoría a *Lysiloma divaricata*, sin embargo, en este ensayo en general se obtuvieron bajos valores tanto de tasa relativa de crecimiento como de crecimiento absoluto. Asimismo, las especies perennifolias tuvieron tasas de crecimiento más bajas que las caducifolias entre los meses de abril y octubre (primavera a otoño).

Si se toma en cuenta la condición de los sitios, el PUEC-UNAM (2002) refiere que en el sitio Washington se registra de media a poca afluencia de visitantes, un suelo bien estructurado y una adecuada infiltración de agua; mientras que en Café del Bosque y Casa Redonda existen grandes claros sin vegetación en donde los visitantes juegan con pelota, lo que ocasiona una compactación del suelo y problemas erosivos (PUEC-UNAM, 2002). Sin embargo al momento de la apertura de cepas, en Washington se observó una gran cantidad de cascajo agregado al suelo y en este lugar las tasas de crecimiento fueron las más bajas. En Casa Redonda los suelos reunían una menor proporción de cascajo (piedras y restos de plástico) y el grado de compactación era menor. Esto redundó en un mejor crecimiento de las especies al registrarse tasas de crecimiento en altura de hasta 0.698 cm/día y de hasta 0.134 mm/día en diámetro basal.

En los tres sitios los suelos presentaron condiciones que pudieron haber limitado el óptimo crecimiento de las plantas como compactación, poca retención de humedad, pH entre 7.1 y 7.4 ocasionado por la composición de los mismos (cascajo), de acuerdo con lo reportado por el INIFAP-DBCh (2009).

Con respecto al diámetro, los resultados del análisis de varianza también permitieron determinar que no hubo diferencias significativas entre parcelas ($\text{Sig}=0.32>0.05$), pero no así para la altura ($\text{Sig}=0.042<0.05$), lo que implica que puede ser una variable del crecimiento más sensible a las condiciones de los sitios; sin embargo, el monitoreo y registro de la respuesta de las especies en un lapso mayor permitirá determinar lo anterior con mejor precisión.

La aparición de manchas rojizas en hojas de *Albizzia occidentalis* podría ser ocasionada por la deficiencia de ciertos nutrientes necesarios como nitrógeno, potasio y fósforo para que la planta mantenga una buena salud. La absorción de éstos se ve afectada por su baja disponibilidad en el suelo o por la composición, textura o pH del mismo. En suelos alcalinos y calcáreos al fósforo se le encuentra en la forma de PO_4^{3-} , la cual no es absorbible por las plantas, y su deficiencia propicia un crecimiento reducido en las hojas y los tallos, con coloraciones pardo-rojizas, purpúreas o bronceadas y se retarda la floración y madurez de los frutos (Kass, 1996; Hernández, 2002).

Con respecto a la fenología de las especies, la defoliación de *E. polystachya* empezó en el mes de noviembre, época en la que las especies comienzan a detener su crecimiento por la entrada del invierno y el establecimiento del estiaje y para abril del siguiente año inició el surgimiento de hojas nuevas. En contraste, Rzedowski (2007) y Rzedowski y Calderón, (1997) mencionan que *S. multiglandulosa* y *A. occidentalis* también son especies caducifolias, sin embargo, para esta última no se registró la disminución o pérdida completa de su follaje. Asimismo, en *S. multiglandulosa* se observó una pérdida de follaje ocasionada por factores bióticos externos a su fenología, como fue el caso del ataque de la plaga de insectos de la familia Membracidae y algunas orugas que se alimentaron de sus hojas. Es importante mencionar que no se había reportado el ataque de plagas en esta especie pero las plantas revelaron una gran capacidad de rebrote lo que implica que tiene una gran resistencia a este factor.

La apertura de yemas en *A. occidentalis*, *L. esculenta* y *L. divaricata* se dio de enero a abril, cuando las especies continúan con su desarrollo, ya pasada la época invernal. Asimismo, la floración de *L. esculenta* y la fructificación de *S. multiglandulosa* coinciden con la entrada de la primavera del año siguiente. Asimismo, las tasas de crecimiento más altas se observaron en temporada de lluvias y cuando las temperaturas fluctuaban entre los 18.71° y 20.95° C. Esto es debido a que las plantas tienen que sincronizar su desarrollo con las fluctuaciones en la duración del día y los cambios estacionales: lluvias de primavera, largos períodos de sequía y crecimiento, etc. Para muchas plantas, todas estas determinaciones se hacen reconociendo los períodos relativos de luz y oscuridad, fenómeno conocido como fotoperiodicidad (Sánchez, 2008).

Es importante destacar que las repoblaciones inducidas que se lleven a cabo tienen que ser precedidas por una serie de estudios, tanto de las condiciones ecológicas de la zona, como de las exigencias de la especie arbórea que se utilizará. Estos estudios son indispensables ya que las plantaciones estarán sometidas a varios factores limitantes en su desarrollo, de naturaleza abiótica como suelo y clima o biótica (plagas y enfermedades), (Alatorre, 1978).

De este modo el presente ensayo proporciona información rápida, útil y confiable acerca del crecimiento y la adaptación de las seis especies de leguminosas bajo estudio a las condiciones bióticas y abióticas, así como a determinados eventos de tipo social presentes en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec, que influyen en su establecimiento. Los resultados de este año de evaluación son alentadores; no obstante se necesitan 3 ó 5 años más de seguimiento para que el ensayo cuente con bases más sólidas.

Finalmente, es fundamental que se genere información para formar el establecimiento de masas arboladas urbanas con especies nativas, pues su repercusión con el medio es muy amplia, ya que forman parte de los procesos naturales, locales, se relacionan con la fauna local, generan un componente paisajístico muy agradable y reducen las actividades y costos de mantenimiento a largo plazo.

7. CONCLUSIONES

Las seis especies de leguminosas nativas evaluadas en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec presentaron una buena adaptación a las condiciones de clima y composición del suelo en dicha zona.

La supervivencia general promedio (96.91%), el crecimiento en altura y diámetro a lo largo del año y un registro fenológico acorde a las estaciones climáticas demostró su adaptabilidad al sitio.

Los factores que ocasionaron los mayores daños al arbolado en estudio fueron ajenos a las condiciones del sitio o al desarrollo intrínseco de las especies y se debieron a vandalismo y ataque de fauna doméstica.

Senna multiglandulosa fue la única especie que mostró evidencias del ataque de plagas; mientras que en *Albizzia occidentalis* se observaron síntomas de lo que podría ser deficiencia de nutrientes.

S. multiglandulosa, *A. occidentalis* y *A. angustissima* presentaron las mejores tasas de crecimiento; en contraste con *L. esculenta* que registró las más bajas en ambas variables. No obstante, las especies evaluadas son una opción adecuada para tomar en cuenta en futuros programas de reforestación que se lleven a cabo en dicha área.

