



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS

“EVALUACIÓN DE SEIS ESPECIES NATIVAS DE LAS  
FAMILIAS ANACARDIACEAE, BORAGINACEAE Y  
FABACEAE PARA LA REFORESTACIÓN DE LA  
SEGUNDA SECCIÓN DEL BOSQUE DE CHAPULTEPEC”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

JIMENA MANZANARES VARGAS

DIRECTOR DE TESIS:  
DR. HECTOR MARIO BENAVIDES MEZA

2015

Ciudad Universitaria, D. F.





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

## Hoja de datos del jurado

- |  |  |
|--|--|
| 1. Datos del alumno<br>Apellido paterno:<br>Apellido materno:<br>Nombre(s):<br>Teléfono:<br>Universidad Nacional Autónoma de México<br>Facultad de Ciencias<br>Carrera:<br>Número de cuenta: | 1. Datos del alumno<br>Manzanares<br>Vargas<br>Jimena<br>56648642<br>Universidad Nacional Autónoma de México<br>Facultad de Ciencias<br>Biología<br>40408653-6   |
| 2. Datos del tutor<br>Grado:<br>Nombre(s):<br>Apellido paterno:<br>Apellido materno:   | 2. Datos del tutor<br>Dr.<br>Héctor Mario<br>Benavides<br>Meza   |
| 3. Datos sinodal 1<br>Grado:<br>Nombre(s):<br>Apellido paterno:<br>Apellido materno:   | 3. Datos sinodal 1<br>Dra.<br>María Guadalupe<br>Barajas<br>Guzmán   |
| 4. Datos sinodal 2<br>Grado:<br>Nombre(s):<br>Apellido paterno:<br>Apellido materno:   | 4. Datos sinodal 2<br>Dr.<br>Eduardo<br>Morales<br>Guillaumin  |
| 5. Datos sinodal 3<br>Grado:<br>Nombre(s):<br>Apellido paterno:<br>Apellido materno:   | 5. Datos sinodal 3<br>M. en C.<br>Virginia<br>Jacob<br>Cervantes   |
| 6. Datos sinodal 4<br>Grado:<br>Nombre(s):<br>Apellido Paterno:<br>Apellido materno:   | 6. Datos sinodal 4<br>M. en C.<br>Roberto<br>Márquez<br>Huitzil  |
| 7. Datos del trabajo escrito<br>Título:<br><br>Número de páginas:<br>Año:  | 7. Datos del trabajo escrito<br>Evaluación de seis especies nativas de las familias Anacardiaceae, Boraginaceae y Fabaceae para la reforestación de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec<br>83 p<br>2015 |



*"Una voz más que se une a este amplio,  
y no siempre armonioso,  
coro de voces y versiones".*

Navarrete, 2011

## Agradecimientos

A La Universidad Nacional Autónoma de México, por haberme permitido acceder a una formación profesional y a la Facultad de Ciencias, por inculcarme un espíritu siempre crítico.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por todas las facilidades y el apoyo otorgados para la realización de este proyecto.

A la administración del Bosque de Chapultepec, por permitir el desarrollo de este trabajo, esperando que el resultado de esta tesis sea útil para la continua mejora del mismo y en beneficio de los que disfrutamos de su arbolado.

A mi tutor de tesis el Dr. Héctor Mario Benavides Meza, por su gran apoyo, por sus enseñanzas, por la infinita paciencia en la realización de esta tesis, por sus refranes, pero sobre todo por haberme enseñado el mundo de los árboles que habitan las ciudades.

A mis sinodales, Dr. Eduardo Morales Guillaumin, Dra. María Guadalupe Barajas Guzmán, M. en C. Roberto Márquez Huitzil y a la M. en C. Virginia Jacob Cervantes por sus correcciones y valiosas aportaciones para la mejora de esta tesis.

A la Dra. María Guadalupe Barajas Guzmán por apoyarme con el análisis de datos sin cuya ayuda no lo hubiera logrado.

A Ivonne, Fa y Marisol por su ayuda en la toma de datos.

A Fa, sin cuyos empujones y apoyo nunca hubiera terminado esta tesis.

## Dedicatorias

A mis padres, por su cariño y apoyo incondicionales y por la paciencia en la espera de esta tesis.

A Fa, quién me enseñó que el mundo no siempre es gris sino que a veces es de colores y con quien aprendí que también es de troleres... Gracias por haber compartido conmigo "la sopa de agua y la mitad de un fideo" por tanto tiempo.

A Ivonne, mi "hermana cósmica", por su gran amistad y por caminar siempre conmigo.

A Margarita, por sus muchos silencios y sus pocas pero acertadas palabras, por escucharme siempre y por haberme enseñado a soportar el mundo.

A Morena y Viol, porque quién sabe cómo, aprendieron a quererme.

A Cecilia por soportar vivir conmigo sin enloquecer.

A Puerco, a Fu y a Leoncia por el simple hecho de existir.

*“Cuando se ha talado un árbol y éste muestra al mundo su herida mortal, en la clara circunferencia de su cepa y monumento puede leerse toda su historia: en los cercos y deformaciones están descritos con facilidad todo su sufrimiento, toda la lucha, todas las enfermedades, toda la dicha y prosperidad, los años frondosos, los ataques superados y las tormentas sobrevividas”*

Herman Hesse  
(El caminante, 1920)

## Índice

<b>1</b>	<b>RESUMEN</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>2</b>
2.1	Áreas verdes en la actualidad	2
2.2	Beneficios de las áreas verdes	3
2.3	Degradación ambiental del Bosque de Chapultepec	4
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>7</b>
3.1	Objetivo general	
3.2	Objetivos particulares	
<b>4</b>	<b>ANTECEDENTES</b>	<b>8</b>
4.1	Breve descripción histórica del Bosque de Chapultepec y su vegetación asociada.	8
4.2	Vegetación de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec	11
4.3	Especies nativas vs especies exóticas	12
4.3.1	Uso de especies exóticas en la reforestación urbana	
4.3.2	Especies nativas como propuesta para la reforestación urbana	
4.4	Ensayo de especies: selección de la especie adecuada para el sitio apropiado de plantación	14
4.4.1	Ensayos de especies en México	17
<b>5</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODO</b>	<b>17</b>
5.1	Descripción de la zona de estudio.	
5.1.1	Ubicación	
5.1.2	Superficie	
5.1.3	Fisiografía	
5.1.4	Suelo	
5.1.5	Clima	
5.2	Segunda Sección del Bosque de Chapultepec	19
5.2.1	Vegetación	
5.3	Diseño experimental	20
5.3.1	Selección de especies	
5.3.2	Descripción de sitios y bloques	
5.3.3	Descripción de especies	
5.3.4	Plantación	
5.3.5	Análisis de datos	
<b>6</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>39</b>
6.1	Supervivencia	39
6.2	Afectaciones	41
6.2.1	Deterioro (plantas trozadas)	
6.2.2	Herbivoría	
6.2.3	Daños por heladas	
6.2.4	Amarillamiento del follaje	
6.3	Altura	45
6.3.1	Tasas de crecimiento altura (TCA)	
6.4	Diámetro basal	53
6.4.1	Tasas de crecimiento en diámetro basal (TCDB)	
6.5	Cobertura	58
6.6	Fenología	63

7	DISCUSIÓN	66
8	CONCLUSIONES	71
9	REFERENCIAS	72
10	ANEXO	79

## Índice de figuras

Figura 1.	Beneficios de las áreas verdes urbanas (GDF, 2002).	3
Figura 2.	Localización geográfica de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec (PUEC-UNAM con datos del INEGI, 2000).	17
Figura 3.	Diversas construcciones en la Segunda Sección del BCH. ( <a href="http://www.sedema.df.gob.mx">http://www.sedema.df.gob.mx</a> ).	19
Figura 4.	Localización de los bloques dentro de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec.	21
Figura 5.	a) y b) Vista aérea y panorámica de la localización del bloque ubicado en el área denominada "Washington" en la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec, c) Distribución de las parcelas en el bloque.	23
Figura 6.	a) y b) Vista aérea y panorámica de la localización del bloque ubicado en el área denominada "Casa Redonda" en la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec, c) Distribución de las parcelas en el bloque.	24
Figura 7.	a) y b) Vista aérea y panorámica de la localización del bloque ubicado en el área denominada "Puente" en la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec, c) Distribución de las parcelas en el bloque.	25
Figura 8.	a) <i>Brongniartia lupinoides</i> en el sitio de plantación, b) Flor.	26
Figura 9.	a) <i>Dalea citriodora</i> en el sitio de plantación, b) Inflorescencia.	28
Figura 10.	a) y b) <i>Ehretia anacua</i> en el sitio de plantación.	30
Figura 11.	a) <i>Lysiloma microphyllum</i> en el sitio de plantación, b) Yemas.	32
Figura 12.	a) <i>Rhus microphylla</i> en el sitio de plantación, b) Detalle del foliolo.	34
Figura 13.	a) <i>Rhus pachyrrachis</i> en el sitio de plantación, b) Yemas.	36
Figura 14.	Porcentajes promedio (E. E.) de Supervivencia final para las seis especies evaluadas.	40
Figura 15.	Daños registrados en plantas de <i>Rhus pachyrrachis</i> (a y b), <i>Dalea citriodora</i> (c) y <i>Brongniartia lupinoides</i> (d-f).	41
Figura 16.	Daños por herbivoría en la especie <i>Rhus pachyrrachis</i> en los tres sitios de medición.	42
Figura 17.	a) Daños por quemaduras en el sitio "Washington", b) Daños en la especie <i>Lysiloma microphyllum</i> , c) y d) Daños en la especie <i>Ehretia anacua</i>	43

Figura 18.	Manchas en hojas de <i>Brongniartia lupinoides</i> en: a) Puente, b) Washington, c) Casa Redonda	44
Figura 19.	Altura promedio (E. E.) de las especies por fecha de medición en el sitio Casa Redonda.	45
Figura 20.	Altura promedio (E. E.) de las especies por fecha de medición en el sitio Washington.	46
Figura 21.	Altura promedio (E. E.) de las especies por fecha de medición en el sitio Puente.	46
Figura 22.	Efecto de la pérdida de turgencia por las altas temperaturas: a y b: <i>Brongniartia lupinoides</i> , c) <i>Ehretia anacua</i> , d) Defoliación de <i>Lysiloma microphyllum</i> .	49
Figura 23.	Tasas de crecimiento promedio en altura de las seis especies por fecha.	50
Figura 24.	Tasas de crecimiento relativo por especie.	51
Figura 25.	Diámetro promedio (E. E.) de las especies por fecha de medición en el sitio Casa Redonda.	53
Figura 26.	Diámetro promedio (E. E.) de las especies por fecha de medición en el sitio Washington.	54
Figura 27.	Diámetro promedio (E. E.) de las especies por fecha de medición en el sitio Puente.	54
Figura 28.	Tasas de crecimiento del diámetro promedio para las seis especies.	56
Figura 29.	Tasas de crecimiento en diámetro promedio de las seis especies.	57
Figura 30.	Cobertura promedio (E. E.) de las especies por fecha de medición en el sitio Casa Redonda	59
Figura 31.	Cobertura promedio (E. E.) de las especies por fecha de medición en el sitio Washington	60
Figura 32.	Cobertura promedio (E. E.) de las especies por fecha de medición en el sitio Puente.	61
Figura 33.	Datos fenológicos por fecha de las seis especies.	64- 65
Figura 34.	Crecimiento excesivo de pasto por falta de poda constante durante la época de lluvias a) Sitio Puente, b) Sitio Casa Redonda, c) y d) sitio Washington	79
Figura 35.	Temperatura (°C) y precipitación (mm) media mensual según la estación meteorológica Col. Américas ( <a href="http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Diarios/9010.txt">http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Diarios/9010.txt</a> )	80

Figura 36. Temperatura mínima y máxima promedio (°C) según la estación meteorológica Col. Américas  
 (http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Diarios/9010.txt) 81

### Índice de cuadros

Cuadro 1.	Porcentajes de supervivencia por fecha, sitio y especie.	39
Cuadro 2.	Resultados del análisis de la prueba de varianza a los valores de porcentaje de supervivencia para las seis especies ( $\alpha= 0.05$ ).	40
Cuadro 3.	Porcentaje de plantas trozadas registradas en los tres sitios.	41
Cuadro 4.	Análisis de varianza del crecimiento absoluto en altura (cm) de las seis especies. $\alpha= 0.05$ .	47
Cuadro 5.	Resultados de la prueba de Tukey del crecimiento absoluto en altura de las seis especies, $\alpha=0.05$ .	47
Cuadro 6.	Resultados de la prueba de Tukey del crecimiento absoluto en altura (cm) de las seis especies evaluadas por sitio, $\alpha=0.05$ .	48
Cuadro 7.	Resultados de la prueba de Tukey del crecimiento absoluto en altura (cm) para la interacción entre sitios y especies, $\alpha=0.05$ .	48
Cuadro 8.	Resultados del análisis de varianza de la tasa de crecimiento en altura de las seis especies, $\alpha=0.05$ .	51
Cuadro 9.	Resultados de la prueba de Tukey de los promedios de la tasa de crecimiento en altura de las seis especies, $\alpha=0.05$ .	52
Cuadro 10.	Resultados de la prueba de Tukey a los valores medios de la tasa de crecimiento en altura para la interacción entre especies y sitio, $\alpha=0.05$ .	52
Cuadro 11.	Resultados del análisis de varianza de los valores de crecimiento absoluto en diámetro basal (mm) de las seis especies evaluadas, $\alpha=0.05$ .	55
Cuadro 12.	Resultados del análisis de varianza y agrupación de medias en el crecimiento absoluto en diámetro basal, $\alpha=0.05$ .	55
Cuadro 13.	Resultados del análisis de varianza de las tasas de crecimiento en diámetro (mm) de las seis especies evaluadas, $\alpha=0.05$ .	57
Cuadro 14.	Resultados de la prueba de Tukey de tasas de crecimiento en diámetro (mm) de las seis especies evaluadas, $\alpha=0.05$ .	58

Cuadro 15.	Resultados de la prueba de Tukey de tasas de crecimiento en diámetro (mm) de las seis especies evaluadas por sitio, $\alpha=0.05$ .	58
Cuadro 16.	Análisis de varianza del crecimiento absoluto de la cobertura (cm <sup>2</sup> ) de las seis especies evaluadas. $\alpha= 0.05$ .	61
Cuadro 17.	Resultados de la prueba de Tukey para el crecimiento absoluto en cobertura de las seis especies, $\alpha=0.05$ .	62
Cuadro 18.	Resultados de la prueba de Tukey del crecimiento absoluto en cobertura (cm <sup>2</sup> ) de las seis especies evaluadas por sitio, $\alpha=0.05$ .	62
Cuadro 19.	Resultados de la prueba de Tukey del crecimiento absoluto en cobertura (cm <sup>2</sup> ) para la interacción entre sitios y especies, $\alpha=0.05$ .	63
Cuadro 20.	Registro de temperaturas diarias del enero 2010 y octubre de 2010. En gris se indican los días en que se pudo presentar la helada ( <a href="http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Diarios/9010.txt">http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Diarios/9010.txt</a> ).	82- 83

## 1 RESUMEN

El Bosque de Chapultepec es el área verde urbana más extensa en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. A pesar de su gran superficie y los significativos servicios ambientales que brinda a la ciudad, el deterioro en la salud y calidad de su arbolado son reflejo de una histórica falta de planeación en sus reforestaciones y a la falta de mantenimiento.

El presente estudio responde a la necesidad de información sobre la supervivencia, crecimiento, desarrollo y adaptabilidad de distintas especies nativas de la región central de México bajo las condiciones ambientales del Bosque de Chapultepec (o con características similares), como elemento clave para la planeación de futuras reforestaciones exitosas, que a la vez permitan reducir el elevado número de especies exóticas residentes actualmente en el bosque.

Se realizó un "ensayo de especies" con seis especies nativas de la región central de México, de las cuales dos fueron de tipo arbóreo: *Ehretia anacua* (Boraginaceae) y *Lysiloma microphyllum* (Fabaceae) y cuatro de tipo arbustivo: *Brongniartia lupinoides*, *Dalea citriodora* (Fabaceae), *Rhus pachyrrhachis* y *Rhus microphylla* (Anacardiaceae). Se establecieron tres bloques experimentales (cada uno con seis parcelas conformadas por nueve individuos por especie) en tres diferentes sitios dentro de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec, con una cobertura de dosel variable (cerrado, semi-cerrado y abierto). De octubre de 2009 a octubre de 2010 se realizaron mediciones periódicas de altura y diámetro basal y se calculó la tasa de crecimiento de ambas variables así como el crecimiento absoluto.

Todas las especies evaluadas presentaron alta supervivencia final (en promedio 96.29%) sin mostrar diferencias estadísticamente significativas entre sí; en cuanto a las tasas de crecimiento, tanto en altura como en diámetro existieron diferencias estadísticamente significativas entre especies. *E. anacua* registró la mayor tasa de crecimiento tanto en altura con 0.014 cm/día (la menor la obtuvo *L. microphyllum* con 0.001 cm/día) así como en diámetro con 0.013 mm/día (la menor la obtuvo *R. microphylla* con 0.004 mm/día).

*E. anacua* es una especie idónea para la reforestación en sitios de dosel semi-cerrado y/o cerrado (esta especie fue la única que presentó diferencias significativas con el resto y mostró los mayores valores para todas las variables medidas y calculadas). Por su elevado valor estético (aunque considerando que es de lento crecimiento) se sugiere a *L. microphyllum* como especie para reforestación en sitios de dosel semi-cerrado y/o cerrado. Respecto a las especies arbustivas, se recomienda el uso de *R. pachyrrhachis* y *D. citriodora* como formadoras de setos sin importar la abertura del dosel, por su buena adaptación al sitio, resistencia a heladas y sus características estéticas. No se recomiendan para su uso como seto a *R. microphylla* ni a *B. lupinoides* debido a su poca adaptación al sitio y a su carácter caducifolio.

La presente investigación puso de manifiesto la importancia de los servicios prestados por el personal operativo del Bosque de Chapultepec para la supervivencia y óptimo crecimiento de las plantas (podas periódicas del pasto durante la época de lluvias y riego de auxilio en época de estiaje) a tener en consideración en cualquier ensayo futuro o plan de reforestación.

## 2 INTRODUCCIÓN

### 2.1 Áreas verdes en la actualidad

En la pugna por el uso del suelo urbano, las áreas verdes siempre han sido la última prioridad; desafortunadamente se las ha considerado como algo superfluo y siempre que es posible se prescinde de ellas, olvidando el papel fundamental que juegan en las ciudades (Carabias y Herrera, 1986).

En la zona urbana, gran parte de dichas áreas se encuentran en un avanzado proceso de deterioro debido principalmente a los inadecuados o nulos sistemas de conservación, la carencia de árboles y arbustos idóneos para sobrevivir en épocas de estiaje y bajo condiciones críticas de contaminación ambiental, los deficientes sistemas de control fitosanitario y la gran cantidad de población que hace uso indebido de ellas; asimismo, la falta de administración adecuada, la deficitaria distribución de los espacios verdes con relación a las densidades poblacionales y la escasa vigilancia ejercida sobre las actividades desarrolladas han provocado una disminución en los beneficios que proporcionan (Corona, 1989).

Tradicionalmente las áreas verdes sólo eran consideradas como zonas recreativas o se restringía su uso por motivos estéticos, considerando a los árboles urbanos como simples objetos decorativos de la ciudad, olvidando todos los beneficios que dichas áreas proporcionan (Benavides, 1989). Sin embargo, esto ha cambiado ya que se ha generado una creciente concientización de que las áreas verdes urbanas proporcionan múltiples beneficios, más allá de los meramente estéticos y recreativos, mejorando la calidad de vida de sus habitantes. La creación y mantenimiento de zonas verdes en la Ciudad de México enfrentan numerosos retos que deben ser superados por medio de una buena planificación urbana, en la que los máximos beneficios sean alcanzados mediante la conservación de sus funciones ecológicas y sociales. Para tal fin, es necesario sentar las bases de una correcta planeación en el establecimiento de áreas verdes y su mantenimiento a través de un programa integral que involucre todos los aspectos, desde la selección adecuada de sitios de plantación, la selección de especies apropiadas, entrenamiento y capacitación de personal, hasta la calendarización de mantenimiento que dé como resultado que dichas áreas cumplan con sus funciones ecológicas, sociales, recreativas y económicas de manera óptima (GDF, 2000).