8. RECOMENDACIONES

Debido a que en general *Lysiloma divaricata* tuvo bajos valores de tasa de crecimiento en ambas variables y desarrolló muy poco follaje debido quizá a la gran incidencia de luz solar, es recomendable plantarla en sitios más sombreados o manejar individuos de mayor tamaño, o sea, más grandes.

En la medida de lo posible se deberá dar seguimiento a las parcelas en un lapso de 3 a 5 años, debido a la existencia de una evidente interacción con las condiciones ambientales del sitio y factores sociales, ya que hasta el momento la información derivada de parcelas a largo plazo, representa la base más importante para obtener resultados sobre la verdadera tendencia de crecimiento de las especies a lo largo de su ciclo.

Es importante que se lleven a cabo estudios sobre las condiciones ecológicas de la zona que se va a reforestar y de las exigencias de la especie arbórea que se utilizará, antes de realizar repoblaciones artificiales en zonas urbanas; así como generar mayor información sobre los métodos de propagación en vivero de especies nativas que pueden ser empleadas en la dasonomía urbana para estos fines.

Finalmente, se debe ampliar la generación de información para el adecuado establecimiento de masas arboladas con especies nativas; sin embargo, se considera que los resultados obtenidos en el presente estudio pueden ser aplicados en otras áreas verdes que reúnan condiciones similares a las encontradas en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.

9. REFERENCIAS

- Abúndiz B. L., Tenorio L. P. y Barajas M. J. 2004. Anatomía de maderas de México: árboles y arbustos del matorral xerófilo de Tehuacán, Puebla. Publicación especial No. 19. Instituto de Biología, UNAM. México, D. F. 100 p.
- Alatorre R. R. 1978. Evaluación de plantaciones. *In: Plantaciones forestales. Memoria de la Primera Reunión Nacional, Diciembre de 1978. Dirección General de Investigación y Capacitación Forestales, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México, D. F. 335-337 pp.*
- Andrade M. G., Calderón de R. G., Camargo R. S. L., Grether R., Hernández H. M, Martínez B. A., Rico L., Rzedowski J. y Sousa S. M. 2007. Familia Leguminosae: Subfamilia Mimosoideae. (Fascículo 150). *In: Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Ed: J. Rzedowski y G. C. de Rzedowski. Instituto de Ecología, A.C., Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México, D. F. 230 p.*
- Benavides M. H. M. 1989. Bosque urbano: la importancia de su investigación y correcto manejo. *In: Memoria del Congreso Forestal Mexicano 1989. Tomo II. Toluca, Estado de México. 19 al 22 de julio de 1989. Gobierno del Estado de México y Academia Nacional de Ciencias Forestales, A. C. 966-992 pp.*
- Benavides M. H. M. 1992. Current situation of the urban forest in Mexico City. *Journal of Arboriculture 18(1): 33-36.*
- Benavides M. H. M., Ortega R. B., Medina B. M. de la P. y de la Garza, L. P. 1994. Notas del Curso de Dasonomía Urbana. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. sp.

- Benavides M. H. M., López M. R. y Flores H. J. 2002. Daños a banquetas por arbolado de alineación establecido en cepas en la delegación Coyoacán, Distrito Federal. *Rev. Cien. For. en Mex.* 27(92): 53-77.
- Budowski G. 2002. ¿Plantar árboles exóticos o nativos?. *Almanaque Urracá, Revistas Virtuales Panameñas*. Panamá. Disponible en: <http://revistasvirtualespan.tripod.com/id123.htm>>(06 de enero de 2010).
- Burley, J. 1969. Metodología de los ensayos de procedencia de especies forestales. *Unasyuva* 23(3). Número 94. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/93269s/93269s00.htm#Contents> (21 de mayo de 2009).
- Cabeza P. A. 1993. Elementos para el diseño de paisaje. Naturales, artificiales y adicionales. Editorial Trillas. México, D. F. 81 p.
- Calderón de R. G. y Rzedowski J. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2ª Edición. Instituto de Ecología A. C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México. 1406 p.
- Camacho M. F. 2003. Arbustos para la reforestación del Distrito Federal. Folleto para productores No. 8. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México, D. F. 32 p.
- Cervantes G. V., López G. M., Salas, N. N. y Hernández C. G. 2001. Técnicas para propagar especies nativas de selva baja caducifolia y criterios para establecer áreas de reforestación. Coordinación de Servicios Editoriales, Facultad de Ciencias, UNAM, PRONARE, SEMARNAP. México, D. F. 174 p.

- Cervantes S. M. y Sotelo B. M. 2002. Guías técnicas para la propagación sexual de 10 especies latifoliadas de selva baja caducifolia en el estado de Morelos. Publicación Especial No. 30. Campo Experimental Zacatepec, Centro de Investigación Regional del Centro, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Morelos, México. 35 p. Disponible en: <https://intranet.inifap.gob.mx/infoteca/inifap/Forestal/Especial58.pdf> (06 de febrero de 2010).
- Chacalo H. A. y Fernandez N. R. 1995. Los árboles nativos e introducidos utilizados en la reforestación de la Ciudad de México. *Ciencia* 46: 383-393.
- Chapman D. J. 1981. Tree species selection with an eye towards maintenance. *Journal of Arboriculture* 7(12): 313-316.
- Cibrián T. D., Méndez M. J. T., Campos B. R., Yates III H. O. y Flores L. J. 1995. Insectos Forestales de México. Publicación No. 6. Universidad Autónoma Chapingo, Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, United States Department of Agriculture, Natural Resources of Canada y Comisión Forestal de América del Norte. Chapingo, Edo. de México, México. 453 p.
- Cibrián T. D., Alvarado R. D. y García D. S. E. (Eds.). 2007. Enfermedades Forestales en México. Universidad Autónoma Chapingo, Comisión Nacional Forestal, United States Department of Agriculture, Canadian Forest Service y Comisión Forestal de América del Norte. Chapingo, Edo. de México, México. 587 p.
- Cony M. A. 1995. Reforestación racional de zonas áridas y semiáridas con árboles de múltiples propósitos. *Interciencia* 20(5): 249-253. Disponible en: http://www.interciencia.org/v20_05/art01/index.html (05 de marzo de 2010).
- Cordell H. K. 1979. Urban forestry research. *Journal of arboriculture*. 5(4): 73-76. Disponible en: <http://joa.isa-rbor.com/request.asp?JournalID=1&>

ArticleID=1568&Type=2 (25 de marzo de 2010).

Cordero J. y Boshier D.H. (Eds.). 2003. Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. Oxford Forestry Institute (OFI) y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 1079 p. Disponible en: <http://herbaria.plants.ox.ac.uk/ad/> (05 de febrero de 2010).