Conjuntamente, el crecimiento expansivo y desordenado de la Ciudad de México, en zonas no aptas al desarrollo urbano o con vocación agrícola y forestal, ha generado un desequilibrio existente entre los espacios verdes y las zonas construidas (Corona, 1989). Actualmente en el Distrito Federal existe un déficit en cuanto a la superficie de área verde por habitante; el GDF (2000) ha planteado que la cifra con

relación al número de habitantes es de tan sólo 5.66m<sup>2</sup>/hab<sup>1</sup>. lo cual está muy por debajo de los indicadores señalados en diferentes publicaciones que van de los 9m<sup>2</sup>/hab a los 16m<sup>2</sup>/hab planteados por normas internacionales (Guevara, 1988; citado en GDF, 2000).

## 2.2 Beneficios de las áreas verdes

Varios autores (Carabias y Herrera, 1986; Benavides, 1989; Martínez y Chacalo, 1994; Cobo, 1997; Nowak *et al.*, 1997; GDF, 2000; Jáuregui y Heres, 2008), han señalado el tipo y la importancia de los servicios y beneficios que el bosque urbano, las áreas verdes y el arbolado proporcionan a las ciudades y a sus habitantes (Figura 1).

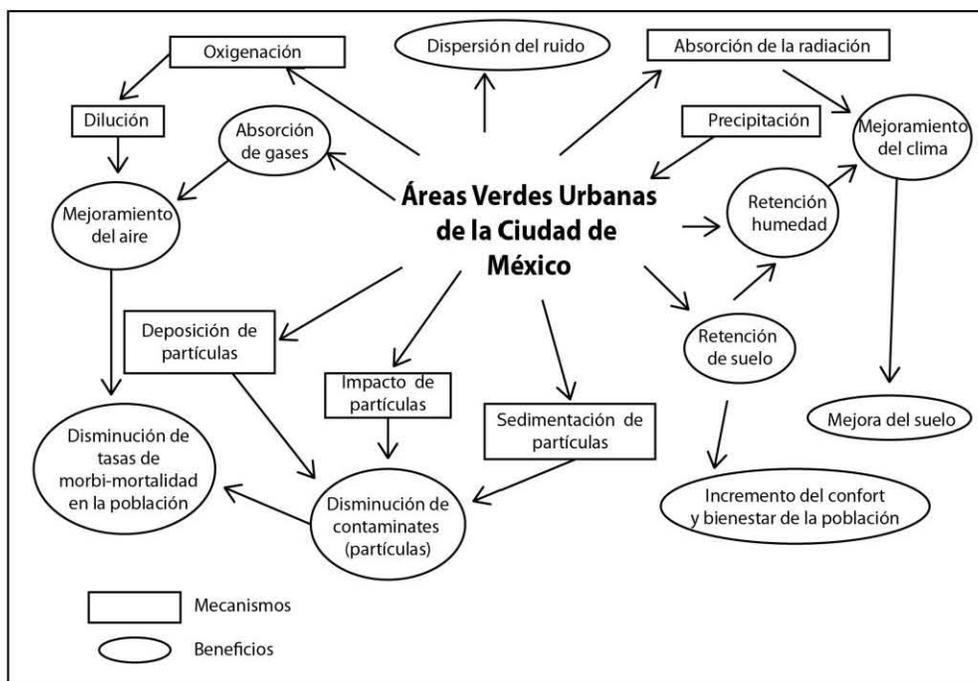


Figura 1. Beneficios de las áreas verdes urbanas (GDF, 2002)

Las áreas verdes en la ciudad actúan como “islas frías”, disminuyendo el efecto de la “isla de calor” urbana, ya que constituyen sumideros de energía térmica que se genera por el proceso de urbanización (aumento de la temperatura y disminución de la humedad) y son fuentes de humedad. Casasola (2006) evidenció la influencia del Bosque de Chapultepec (BCH) como regulador térmico de la temperatura y atenuador de la “isla de calor”, producto de la urbanización sobre el clima urbano de la Ciudad de México,

<sup>1</sup> El índice empleado para estimar la cantidad de área verde por habitante puede variar. En el caso de la Ciudad de México, se tomó en cuenta la superficie de bosques, parques, jardines, camellones, vialidades principales y glorietas (GDF, 2000).

concluyendo que la temperatura al interior del bosque es 6°C más baja y la humedad relativa 40% mayor que fuera de éste.

La presencia de árboles mejora la calidad del aire coadyuvando con el control de la contaminación al retener partículas suspendidas y al captar CO<sub>2</sub>, así como otros contaminantes atmosféricos; las áreas verdes disminuyen las inundaciones debido a la captación de agua de lluvia hacia los mantos acuíferos, ayudan al control de la erosión y a la producción de oxígeno. Además, reducen los niveles de ruido, atenúan el flujo y velocidad del viento actuando como "barreras rompevientos", suministran un hábitat para la fauna silvestre y son importantes elementos arquitectónicos útiles para dar calidad a los espacios públicos (Carabias y Herrera, 1986; Benavides, 1989; Martínez y Chacalo, 1994; Cobo, 1997; Nowak *et al.*, 1997; GDF, 2000; Jáuregui y Heres, 2008).

Las áreas verdes urbanas también brindan servicios psicosociales a los habitantes de la ciudad, cumplen una función estética mejorando la calidad de los espacios públicos y son sitios de recreación por excelencia. Estas áreas proporcionan tranquilidad, relajamiento, reducción de estrés y sensaciones de confort a sus visitantes, además de que contribuyen a la disminución de enfermedades respiratorias debido al mejoramiento en la calidad del aire. Aunado a esto, los árboles y arbustos hacen más funcional la arquitectura urbana: permiten una mejor definición de los espacios, rompen con la monotonía del paisaje, dan sensación de profundidad, crean ambientes aislados y tranquilos, protegen y constituyen focos de atracción visual gracias a sus múltiples formas, volúmenes, sombras y colores; además de proveer protección del sol por la sombra que genera su follaje (Rivas, 2001).

### **2.3 Degradación ambiental del Bosque de Chapultepec**

La historia del Bosque de Chapultepec (BCH) es reflejo de múltiples metamorfosis, desde el paraíso silvestre de otro tiempo, hasta el jardín arreglado a imagen y semejanza del ente civilizado. Entre estos extremos, el bosque también fue visto como coto de caza, alimento de ganado, fuente de la ciudad, arsenal de pólvora, rincón de gobernantes y "pulmón ecológico" (Fernández, 2002).

El Bosque de Chapultepec es una gran masa arbolada dividida en tres secciones y si bien se le denomina como tal, es realmente un componente más de lo que Benavides (1989) denomina como "bosque urbano", el cual se conforma por los árboles, arbustos y vegetación asociada que se encuentra en las ciudades. Sus dos componentes principales son (1) el arbolado de alineación que se ubica a lo largo de banquetas, camellones de calles y avenidas, además de las áreas verdes públicas, como lo son parques, glorietas, jardines, cementerios, derechos de vía y (2) otros espacios abiertos cubiertos con vegetación como las grandes masas arboladas, naturales o inducidas que se encuentran dentro de los límites de la

ciudad<sup>2</sup> y que están bajo la influencia de los habitantes y actividades humanas. Actualmente es el área verde urbana más grande de América Latina (GDF, 2006b) y, por la gran superficie que ocupa dentro de la Ciudad de México, dicha área es la más importante dentro de la Zona Metropolitana del Valle de México, ya que ofrece significativos Servicios Ambientales y cumple con funciones psicosociales, recreativas y educativas (PUEC-UNAM, 2002).

A partir de 1960 y particularmente en la década de los noventa, el Bosque de Chapultepec ha experimentado un acelerado y progresivo deterioro ambiental (Tovar y Alcántara, 2005), que se ha visto reflejado en la contaminación de sus cuerpos de agua, aumento de la fauna nociva, sobreexplotación y desecamiento de los mantos acuíferos, aumento de basura, compactación y erosión del suelo. Lo anterior ha sido provocado por el alto número de visitantes<sup>3</sup>, concesión de espacios para calles y construcciones, además del evidente deterioro en la salud y calidad del arbolado debido a reforestaciones mal planeadas y a la falta de mantenimiento (PUEC-UNAM, 2002; Domínguez y Rodríguez, 2005; Tovar y Alcántara, 2005).

Schjetnan (2005) señala en la Memoria Descriptiva del Plan Maestro del Bosque de Chapultepec, que en la Primera Sección el aspecto ambiental y paisajístico es el más deteriorado, ya que se han realizado campañas de reforestación y jardinería con “buena intención”, pero sin criterios técnicos, ambientales y paisajísticos; simplemente tuvieron el objetivo de recuperar rápidamente la cobertura vegetal. Asimismo, dicho autor refiere que en las reforestaciones realizadas se utilizaron especies no aptas para el bosque, además de plantaciones sin contemplar un programa de reforestación a largo plazo, lo que evidencia la falta de estudios previos a la plantación. Dichas acciones provocaron la sobredensidad del arbolado en varios sitios y consecuentemente una excesiva competencia por nutrientes, agua y energía solar; los cuales son factores de estrés que debilitan a los árboles, propiciando el ataque de plagas y enfermedades que a la larga ocasionan su decaimiento y muerte.

En el caso de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec, la mayoría de sus suelos se encuentran degradados, pues presentan una capa de cascajo y otros materiales de relleno, lo que dificulta el establecimiento exitoso de cualquier reforestación; por lo cual es conveniente precisar qué especies son tolerantes a este tipo de suelos y ambientes mediante un ensayo de especies, con el cual se evalúa su respuesta en cuanto a supervivencia, adaptación, desarrollo y crecimiento bajo las condiciones del sitio

---

<sup>2</sup> En México comúnmente incluso se les puede denominar bosques, como es el caso de Chapultepec, San Juan de Aragón y Tlalpan (Benavides *et al.*, 2010).

<sup>3</sup> Actualmente, el BCH es visitado por más de 15 millones de personas al año (Domínguez y Rodríguez., 2005).

a reforestar (Rodríguez *et al.*, 2009). Al finalizar el ensayo, las especies con las características deseables para la plantación serán las más adecuadas para reforestar el sitio y, en este caso particular, tendrán la potencialidad de crecer en zonas alteradas.

Con base en lo anterior, este estudio propone el uso de una serie de especies nativas como elementos de restauración ecológica para futuras reforestaciones de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec, así como para reducir el elevado número de especies exóticas existentes (como eucaliptos y casuarinas), diversificando así la vegetación existente, con lo cual será posible incrementar la resistencia del bosque al ataque y diseminación de plagas y enfermedades, debido a la abundancia de individuos de la misma especie (condición actual). Para tal propósito se evaluó durante un año la supervivencia y el crecimiento de seis especies nativas promisorias para la reforestación de dicha sección.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo general

Evaluar el crecimiento y supervivencia de seis especies nativas de la región central de México, dos arbóreas (*Ehretia anacua* y *Lysiloma microphyllum*) y cuatro arbustivas (*Dalea citriodora*, *Rhus pachyrrhachis*, *Rhus microphylla* y *Brongniartia lupinoides*), establecidas en la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec.

#### 3.2 Objetivos particulares

- Determinar las tasas de crecimiento y supervivencia de las seis especies.
- Definir cuáles de las especies ensayadas son promisorias para la reforestación de dicha zona.

## 4 ANTECEDENTES

### 4.1 Breve descripción histórica del Bosque de Chapultepec y su vegetación asociada

*“Estas historias, que fueron contadas originalmente por los propios indígenas en el periodo prehispánico, fueron escritas por historiadores indígenas y españoles; los frailes interesados por el origen de los indios recogieron y volvieron a relatar estas historias, y no han dejado de ser contadas una y otra vez” (Navarrete, 2001).*

Chapultepec es una palabra procedente del náhuatl que se compone por los vocablos de “chapulín” o langosta y “tepetl”, colina o cerro; es decir “El cerro del chapulín”, llamado así por su forma alargada o debido a que los chapulines abundaban en el sitio (Teja, 1938; Rojas, 2007).

La historia y los cambios en la vegetación del “cerro del chapulín” han estado relacionados estrechamente con las poblaciones humanas que allí se establecieron y con el manejo que los gobernantes hicieron de éste; convirtiendo lo que antes era un bosque natural en el parque que conocemos actualmente.

La vegetación natural del Bosque de Chapultepec correspondió a un bosque mesófilo de montaña, caracterizado por especies acuáticas y subacuáticas con predominio de cedros, cipreses y ahuehuetes (Rojas, 1983; citado por Nava y Rojo, 1988); el cual fue modificado desde que los toltecas arribaron al lugar en 1122.

Por sus favorables condiciones de vida, el Valle de México siempre resultó un lugar atractivo para los grupos errantes que se desplazaban alrededor de los lagos, disputándose los mejores lugares. Un ejemplo de lo anterior fueron los mexicas, quienes en 1245, antes de fijar su centro principal de población en Tenochtitlán, residieron en Chapultepec atraídos por la posición estratégica de la colina y las ventajas brindadas por el bosque, como el suministro de agua proveniente de sus manantiales y las posibilidades de caza y pesca (Teja, 1938). Tovar (1983), citado por Nava y Rojo (1988), menciona que a la llegada de los aztecas, éstos debieron encontrar encinos, oyameles, ocotes, tepozanes, capulines, colorines y alrededor de los canales, ahuehuetes y sauces ahuejones. Los aztecas en 1299, al ser expulsados de Chapultepec por los tepanecas, se trasladaron al islote donde fundaron la ciudad de Tenochtitlán y el bosque fue destinado como sitio de recreo para sus gobernantes (Teja, 1938).

A finales de 1428, Netzahualcóyotl decidió residir en Chapultepec; donde, mientras supervisaba la construcción de un acueducto, sembró semillas de ahuehuetes que encontró en los manantiales a las orillas del lago (Campos, 1922). Además, ordenó la plantación de ahuehuetes a ambos lados de la calzada que comunicaba a la Ciudad de México-Tenochtitlán con Chapultepec; la cual puede ser considerada como la primera reforestación registrada en el lugar (Alcántara, 2001). En 1507, Moctezuma Xocoyotzin edificó estanques para la cría de peces exóticos y para el almacenamiento de agua; asimismo, Moctezuma II “el más joven” ordenó plantar árboles y plantas traídos de distintos lugares de

su imperio, introduciendo especies tropicales, medicinales y otras exóticas, aunque se desconocen cuáles (DAR, 1987; citado por Nava y Rojo, 1988).

Durante la conquista, Hernán Cortés se apropió de Chapultepec; sin embargo, en el 25 de junio de 1530, Felipe II ordenó que de las posesiones que Carlos V (Carlos I de España) concediera a Cortés, fuera segregado el sitio de Chapultepec y entregado a perpetuidad a la Ciudad de México para su uso comunitario como sitio de recreo y como fuente abastecedora de agua (Campos, 1922).

Domínguez y Rodríguez (2005) refieren que para 1780 ya existían grandes arboledas de olmos y chopos; en 1784 se realizó el desmonte de una parte del cerro debido al inicio de la construcción del alcázar (el actual Castillo de Chapultepec), ordenada por el virrey Matías de Gálvez.

Hacia finales del siglo XVIII por órdenes de Carlos IV de España, el bosque fue ofrecido en una subasta pública pero al no ser adquirido por nadie, se decidió entregarlo a perpetuidad al Ayuntamiento de la Ciudad de México. En 1826 comenzó a construirse al pie del cerro un jardín botánico y en el castillo un observatorio astronómico, pero ninguno fue concluido (Teja, 1938) y para 1833, la Sociedad Mexicana de Historia Natural recomendó la plantación de encinos y fresnos (DAR, 1987; citado por Nava y Rojo, 1988).

A la llegada de Maximiliano en 1864, Chapultepec volvió a ser la residencia de gobernantes y fue durante esta época que el castillo se llenó de jardines diseñados por arquitectos que Maximiliano mandó traer de Trieste y Austria; conjuntamente terrenos aledaños al bosque fueron adquiridos por el imperio para abrir avenidas, de las cuales la más importante fue la Calzada del Emperador, que a la caída de Maximiliano se denominó Paseo de Reforma (Blasio, 1905).

El presidente Díaz, durante su largo periodo de gobierno, trasladó su residencia a Chapultepec y comenzó un proceso de embellecimiento del bosque; en esta época se realizó la concepción del parque actual, que pretendía recrear al parque parisino de Bolonia y hacia finales del siglo XIX, José Yves Limantour, Ministro de Hacienda de Porfirio Díaz, encabezó la Comisión de Embellecimiento y Cuidado del Bosque de Chapultepec (Domínguez y Rodríguez, 2005). Dicha comisión adquirió terrenos particulares para ampliar la superficie del bosque, promovió la conservación de los ahuehetes más viejos y la plantación de árboles como chopos, alcanfores, fitolacas, pirúes, sicomoros, liquidámbar, álamos, tepozanes, araucarias, cipreses, palmas datileras y otras especies herbáceas (Rojas, 1983; citado por Nava y Rojo 1988); se trazaron paseos y calzadas, como la de los Poetas o la de los Artistas, en cuyas orillas se plantaron fresnos y truenos, se construyeron fuentes, dos lagos artificiales y la Casa

del Lago; además, se conservó la zona boscosa y se destinaron grandes áreas libres para la recreación (Domínguez y Rodríguez, 2005).

De 1903 a 1906, se plantaron 12, 000 árboles<sup>4</sup>, exceptuando eucaliptos, porque se tenía la certeza de que causaban una disminución del agua en los manantiales (Tovar, 1982).

Durante la revolución, el bosque y el castillo permanecieron intactos hasta la llegada a la presidencia de Francisco I. Madero, quien ocupó el alcázar como Residencia Oficial; Abelardo Rodríguez fue el último presidente que ocupó el castillo como residencia (Rojas, 2007). Finalmente, en 1939, el Presidente Lázaro Cárdenas cede el Castillo de Chapultepec al pueblo de México y se convierte en el Museo Nacional de Historia (Schjetnan y de la Rosa, 2005), por lo que dejó de ser vivienda Presidencial, hecho que se consuma a partir de 1944, cuando el museo es inaugurado.

En 1986, entró en vigor el primer reglamento para el uso y preservación del Bosque de Chapultepec y se realizó la Campaña Pro-Chapultepec, que tuvo el fin de regenerarlo y preservarlo; dicha campaña contempló programas forestales de mantenimiento y programas de educación ambiental (Nava y Rojo, 1988).

Hacia finales del 2001 se integró el Consejo Rector Ciudadano del Bosque de Chapultepec y en el 2002 la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal (asistida por la Dirección General de Bosques Urbanos y Educación Ambiental y la Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural), con la colaboración de la Universidad Nacional Autónoma de México, a través del Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad (PUEC), realizaron un convenio que tuvo como objetivo principal la elaboración del “Proyecto Ejecutivo para la Implementación del Manejo Integral y Desarrollo Autosostenible del Bosque de Chapultepec”. Su desarrollo dio como resultado la integración de un documento operativo rector denominado “Programa de Manejo”, utilizado para la toma de decisiones, que identificara necesidades, estableciera prioridades y determinara acciones a corto, mediano y largo plazo para la conservación de la biodiversidad y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, históricos y culturales de las tres secciones (GDF, 2006b).

Uno de sus principales objetivos fue la realización del diagnóstico de las condiciones en que se encontraba el bosque; este diagnóstico mostró los principales ejes sociales, culturales, históricos, ambientales y arquitectónicos. Un primer producto de este esfuerzo fue el Plan Maestro de Rehabilitación

---

<sup>4</sup> Casasola (2006), menciona que para el mismo periodo plantaron alrededor de 50, 000 árboles y no 12, 000.

Integral del Bosque de Chapultepec, cuya primer etapa se centró en la recuperación de la Primera Sección del Bosque (Rivas, 2005).

En mayo del 2002 se dio inicio al Programa de Saneamiento Forestal y Reforestación en la Segunda Sección, donde se realizaron trabajos de derribo y poda de aproximadamente mil árboles, en su mayoría eucaliptos; paralelamente, se inició la reforestación con especies como aile, ciprés, fresno, trueno y pino (GDF, 2006b). Asimismo, en el 2009 se publicó el Diagnóstico ambiental de dicha sección realizado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), incluido en el Informe anual del Fideicomiso Pro-bosque de Chapultepec.

#### 4.2 Vegetación de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec

Las investigaciones relacionadas con la composición vegetal del bosque se han centrado principalmente en el “Viejo Bosque de Chapultepec”, que corresponde a la Primera Sección. Entre otros, se pueden mencionar el estudio de Rodríguez (1944), citado por Nava *et al.*, (1988), quien efectuó un estudio vegetal; Castillo (1974) concluyó que el 90% de la cubierta vegetal del bosque correspondía a especies introducidas, y posteriormente, Molina-Enríquez (1979) realizó una estimación del total de árboles y sus especies. Uno de los estudios más importantes fue el presentado por Tovar (1982) titulado “Estudio descriptivo de árboles y arbustos más comunes del Bosque de Chapultepec”; asimismo, en 1988, Nava y Rojo realizaron un inventario del arbolado de dicha sección.

Los estudios relacionados con la vegetación de la Segunda Sección son escasos y han cobrado importancia recientemente, la primera investigación data de 1985, en donde se evaluó la supervivencia de una reforestación realizada ese mismo año; en dicha investigación se reportó que se plantaron un total de 38,165 árboles de las especies liquidámbar, ciprés, casuarina, pino, eucalipto, acacia, celtis, higo y aile, de los cuales sólo sobrevivió el 0.67% (256 árboles). Dicho fracaso se debió a la época inadecuada de la plantación (estiaje) y a la posterior falta de riego (DAR, 1985; citado por Nava y Rojo, 1988).

En el 2002, diecisiete años después del primer estudio y como resultado de la preocupación por el rescate del bosque, el PUEC realizó un muestreo de la vegetación en la Segunda Sección donde se tomaron datos dasométricos y la condición fitosanitaria de 516 ejemplares de porte arbóreo, correspondientes a 17 especies. Las especies de más amplia distribución fueron *Eucalyptus camaldulensis*, *E. globulus*, *Fraxinus uhdei* y *Ligustrum lucidum*, presentes en más del 80% de los sitios de muestreo. Cinco especies representaron el 87% de la frecuencia relativa (fresno, eucalipto, trueno y tuya), *F. uhdei*, *E. camaldulensis* y *L. lucidum* acumularon el 71% de la abundancia relativa y las especies con mayor vigor-sanidad fueron *A. longifolia* (Acacia), *Persea americana* (Aguacate) y *Pinus cembroides* (piñonero) y las más deterioradas fueron los eucaliptos (*E. globulus* y *E. camaldulensis*), debido a la

extendida plaga *Glycaspis brimblecombei* (Familia Psyllidae) conocida comúnmente como conchuela (PUEC-UNAM, 2002).

La investigación más reciente y fidedigna es el “Diagnóstico y caracterización de la 2ª Sección e Inventario Total de su Arbolado”, realizado en el 2008 por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), incluido en el Informe anual del Fideicomiso Pro-bosque de Chapultepec. En dicho diagnóstico se realizó un inventario de los árboles de la Segunda Sección, reportándose 131 especies, de las cuales las más frecuentes fueron: *F. uhdei* (fresno), *E. camaldulensis* (eucalipto rojo), *L. lucidum* (trueno), *P. radiata* (pino radiata) y *C. equisetifolia* (casuarina) (INIFAP-DBCh, 2009). Asimismo, en el 2010, se publicó por el mismo Instituto, el “Catálogo de especies arbóreas y arbustivas para la Reforestación de la 2ª sección del bosque de Chapultepec”, el cual incluyó la descripción, características y propagación de aproximadamente 80 especies arbustivas y arbóreas que se consideraron adecuadas para ser utilizadas en futuros programas de reforestación de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec, en su gran mayoría nativas de la región central de México (INIFAP, 2010).

### 4.3 Especies nativas vs especies exóticas

#### 4.3.1 Uso de especies exóticas en la reforestación urbana

Una especie exótica (introducida o no nativa), es una especie que se encuentra fuera de su área de distribución original o nativa (histórica o actual), no acorde con su potencial de dispersión natural (IUCN 2000).

La reforestación<sup>5</sup> urbana en México se ha caracterizado por el uso de dichas especies exóticas como eucaliptos (árboles nativos del sureste de Australia y Tasmania) y casuarinas (provenientes del sureste de Asia, las islas del Pacífico y Australia). Este hecho responde a las bondades que dichas especies han presentado frente a otras (incluidas nativas), de las que destacan: alto grado de supervivencia y rápido crecimiento en suelos deteriorados (como es el caso de los suelos urbanos), baja demanda de nutrientes minerales, adaptabilidad a diferentes climas y suelos, fácil propagación y el consecuente cultivo en grandes cantidades (Vázquez-Yanes *et al.*, 1999), gran disponibilidad en viveros, bajo costo (Ceballos, 1997) y vasta información sobre sus prácticas culturales.

---

<sup>5</sup> Reforestar es establecer vegetación arbórea en áreas donde anteriormente ya había existido vegetación generalmente de tipo forestal y que por alguna causa disminuyó o desapareció (GDF, 2000).

Sin embargo, a pesar de las aparentes bondades antes mencionadas, dichas especies presentan muchas desventajas como elementos de restauración<sup>6</sup> ecológica, pues ejercen un efecto negativo en el medio impidiendo el desarrollo de otra vegetación nativa, su hojarasca es persistente y de escaso valor nutricional para el suelo, lo que no favorece a la recuperación de su fertilidad ni ayuda significativamente a contrarrestar la erosión, disminuyendo así su capacidad para la infiltración de agua (Vázquez-Yanes *et al.*, 1999). Otras desventajas por las que no se recomienda su uso radican en que pueden desplazar a algunas especies nativas en la región de introducción, además tienden a crearse monocultivos de especies exóticas homogeneizando la composición de las áreas verdes y la disminución o pérdida de la riqueza florística natural (Uribe, 1997).

#### 4.3.2 Especies nativas como propuesta para la reforestación urbana

Debido a las grandes desventajas que pueden tener las especies exóticas, en los últimos años se ha promovido la utilización de especies nativas con fines de reforestación como alternativa para la reforestación tanto urbana como rural.

Según el Comité Federal de Conservación de Plantas Nativas, una especie nativa es aquella que ocurre naturalmente en una región particular, ecosistema o hábitat sin la intervención humana (directa o indirecta), (Harper-Lore y Wilson, 2000). Las especies nativas favorecen el restablecimiento de las poblaciones de elementos de flora y fauna nativas, promueven la recuperación de las características del suelo (Vázquez-Yanes *et al.*, 1996), tienen una larga vida útil (Ceballos, 1997), además de que están mejor adaptadas al clima y a los ciclos de lluvias de la región (Uribe, 1997); razones por las que se opta por su utilización.

Las desventajas mejor conocidas para el empleo de dichas especies radican en que muchas de éstas especies presentan un lento crecimiento, un número insuficiente de plantas y de buena calidad en vivero, así como un elevado costo, producto de la escasa o nula información sobre su propagación, manejo y producción masiva, lo que conlleva a su poca disponibilidad en los mismos (Arriaga *et al.*, 1994). Sin embargo, aunque se esperaba que dichas especies fueran las que menos dificultades tuvieran para establecerse en su región natural, frecuentemente las áreas verdes urbanas se encuentran severamente alteradas y deterioradas por las modificaciones drásticas que han tenido principalmente sus suelos (compactación, presencia de escombros y materiales de construcción) por lo que no presentan las

---

<sup>6</sup> Conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propicien la evolución y continuidad de los procesos naturales (GDF, 2000).

condiciones más adecuadas para su crecimiento (Arriaga *et al.*, 1994, Nowak *et al.*, 1997; Benítez y Pulido-Salas, 2002); limitando su uso en suelos muy degradados.

En México, la mayoría de los estudios sobre reforestación se han realizado sobre especies leñosas nativas con fines de reforestación forestal y muy pocos de especies bajo condiciones urbanas.

En el caso de la reforestación urbana para hacer uso exitoso de las especies nativas es indispensable profundizar en el conocimiento sobre la biología, ecología, propagación y manejo de especies disponibles, ya que se desconoce el comportamiento de la mayoría de estas en ambientes urbanos<sup>7</sup> y las condiciones pueden ser muy distintas a las de su hábitat original. Los estudios sobre la utilización de especies nativas han sido de gran aporte, pero todavía son escasos, relativamente recientes y principalmente enfocados a plantaciones rurales como para permitir la toma de decisiones acertadas sobre la utilización de estas especies en programas de reforestación urbana (Delgado *et al.*, 2003).

#### **4.4 Ensayo de especies: Selección de la especie adecuada para el sitio apropiado de plantación**

Por mucho tiempo la reforestación urbana se ha caracterizado por reforestaciones masivas (con fines políticos principalmente), sin planeación y sin considerar el sitio específico de plantación, ni la especie a plantar, cuyo éxito se mide únicamente en millones de árboles plantados (GDF, 2006a).

Seleccionar la especie adecuada al sitio apropiado de plantación es crítico para el éxito de los programas de reforestación urbana (Nowak *et al.*, 1997). Si la elección de especies es correcta, con el tiempo se inducirán menos requerimientos de mantenimiento y en el caso de las áreas verdes urbanas la recuperación de la fertilidad del suelo y la disminución de la erosión, un microclima y un ciclo hidrológico similares a los originales y al restablecimiento de, al menos, parte de la flora y fauna nativa que aún sobreviva en algunos sitios (Vázquez-Yanes *et al.*, 1996).

La selección de especies puede pasar por una serie de etapas que eventualmente finalizarán en la elección de unas cuantas especies para los propósitos de la plantación. Las etapas suelen ser: eliminación de especies, ensayo de especies y fase de validación (Pedersen *et al.*, 1995). Dichos autores mencionan que el ensayo de especies se prueba con un número reducido de aquellas que parezcan promisorias (de 5 a 10), con el fin de evaluar cuál o cuáles de éstas ofrecen los mejores resultados de supervivencia, resistencia a plagas y enfermedades, adaptación, desarrollo y crecimiento en las

---

<sup>7</sup> Los árboles en el bosque se encuentran en su hábitat ecológico normal, por lo que debe esperarse un mayor esfuerzo (stress) en los árboles urbanos que en los forestales, pues tienen que ocupar un nicho ambiental tan hostil como es la calle y luchar contra muchas influencias perjudiciales que afectan su desarrollo y longevidad (Elias e Irwin, 1976; citado por Benavides, 1989).

condiciones del sitio a reforestar (Rodríguez *et al.*, 2009); por lo que la meta de dicho ensayo es proporcionar especies bien adaptadas al sitio de plantación (Roulund y Olesen, 1995).

En el caso de la Segunda Sección del BCH, la mayoría del suelo está severamente alterado y se caracteriza por una mezcla de desperdicios de materiales para construcción y escombros (cascajo), integrados a los materiales naturales del suelo (PUEC-UNAM, 2002), con altos niveles de compactación (alteración antrópica), que ocasiona una seria restricción para el desarrollo de las raíces. En función de lo anterior, es de gran importancia determinar qué especies son las tolerantes a este tipo de suelos y ambiente mediante un ensayo de especies, con el cual se determinarán las más adecuadas para reforestar el sitio, pues tendrán las características deseables para la plantación y presentarán la potencialidad de crecer en zonas profundamente alteradas, tomando en cuenta que la supervivencia de árboles urbanos está estrechamente relacionada con su rusticidad (Ware, 1994).

#### 4.4.1 Ensayos de especies en México

Los programas de selección de especies deberían ocupar el primer lugar en cualquier programa de reforestación, sin embargo, no existen ensayos de especies previos a reforestaciones para las áreas verdes en la Ciudad de México<sup>8</sup>. La mayoría de los estudios sobre dichos ensayos han sido realizados para la evaluación de plantaciones forestales, encaminadas a la obtención de madera con el objetivo de incrementar su productividad por medio de la detección de las especies más provechosas. Otros estudios, se orientan a la realización de estos ensayos para diversificar la flora forestal con fines protectores, para la creación de áreas verdes con fines recreativos y para evaluar la introducción de especies exóticas (Patiño y Borja, 1978).

A pesar de lo antes mencionado, existen datos escasos sobre la evaluación de supervivencia en algunas reforestaciones urbanas y sólo es posible referir que en 1985 se plantaron 150 mil árboles en las tres secciones del BCH. Para la Primera Sección, de los 29, 386 árboles que se plantaron, sobrevivió el 17% (3, 725 árboles); en la Segunda Sección, de los 38, 165 árboles sólo sobrevivió el 0.67% (256 árboles) y en la Tercera Sección, de los 81, 865 solo sobrevivió el 0.42% (342 árboles). Dicho fracaso se debió a la época inadecuada de la plantación (estiaje) y a la posterior falta de riego, no al vandalismo (DAR, 1985; citado por Nava y Rojo, 1988).

---

<sup>8</sup> El bosque urbano no debe conceptuarse en forma similar a los bosques naturales, pues es obvio que en aquel se presentan una serie de condiciones diferentes a las masas forestales, entre las que podemos citar: su establecimiento, en la mayoría de las veces, obedece al hombre, la cercanía constante de la población humana, su distribución está influenciada por requerimientos urbanos; es decir, la constante presencia de factores adversos que debilitan al arbolado (Benavides, 1989).

La Comisión Coordinadora para el Desarrollo Rural (COCODER, 1998 en Reyes 1996), reportó que las causas por las cuales el arbolado urbano no sobrevive es debido al vandalismo de sus visitantes y a agentes meteorológicos, obteniendo supervivencias promedio de 44% (no se especifica ni el lugar ni el periodo de evaluación). Asimismo, se mencionó que en las plantaciones urbanas, realizadas en 1979, hubo un 43.4% de supervivencia promedio.

Caballero (1993) estimó que la supervivencia del arbolado plantado en la zona urbana de la Ciudad de México varía de 40 a 50%, reportando que las causas más importantes de la muerte son el alto nivel de contaminación, el arbolado plantado a lo largo o próximo a las vías de circulación vehicular y el vandalismo.

Un trabajo más preciso fue realizado por Reyes (1996), quien evaluó la reforestación urbana establecida en 1993 en la Delegación La Magdalena Contreras, donde determinó la supervivencia de una muestra de individuos de diferentes especies arbóreas tanto nativas como exóticas. El porcentaje de supervivencia promedio reportado para las distintas especies fue de 47.78% y los resultados indicaron que las causas principales de la muerte del arbolado se debieron al daño en el sistema radicular por una plantación mal efectuada, así como a la falta de riego posterior a la plantación y no al vandalismo.

Recientemente se realizaron dos ensayos de especies nativas en la Segunda Sección del BCH en donde se evaluó la supervivencia, la altura y el crecimiento del diámetro basal. Gazca (2011) efectuó un ensayo de seis especies arbóreas de la familia Leguminosae, en donde encontró promedios finales de supervivencia superiores al 90%. En el otro ensayo hecho por López (2011) se evaluó a especies arbóreas de las familias Pinaceae, Apocynaceae, Burseraceae y Tiliaceae, en donde se obtuvo una supervivencia promedio de 92.59%. Cabe destacar que en estos últimos casos, la supervivencia es mayor debido a que fueron trabajos experimentales, a los cuales se les dio seguimiento.



### 5.1.3 Fisiografía

En términos generales, la fisiografía de la Primera Sección del Bosque de Chapultepec se podría describir como un área plana con pocos cambios de pendiente, la cual se acentúa en la Segunda y se incrementa hasta formar, en algunos casos, barrancas en la Tercera Sección (PUEC-UNAM, 2002). Dicho organismo, describe tres diferentes usos de suelo: Cobertura general de bosque en la Primera Sección y parte de la Segunda (no se especifica el tipo de bosque y si es cultivado o natural). Pastizal inducido al oeste de la Segunda Sección (área correspondiente al Panteón de Dolores) y Bosque artificial de latifoliadas (eucalipto) en la Tercera Sección (INEGI, 1983; citado por PUEC-UNAM, 2002).

### 5.1.4 Suelo

Sus suelos son del orden Inceptisol, suborden Andéptico, desarrollados sobre rocas de depósitos piroclásticos del Cuaternario (Pleistoceno y Holoceno) (PUEC-UNAM, 2002). Es importante resaltar que en la Segunda Sección están presentes áreas minadas por extracción de arena, que se llevó a cabo alrededor de las décadas de los 40's y 50's (Domínguez *et al.*, 2005), por lo que las características de los suelos no son las originales.

### 5.1.5 Clima

Según la carta de climas escala 1:1,000,000 producida por CONABIO/ESTADIGRAFIA 1997, se presenta un clima C(w1)(w)(i')g, es decir, de tipo templado subhúmedo con lluvias en verano. Presenta una temperatura media anual de entre 12° y 18°C<sup>10</sup>, con una oscilación anual de las entre 5° y 7°C. Durante los meses más fríos (noviembre a febrero), los valores de temperatura media oscilan entre 12° y 15°C, para los meses más cálidos (abril a junio) se tienen valores de entre 17° a más de 19°C y para los meses con temperatura moderada (marzo y de julio a octubre), los valores van de 15° a 18°C.

El promedio mensual de precipitación durante los meses más lluviosos (junio a septiembre) es de 125 mm a más de 200 mm; durante los meses menos lluviosos (noviembre a marzo) la precipitación es menor a 10 mm (febrero es el mes con menor precipitación). En los meses con lluvias moderadas (abril, mayo y octubre), los valores van de los 25 mm (abril) a los 70 mm (mayo y octubre) y el valor promedio anual de humedad relativa es de 59% (el índice de humedad (P/T) está entre 43.2 y 55.0)<sup>11</sup>.

---

<sup>10</sup> Vázquez (1994) refiere que, de acuerdo a la estación meteorológica del Jardín Botánico de Chapultepec, la temperatura media anual se encuentra entre 5 y 7°. Anónimo (1968) citado en Olvera (1988) con base en los datos registrados según la estación meteorológica de Tacubaya una pp. media anual de 672 mm., evaporación media anual de 965 a 1919 mm. y una temperatura media anual de 14.7°. Nava y Rojo (1988) reportan, según el servicio meteorológico del Parque Azteca, una pp. anual de 747mm., temperatura mínima de 4.2°, media de 15.5° y máxima de 23.8°, con una oscilación media de temperatura con respecto a la Ciudad de México de 5 a 7°C.

<sup>11</sup> Los datos presentados son valores promedio para las cuatro estaciones cercanas al Bosque (Tacubaya, Presa, Lomas y CFE).

## 5.2 Segunda Sección del Bosque de Chapultepec

La Segunda Sección del Bosque está separada de la Primera Sección por el Periférico y de la Tercera por el Panteón de Dolores y la intersección de Calzada Lomas y Calle Bernardo de Gálvez. Fue diseñada por el arquitecto Leónides Guadarrama e inaugurada en 1964. En esta sección se ubica el Museo del Niño, El Museo Tecnológico de la CFE (MUTEC) y el Museo de Historia Natural; además cuenta con el Lago mayor (donde se encuentra la fuente Monumental) y varias fuentes como la de los Compositores, Xochipilli y las Serpientes; resalta el Cárcamo de Tláloc, construcción que fue erigida para recibir el agua proveniente de los manantiales de la Laguna de Lerma en el Estado de México. En las paredes de dicho Cárcamo, el muralista Diego Rivera pintó "El agua origen de la vida" y en el exterior se construyó la fuente Tláloc Totopamilt (GDF, 2006b) (Figura 3).

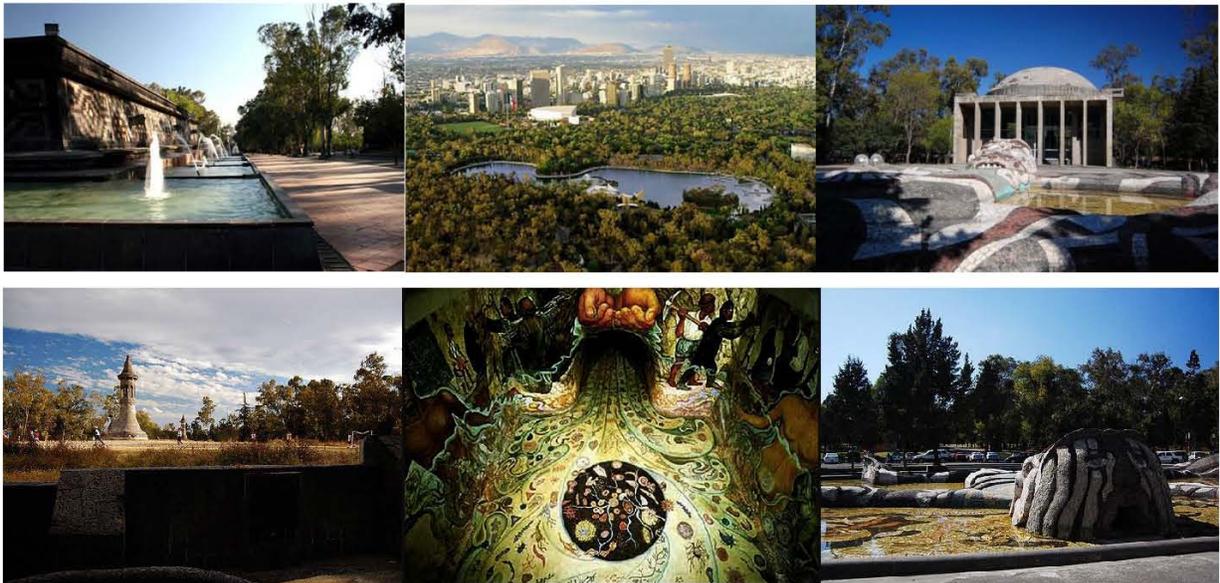


Figura 3. Diversas construcciones en la Segunda Sección del BCH. (<http://www.sedema.df.gob.mx>)

### 5.2.1 Vegetación

Todas las especies arbóreas de la Segunda Sección son introducidas. La cubierta arbórea en general es relativamente joven (en su mayoría árboles de alrededor de 15 años de edad) y se puede observar que las condiciones de mantenimiento son deficientes y existen áreas completamente sujetas al temporal (PUEC-UNAM, 2002).