Cuadros R. y Francia J. R. 1999. Caracterización del sitio de ensayo de especies forestales de Lanjarón, vertiente sur de Sierra Nevada. Aspectos climatológicos y fitoclimáticos. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. 1: 143-158. Disponible en: <http://www.inia.es/IASPF/1999/Allue/CUADROS.pdf> (19 de enero de 2010).

de los Ríos C. E., De Hoogh R. y Návar C. J. J. 2008. Ensayos de especies con pinos piñoneros en el nordeste de México. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 14(2): 97-104. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/629/62914204.pdf> (16 de marzo de 2010).

García A. R., Regina C. M., Climent J., Alba N., Iglesias S. y Alía R. 2007a. Red española de ensayos de mejoramiento, conservación y utilización de materiales forestales de reproducción. Escuela Superior Agraria de Coimbra, Portugal. 7 p. Disponible en: www.esac.pt/cernas/cfn5/docs/T3-18.pdf (02 de mayo de 2010).

García de M. E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen: para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 2ª Edición. Instituto de Geografía, UNAM. México, D. F. 252 p.

García Q. Y., Álvarez B. A. y Guizar N. E. 2007b. Ensayo de procedencias de *Pinus caribea* var. *caribea* en alturas de pizarras, viñales, Pinar del Río, Cuba. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 13(2): 125-129. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/629/>

62913205.pdf (03 de mayo de 2010).

Gobierno del Distrito Federal (GDF). 2000. Manual técnico para el establecimiento y manejo integral de las áreas verdes urbanas del Distrito Federal, Tomo I. Secretaría del Medio Ambiente - Banco Interamericano de Desarrollo. México, D. F. 236 p.

Gobierno del Distrito Federal (GDF). 2001. Manual técnico para el establecimiento y manejo integral de las áreas verdes urbanas del Distrito Federal, Tomo II. Secretaría del Medio Ambiente - Banco Interamericano de Desarrollo. México, D. F., México. 239 p.

Gobierno del Distrito Federal (GDF). 2003. Decreto por el que se declara como Área de Valor Ambiental del Distrito Federal al Bosque de Chapultepec. Gaceta Oficial del Distrito Federal. No. 94. México, D. F. 1-35 pp. Disponible en: http://www.consejeria.df.gob.mx/uploads/gacetas/diciembre03_2_94.pdf (04 de mayo de 2010).

Gobierno del Distrito Federal (GDF). 2005. Gaceta Oficial del Distrito Federal No. 136 NADF-006-RNAT-2004. México, D. F. Disponible en: <http://148.243.232.112/sitia/download/marco%20normativo/NADF-006-RNAT-2004.pdf> (19 de enero de 2010).

Gobierno del Distrito Federal (GDF). 2006. Programa de rehabilitación integral del Bosque de Chapultepec. *In*: Memorias. Dirección General de Bosques Urbanos y Educación Ambiental. Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente, Dirección de Educación Ambiental. 59-113 pp. Disponible en: <http://www.sma.df.gob.mx/sma/index.php?opcion=26&id=406> (3 de febrero de 2010).

González V. C. E. 1981. El papel de la reforestación en la protección y mejoramiento del ambiente de las zonas urbanas. *Rev. Cien. For. en Mex.* 6(32): 54-64.

- González V. C. E. 1983. Aspectos de la dasonomía urbana en México. *In:* Primeras Jornadas Forestales Hispano-Mexicanas. Publicación Especial No. 41. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Subsecretaría Forestal. México, D. F. 376-383 pp.
- González K. V., Camacho M. F. y Carrillo S. J. 1992. Propagación y crecimiento en vivero de arbustos útiles para control de erosión. *In:* Memoria de la Reunión Científica Forestal y Agropecuaria del Campo Experimental Coyoacán. Publicación Especial Número I. C. E. Coyoacán, CIR-Centro, INIFAP, SARH. México. 247-256 pp.
- Grether R. 2006. Familia Mimosaceae: *Leucaena esculenta* (Sessé & Moc.) Benth, (Fascículo 44). *In:* Flora del Valle de Tehuacan-Cuicatlán. Instituto de Biología, UNAM. México, D. F. 27-30 pp.
- Grey G. W. y Deneke F. J. 1992. Urban Forestry. 2ª Ed. Krieger Publishing Company. Malabar, Florida, U. S. A. 299 p.
- Harris W. H. 1992. Arboriculture: integrated management of landscape trees, shrubs, and vines. 2a Edición. Prentice Hall. Englewood Cliffs, N. J. 674 p.
- Hernández G. R. 2002. Nutrición mineral de las plantas. Botánica OnLine. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela. Disponible en:
<http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/nutricionmineral/#fósforo> (23 de junio de 2010).
- Hernández H. A. 1999. Serie señalética para la 2ª Sección de Chapultepec. Tesis Profesional, Licenciatura de Comunicación Gráfica, Escuela Nacional de Artes Plásticas, UNAM. México, D.F. 125 p.
- Hunt, R. 1990. Basic Growth Analysis. Unwin Hyman Inc. Massachusetts, U. S. A. 111 p.

- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información (INEGI). 2001. Estadísticas del medio ambiente del Distrito Federal y Zona Metropolitana 2000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México. 315 p. Disponible en: http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/sociodemografico/medioambdf/2000/EMADFZM_1.pdf (21 de enero de 2010).
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información (INEGI). 2009. Mapas de climas del Distrito Federal. México, D. F. Disponible en: http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/df/climas_map.cfm (08 de enero de 2010).
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP). 1997. Aprovechamiento de palo dulce como forraje para Hidalgo. *In: Tecnologías Llave en Mano*. Dirección Forestal, INIFAP. México. 177-178 pp.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2008. Informe final del proyecto “Diagnóstico de la vegetación arbórea de la 1a Sección del Bosque de Chapultepec. Reporte de uso interno. s/p.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias – Dirección del Bosque de Chapultepec (INIFAP-DBCh). 2009. Diagnóstico y Caracterización de la 2ª Sección e Inventario Total de su Arbolado. Disponible en: <http://www.sma.df.gob.mx/sma/index.php?opcion=26&id=676> (18 de enero de 2010). s/p.
- International Society of Arboriculture (ISA). 1999. Manual de arboricultura. Guía de estudio para la certificación del arborista. Traducido al español por Alicia Chacalo, Lourdes Güereña, Daniel Rivas y Willy de Winter. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco. México D. F. 300 p.