Según el inventario de la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec, realizado por el INIFAP (2008), se registraron 131 especies (103 arbóreas y 28 arbustivas), con un total de 38, 825 individuos de tipo leñoso (943 están muertos en pie) y 3,142 arbustos. Las 5 especies más abundantes fueron: *Fraxinus uhdei*

“fresno” (nativa de México), *Eucalyptus camaldulensis* “eucalipto rojo” (nativa de del sureste de Australia y Tasmania), *Ligustrum lucidum* “trueno”, (nativa de China, Corea y Japón), *Pinus radiata* “pino radiata” (nativa de Estados Unidos de América) y *Casuarina equisetifolia* “casuarina” (nativa del sureste de Asia, las islas del Pacífico y Australia). La altura promedio fue de 10.99 m, el diámetro promedio “a la altura del pecho (1.5 m.)” de 24.34 cm, el diámetro basal promedio de 30.48 cm y la cobertura de copa promedio de 24.20 m<sup>2</sup>. El estado sanitario denominado como bueno fue el predominante en los troncos y follaje del arbolado y la condición vigorosa<sup>12</sup> fue la que se registró con mayor frecuencia, seguida de la declinante incipiente.

### 5.3 Diseño experimental

#### 5.3.1 Selección de especies

El trabajo experimental se realizó con seis especies nativas de la región central de México (cuatro arbustivas y dos arbóreas), que se desarrollan en climas desde semiáridos hasta templados. Las especies evaluadas fueron: *Ehretia anacua* (Teran & Berland.) I.M. Johnston., *Dalea citriodora* (Cav.) Willd., *Rhus pachyrrhachis* Hemsl., *Rhus microphylla* Engelm. ex A. Gray, *Lysiloma microphyllum* Benth. y *Brongniartia lupinoides* (H.B.K.) Taubert, Bull. Todas las plantas se produjeron en el vivero del Campo Experimental Bajío del INIFAP en Celaya, Guanajuato.

Las especies se eligieron por ser nativas de la región central de México, con base en su potencial para crecer en suelos pobres, someros y pedregosos, por ser tolerantes a sequías y bajas temperaturas, por ser útiles en el control de la erosión y recuperación de suelos degradados, (Terrones *et al*, 2004), y por su disponibilidad en vivero. De la misma forma, se tomaron en cuenta sus características biológicas, ornamentales y de mantenimiento; esto cobra vital importancia al ser especies propuestas para la reforestación de áreas verdes urbanas.

---

<sup>12</sup> La condición de vigor se define como el incremento de biomasa aérea por unidad de tejido fotosintético o en otros términos, como eficiencia de crecimiento (Waring, 1983). Es frecuentemente utilizada en el ámbito forestal (Mitchel *et al.*, 1983; Christiansen *et al.*, 1987; Rosso y Hansen, 1998) y se asocia generalmente al aspecto de los árboles en cuanto a la coloración del follaje, distribución del follaje en la copa, tamaño de las hojas. Para la evaluación de esta variable, se generó una escala de 6 categorías, las cuales son: “*Vigoroso*” (desarrollo de la copa uniforme y color del follaje de acuerdo a la especie), “*declinante incipiente*” (ausencia de follaje en la copa entre un 10 a 30%), “*declinante moderado*” (ausencia de follaje en la copa entre un 30 y 60%, el color del follaje tiende a ser amarillento), “*declinante avanzado*” (ausencia de follaje en la copa entre un 60 y 90%, el color del follaje tiende a ser mucho más amarillento), “*declinante severo*” (follaje muy ralo en la copa, de 5 a 10%, el escaso follaje que se observe será clorótico) y “*muerto*” (Benavides, 2015).

### 5.3.2 Descripción de sitios y bloques

A principios de octubre del 2009, se establecieron tres bloques experimentales en diferentes sitios dentro de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec, los cuales fueron identificados con los nombres de Washington, Casa Redonda y Puente (Figura 4).



Figura 4. Localización de las bloques dentro de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec

Para la selección de los tres sitios donde se ubicaron los bloques se consideró como criterio principal la apertura del dosel, lo que permitió contar con diferentes grados de exposición solar en cada uno de

éstos. El sitio “Washington”<sup>13</sup> se caracterizó por un dosel abierto (Figura 5), el sitio “Casa Redonda”<sup>14</sup> por presentar un dosel semicerrado (Figura 6) y el sitio “Puente”<sup>15</sup> por presentar un dosel cerrado (Figura 7).

Un criterio adicional para la localización de dichos bloques en los sitios seleccionados fue que estuvieran en la cercanía de vialidades para facilitar el riego con pipa durante el estiaje (riegos de auxilio) con la ayuda del personal del bosque.

Cada bloque se dividió en seis parcelas y en cada parcela se plantaron nueve individuos de cada especie (54 plantas en cada bloque); el orden y disposición de las mismas se realizó aleatoriamente. El total de plantas de todo el experimento fue de 162 individuos.

---

<sup>13</sup> Las especies arbóreas presentes al momento de la plantación en el sitio “Washington” fueron en su mayoría eucaliptos (*E. camaldulensis*), casuarinas (*C. equisetifolia*), fresnos (*F. udehi*) y pinos. Cabe mencionar que dicho sitio se encuentra en el límite con la zona habitacional y al momento de la plantación se observaron materiales de construcción (cascajo) mezclados con el suelo.

<sup>14</sup> Las especies arbóreas presentes al momento de la plantación en el sitio “Casa Redonda” fueron en su mayoría eucaliptos (*E. camaldulensis*), casuarinas (*C. equisetifolia*) y fresnos (*F. udehi*).

<sup>15</sup> Las especies arbóreas presentes al momento de la plantación en el sitio “Casa Redonda” fueron en su mayoría eucaliptos (*E. camaldulensis*) y fresnos (*F. udehi*).

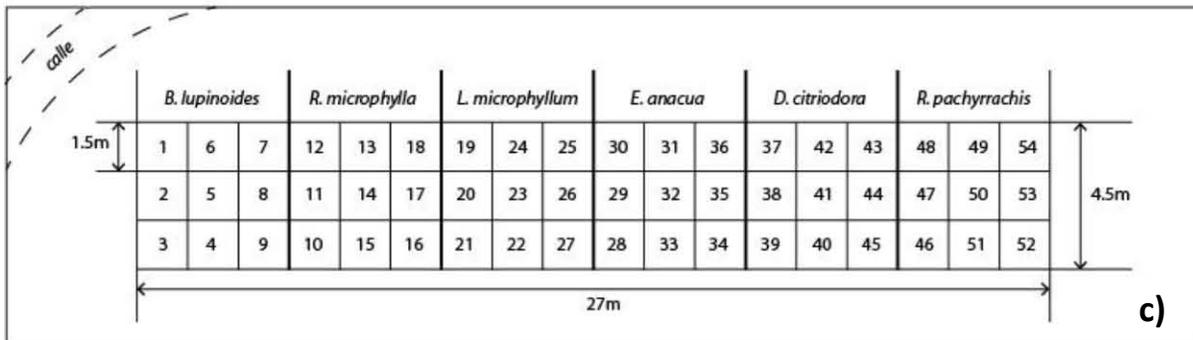


Figura 5. a) y b) Vista aérea y panorámica de la localización del bloque ubicado en el área denominada "Washington" en la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec, c) Distribución de las parcelas en el bloque.

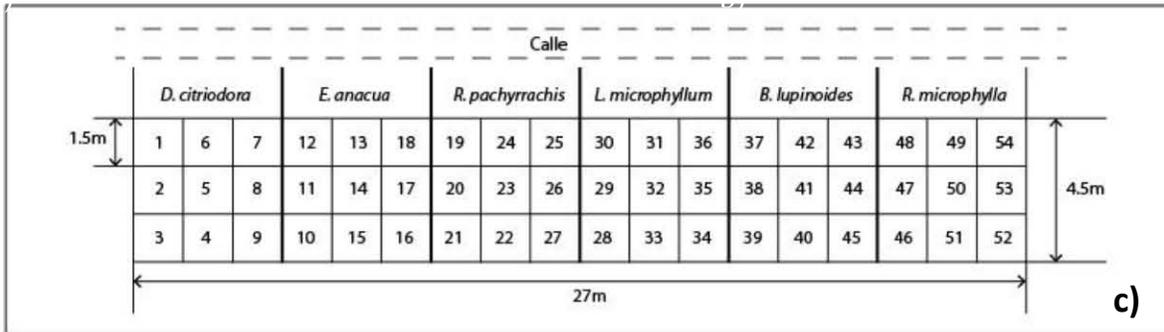


Figura 6. a) y b) Vista aérea y panorámica de la localización del bloque ubicado en el área denominada “Casa Redonda” en la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec, c) Distribución de las parcelas en el bloque.

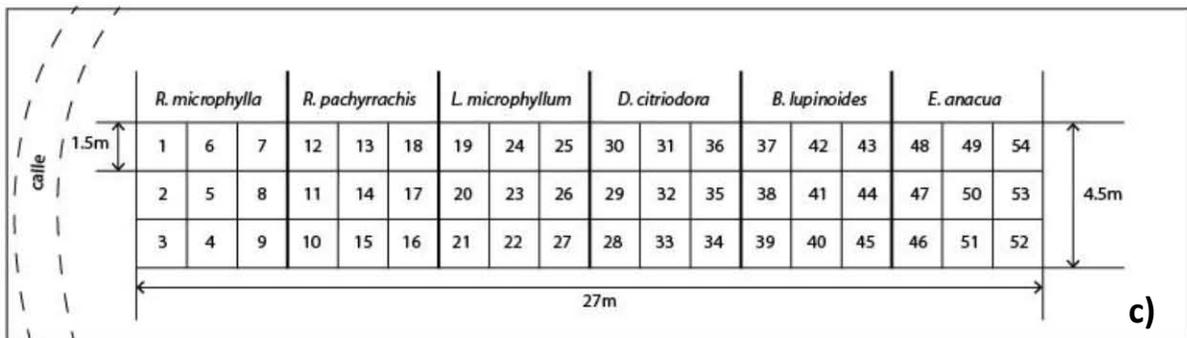


Figura 7. a) y b) Vista aérea y panorámica de la localización del bloque ubicado en el área denominada "Puente" en la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec, c) Distribución de las parcelas en el bloque.

### 5.3.3 Descripción de especies

*Brongniartia lupinoides* (H.B.K.) Taubert, Bull.

Familia: Fabaceae

Sinonimias: *Brongniartia angustata* Rydb., *Brongniartia benthamiana* Hemsley., *Brongniartia oxyphylla* (DC.)Hemsley., *Brongniartia thermoides* Sprengel., *Megastegia speciosa* G.Don., *Peraltea lupinoides* Kunth., *Peraltea oxyphylla* DC.

Nombres comunes: Jaboncillo, janacahuate, palo cenizo.



Figura 8. a) *Brongniartia lupinoides* en el sitio de plantación, b) Flor

**Hábitat y distribución:** Esta especie forma parte de la selva baja caducifolia, matorral xerófilo y encinares. Crecen en laderas pedregosas o terrenos planos a la orilla de los drenajes, en altitudes de 1100 a 2300 m. en suelos someros, calizos, arenosos, pedregosos, bien drenados; toleran heladas y sequías. Se distribuyen en el centro y norte de México (Terrones *et al.*, 2004).

**Descripción botánica:** Arbusto de 1 a 3 m de altura, follaje y ramas densamente pilosas o sedoso-plateadas, con pelos de 1 a 2.5 mm de longitud; ramas hirsútulas; hojas con pelos sedosos abundantes, de 8 a 19 cm de longitud; peciolo corto para el género, de 7 a 10 mm de longitud; folíolos de 13 a 31 elíptico-lanceolados u oblongo-ovados, de 1.5 a 4 cm de longitud y 0.8 a 1.6 cm de ancho, de 2.5 a 3 veces más largos que anchos, redondeados u obtusos en la base, obtuso o acuminado en el ápice;

estípulas escariosas, abaxialmente glabras, de oblicua-lanceolada a linear, de 13 a 15 mm de longitud y 2.5 a 4.5 mm de ancho, cayendo antes de que las hojas se desarrollen completamente; flores solitarias o en pares (raramente 3 o más), en fascículos axilares; bractéolas verde-amarillentas, membranosas, abaxialmente glabras, elíptico-ovadas, subcordadas en la base, subacuminadas en el ápice, y de 15 a 19 mm de longitud y de 7 a 12 mm de ancho, cayendo hasta que las flores abren completamente; cáliz piloso de 15 a 20 mm de longitud, incluyendo la parte basal, pétalos rojo oscuro (McVaugh, 1987).

**Servicio ambiental:** controlan la erosión, mejoran los suelos con su hojarasca, fijan nitrógeno al suelo. Son plantas ornamentales que sirven como cortina rompevientos y como seto vivo (Terrones *et al.*, 2004).

**Usos:** uso forrajero, la madera se utiliza como combustible y tiene importancia industrial ya que posee potencial para la elaboración de jabón (Terrones *et al.*, 2004).

*Dalea citriodora* (Cav.) Willd.

Familia: Fabaceae

Sinonimias: *Dalea foliolosa* (Ait.) Barneby, *Psoralea foliolosa* Ait.

Nombres comunes: Limoncillo, almaraduz, hierba de la hormiga, mezquitillo, motita, sonajilla, engordacabras.

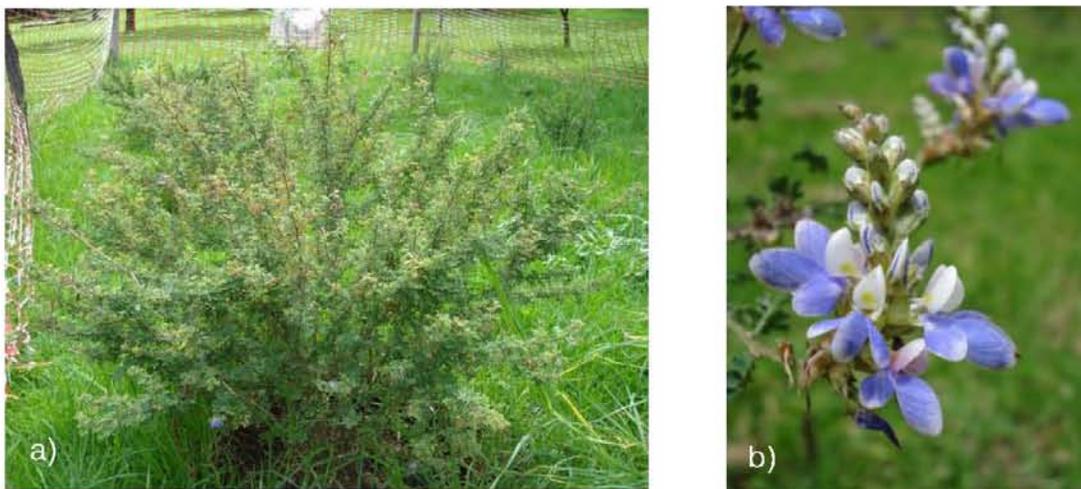


Figura 9. a) *Dalea citriodora* en el sitio de plantación, b) Inflorescencia

**Hábitat y distribución:** Vegetación frecuente en zonas áridas y semiáridas. Crecen en sitios perturbados, con humedad deficiente, en laderas pedregosas o terrenos planos en praderas, en altitudes de 1800 a 2500 m. en suelos someros, calizos, arenosos pedregosos, bien drenados; toleran sequías y heladas. Existen diversas especies distribuidas en el centro y norte de México que deberían considerarse vulnerables a extinción (Terrones *et al.*, 2004).

**Descripción botánica:** Arbusto anual que alcanza hasta 1 m de altura; tallo glabro, rojizo, liso o algo verrucoso en la parte distal, ramificado desde la base y difuso o simple hasta la mitad y después ramificado; estípulas setáceas, de 3 mm de largo; hojas imparipinnadas, de 1 a 8 cm de largo, subsésiles o cortamente pecioladas, raquis glabro y angostamente marginado, generalmente punteadas; folíolos de 5 a 17 pares, elípticos, oblongo-ovados u oblanceolados, de 1.5 a 8 mm de largo por 1 mm de ancho o menos, ápice obtuso y granduloso-mucronado, rara vez agudo, margen entero, base redondeada, glabros y sin glándulas o con pocas glándulas diminutas a lo largo del margen hacia el ápice; flores dispuestas en espigas densas, de 4 a 30 cm de largo en pedúnculos terminales u opuestos a las hojas, de 1.5 a 12 cm de largo; las brácteas envuelven completamente a los botones, anchamente obovadas u obcordadas, de 2 a 3 mm de largo, glabras, membranosas en la base, con el margen hialino y terminadas abruptamente en un acumen, llevan pocas glándulas en la parte dorsal; flores sésiles, con el cáliz de 3 a 7 mm de largo, densamente sedoso-piloso en el exterior, tubo de 2 a 2.5 mm de largo, dientes deltoideos,

agudos; corola con el estandarte blanco-rojizo, los demás pétalos rosados, de color morado o violeta, estandarte con el lóbulo deltoideo o hastado-ovado, de 1 a 3 mm de largo y la uña casi del mismo tamaño, legumbre obovada, comprimida, ligeramente puberulenta en la parte apical, de 2 a 2.5 mm de largo, membranosa y glabra en la base; semillas de 2 mm, amarillo-verdosas o cafés, superficie lisa y brillante (Rzedowski y Rzedowski, 1979).

**Servicio ambiental:** controlan la erosión sobre todo si se asocian con gramíneas cultivadas en laderas, abono verde, mejoran los suelos con su hojarasca, fijan nitrógeno al suelo, sirven como barreras vivas, rehabilitan zonas de minas y son alimento para la fauna silvestre (Terrones *et al.*, 2004).

**Usos:** Sirve como combustible y posee gran potencial para apicultura; tiene usos artesanales y medicinales (como infusión para aliviar dolores de estómago y riñón y para heridas). Se utiliza como forraje para el ganado ovino y bovino en comunidades rurales (Terrones *et al.*, 2004).

*Ehretia anacua* (Teran & Berland.) I.M. Johnston, Contr. Gray.

Familia: Boraginaceae.

Sinonimias: *Gaza anacua* Teran & Berland., *Ehretia elliptica*, *Ehretia ciliata*, *Ehretia exasperata*.

Nombres Comunes: Anacua, anagua, anacahuite, tachicon, capulín blanco.



Figura 10. a) y b) *Ehretia anacua* en el sitio de plantación

**Hábitat y distribución:** Forman parte del bosque espinoso y de encino, selva baja caducifolia, matorral subtropical y de lugares desmontados, clima tropical subhúmedo, en altitudes de 1500 a 1800 m. Se distribuye desde el centro de México hasta Sudamérica. Toleran vientos fuertes, hormigas, sequías y requieren sol, pueden presentar según el ambiente raíz extensa y superficial (Terrones *et al.*, 2004).

**Descripción botánica:** Árbol que alcanza hasta 18 m de altura, los tallos y ramas jóvenes más o menos pubescentes o glabriúsculos. Hojas pecioladas, la lámina oblonga a elíptico-oblonga u obovada, gruesa, la mayoría de 3-7 cm de longitud, el haz muy escabroso; el envés pubescente, puberulento o algunas veces glabriúsculo, los márgenes enteros, el ápice generalmente redondeado u obtuso, raramente agudo o subagudo, la base más o menos redondeada; pecíolos generalmente de menos de 5 mm de longitud. Inflorescencias cimoso-paniculadas, las panículas pequeñas, de 3 – 6 cm de ancho; flores aromáticas; cáliz hendido, casi en la base, de 2.5-3 mm de largo, densamente pubescente, los lóbulos lanceolados, acuminados; corola blanca de 6-8 mm de largo, los lóbulos de aproximadamente la misma longitud que el tubo, extendidos, con los márgenes revolutos, de ápice redondeado; estambres y estilo exsertos del

tubo, igualando pero no sobrepasando a los lóbulos. Fruto una drupa amarilla (negra al secar), de 5-8 mm de diámetro. Floración de abril a diciembre (Nash y Moreno, 1981).

**Servicio ambiental:** Ayudan al control de la erosión, regeneran suelos con su hojarasca, estabilizan bancos de arena, fungen como cerco vivo, cortinas rompevientos y ornamentales además de brindar refugio y alimento para aves (Terrones *et al.*, 2004).

**Usos:** la madera de estas especies forma parte de herramientas, sirve para la elaboración de tutores de cultivos hortícolas, instrumentos musicales y artículos torneados. También tiene utilidad melífera, forrajera y combustible; además sus frutos se utilizan para elaboración de agua fresca (Terrones *et al.*, 2004).

*Lysiloma microphyllum* Benth.

Familia: Fabaceae

Sinonimias: *Lysiloma affinis* Britton & Rose, *Lysiloma cayucensis* M.E., *Lysiloma microphylla* Benth., *Lysiloma ortegae* Britton & Rose, *Lysiloma pueblensis* Britton & Rose (ILDIS, 2009).

Nombres comunes: quebracho colorado, huanumo.



Figura 11. a) *Lysiloma microphyllum* en el sitio de plantación, b) Yemas

**Hábitat y distribución:** Crecen en bosques de encinos y forman parte de la selva baja caducifolia, pastizal y bosque espinoso, sobre pendientes moderadas y lugares secos, en altitudes de 1800 a 2400 m. en suelos someros, calizos, arenosos, pedregosos, bien drenados; requieren sombra para un mejor desarrollo; toleran sequías; su follaje es susceptible a heladas pero presentan gran potencial de rebrote al inicio de la primavera. Se deberían considerar como vulnerables a la extinción (Terrones *et al.*, 2004).

**Descripción botánica:** Árbol o arbusto de 5 a 10 m de altura, con un tronco de aproximadamente 30 cm de diámetro, corteza café-rojiza, fragmentada longitudinalmente; ramas, follaje e inflorescencias puberulentas; hojas de 10 a 15 cm de largo, pinnadas, en pares de 5 a 15, de 15 a 40 pares de folíolos, cada folíolo de 3 a 6 mm de longitud, lineares, abaxialmente glabros en el envés o densamente pubescentes cuando son jóvenes; peciolo corto, con un nectario abaxial largo en el centro; el raquis frecuentemente muestra un similar pero más pequeño nectario entre el par distal de pinnas, estipulas herbáceas o escariosas, algunas veces ovadas, la mayoría lineares, prontamente deciduas; flores

blancas en cabezuelas compactas y globosas de 1.5 a 2 cm de diámetro, con estambres incluidos, en pedúnculos axilares solitarios o fasciculados de 1 a 3 cm de largo; los pedúnculos usualmente portan una bráctea decidua linear en el centro; cáliz y corola tubulares, cáliz pubescente, de 1.5 a 2 mm de longitud; la corola de 3.5 a 4 mm de longitud, con lóbulos ovados pubescentes de 1 mm de longitud; fruto aplanado, de oblongo a elíptico o casi linear, de 10 a 22 cm de longitud y 2 a 2.5 cm de ancho; semillas café-oliváceas, aplanadas, ovoide-oblongas, de 8 a 9 mm de longitud y de 4 a 5 mm de ancho. Floración de mayo a agosto, fructificación de septiembre a diciembre (McVaugh, 1987).

**Servicio ambiental:** Ayudan al control de la erosión, mejoran los suelos con su hojarasca, fijan nitrógeno al suelo, tienen un uso ornamental y sirven de refugio a la fauna silvestre (Terrones *et al.*, 2004).

**Usos:** La madera se utiliza como combustible, para la construcción y la elaboración de herramientas. La corteza y vainas se valoran como curtientes con potencial para la extracción de colorantes. Se utiliza para combatir amibas y la corteza pulverizada para curar heridas, además de su uso forrajero (Terrones *et al.*, 2004).

*Rhus microphylla* Engelm. ex A. Gray

Familia: Anacardiaceae

Sinonimias: *Rhoeidium microphyllum* (Engelm.) Greene

Nombres comunes: agritos, chilindrillo, correosa, ramoncillo.



Figura 12. a) *Rhus microphylla* en el sitio de plantación, b) Detalle del foliolo.

**Hábitat y distribución:** se desarrollan en encinares secos, piñonares, matorrales espinosos, selva baja caducifolia o matorrales xerófilos; en mesetas y laderas, altitudes de 1000 a 2500 m. en suelos con buen drenaje, neutros o alcalinos, pedregosos y calizos, no toleran suelos ácidos y son resistentes a heladas. Las especies del género *Rhus* son endémicas del centro y sur de México (Terrones *et al.*, 2004).

**Descripción botánica:** Arbusto o arbolito bajo de hasta de 5 m de alto, **caducifolio**, densamente ramificado; ramillas muy rígidas y sin verdaderas espinas, pero sus ápices a menudo funcionando como tales, inicialmente pubérulas, glabrescentes con la edad; hojas imparipinnadas, peciolo de 2 a 4 mm de largo, raquis alado, foliolos 7 a 9, sésiles, elíptico-oblongos a lanceolados, de 4 a 12 mm de largo, de 1.5 a 4 mm de ancho, agudos o más frecuentemente obtusos y a menudo mucronados en el ápice, margen entero, papiráceos a cartáceos, más o menos discoloros, más bien esparcidamente seríceos en ambas caras; inflorescencias axilares, en forma de espigas compuestas menudas y compactas, por lo general no sobrepasando 5 mm de largo, bracteolas 3 debajo de cada flor, orbiculares o algo más anchas que largas, de 1 a 1.5 mm de ancho, pubérulas por fuera y conspicuamente ciliadas, escariosas, persistentes; sépalos anchamente ovados, de aproximadamente 1 mm de largo, escariosos, glabros, ciliados en el

margen; pétalos blancos o blanquecinos, ovados, de 2 a 2.5 mm de largo, glabros por fuera, algo pilosos por dentro y ciliados en el margen; filamentos más largos que los sépalos, anteras anchamente elípticas, de aproximadamente 0.8 mm de largo; fruto subgloboso, rojo, de 5 a 6 mm de diámetro, brillante, cubierto de glándulas cortamente estipitadas y de pelos rígidos hasta de 1 mm de largo. Florece de junio a agosto (Rzedowski y Calderón, 1999).

**Servicio ambiental:** fijan nitrógeno de la atmósfera, mejoran el suelo con su hojarasca, infiltran agua de lluvia, contralan erosión, regeneran suelos y aminoran la contaminación ambiental al interceptar solutos y malos olores del medio ambiente (Terrones *et al.*, 2004).

**Usos:** La madera se utiliza como combustible, en la construcción, en la elaboración de herramientas y artesanalmente para hacer figurillas. Con los frutos se elabora una bebida refrescante y las hojas son ramoneadas por el ganado caprino (Terrones *et al.*, 2004).

*Rhus pachyrrhachis* Hemsl.

Familia: Anacardiaceae

Sinonimias: no tiene

Nombres comunes: lantrisco.



Figura 13. a) *Rhus pachyrrhachis* en el sitio de plantación, b) Yemas

**Hábitat y distribución:** se desarrollan en encinares secos, piñonares, matorrales espinosos, selva baja caducifolia o matorrales xerófilos; en mesetas y laderas, altitudes de 1000 a 2500 m. en suelos con buen drenaje, neutros o alcalinos, pedregosos y calizos, no toleran suelos ácidos y son resistentes a heladas. Las especies del género *Rhus* son endémicas del centro y sur de México (Terrones *et al.*, 2004).

**Descripción botánica:** Arbusto **perennifolio** de hasta de 2 a 6 m de alto; ramillas densamente vilosas, glabrescentes con la edad; hojas de 7.5 a 10cm de largo, peciolo hasta de 2 cm de largo, peciólulos de 0 a 1.5 mm de largo, folíolos 9 a 11, elípticos a lanceolados, de 1.5 a 3.5cm de largo y de 0.7 a 1.5cm de ancho, agudos a redondeados en el ápice, cuneados a subtruncados en la base, los laterales por lo general inequiláteros, margen conspicuamente revoluto, de textura coriácea, densamente velutinos en ambas caras, discoloros; inflorescencias en forma de panículas axilares de 6cm de largo, compuestas de ramas espiciformes, brácteas triangularovadas, de 1.5 a 2.5 mm de largo, agudas en el ápice, pubescentes por fuera y ciliadas en el margen, persistentes; sépalos ovados, de 2 a 2.5 mm de largo, glabros, brillantes, a menudo ciliados en el margen; pétalos blancos, ovados, de 2.5 a 3 mm de largo,

glabros; filamentos más cortos que los sépalos, anteras oblongas, de poco menos de 1 mm de largo; fruto subgloboso, de 5 a 7 mm de largo, rojizo, densamente viloso y cubierto de glándulas cortamente estipitadas. Floración de agosto a septiembre (Rzedowski y Calderón, 1999).

**Servicio ambiental:** fijan nitrógeno de la atmósfera, mejoran el suelo con su hojarasca, contralan erosión, regeneran suelos y aminoran la contaminación ambiental al interceptar solutos y malos olores del medio ambiente (Terrones *et al.*, 2004).

**Usos:** La madera se utiliza como combustible, en la construcción, en la elaboración de herramientas y artesanalmente para hacer figurillas. Tiene uso industrial ya que el fruto de esta especie contiene taninos y se utiliza como mordente en el teñido de pieles y sazoador en algunos platillos. Además, la corteza sirve como conservador en la elaboración del pulque y las hojas en infusión como antidiabético (Terrones *et al.*, 2004).

Respecto al comportamiento caducifolio o perennifolio de las especies descritas, sólo se encontró que *R. microphylla* es una especie caducifolia y *R. pachyrrachis* es una especie perennifolia (Rzedowski y Calderón, 1999); de las especies restantes, en la bibliografía consultada, no se reporta dicha información.

#### 5.3.4 Plantación

Personal operativo del bosque ayudó en la apertura de cepas que fueron aproximadamente de 40 x 40 cm x 25 de profundidad. La distancia entre cada cepa fue de 1.5 m (quedando 3 cepas a lo ancho por 18 a lo largo del bloque). Para evitar confusiones al momento de la plantación, cada planta se distinguió por medio de una etiqueta de lámina con el nombre de la especie que fue atada al tallo con un alambre.

Durante la plantación, las bolsas de plástico se cortaron longitudinalmente para poder sacar el cepellón lo más entero posible y así evitar desbaratarlo. Una vez retirada la bolsa, se colocó el cepellón en la cepa, procurando que éste no quedara muy abajo. Si la cepa era muy profunda, se rellenó un poco con la misma tierra que se obtuvo al realizar la cepa para que la parte superior del cepellón quedara al nivel deseado (aproximadamente 3 cm por debajo del nivel del suelo). Una vez colocado el cepellón, la cepa se rellenó con la tierra obtenida de la misma y se apisonó con los pies.

La plantación de los 162 individuos se realizó a principios de octubre de 2009 y se aplicaron riegos de auxilio de manera frecuente de acuerdo a las condiciones ambientales. Una semana después de la plantación se realizó la primera medición de altura y diámetro basal (para lo cual se le amarró a cada

planta un cordón en la base del tallo para realizar siempre las mediciones desde ese punto), así como el diámetro mayor y menor de la copa. El diámetro basal de los tallos se midió con un vernier digital (por debajo del cordón); la altura y los diámetros de la copa con un flexómetro. La altura se midió desde el cordón localizado en la base de la planta hasta la yema apical; en el caso de los cuatro arbustos se midió el diámetro del tallo principal. Con el diámetro mayor de la copa y el perpendicular a este (menor) se calculó la cobertura de la copa.

Posteriormente se realizaron cuatro mediciones más a principios de enero, abril, julio y octubre de 2010.

### 5.3.5 Análisis de datos

En este ensayo se utilizó el diseño de bloques al azar con seis tratamientos (especies) y tres repeticiones (bloques).

El cálculo y gráficos de crecimiento absoluto de supervivencia, altura, diámetro y cobertura, así como el cálculo y gráficos de tasas de crecimiento tanto de altura como de diámetro basal se realizaron en el programa "Excel".

Las tasas de crecimiento relativo (TCR) se calcularon con la siguiente fórmula:

$$TCR = \frac{(\ln C_f - \ln C_i)}{(T_f - T_i)} \quad \text{Ln: Logaritmo natural; } C_f: \text{ crecimiento final; } C_i: \text{ crecimiento inicial; } T_f: \text{ tiempo final; } T_i: \text{ tiempo inicial}$$

Para el promedio de supervivencia, así como las tasas de crecimiento en altura y diámetro basal se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con el programa "STATISTICA 10" para determinar si existían o no diferencias significativas. Posteriormente, en donde se detectaron diferencias significativas se realizó una prueba de comparación de medias (Prueba de Tukey) para saber cuáles parejas de medias eran significativamente distintas.

El área para la cobertura (AC) se calculó con la siguiente fórmula:

$$AC = \pi \left[ \frac{\text{Prom } C}{2} \right]^2 \quad \text{Prom } C = (\text{diámetro mayor} + \text{diámetro perpendicular al diámetro mayor})/2$$

## 6 RESULTADOS

### 6.1 Supervivencia

El promedio de supervivencia de las especies al finalizar el ensayo fue de 96.29%. Respecto a los sitios, en Washington se registró el mayor promedio de supervivencia final (98%) y en Casa Redonda el menor promedio de supervivencia final (94%), (Cuadro 1).

Cuadro 1. Porcentajes de supervivencia por fecha, sitio y especie.

Sitio	Especie	Fechas de medición / Porcentajes de supervivencia				
		octubre 2009	enero 2010	abril 2010	julio 2010	octubre 2010
Casa Redonda	<i>Brongniartia lupinoides</i>	100%	100%	100%	100%	100%
	<i>Dalea citriodora</i>	100%	100%	100%	100%	100%
	<i>Ehretia anacua</i>	100%	100%	100%	100%	100%
	<i>Lysiloma microphyllum</i>	100%	100%	100%	100%	100%
	<i>Rhus microphylla</i>	100%	100%	100%	66.66%	66.66%
	<i>Rhus pachyrrhachis</i>	100%	100%	100%	100%	100%
	$\bar{X}$	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>94%</b>	<b>94%</b>
Washington	<i>Brongniartia lupinoides</i>	100%	100%	100%	88.88%	88.88%
	<i>Dalea citriodora</i>	100%	100%	100%	100%	100%
	<i>Ehretia anacua</i>	100%	100%	100%	100%	100%
	<i>Lysiloma microphyllum</i>	100%	100%	100%	100%	100%
	<i>Rhus microphylla</i>	100%	100%	100%	100%	100%
	<i>Rhus pachyrrhachis</i>	100%	100%	100%	100%	100%
	$\bar{X}$	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>98%</b>	<b>98%</b>
Puente	<i>Brongniartia lupinoides</i>	100%	100%	100%	100%	100%
	<i>Dalea citriodora</i>	100%	100%	100%	100%	100%
	<i>Ehretia anacua</i>	100%	100%	100%	100%	100%
	<i>Lysiloma microphyllum</i>	100%	100%	100%	100%	100%
	<i>Rhus microphylla</i>	100%	100%	100%	88.88%	88.88%
	<i>Rhus pachyrrhachis</i>	100%	100%	100%	88.88%	88.88%
	$\bar{X}$	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>96%</b>	<b>96%</b>

En cuanto a las especies, tanto *D. citriodora* como *E. anacua* y *L. microphyllum* registraron valores de supervivencia del 100%; mientras que en *B. lupinoides* y *R. pachyrrhachis* del 96.29%, en tanto que *R. microphylla* de 85.18% (Figura 14). La mortandad de las plantas (6 en total) se atribuyó a un trozamiento total (casi al ras del suelo) durante la poda realizada por el personal de mantenimiento de la Segunda Sección del bosque de Chapultepec (Figura 15 f)).

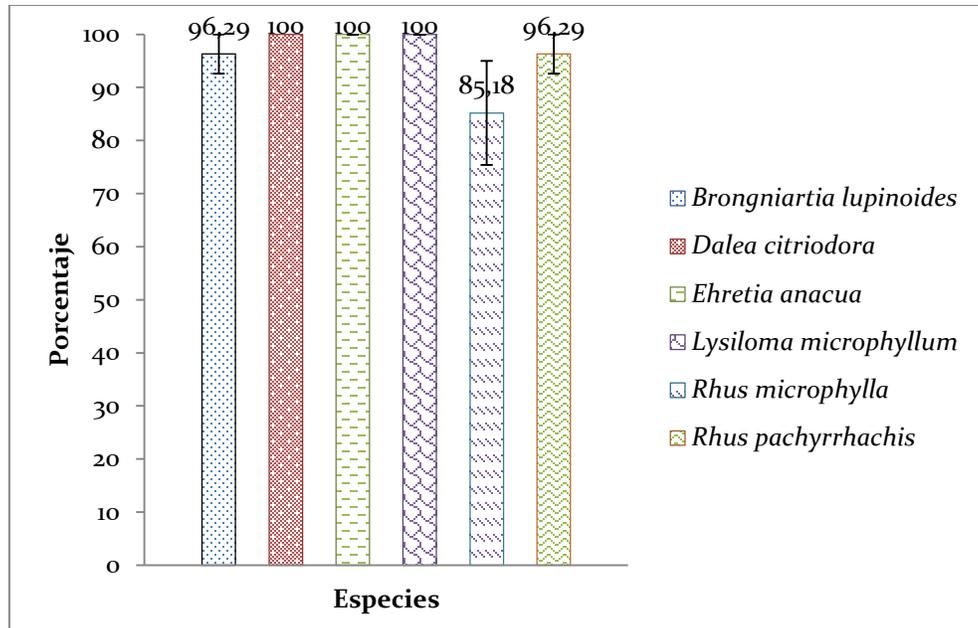


Figura 14. Porcentajes promedio (E. E.) de Supervivencia final para las seis especies evaluadas.

En el cuadro 2 se presentan los resultados de la prueba de análisis de varianza (ANOVA) de los porcentajes de supervivencia, por medio de la cual se determinó que no existen diferencias significativas entre sitios. Tampoco hubo diferencias significativas entre especies, es decir que ninguna de éstas presenta una supervivencia significativamente diferente a otra.

Cuadro 2. Resultados del análisis de la prueba de varianza a los valores de porcentaje de supervivencia para las seis especies ( $\alpha= 0.05$ )

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Significancia observada
Sitios	41.1	2	20.6	0.294	0.751596
Especies	494.2	5	98.8	1.412	0.299855
Error	700.0	10	70.0		

## 6.2 Afectaciones

### 6.2.1 Deterioro (plantas trozadas).

A partir de la cuarta medición (julio) se comenzaron a observar plantas trozadas (no muertas) en todos los sitios (Figura 15).



Figura 15. Daños registrados en plantas de *Rhus pachyrrhachis* (a y b), *Dalea citriodora* (c) y *Brongniartia lupinoides* (d-f).

Al finalizar el ensayo, el porcentaje de plantas trozadas (no muertas) fue bajo (5.56%). La mayor afectación se observó en el sitio Washington con cinco plantas trozadas, mientras que Puente y Casa Redonda mostraron dos plantas trozadas cada uno. Las especies con mayor número de plantas trozadas fueron *B. lupinoides* y *R. microphylla* (Cuadro 3).

Cuadro 3. Plantas trozadas registradas en los tres sitios.

Especie	Casa Redonda	Washington	Puente	Total	Porcentaje
<i>Brongniartia lupinoides</i>	2	1	0	3	1.85
<i>Dalea citriodora</i>	0	1	0	1	0.62
<i>Ehretia anacua</i>	0	0	0	0	0
<i>Lysiloma microphyllum</i>	0	0	0	0	0
<i>Rhus microphylla</i>	0	2	1	3	1.85
<i>Rhus pachyrrhachis</i>	0	1	1	2	1.23
Total	2	5	2	9	5.56%

Dadas las afectaciones antes mencionadas, sólo se tomaron 6 individuos no dañados (no trozados) de cada especie para los cálculos de tasas de crecimiento relativo (altura y diámetro). De las especies que no mostraron daños se eligieron 6 individuos al azar para uniformar todos los datos.

### 6.2.2 Herbivoría

La herbivoría fue otro factor que causó deterioro. La única especie que presentó daños por esta causa fue *R. pachyrrachis* (Figura 16), que aunque fueron pocos los individuos dañados, presentó afectaciones en los tres sitios.