- Jáuregui O. E. 1975. Microclima del Bosque de Chapultepec. Boletín del Instituto de Geografía No. 6. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 63-72 pp.
- Johnson C. 1982. Political & administrative factors in urban-forestry programs. *Journal of Arboriculture* 8(6): 160-163.
- Jorgensen E. 1970. Urban forestry in Canada. The Shade Tree Research Laboratory, Faculty of Forestry, University of Toronto. Toronto, Canada 16 p.
- Kass D. C. L. 1996. Fertilidad de suelos. Ed.: J. Núñez. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 272 p. Disponible en: http://books.google.com.mx/books?id=sRua411JhvgC&pg=PA24&dq=Carencias+de+Nitr%C3%B3geno,+F%C3%B3sforo+y+Potasio+en+plantas&hl=es&ei=8lsFTOjeJcL48Abjn7nfDQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=4&ved=0CDkQ6AEwAw#v=onepage&q&f=false (01 de junio de 2010).
- López M. I. R. y Díaz B. M. E. 1991. Los árboles de las calles de la Ciudad de México. *In: El arbolado urbano de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México*. UNESCO, Universidad Autónoma Metropolitana, Instituto de Ecología, México, D. F. 13-84 pp.
- López A. R. y Zamudio C. E. 2002. Importancia de las plantas nativas en la dasonomía urbana. *In: Memorias del Seminario Michoacano sobre la problemática ambiental de las especies introducidas. Caso Eucalyptus*. Ed: Coordinación de Relaciones Públicas del CIDEM Morelia, Michoacán, México. pp. 57-66. Disponible en: <http://www.cofemermir.gob.mx/uploadtests/2578.66.59.1.EUCALYPTO%2022%20NOV%2002.doc>(26 de febrero de 2010).
- Macías A. L. 1952. Reforestación. Teoría y práctica. Dirección General Forestal

y de Caza, Secretaría de Agricultura y Ganadería. México, D. F. 330 p.

Martínez H. H. 1981. Evaluación de ensayos de especies forestales en Costa Rica. Tesis de Maestría. Universidad de Costa Rica y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 200 p. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/reprodoc/A2374E/A2374E00.PDF> (11 de marzo de 2010).

Martínez M. 1979. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Ed. Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 1220 p.

Martínez M. y Matuda E. 1979. Flora del Estado de México. Tomo II. Biblioteca Enciclopédica del Estado de México. Edición facsimilar de los fascículos publicados en los años de 1953 a 1972. Toluca, Edo. de Méx., México. 543 p.

Nelson W. R. 1975. Trees in the landscape: a look beyond the obvious. *Journal of Arboriculture* 1(7):121-128.

Olivares S. E. 1994. Paquete de Diseños Experimentales FAUANL. Versión 2.5. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, Nuevo León. s/p.

Orozco M. M. de los A. 2007. Estado de conservación de un bosque urbano en la Ciudad de México. Tesis Profesional, Licenciatura en Planificación para el Desarrollo Agropecuario, Facultad de Estudios Superiores Aragón, UNAM. México. 113 p.

Programa Nacional de Reforestación (PRONARE) y Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). 2000. Periodos de recolección de semillas, almacenamiento y tratamientos pregerminativos de las principales especies que se utilizan en el PRONARE. *Gaceta de la Red Mexicana de Germoplasma Forestal* 4:39-48.

- Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad (PUEC-UNAM). 2002. Proyecto ejecutivo sobre la implementación del manejo integral y desarrollo autosostenible del Bosque de Chapultepec. Universidad Nacional Autónoma de México y Dirección General de la Unidad de Bosques Urbanos y Educación Ambiental, Secretaría del Medio Ambiente, Gobierno del Distrito Federal. México, D. F. 13 pp.
- Reynel C., Pennington T. D., Pennington R. T., Marcelo J. y Daza A. 2006. Árboles útiles del Ande peruano, una guía de identificación, ecología y propagación de las especies de la sierra y los bosques montanos en el Perú. Darwin Initiative Project. Lima, Perú. 466 p. Disponible en: <http://www.darwintreediversity.org/darwin/images/archivos/arboles.pdf> (06 de marzo de 2010).
- Rico A. M. L. 2001. El género *Acacia* (Leguminosae, Mimosoideae) en el estado de Oaxaca, México. *Anales Jard. Bot. Madrid*. 58: 251-302.
- Rico A. M. L. y Bachman S. 2006. A taxonomic revision of *Acaciella* (Leguminosae, Mimosoideae). *Anales Jard. Bot. Madrid* 63(2): 189-244.
- Rico A. M. L., Gale S. L. y Maxted N. 2008. A taxonomic study of *Albizia* (Leguminosae: Mimosoideae: Ingeae) in Mexico and Central America. *Anales Jard. Bot. Madrid* 65(2): 255-305. Disponible en: <http://rjb.revistas.csic.es/index.php/rjb/article/viewFile/294/289> (31 de marzo de 2010).
- Rico L. 2007. Familia Leguminosae, Subfamilia Mimosoideae: *Acaciella angustissima* (Mill). Britt. & Rose (Fascículo 150). *In: Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*. Ed: J. Rzedowski y G. C. de Rzedowski. Instituto de Ecología, A.C., Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México. 51-54 pp.

- Rincón R. R. y Gutiérrez M. F. A. 2008. Características biológicas de *Acaciella angustissima* (Mill.) Britton & Rose en su hábitat natural y evaluación de su potencial cortical en Chiapas, México. *Agrociencia* 42(1): 129-137. Disponible en: <http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2008/ene-feb/art-13.pdf> (27 de marzo de 2010).
- Rodríguez L. R., Vargas H. J., Cetina A. V. M., Ramírez H. C. y Escalante E. A. 2000. Variación en el patrón de alargamiento del brote terminal en diferentes procedencias de *Pinus engelmannii* Carr. *Rev. Cien. For. en Mex.* 25(87): 77-104.
- Rodríguez R. G., Dorantes L. J. y Aquino R. E. 2009. Ensayo de especies forestales en la zona cálida del centro del Estado de Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 11(1): 19-24. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=49711999004> (29 de marzo de 2010).
- Rowntree R. A. 1988. Ecology of the urban forest; introduction to part III. *Landscape and Urban Planning* 15: 1-10.
- Ruíz A. V., Gómez C. M., Valencia M. S. y Cornejo O. E. H. 2003. Ensayo de procedencias de *Pinus oaxacana* Mirov en dos localidades de la Mixteca Alta, Oaxaca. Resultados de Proyectos de Investigación 2003, Dirección de Investigación, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Saltillo, Coahuila, México. 6 p. Disponible en: <http://www.uaaan.mx/DirInv/Rdos2003/cont2003.pdf> (03 de mayo de 2010).
- Rzedowski J. 2007. Familia Leguminosae, Subfamilia Mimosoideae: *Albizzia occidentalis* T. S. Brandegees (Fascículo 150). *In: Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*. Ed: J. Rzedowski y G. C. de Rzedowski. Instituto de Ecología, A.C., Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México. 62-66 pp.