Figura 16. Daños por herbivoría en la especie *Rhus pachyrrachis* en los tres sitios de medición.

### 6.2.3 Daños por heladas

Las bajas temperaturas prevalecientes al momento de la última medición (octubre) causaron daños severos debido a quemaduras por helada en todos los individuos de *E. anacua* y en la mayoría de los individuos de *L. microphyllum* presentes únicamente en el sitio Washington (Figura 17). A pesar de que en enero de 2010 se registró la menor temperatura mínima promedio (3.03 °C), esta se mantuvo relativamente constante en un rango de 2 a 4°C con diferencias por día de 1°C. Fue a mediados de octubre de 2010, donde se presentó un descenso de temperatura de 5 a 2°C de un día a otro (Figura 36, Anexo 2).



Figura 17. a) Daños por quemaduras en el sitio "Washington", b) Daños en la especie *Lysiloma microphyllum*, c) y d) Daños en la especie *Ehretia anacua*.

#### 6.2.4 Amarillamiento del follaje

La mayoría de los individuos de *B. lupinoides* presentó amarillamiento del follaje durante todo el ensayo. Es probable que se haya debido a la falta de algún nutriente en el suelo o a alguna otra causa que no se determinó (Figura 18).



Figura 18. Manchas en hojas de *Brongniartia lupinoides* en: a) Puente, b) Washington, c) Casa Redonda.

### 6.3 Altura

El crecimiento en altura (particularmente la tasa de crecimiento de esta variable) permite apreciar de forma más evidente la respuesta de cada especie a las distintas condiciones ambientales prevalecientes en los sitios estudiados. En las figuras 16 a 18, se muestra el aumento en altura promedio de las especies por sitio.

En el sitio Casa Redonda, *E. anacua* fue la especie con mayor crecimiento en promedio 49.34 cm; mientras que *R. microphyla* y *L. microphyllum* fueron las especies con menor crecimiento (4.83 cm y 4.67 cm en promedio, respectivamente), (Figura 19).

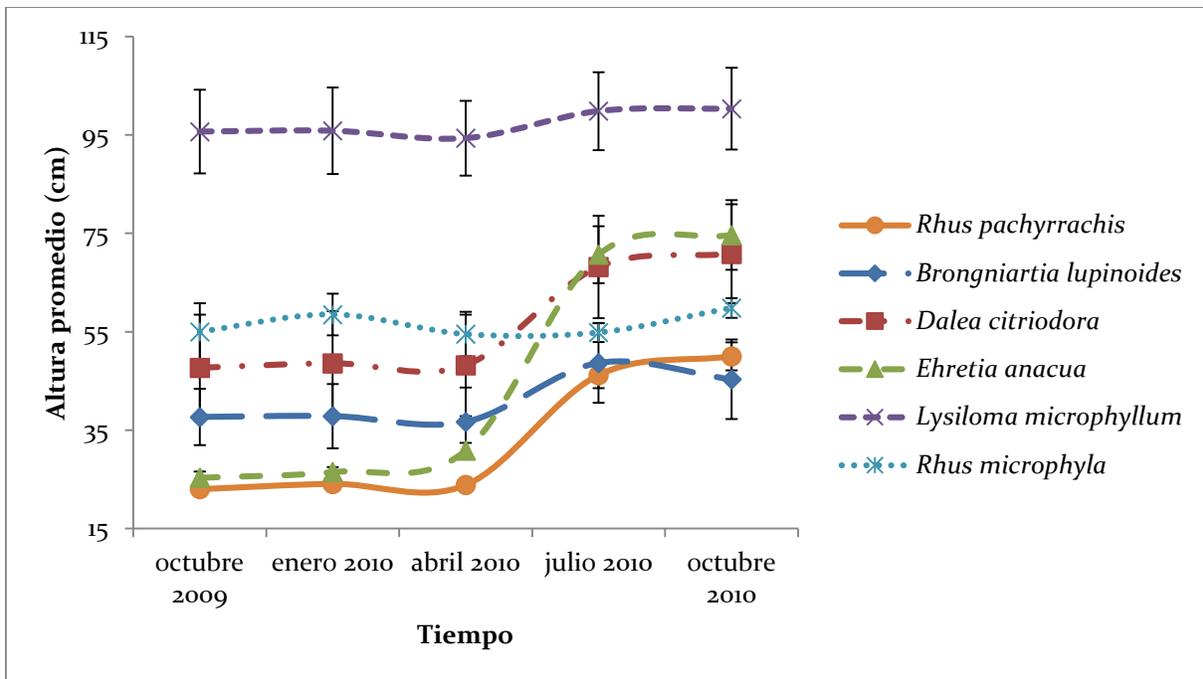


Figura 19. Altura promedio (E. E.) de las especies por fecha de medición en el sitio Casa Redonda

Al igual que en Casa Redonda, en el sitio Washington, *E. anacua* fue la especie con mayor crecimiento (en promedio 44.34 cm), en cambio, *R. microphyla* y *B. lupinoides* fueron las especies con menor crecimiento (12.5 cm y 13.5 en promedio respectivamente) (Figura 20).

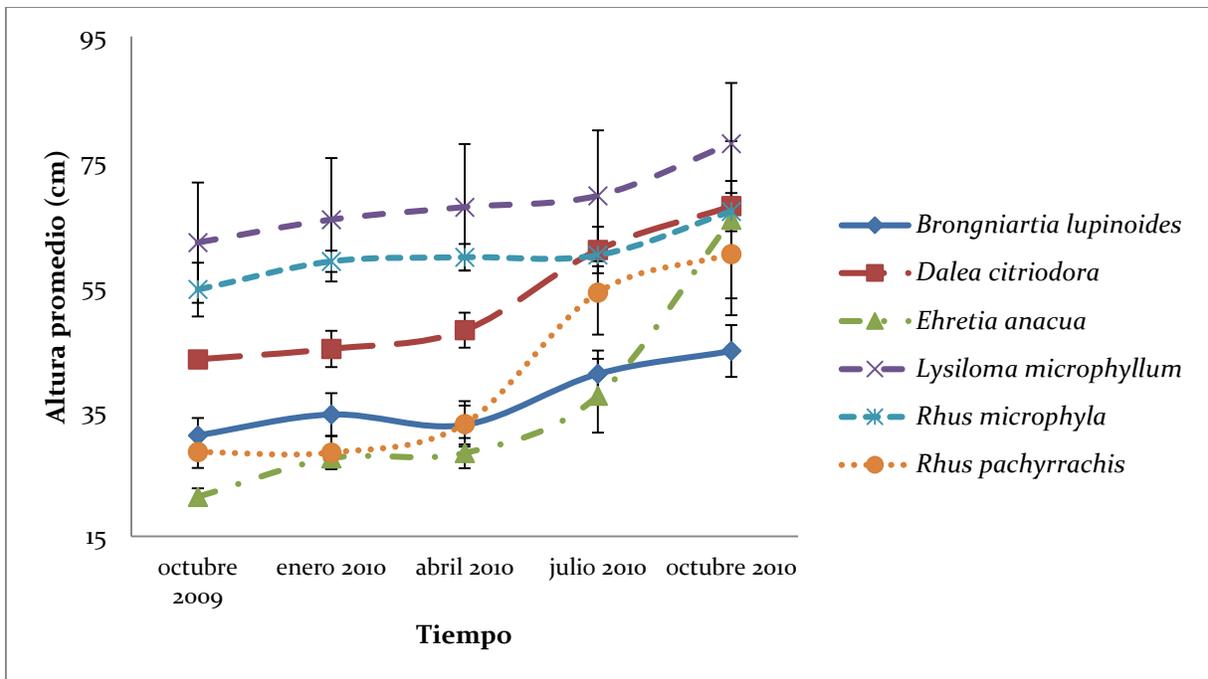


Figura 20. Altura promedio (E. E.) de las especies por fecha de medición en el sitio Washington.

Finalmente, en el sitio Puente, *E. anacua* fue la especie con mayor crecimiento (en promedio 98.83 cm) y nuevamente, *R. microphyla* y *L. microphyllum* fueron las especies con menor crecimiento (8.17cm y 10.84 cm en promedio, respectivamente), (Figura 21).

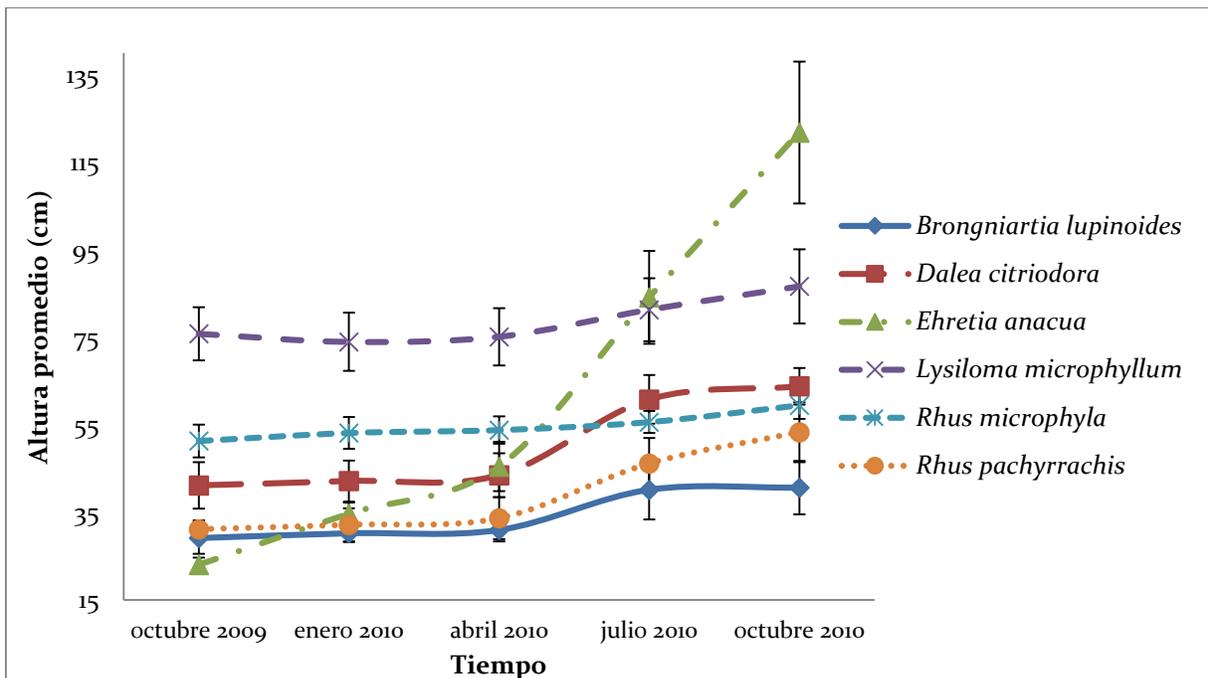


Figura 21. Altura promedio (E. E.) de las especies por fecha de medición en el sitio Puente.

En los tres sitios, la especie con mayor crecimiento promedio fue *E. anacua*, (a pesar de presentar la menor altura inicial) y las dos especies con menor crecimiento promedio fueron *R. microphyla* y *L. microphyllum* (a pesar de presentar la mayor altura inicial).

Se realizó un análisis de varianza que corroboró que existen diferencias significativas entre especies, sitios y entre la interacción (sitio/especie) en el crecimiento absoluto de la altura de las especies (altura final - altura inicial) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis de varianza del crecimiento absoluto en altura (cm) de las seis especies.  $\alpha= 0.05$

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Significancia observada
Sitio	1727.80	2	863.90	3.4476	0.036085
Especies	41247.52	5	8249.50	32.9214	0.000000
Sitio/especie	9842.98	10	984.30	3.9281	0.000186
Error	22552.33	90	250.58		

Por medio de la agrupación de medias (prueba de Tukey) se demostró que *E. anacua* fue la especie que difirió significativamente de las demás especies, mostrando el mayor crecimiento (64.17 cm) mientras que *L. microphyllum* (a pesar de ser la de mayor talla al momento de la plantación) obtuvo el menor crecimiento promedio con 7.94 cm, aunque no difirió significativamente de *B. lupinoides* y *R. microphyla* (Cuadro 5).

Cuadro 5. Resultados de la prueba de Tukey del crecimiento absoluto en altura de las seis especies,  $\alpha=0.05$

Especie	Media (cm)	Agrupación
<i>E. anacua</i>	64.17	a
<i>R. pachyrrachis</i>	26.94	b
<i>D. citriodora</i>	23.44	bc
<i>B. lupinoides</i>	10.89	cd
<i>R. microphyla</i>	8.50	cd
<i>L. microphyllum</i>	7.94	d

Debido a que también se obtuvieron diferencias significativas entre sitios, se realizó una prueba de comparación de medias, en donde el sitio Puente difirió significativamente del sitio Casa Redonda (Cuadro 6).

Cuadro 6. Resultados de la prueba de Tukey del crecimiento absoluto en altura (cm) de las seis especies evaluadas por sitio,

$\alpha=0.05$

Sitio	Media (cm)	Agrupación
Puente	29.03	a
Washington	22.47	ab
Casa Redonda	19.44	b

También se realizó una comparación de medias de la interacción sitio/especie, en donde se observa que la interacción entre el sitio Puente (sitio con dosel cerrado) y la especie *E. anacua* (con una media de 98.83 cm) difirió significativamente de las demás interacciones (Cuadro 7).

Cuadro 7. Resultados de la prueba de Tukey del crecimiento absoluto en altura (cm) para la interacción entre sitios y especies,

$\alpha=0.05$

Interacción		Media (cm)	Agrupación
Sitio	Especie		
Puente	<i>E. anacua</i>	98.83	a
Casa Redonda	<i>E. anacua</i>	49.33	b
Washington	<i>E. anacua</i>	44.33	Bc
Washington	<i>R. pachyrrachis</i>	31.67	bcd
Casa Redonda	<i>R. pachyrrachis</i>	27.00	bcd
Washington	<i>D. citriodora</i>	24.50	bcd
Casa Redonda	<i>D. citriodora</i>	23.17	bcd
Puente	<i>D. citriodora</i>	22.67	bcd
Puente	<i>R. pachyrrachis</i>	22.17	bcd
Washington	<i>B. lupinoides</i>	13.50	cd
Washington	<i>R. microphyla</i>	12.50	cd
Puente	<i>B. lupinoides</i>	11.50	cd
Puente	<i>L. microphyllum</i>	10.83	d
Washington	<i>L. microphyllum</i>	8.33	d
Puente	<i>R. microphyla</i>	8.17	d
Casa Redonda	<i>B. lupinoides</i>	7.67	d
Casa Redonda	<i>R. microphyla</i>	4.83	d
Casa Redonda	<i>L. microphyllum</i>	4.67	d

En la figura 19, correspondiente al sitio Casa Redonda es notable la aparente reducción de altura en algunas de las mediciones. En la tercera medición (abril) se observa una reducción en las alturas de cinco especies. Esto se puede explicar como producto de la defoliación y/o disminución de turgencia de las plantas debida a las altas temperaturas registradas en primavera (Anexo 2, Figuras 36) a la baja precipitación (Anexo 2, figura 35) y a la falta de riego de auxilio en el sitio. Incluso *E. anacua*, presentó también efectos de marchitez (Figura 22).



Figura 22. Efecto de la pérdida de turgencia por las altas temperaturas: a y b) *Brongniartia lupinoides*, c) *Ehretia anacua*, d) Defoliación de *Lysiloma microphyllum*.

### 6.3.1 Tasas de crecimiento en altura (TCA)

Los datos descritos anteriormente muestran el crecimiento absoluto, pero no la tasa de crecimiento (el incremento en altura por día). Determinar dicha tasa es importante porque el incremento en la talla de las especies no se lleva a cabo a un ritmo constante, pues obedece a las condiciones ambientales variables (lluvia) durante el transcurso del año.

La figuras 23 y 24 muestran las tasas de crecimiento registradas por periodo de tiempo y por especie. En figura 23 se observa que en el periodo de enero a abril, el crecimiento fue muy lento y disminuyó con respecto al periodo de octubre-enero. Después de la época invernal, se observa un crecimiento considerable entre los meses de abril y julio, periodo correspondiente a la época de lluvias. Los decrementos observados se explicaron antes.

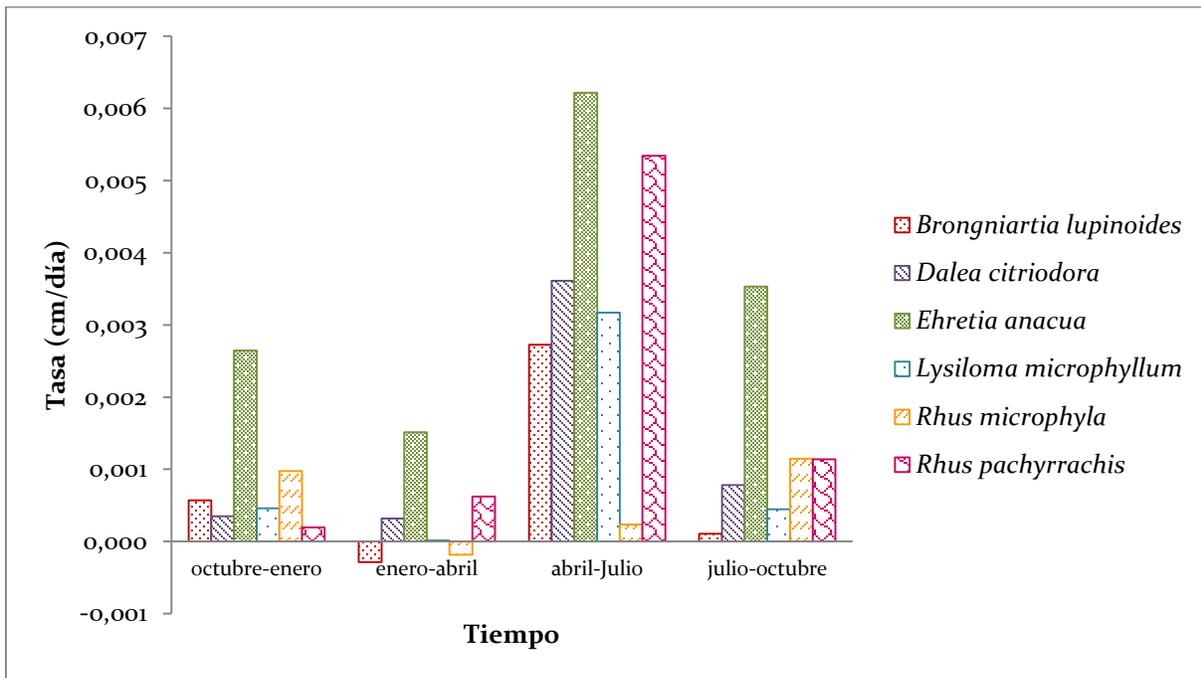


Figura 23. Tasas de crecimiento promedio en altura de las seis especies por fecha.

Respecto a las especies (Figura 24), se observa que *E. anacua* mostró las mayores tasa de crecimiento en los tres sitios, mientras que *L. microphyllum* las menores.

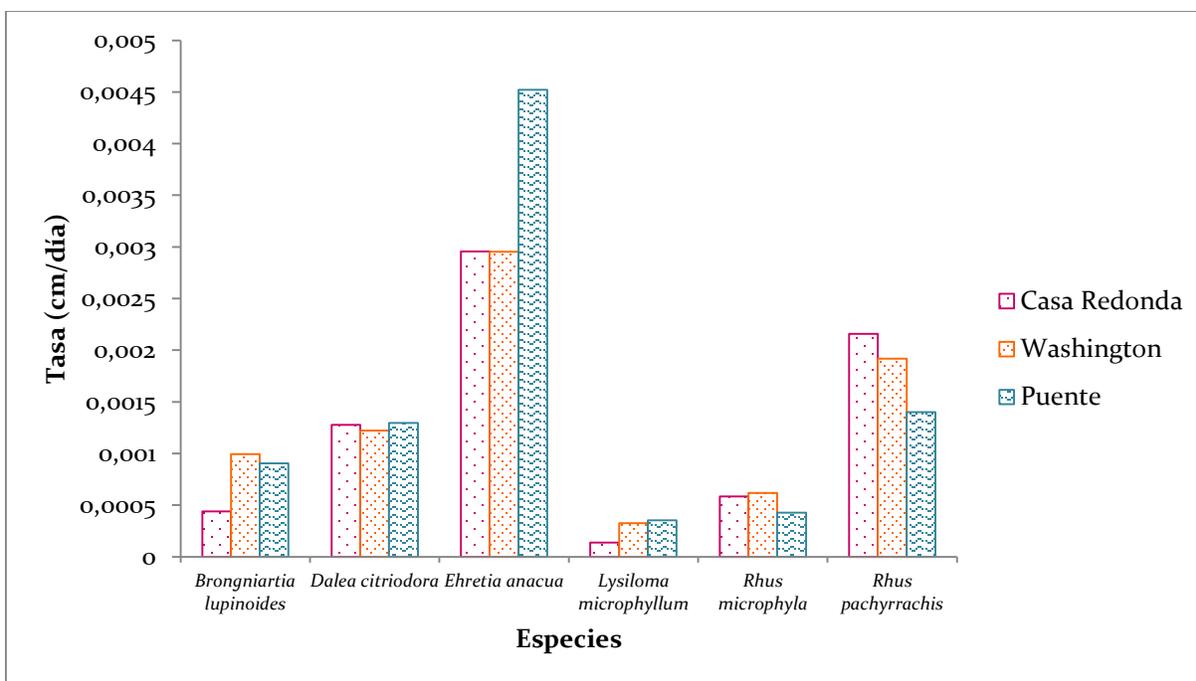


Figura 24. Tasas de crecimiento relativo por especie.