- Rzedowski J. y Calderón de R. G. 1997. Familia Leguminosae, Subfamilia Caeasalpinioideae: *Senna multiglandulosa* (Jacq). Irwin & Barneby (Fascículo 51). *In*: Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Ed: J. Rzedowski y G. C. de Rzedowski. Instituto de Ecología, A.C., Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México. 85-86 pp.
- Sánchez O. P. M. 2008. Efecto de la época de trasplante sobre la acumulación de luteína en inflorescencias de cempaxúchil (*Tagetes erecta* L.). Tesis de Maestría, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Instituto Politécnico Nacional. Morelos, México. 71 p. Disponible en: <http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/3580/1/EFFECTODELAEPOCA.pdf> (23 de junio de 2010).
- Secretaría del Medio Ambiente (SMA). 2007. Título cuarto: protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. *In*: Ley Ambiental del Distrito Federal. Gobierno del Distrito Federal. México, D. F. Disponible en: http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/noticias/dirección_ejecutiva_de_vigilancia_ambiental/02/noticias/direccion_ejecutiva_de_vigilancia_ambiental/02/leyambiental.pdf (19 de enero de 2010).
- Segura B. S. G. 2005. Las especies introducidas: ¿benéficas o dañinas?. *In*: Temas sobre restauración ecológica. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, U.S. Fish and Wildlife Service y Unidos para la Conservación A.C. México, D. F. pp. 127-133. Disponible en: <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/467/segura.html> (05 de febrero de 2010).
- Seppänen P., Ignacio S. E. y Wright J. A. 1999. Ensayos de especies y procedencias en el oeste de México: resultados del primer año. *Foresta Veracruzana* 1(2): 1-8. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/497/49710201.pdf> (16 de marzo de 2010).

- Shafer E. L. y Moeller G. H. 1979. Urban forestry: its scope and complexity. *Journal of Arboriculture* 5(9): 206-209.
- Solís O. F. 2002. Chapultepec, espacio ritual secular de los Tlatoani Aztecas. *Arqueología Mexicana* 10(57): 36-40.
- Standley P. C. 1926. Trees and shrubs of Mexico. Contributions from the United States National Herbarium. Vol. 23. Smithsonian Institution, USNM. Reprint 1982. Ed. J. Cramer in der A.R.Gantner Verlag K.-G. Vaduz, Germany. 1721 p.
- Terrones R. T. R., González S. C. y Ríos R. S. A. 2004. Arbustivas nativas de uso múltiple en Guanajuato. Libro Técnico No. 2. Campo Experimental Bajío, Centro de Investigación Regional del Centro, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Celaya, Gto., México. 213 p.
- Tovar L. 1982. Estudio descriptivo de los árboles y arbustos más comunes del Bosque de Chapultepec. Tesis Profesional, Carrera de Biología, Facultad de Ciencias, UNAM. México, D. F. 153 p.
- Vázquez Y. C. y Batis A. I. 1996. La restauración de la vegetación, árboles exóticos vs. árboles nativos. *Rev. Ciencias* 43: 16-23.
- Willan R. L. 1984. Ensayo de especies y procedencias. *In: Mejora genética de árboles forestales. Memorias sobre el curso de capacitación. FAO/DANIDA. Venezuela. 357p. Disponible en:* <http://www.archive.org/details/mejorageneticade034654mbp>. (6 de mayo de 2009).
- Zobel B. J. y Talbert. J. 1984. Applied forest tree improvement. John Wiley & Sons. New York, U. S. A. 524 p.

Zobel B. J., van Wyk G. y Stahl P.1987. Growing exotic forests. John Wiley & Sons. New York, U. S. A. 508 p.

10. APÉNDICE

Anexo 1. Valores promedio de los 162 individuos (incluidos los dañados), pertenecientes a las seis especies de leguminosas establecidas en los tres sitios experimentales ubicados en la 2ª sección del Bosque de Chapultepec.

Anexo 1.1. Altura promedio de las seis especies de leguminosas evaluadas en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec, por fecha de medición y sitio.

Sitio	Especie	30-abr-09		03-ago-09		30-oct-09		29-ene-10		29-abr-10	
		\bar{X}	\pm SE								
Washing- ton	<i>Acacia angustissima</i>	50.9	3.5	67.3	3.9	70.8	5.7	72.4	5.8	74.1	5.4
	<i>Albizzia occidentalis</i>	38.2	4.1	50.9	4.3	65.7	4	65.8	4	71.8	3.4
	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	150	13.5	174.2	12.9	175	14.5	176.4	14.5	181	13.5
	<i>Leucaena esculenta</i>	81.7	2.6	86.4	1.7	89.3	3	89.8	3	92.1	3.6
	<i>Lysiloma divaricata</i>	90.8	7	97.2	6	100.1	6.4	101.3	6.3	103.9	6.6
	<i>Senna multiglandulosa</i>	89.3	6.2	106.2	9.1	116.6	9.3	131.9	10.6	138.7	9.8
Café del Bosque	<i>Acacia angustissima</i>	51.8	2.7	72.9	5	92.2	5.7	93.8	5.9	92.4	5.8
	<i>Albizzia occidentalis</i>	37.7	3.4	69.8	7.8	105	10.9	106.1	11.3	108.6	12.7
	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	143	12.3	176.3	12.5	193.2	14.3	197	15.5	196.6	15.4
	<i>Leucaena esculenta</i>	93.6	3.9	117.5	7.8	119.8	6.4	131.6	11.9	125.2	15.9
	<i>Lysiloma divaricata</i>	78.6	5.7	96.8	9.1	118	12.3	124.6	14.4	130.5	14.7
	<i>Senna multiglandulosa</i>	112.2	2.6	166.2	7.9	222.1	22.6	230.8	22	235	19.7
Casa Redonda	<i>Acacia angustissima</i>	57	3.6	76	3.2	92.4	4.5	90.3	6.5	93.6	6.1
	<i>Albizzia occidentalis</i>	35.7	4	55.7	4	78.9	11.8	82	12.5	95	18.2
	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	131.4	10.4	176.9	8.6	197	10.7	198.6	11.3	203.7	11.2
	<i>Leucaena esculenta</i>	83	4.6	96.3	3.6	103.8	4.8	107.4	4.9	112.8	5.3
	<i>Lysiloma divaricata</i>	76.4	3.6	84.8	5	91.3	6.2	98.3	5.6	106.6	7.9
	<i>Senna multiglandulosa</i>	83.7	4.4	147.6	8.2	166.4	9.3	175.7	9.8	177.9	9.4
\bar{X} = promedio; \pm SE = Error Estándar											

Anexo 1.2. Diámetro promedio de las seis especies de leguminosas evaluadas en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec, por fecha de medición y sitio.

Sitio	Especie	30-abr-09		03-ago-09		30-oct-09		29-ene-10		29-abr-10	
		\bar{X}	$\pm SE$								
Washing-Ton	<i>Acacia angustissima</i>	4.3	0.2	7.3	0.5	11.6	1.2	12.5	1.4	13.3	1.4
	<i>Albizia occidentalis</i>	8.7	0.8	14.4	1.6	20.9	1.1	23.6	0.7	25.1	0.9
	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	13.9	1.2	17.9	1	21.6	1.1	22.2	1.1	22.9	1.1
	<i>Leucaena esculenta</i>	6.5	0.4	6.8	0.4	7.6	0.5	7.9	0.6	8.3	0.6
	<i>Lysiloma divaricata</i>	7.7	0.8	8.2	0.8	8.8	0.7	9.8	0.7	9.6	0.6
	<i>Senna multiglandulosa</i>	6.6	0.4	10.2	0.9	18	2.1	21.4	2.4	24.2	2.6
Café del Bosque	<i>Acacia angustissima</i>	4.9	0.4	7.7	0.4	15.7	1.4	18.5	1.7	19.2	1.5
	<i>Albizia occidentalis</i>	8	1.2	10.6	1.3	15.8	2	17.1	2.3	18.9	2.4
	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	16.3	1.1	22.8	1.3	23.9	1.5	24.5	1.7	25.6	1.8
	<i>Leucaena esculenta</i>	8.3	0.3	9.8	0.6	11.9	1.4	12.6	1.4	13.6	1.7
	<i>Lysiloma divaricata</i>	8.2	0.6	9.4	0.7	11.2	0.9	12	1	12.8	1
	<i>Senna multiglandulosa</i>	8.6	0.3	18.4	1	30.3	2.6	34.1	3.1	35.9	3.3
Casa Redonda	<i>Acacia angustissima</i>	4.4	0.3	8.6	0.5	12.5	1.1	13.4	1.2	14.4	1.1
	<i>Albizia occidentalis</i>	7.2	1.1	11.9	1.5	18.6	2.1	21.4	2.7	22.3	2.5
	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	10.5	0.7	18.4	0.9	20.7	0.8	21.4	0.8	23.8	1.4
	<i>Leucaena esculenta</i>	6.5	0.2	8.3	0.5	9.5	0.8	10.2	0.8	10.6	0.7
	<i>Lysiloma divaricata</i>	4.8	0.2	6.4	0.4	8.7	0.3	9.6	0.4	10.8	0.5
	<i>Senna multiglandulosa</i>	6.4	0.2	15.8	0.7	21.1	0.9	22.7	1.4	25.7	1.6

\bar{X} = promedio; $\pm SE$ = Error Estándar

Anexo 2. Valores promedio de los individuos seleccionados (90) que no sufrieron ningún tipo de daño y con las cuales se llevaron a cabo los análisis correspondientes, pertenecientes a las seis especies de leguminosas establecidas en tres sitios de la 2ª sección del Bosque de Chapultepec.

Anexo 2.1. Altura promedio de los individuos seleccionados en las seis especies de leguminosas evaluadas en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec, por fecha de medición y sitio.

Sitio	Especie	30-abr-09		03-ago-09		30-oct-09		29-ene-10		29-abr-10	
		\bar{X}	$\pm SE$								
Washington	<i>Acacia angustissima</i>	54.3	5.9	68.1	6.8	74.5	9.3	76.4	9.3	78.6	8.5
	<i>Albizzia occidentalis</i>	30.7	4.4	44.6	6.5	61.6	6.8	62.2	7	68.4	5.6
	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	153.7	17.8	187.5	13.2	193.2	14.4	195	13.9	197	13.9
	<i>Leucaena esculenta</i>	85.5	2.1	87.2	2.3	93.8	2.7	95	2.8	98.6	3.6
	<i>Lysiloma divaricata</i>	93.4	10.3	97.8	8.9	100	9.5	101.3	9.3	103.7	10.2
	<i>Senna multiglandulosa</i>	99.1	5.1	122.4	7.8	130.8	11.1	147.8	11.4	151.4	9.3
Café del Bosque	<i>Acacia angustissima</i>	53.9	3.5	77.4	7.2	95.6	5.3	97.6	4.9	98.4	4.8
	<i>Albizzia occidentalis</i>	31.7	3.1	79.2	12.9	119.2	17.3	122.2	16.8	129.2	18.1
	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	160.2	16	192.8	12.6	212.6	14.5	215.8	14.4	218.8	14.4
	<i>Leucaena esculenta</i>	93.9	6.6	112.5	9.4	120.8	11.7	135.8	21.6	140.8	22.5
	<i>Lysiloma divaricata</i>	79.6	8.7	94.3	13.3	118.2	15.1	125.8	19.6	131.6	19.4
	<i>Senna multiglandulosa</i>	113.5	3.9	178.4	9.5	255	13.3	262.3	12.2	266.4	11.9
Casa Redonda	<i>Acacia angustissima</i>	60	5.2	74	3	93.4	7.2	94.2	6.9	98.4	7.6
	<i>Albizzia occidentalis</i>	40.1	5.7	59.8	4.7	88.6	18.9	91.7	20.1	105.2	29.2
	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	127.7	17.2	177.4	14	206.8	16	212	17	216.8	17.4
	<i>Leucaena esculenta</i>	80.1	5.4	92.2	4	99	6.4	105.5	8.6	111.8	9.5
	<i>Lysiloma divaricata</i>	82.7	3.7	93	4.3	100.6	7	108.6	5.2	116.8	9.2
	<i>Senna multiglandulosa</i>	88.8	7.1	137.4	12.4	156.2	11.5	163.4	10.8	167.6	10.6
\bar{X} = promedio; $\pm SE$ = Error Estándar											

Anexo 2.2. Diámetro promedio de los individuos seleccionados en las seis especies de leguminosas evaluadas en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec, por fecha de medición y sitio.