Al realizar el análisis de varianza para las tasas de crecimiento se encontró que existen diferencias significativas entre especies y en la interacción sitio/especie (Cuadro 8).

Cuadro 8. Resultados del análisis de varianza de la tasa de crecimiento en altura de las seis especies,  $\alpha=0.05$

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Significancia observada
Sitio	0.000014	2	0.000007	1.0149	0.366549
Especie	0.001974	5	0.000395	55.7742	0.00000
Sitio/especie	0.000216	10	0.000022	3.0552	0.002223
Error	0.000637	90	0.000007		

Con base en este resultado, se realizó la prueba de comparación de medias (Tukey), lo que permitió determinar que *E. anacua* obtuvo la mayor velocidad de crecimiento (0.014 cm/día), difiriendo significativamente de las especies restantes. *L. microphyllum* fue la especie con la menor velocidad promedio al igual que *R. microphyla*, sin embargo no difirieron significativamente de *B. lupinoides* (Cuadro 9).

Cuadro 9. Resultados de la prueba de Tukey de los promedios de la tasa de crecimiento en altura de las seis especies,  $\alpha=0.05$

Especie	Media (cm/día)	Agrupación
<i>E. anacua</i>	0.014	a
<i>R. pachyrrachis</i>	0.007	b
<i>D. citriodora</i>	0.005	bc
<i>B. lupinoides</i>	0.003	cd
<i>R. microphyla</i>	0.002	d
<i>L. microphyllum</i>	0.001	d

También se realizó una comparación de medias de la interacción sitio/especie, en donde se observa que la interacción entre el sitio Puente (sitio con dosel cerrado) y la especie *E. anacua* (con una tasa de crecimiento de 0.018 cm/día) difieren significativamente de las demás interacciones (Cuadro 10).

Cuadro 10. Resultados de la prueba de Tukey a los valores medios de la tasa de crecimiento en altura para la interacción entre especies y sitio,  $\alpha=0.05$

Interacción		Media	Agrupación
Sitio	Especie	(cm/día)	
Puente	<i>E. anacua</i>	0.018	a
Casa Redonda	<i>E. anacua</i>	0.012	b
Washington	<i>E. anacua</i>	0.012	b
Casa Redonda	<i>R. pachyrrachis</i>	0.009	bc
Washington	<i>R. pachyrrachis</i>	0.008	bcd
Puente	<i>R. pachyrrachis</i>	0.006	cde
Puente	<i>D. citriodora</i>	0.005	cdef
Casa Redonda	<i>D. citriodora</i>	0.005	cdef
Washington	<i>D. citriodora</i>	0.005	cdef
Washington	<i>B. lupinoides</i>	0.004	cdef
Puente	<i>B. lupinoides</i>	0.004	cdef
Washington	<i>L. microphyllum</i>	0.003	def
Washington	<i>R. microphyla</i>	0.002	def
Casa Redonda	<i>R. microphyla</i>	0.002	def
Casa Redonda	<i>B. lupinoides</i>	0.002	ef
Puente	<i>R. microphyla</i>	0.002	ef
Puente	<i>L. microphyllum</i>	0.001	ef
Casa Redonda	<i>L. microphyllum</i>	0	f

#### 6.4 Diámetro basal

El diámetro basal es un parámetro que también permite observar la respuesta que tienen las especies a las condiciones a las que han sido expuestas. En las figuras 25 a 27 se muestra el crecimiento promedio por fecha de cada uno de los tres sitios.

En el sitio Casa Redonda, *E.anacua* mostró el mayor crecimiento promedio final (13.56 mm) mientras *B. lupinoides* y *R. microphyla* el menor (3.02 mm y 3.05 mm respectivamente). Cabe mencionar que *B. lupinoides* fue la especie con el menor diámetro inicial (Figura 25).

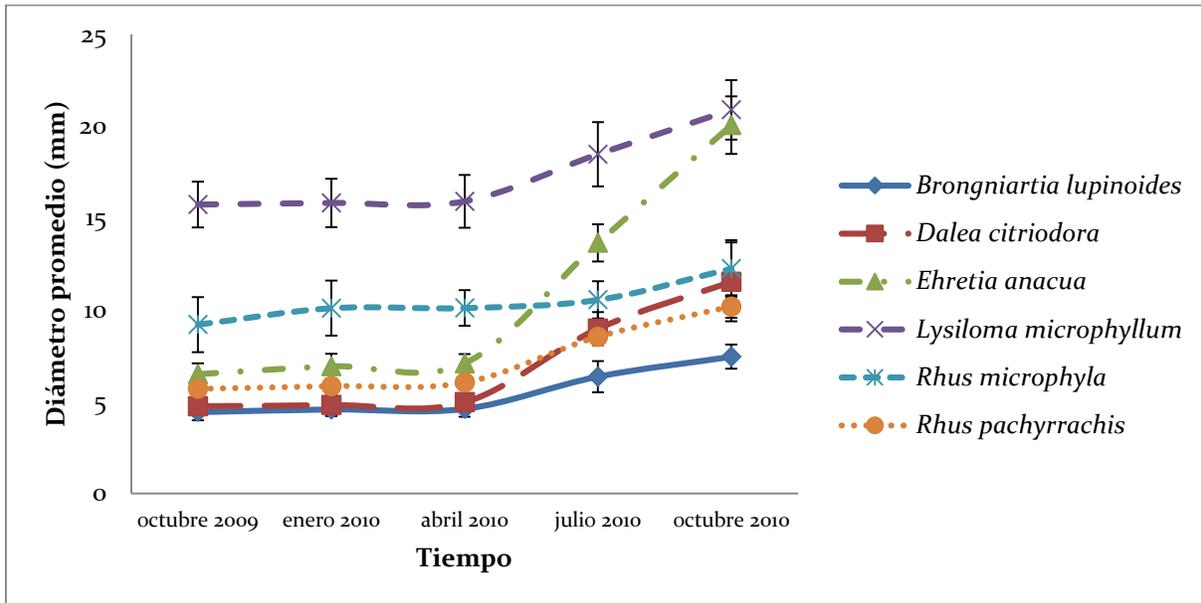


Figura 25. Diámetro promedio (E. E.) de las especies por fecha de medición en el sitio Casa Redonda

En Washington la especie con el mayor diámetro promedio final fue *E. anacua* con 14.56 mm y la que presentó menor diámetro promedio fue *R. microphyla* con 2.96 mm seguida de *B. lupinoides* con 4.44 mm; al igual que en Casa redonda, *B. lupinoides* es la especie con menor diámetro, sin embargo *R. microphyla* no fue de las especies con menor diámetro inicial (Figura 26).

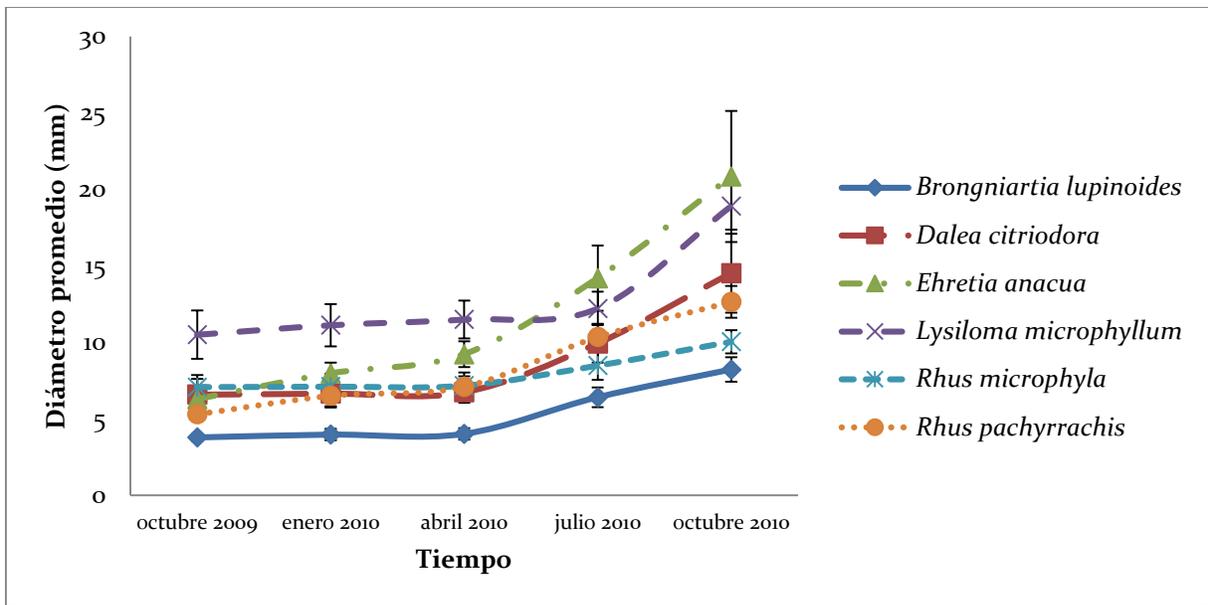


Figura 26. Diámetro promedio (E. E.) de las especies por fecha de medición en el sitio Washington.

Finalmente, en el sitio Puente la especie con mayor diámetro promedio fue *E. anacua* (16.74 mm) y los menores *B. lupinoides* y *R. microphyla* (2.16 mm y 3.38 mm respectivamente). Al igual que en los otros dos sitios *E. anacua* presentó el mayor incremento en diámetro y *B. lupinoides* junto con *R. microphyla* los menores (Figura 27).

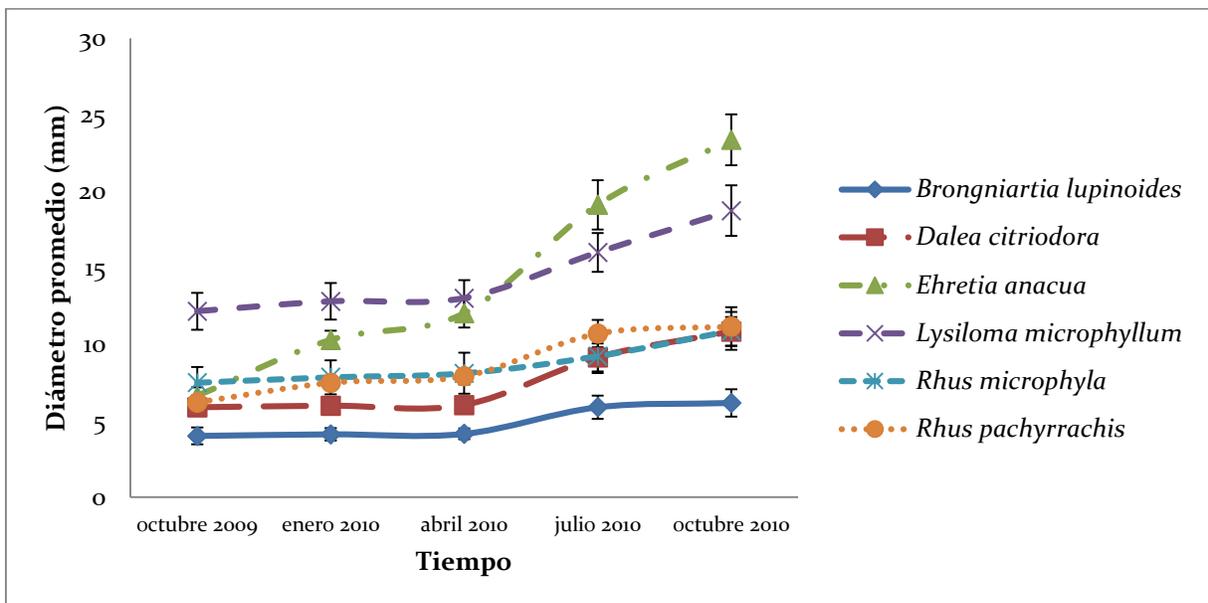


Figura 27. Diámetro promedio (E. E.) de las especies por fecha de medición en el sitio Puente.

En los tres sitios, el incremento en diámetro de todas las especies aumentó considerablemente a partir de la cuarta medición (julio) que corresponde a la época de lluvias.

Con el análisis de varianza se determinó que existen diferencias significativas en el crecimiento absoluto promedio del diámetro basal entre especies (diámetro basal final – diámetro basal inicial) (Cuadro 11).

Cuadro 11. Resultados del análisis de varianza de los valores de crecimiento absoluto en diámetro basal (mm) de las seis especies evaluadas,  $\alpha=0.05$

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Significancia observada
Sitio	62.975	2	31.488	2.4994	0.087822
Especies	1774.491	5	354.898	28.1706	0.000000
Sitio/especie	83.962	10	8.396	0.6665	0.752471
Error	1133.835	90	12.598		

Por medio de la agrupación de medias (prueba de Tukey) se demostró que *E. anacua* difirió significativamente de las demás especies en los tres sitios, mostrando el mayor crecimiento promedio (14.95 mm) mientras que *R. microphylla* obtuvo el menor crecimiento promedio con 2.56 mm; sin embargo, esta no difirió significativamente de *R. pachyrrachis* y *B. lupinoides* (Cuadro 12).

Cuadro 12. Resultados del análisis de varianza y agrupación de medias en el crecimiento absoluto en diámetro basal,  $\alpha=0.05$

Especie	Media (mm)	Agrupación
<i>E. anacua</i>	14.95	a
<i>L. microphyllum</i>	6.71	b
<i>D. citriodora</i>	6.56	bc
<i>R. pachyrrachis</i>	5.60	bcd
<i>B. lupinoides</i>	3.21	cd
<i>R. microphylla</i>	2.56	d

Los datos anteriores solamente muestran el crecimiento absoluto pero no la tasa de crecimiento, es decir, el incremento en diámetro basal por día.

### 6.4.1 Tasas de crecimiento en diámetro basal (TCDB)

Determinar la tasa de crecimiento es importante porque el incremento en la talla de las especies no se lleva a cabo a un ritmo constante, pues obedece a las condiciones ambientales variables durante el transcurso del año.

En las figuras 28 y 29, se muestran las tasas de crecimiento registradas por periodo de tiempo y por especie. En la figura 28 se observa que en el periodo de enero a abril, el crecimiento fue muy lento y disminuyó con respecto al periodo de octubre-enero. Después de la época invernal, se observa un crecimiento considerable entre los meses de abril y julio, periodo correspondiente a la época de lluvias. Posteriormente, en los meses de julio a octubre, la velocidad de crecimiento disminuye como es de esperarse por el invierno.

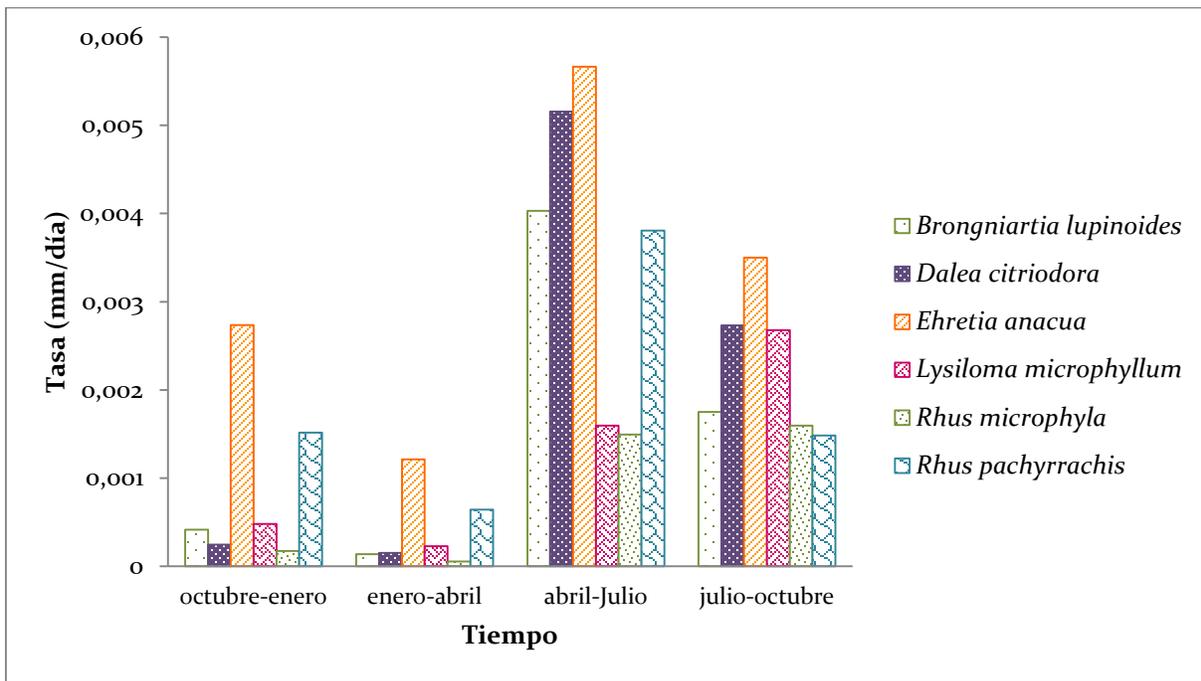


Figura 28. Tasas de crecimiento del diámetro promedio para las seis especies.

Respecto a las especies (Figura 29), se observa que *E. anacua* mostró las mayores tasas de crecimiento en los tres sitios, mientras que *R. microphyla* las menores.

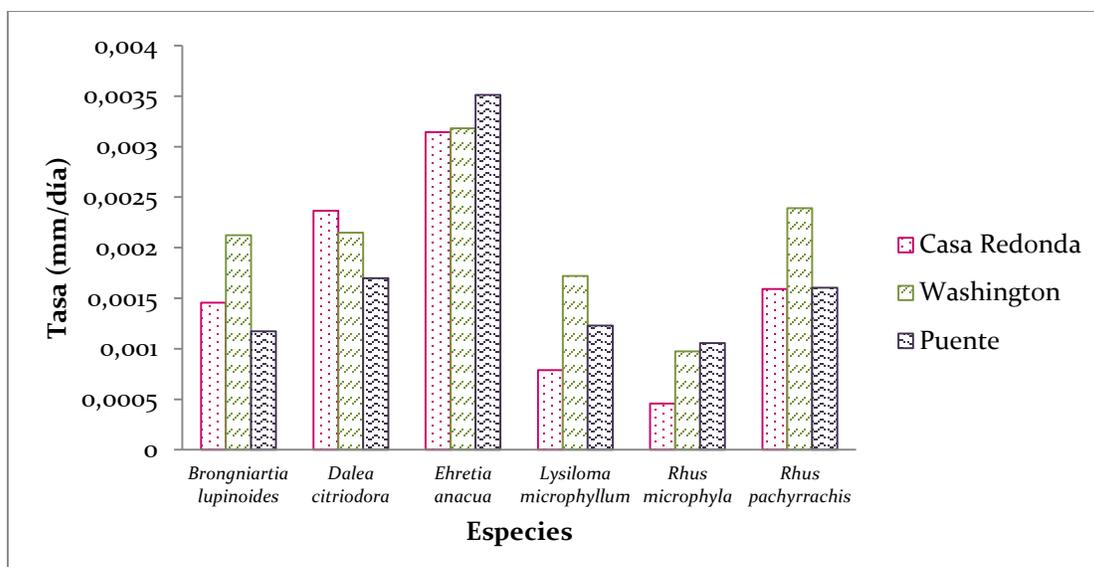


Figura 29. Tasas de crecimiento en diámetro promedio de las seis especies.

Al realizar el análisis de varianza para las tasas de crecimiento se encontró que existen diferencias significativas entre especies y entre sitios (Cuadro 13).