Sitio	Especie	30-abr-09		03-ago-09		30-oct-09		29-ene-10		29-abr-10	
		\bar{X}	$\pm SE$								
Washington	<i>Acacia angustissima</i>	4.4	0.2	7.4	0.5	11.4	1.3	12.5	1.5	13.3	1.5
	<i>Albizzia occidentalis</i>	8.7	0.9	13.7	1.7	20.9	1.3	23.5	0.8	24.8	0.9
	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	14.3	1.3	18.2	1.1	21.5	1.2	22.2	1.2	22.9	1.3
	<i>Leucaena esculenta</i>	6.5	0.4	6.8	0.5	7.5	0.6	7.7	0.6	8.2	0.7
	<i>Lysiloma divaricata</i>	7.1	0.6	7.6	0.6	8.4	0.6	9.4	0.6	9.6	0.6
	<i>Senna multiglandulosa</i>	6.7	0.4	10.4	1.0	18	2.2	21.4	2.6	24.2	2.8
Café del Bosque	<i>Acacia angustissima</i>	4.8	0.5	7.6	0.5	15.3	1.6	18.1	1.8	18.8	1.7
	<i>Albizzia occidentalis</i>	8.3	1.3	10.9	1.4	16.2	2.2	17.9	2.5	19.9	2.5
	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	16.9	1.1	23.5	1.1	25	1.3	25.6	1.5	26.8	1.6
	<i>Leucaena esculenta</i>	8.2	0.3	9.8	0.6	11.9	1.5	12.7	1.6	13.7	1.9
	<i>Lysiloma divaricata</i>	8.5	0.6	9.6	0.8	11.2	0.9	12	1.1	12.8	1
	<i>Senna multiglandulosa</i>	8.6	0.4	18.2	1.1	30.2	2.9	34.4	3.5	36.2	3.7
Casa Redonda	<i>Acacia angustissima</i>	4.4	0.4	8.6	0.5	12.5	1.2	13.4	1.2	14.4	1.2
	<i>Albizzia occidentalis</i>	6.3	0.8	11.7	1.7	18.3	2.3	20.4	2.9	21.5	2.7
	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	10.2	0.7	18.8	0.9	20.9	0.8	21.5	0.9	23.7	1.6
	<i>Leucaena esculenta</i>	6.5	0.2	8.0	0.4	8.8	0.5	9.5	0.4	10	0.4
	<i>Lysiloma divaricata</i>	4.7	0.2	6.3	0.4	8.7	0.3	9.5	0.4	10.4	0.4
	<i>Senna multiglandulosa</i>	6.4	0.3	15.2	0.5	20.4	0.6	21.5	0.8	24.3	1

\bar{X} = promedio; $\pm SE$ = Error Estándar

Anexo 3. Resultados de la prueba de Tukey a la transformación de medias en las tasas de crecimiento de las seis especies de leguminosas establecidas en la 2ª sección del Bosque de Chapultepec.

Anexo 3.1. Resultados de la prueba de Tukey a las medias de tasa de crecimiento en altura de las seis especies establecidas en Washington.

Especie	Media	Agrupación
<i>Albizzia occidentalis</i>	1.00047987	A
<i>Senna multiglandulosa</i>	1.00024602	B
<i>Acacia angustissima</i>	1.0002027	BC
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	1.00013869	BC
<i>Leucaena esculenta</i>	1.0000877	BC
<i>Lysiloma divaricata</i>	1.00006092	C

(*) Las medias con diferente letra difieren significativamente entre sí con un $\alpha=0.05$.

Anexo 3.2. Resultados de la prueba de Tukey a las medias de tasa de crecimiento en altura de las seis especies establecidas en Café del Bosque.

Especie	Media	Agrupación
<i>Albizzia occidentalis</i>	1.0007638	A
<i>Senna multiglandulosa</i>	1.00049878	AB
<i>Acacia angustissima</i>	1.00034728	BC
<i>Lysiloma divaricata</i>	1.00030036	BC
<i>Leucaena esculenta</i>	1.00021346	C
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	1.0001812	C

(*) Las medias con diferente letra difieren significativamente entre sí con un $\alpha=0.05$.

Anexo 3.3. Resultados del análisis de varianza a la tasa de crecimiento en altura de las seis especies de leguminosas establecidas en Casa Redonda.

Fuente de	Grados de	Suma de	Cuadrado	F	Sig Obs
Total	29	1.29E-06			
Tratamientos	5	3.59E-07	7.19E-08	1.850	0.141
Error	24	9.33E-07	3.88E-08		
FC			30.0170		
Media general			1.0003		
C.V.			0.0197		

Anexo 3.4. Resultados de la prueba de Tukey a las medias de tasa de crecimiento en diámetro de las seis especies establecidas en Washington.

Especie	Media	Agrupación
<i>Senna multiglandulosa</i>	1.0008	A
<i>Albizzia occidentalis</i>	1.0008	A
<i>Acacia angustissima</i>	1.0007	A
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	1.0002	B
<i>Lysiloma divaricata</i>	1.0002	B
<i>Leucaena esculenta</i>	1.0001	B

(*) Las medias con diferente letra difieren significativamente entre sí con un $\alpha=0.05$.

Anexo 3.5. Resultados de la prueba de Tukey a las medias de tasa de crecimiento en diámetro de las seis especies establecidas en Café del Bosque.

Especie	Media	Agrupación
<i>Senna multiglandulosa</i>	1.0008	A
<i>Acacia angustissima</i>	1.0008	A
<i>Albizzia occidentalis</i>	1.0006	B
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	1.0003	C
<i>Leucaena esculenta</i>	1.0002	C
<i>Lysiloma divaricata</i>	1.0002	C

(*) Las medias con diferente letra difieren significativamente entre sí con un $\alpha=0.05$.

Anexo 3.6. Resultados de la prueba de Tukey a las medias de tasa de crecimiento en diámetro de las seis especies establecidas en Casa Redonda.

Especie	Media	Agrupación
<i>Acacia angustissima</i>	1.0007	A
<i>Albizzia occidentalis</i>	1.0007	AB
<i>Senna multiglandulosa</i>	1.0007	AB
<i>Lysiloma divaricata</i>	1.0005	ABC
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	1.0004	BC
<i>Leucaena esculenta</i>	1.0003	C

(*) Las medias con diferente letra difieren significativamente entre sí con un $\alpha=0.05$.

Anexo 4. Registros de precipitación y temperatura de la estación Tacubaya proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional del año en que se evaluó la plantación (abril 2009 – abril 2010).

Anexo 4.1. Datos de precipitación por día y mes del año en que se llevó a cabo el ensayo de seis especies de leguminosas en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.

Dia/Mes	Precipitación (mm) 2009									Precipitación (mm) 2010			
	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
1	0	0	0	21.6	3.8	0.8	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	11.6	0.1	0.9	0	0	0	0	2.6	0	0
3	0	0	0	20.4	8.6	0.4	0	0	0	0	4.2	0	0
4	0	0	0	8.3	16.4	0.7	3.5	0	0.2	0	9.3	0	0
5	0	0	0	0	1.8	8.7	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	4.2	5.8	17.4	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	8.2	0.2	2.4	0	0	0	1.8	0	0	0
8	0	0	0	0	4.8	14.8	0	0	0	10.5	0	0	0
9	0	0	2.0	0	1.6	6.2	0.2	0	0	7.7	0	0	1.4
10	0	0	0	0	0	38.6	14.0	0	0	0.2	0	0	0
11	0	0	0	1.3	0	19.6	0	0	0	0	0	0	0
12	9.4	1.2	0.5	6.5	0	1.9	0	0	0	0.1	0	0	0.8
13	0	12.3	0	0.8	0	10.9	38.7	0	0	0.1	0	0	0
14	0	0	0	2.5	4.3	1.4	0	0	0	0	0	0	0
15	0	10.4	0.4	2.7	5.3	25.6	0	0	0	0.2	0	0	0
16	0	0	6.5	0.4	0	0.7	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	4.4	9.8	6.0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	6.5	0	0	0.4	0	0	0	0	0	0	0
19	1.2	0	6.1	16.6	7.6	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	1.3	11.9	0.4	14.2	0.6	0	0	0	0	0	0	0
21	4.2	2.6	6.9	0	0	13.7	0	0	0.2	0	0	0	0
22	0	2.5	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	1.3	0	0	0	3.3	0.3	0	0	0	0	0	0
24	0	0.5	21.5	0.4	6.8	0.8	0	0	0	0	0	0	0
25	0	1.1	3.4	5.5	0.5	0	10.8	0	0	0	0	0	0
26	0	0	6.6	6.7	0.1	6.5	1.8	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	1.9	1.0	11.5	6.0	0	0	0	0	0	0
28	0	2.8	1.1	0.5	0.3	0	6.7	0	0	0	0	0	0
29	0	0	1.3	25.0	12.3	0	0.1	0	0	0		0	0
30	0	1.5	7.2	0	7.6	0	0	0	0	0		0	0
31		2.7		9.0	3.8		17.1		0	0		0	
Mensual	14.8	40.2	86.9	164.3	112.9	187.8	99.2	0	0.4	20.6	16.1	0	2.2

Anexo 4.2. Datos de precipitación registrados durante los cuatro periodos de medición que se utilizaron para ver su relación con las tasas de crecimiento de las seis especies de leguminosas.

Año	Periodos entre mediciones	Precipitación total (mm)
2009	22 de abril al 03 de agosto	303.9
	04 agosto al 30 de octubre	370.3
2010	31 de octubre al 29 de enero de 2010	38.1
	30 de enero al 29 de abril	18.3

Anexo 4.3. Datos de temperatura por día y mes del año en que se llevó a cabo el ensayo de seis especies de leguminosas en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.

Día/Mes	Temperatura promedio (°C) 2009									Temperatura promedio (°C) 2010			
	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
1	21.5	21.3	17.5	19.8	20.3	19.0	20.7	15.9	16.8	15.70	13.4	18.3	19.5
2	21.9	21.3	18.4	18.5	21.2	19.3	21.2	16.7	17.1	14.85	14.0	17.7	20.0
3	22.5	23.3	19.8	19.0	20.7	20.2	21.1	13.9	16.8	13.05	13.8	18.6	19.3
4	22.5	22.4	18.9	18.4	19.8	19.0	21.9	13.8	17.3	12.30	13.5	19.4	20.0
5	23.6	22.8	19.2	19.7	19.7	18.0	21.5	13.8	17.8	12.00	15.4	19.4	21.4
6	21.4	22.8	20.0	20.4	19.5	19.1	21.8	12.5	18.0	14.15	14.9	19.5	21.6
7	16.6	23.3	21.4	20.4	19.8	17.8	21.8	15.7	18.3	13.75	14.7	19.2	21.1
8	19.6	21.7	22.0	20.7	19.8	19.2	21.5	16.6	18.7	10.30	16.4	18.8	19.0
9	22.2	22.5	23.2	20.8	19.9	18.8	21.2	16.3	19.4	9.10	17.2	21.1	18.5
10	23.7	21.9	22.3	18.2	19.6	19.3	20.0	12.9	18.7	10.85	16.9	20.8	20.4
11	23.3	21.3	23.5	19.6	19.9	19.5	19.4	14.1	19.2	10.05	17.8	20.3	20.1
12	22.6	20.5	23.4	17.5	20.2	18.3	18.6	15.6	18.0	10.85	17.9	20.0	19.3
13	20.4	22.2	22.4	19.1	19.6	20.0	20.4	16.3	18.3	12.40	16.0	19.8	18.3
14	19.8	19.7	21.3	20.1	21.3	18.1	20.0	17.1	17.1	13.80	17.1	20.8	18.0
15	21.8	19.5	21.1	20.6	20.9	17.5	19.7	16.8	17.5	12.95	16.0	19.5	18.2
16	21.1	19.9	19.8	20.9	20.5	16.8	19.1	17.4	14.2	14.60	13.1	20.0	17.0
17	21.0	20.5	19.2	20.2	19.8	18.5	16.4	17.1	15.4	15.20	11.7	16.7	15.4
18	21.4	15.0	19.2	19.9	18.1	19.0	12.7	17.3	14.3	17.25	9.6	16.8	16.6
19	20.5	16.9	20.7	20.6	18.7	18.8	17.1	18.0	13.8	17.50	14.2	18.5	19.3
20	17.4	17.4	19.9	20.8	20.4	19.6	18.4	18.7	13.0	16.80	14.9	18.9	21.0
21	17.8	18.8	19.7	20.9	20.0	19.9	20.7	17.8	12.8	17.00	17.1	17.5	21.3
22	18.2	18.3	16.8	21.3	21.3	18.7	19.6	17.4	14.2	17.50	17.1	17.9	21.7
23	19.3	19.0	19.3	20.4	20.3	17.5	18.9	17.6	13.9	17.25	19.5	19.6	21.5
24	20.4	18.8	19.7	20.8	19.6	17.6	16.9	16.7	15.3	17.80	15.5	19.2	22.6
25	22.0	20.9	19.0	19.6	18.6	16.8	17.0	15.3	14.9	16.55	15.5	20.3	22.0
26	21.2	22.2	20.3	20.0	19.6	16.7	16.8	14.5	15.3	17.50	16.6	19.8	21.9
27	22.2	22.6	20.1	18.4	20.1	18.9	15.3	13.9	17.4	17.05	15.3	20.8	21.8
28	21.2	22.8	19.0	20.7	19.3	20.2	17.3	15.9	14.1	16.35	16.2	21.3	21.7
29	20.8	21.8	19.4	19.8	17.3	19.4	18.6	17.1	14.5	16.10		15.7	21.3
30	21.6	21.8	20.6	21.5	17.5	20.3	20.2	17.6	16.2	14.90		18.0	21.5
31		18.2		21.7	18.7		16.6		15.8	14.15		18.5	
Mensual	20.95	20.67	20.22	19.98	19.72	18.71	19.09	15.98	16.25	14.50	15.38	19.09	20.03