Cuadro 13. Resultados del análisis de varianza de las tasas de crecimiento en diámetro (mm) de las seis especies evaluadas,  $\alpha=0.05$

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Significancia observada
Sitio	0.000059	2	0.000029	4.1228	0.019356
Especie	0.000968	5	0.000194	27.0987	0.000000
Sitio/especie	0.000103	10	0.00001	1.446	0.173361
Error	0.000643	90	0.000007		

Con base en este resultado, se realizó la prueba de comparación de medias (Tukey), lo que permitió determinar que *E. anacua* obtuvo la mayor tasa de incremento en diámetro (0.013 mm/día), difiriendo significativamente de las especies restantes. *R. microphyla* fue la especie con la menor velocidad promedio sin embargo no difirió significativamente de *L. microphyllum* y *B. lupinoides* (Cuadro 14).

Cuadro 14. Resultados de la prueba de Tukey de tasas de crecimiento en diámetro (mm) de las seis especies evaluadas,  $\alpha=0.05$

Especie	Media (mm/día)	Agrupación
<i>E. anacua</i>	0.013	a
<i>R. pachyrrachis</i>	0.008	b
<i>D. citriodora</i>	0.007	bc
<i>B. lupinoides</i>	0.006	bcd
<i>R. microphyla</i>	0.005	cd
<i>L. microphyllum</i>	0.004	d

Debido a que también se obtuvieron diferencias significativas entre sitios, se realizó una prueba de comparación de medias, en donde el sitio Washington difiere significativamente de Puente y Casa Redonda (Cuadro 15).

Cuadro 15. Resultados de la prueba de Tukey de tasas de crecimiento en diámetro (mm) de las seis especies evaluadas por sitio,

$\alpha=0.05$

Sitio	Media (mm/día)	Agrupación
Washington	0.008	a
Puente	0.007	b
Casa Redonda	0.007	b

## 6.5 Cobertura

La cobertura es una variable que también permite observar la respuesta que tienen las especies a las condiciones a las que han sido expuestas. En las figuras 30 a 32 se muestra el crecimiento promedio por fecha en cada uno de los tres sitios.

En el sitio Casa Redonda, *D. citriodora* mostró la mayor área de cobertura promedio en el mes de julio (1893.2 cm<sup>2</sup>) y *B. lupinoides* la menor (463 cm<sup>2</sup>) (Figura 30).

A partir de enero y hasta abril (época de secas) se observó un decremento en la cobertura de todas las especies; posteriormente en el mes de julio (época de lluvias), la cobertura se incrementó considerablemente y finalmente en el mes de octubre volvió a decrecer. Abril fue el mes en el que se registraron los valores más bajos para todas las especies, mientras que en julio los mayores.

En octubre, al finalizar el ensayo, la mayor cobertura la obtuvo *L. microphyllum* con 1551.3 cm<sup>2</sup>, seguida de *D. citriodora* con 1459.8 cm<sup>2</sup>; ambas especies presentaron las coberturas más altas al inicio del ensayo. *B. lupinoides* obtuvo la menor cobertura con 353 cm<sup>2</sup>.

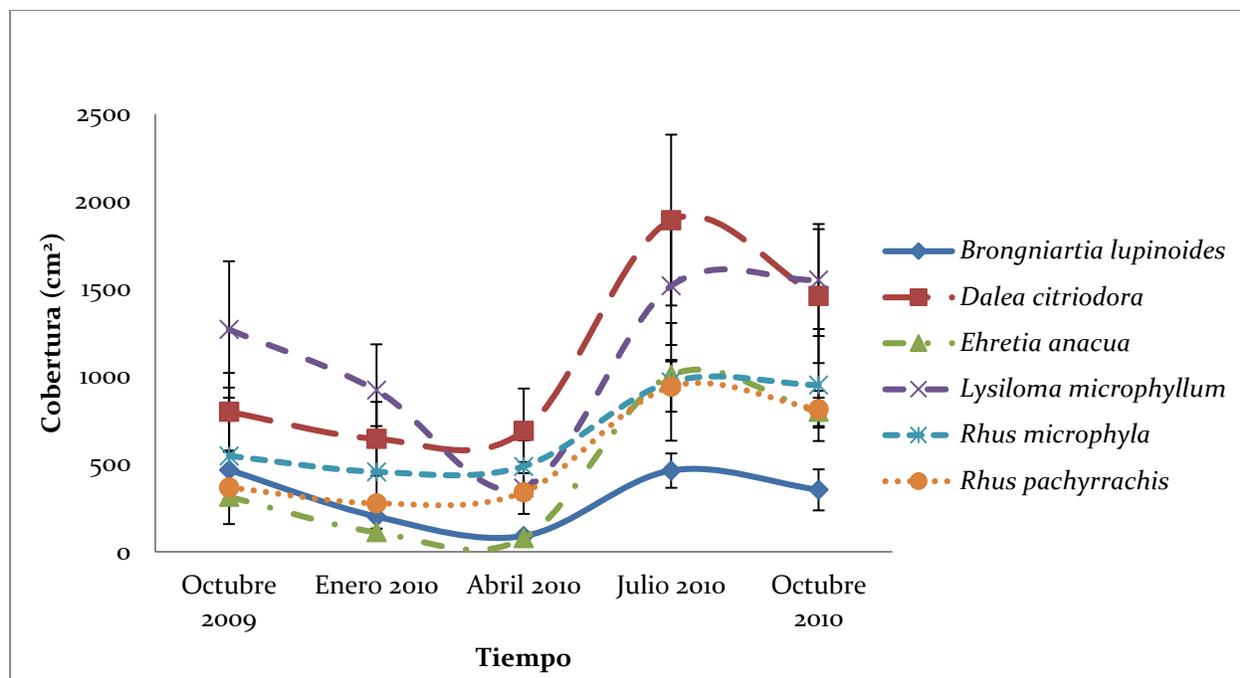


Figura 30. Cobertura promedio (E. E.) de las especies por fecha de medición en el sitio Casa Redonda

Del mismo modo, en el sitio Washington, *D. citriodora* mostró la mayor área de cobertura promedio en el mes de julio (2791.1 cm<sup>2</sup>) y *B. lupinoides* la menor (394.5 cm<sup>2</sup>) (Figura 31).

A partir de enero y hasta abril (época de secas) se observó un decremento en la cobertura de todas las especies; posteriormente en el mes de julio (época de lluvias), la cobertura se incrementó y finalmente únicamente en las especies *B. lupinoides* y *D. citriodora* se observó un decremento; en las cuatro especies restantes la cobertura continuó incrementándose.

En octubre, al finalizar el ensayo, la mayor área de cobertura la obtuvo *D. citriodora* con 2691 cm<sup>2</sup> seguida de *L. microphyllum* con 1383 cm<sup>2</sup> ambas especies presentaron las coberturas más altas al inicio del ensayo. *B. lupinoides* obtuvo la menor cobertura con 176.8 cm<sup>2</sup>.

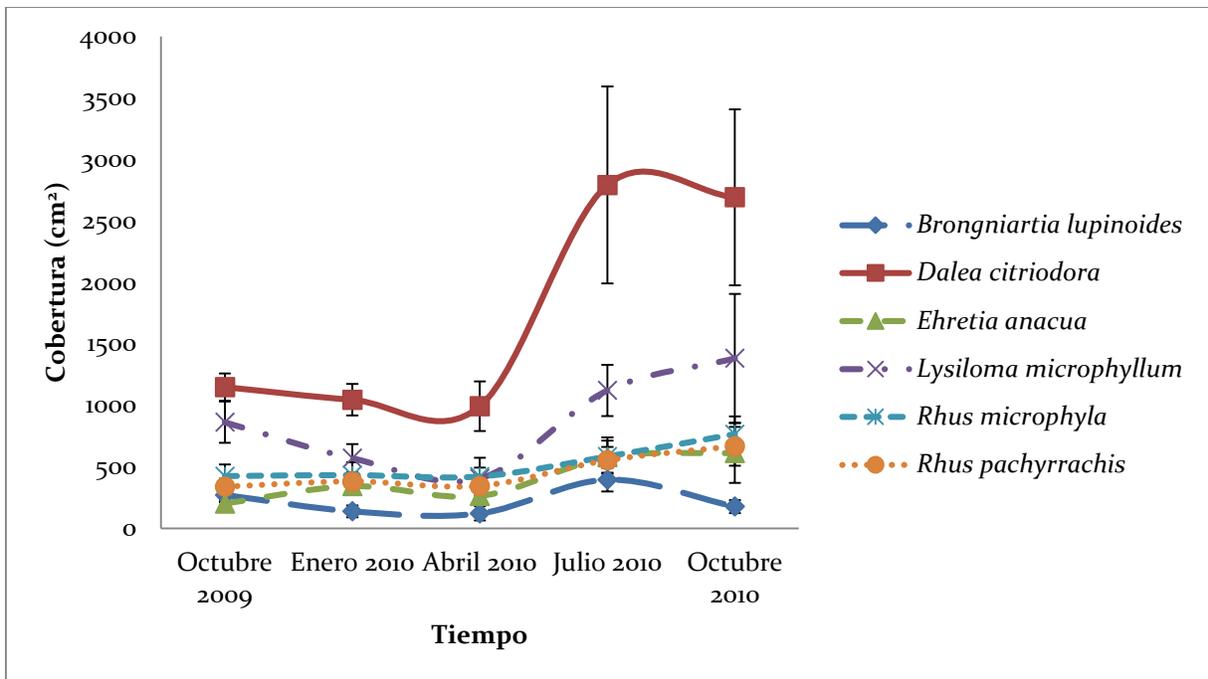


Figura 31. Cobertura promedio (E. E.) de las especies por fecha de medición en el sitio Washington

En el sitio Puente (al igual que en Casa Redonda y Washington), *D. citriodora* mostró la mayor área de cobertura promedio en el mes de julio (1907.2 cm<sup>2</sup>) y *B. lupinoides* la menor (312.2 cm<sup>2</sup>) (Figura 32).

A partir de enero y hasta abril (época de secas) se observó un decremento en la cobertura de todas las especies; posteriormente en el mes de julio (época de lluvias), la cobertura se incrementó y finalmente continuó incrementándose para el mes de octubre (a diferencia de Casa Redonda en donde decreció). Abril fue el mes en el que se registraron los valores más bajos para todas las especies y en octubre los mayores.

Para octubre, al finalizar el ensayo, la mayor cobertura la obtuvo *L. microphyllum* con 2884 cm<sup>2</sup> seguida de *E. anacua* con 2337.9 cm<sup>2</sup>. Es importante mencionar que *E. anacua* presentó la menor cobertura inicial. *B. lupinoides* obtuvo la menor cobertura con 316.9 cm<sup>2</sup>.

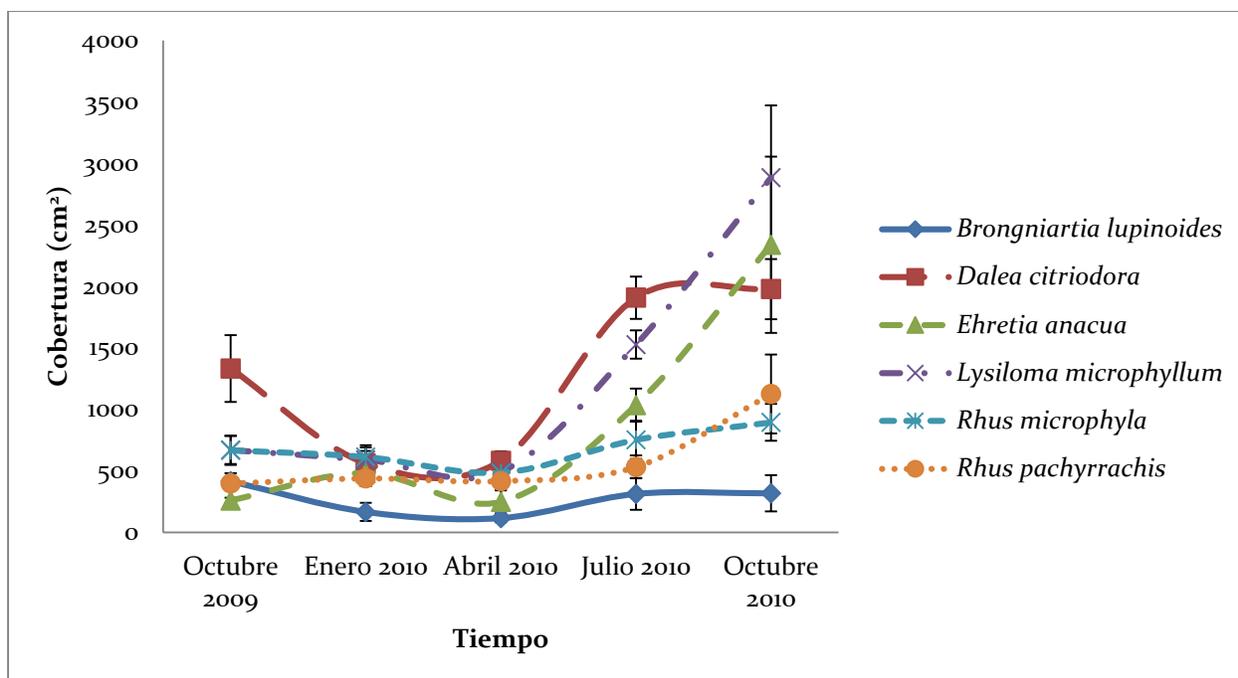


Figura 32. Cobertura promedio (E. E.) de las especies por fecha de medición en el sitio Puente

Se realizó un análisis de varianza que corroboró que existen diferencias significativas entre especies, sitios y entre la interacción (sitio/especie) en el crecimiento absoluto de la cobertura de las especies (cobertura final - cobertura inicial) (Cuadro 16).

Cuadro 16. Análisis de varianza del crecimiento absoluto de la cobertura (cm<sup>2</sup>) de las seis especies evaluadas.  $\alpha = 0.05$

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Significancia observada
Sitio	7165250	2	3582625	4.73292	0.011107
Especies	18338095	5	3667619	4.84520	0.000571
Sitio/especie	20589284	10	2058928	2.72000	0.005761
Error	68126265	90	756958		

Por medio de la agrupación de medias (prueba de Tukey) se demostró que *L. microphyllum* fue la especie que difirió significativamente de las demás especies, mostrando la mayor área promedio (1006.42 cm<sup>2</sup>) mientras que en *B. lupinoides* se registró un promedio negativo (-102.01 cm<sup>2</sup>) ya que los valores de cobertura inicial fueron mayores que los de cobertura final (defoliación). Dicha especie no difirió significativamente de *R. pachyrrachis* y *R. microphyla* (Cuadro 17).

Cuadro 17. Resultados de la prueba de Tukey para el crecimiento absoluto en cobertura de las seis especies,  $\alpha=0.05$

Especie	Media (cm <sup>2</sup> )	Agrupación
<i>L. microphyllum</i>	1006.42	a
<i>E. anacua</i>	991.73	b
<i>D. citriodora</i>	950.19	bc
<i>R. pachyrrachis</i>	500.83	cd
<i>R. microphyla</i>	324.82	cd
<i>B. lupinoides</i>	-102.01	d

Debido a que también se obtuvieron diferencias significativas entre sitios, se realizó una prueba de comparación de medias, en donde el sitio Puente difirió significativamente de Casa Redonda (Cuadro 18).

Cuadro 18. Resultados de la prueba de Tukey del crecimiento absoluto en cobertura (cm<sup>2</sup>) de las seis especies evaluadas por sitio,  $\alpha=0.05$

Sitio	Media (cm <sup>2</sup> )	Agrupación
Puente	966.18	a
Washington	508.63	ab
Casa Redonda	361.19	b

También se realizó una comparación de medias de la interacción sitio/especie, en donde se observó que la interacción entre el sitio Puente (sitio con dosel cerrado) y la especie *L. microphyllum* (con una media de 2216.04 cm<sup>2</sup>) difirió significativamente de las demás interacciones (Cuadro 20).

Cuadro 19. Resultados de la prueba de Tukey del crecimiento absoluto en cobertura (cm<sup>2</sup>) para la interacción entre sitios y especies,  $\alpha=0.05$

Interacción		Media (cm <sup>2</sup> )	Agrupación
Sitio	Especie		
Puente	<i>L. microphyllum</i>	2216.04	a
Puente	<i>E. anacua</i>	2078.89	b
Washington	<i>D. citriodora</i>	1542.92	bc
Puente	<i>R. pachyrrachis</i>	726.79	bcd
Casa Redonda	<i>D. citriodora</i>	661.50	bcd
Puente	<i>D. citriodora</i>	646.16	bcd
Washington	<i>L. microphyllum</i>	520.65	bcd
Casa Redonda	<i>E. anacua</i>	485.08	bcd
Casa Redonda	<i>R. pachyrrachis</i>	446.86	bcd
Washington	<i>E. anacua</i>	411.22	cd
Casa Redonda	<i>R. microphyla</i>	404.80	cd
Washington	<i>R. microphyla</i>	342.30	cd
Washington	<i>R. pachyrrachis</i>	328.85	d
Casa Redonda	<i>L. microphyllum</i>	282.57	d
Puente	<i>R. microphyla</i>	227.37	d
Washington	<i>B. lupinoides</i>	-94.18	d
Puente	<i>B. lupinoides</i>	-98.18	d
Casa Redonda	<i>B. lupinoides</i>	-113.69	d

## 6.6 Fenología

Como complemento a la toma de medidas de altura, diámetro basal y cobertura, se realizaron observaciones fenológicas, con el criterio presencia-ausencia. En las figura 33 se muestra una cronología fotográfica de los caracteres fenológicos destacados en cada medición para cada una de las especies.

Destacan por su valor estético, la mayoría de arbustos de *D. citriodora* que presentaron flores desde el momento de la plantación. Sólo un individuo de *B. lupinoides* floreció en abril 2010 y de *R. pachyrrachis* fue posible apreciar únicamente los botones florales durante la última medición. También es posible observar el marcado carácter caducifolio de *L. microphyllum* y *B. lupinoides*.

*Brongniartia lupinoides*

Octubre 2009	Enero 2010	Abril 2010	Julio 2010	Octubre 2010
				
Con follaje	Defoliación/Aparición de yemas.	Yemas/floración	Foliación	Con follaje

*Dalea citriodora*

Octubre 2009	Enero 2010	Abril 2010	Julio 2010	Octubre 2010
				
Con follaje/floración	Foliación	Foliación/yemas	Follaje/floración	Follaje/floración

*Ehretia anacua*

Octubre 2009	Enero 2010	Abril 2010	Julio 2010	Octubre 2010
				
Con follaje	Con follaje	Defoliación/yemas	Foliación	Con follaje

	Octubre 2009	Enero 2010	Abril 2010	Julio 2010	Octubre 2010
<i>Lysiloma microphyllum</i>	 Con follaje	 Defoliación/Aparición de yemas	 Defoliación/Aparición de yemas	 Foliación/yemas	 Con follaje

	Octubre 2009	Enero 2010	Abril 2010	Julio 2010	Octubre 2010
<i>Rhus microphylla</i>	 Poco follaje/aparición de yemas	 Foliación/yemas	 Foliación/yemas	 Foliación/yemas	 Con follaje

	Octubre 2009	Enero 2010	Abril 2010	Julio 2010	Octubre 2010
<i>Rhus pachyrrachis</i>	 Con follaje	 Foliación/yemas	 Foliación/yemas	 Foliación/yemas	 Aparición de botones florales

Figura 33. Datos fenológicos por fecha de las seis especies.

## 7 DISCUSIÓN

En relación con la supervivencia final (96.29%), no se registraron diferencias significativas entre las seis especies del ensayo, lo cual sugiere que la naturaleza arbórea o arbustiva de las especies no es determinante para la supervivencia ya que tuvieron la misma capacidad de adaptación al sitio. La especie con menor supervivencia final fue *R. microphylla* (85.18%). Este resultado es similar a los obtenidos por López (2011) y Gazca (2011) quienes evaluaron únicamente especies arbóreas y tampoco encontraron diferencias significativas en la supervivencia final (92.59% y 96.91% respectivamente).

Tampoco existieron diferencias significativas al comparar la supervivencia de cada especie en cada uno de los sitios, lo que indica que la condición de los sitios (la apertura del dosel) no influyó de manera determinante en la supervivencia. Cabe mencionar que de los tres sitios, en “Washington” (sitio con dosel abierto) se registró la mayor supervivencia final (98%) y en “Casa Redonda” (sitio con dosel semi-cerrado) se registró la menor supervivencia final (94%).

El porcentaje de las plantas trozadas (mas no muertas) fue mínimo (5.56% equivalente a 9 plantas) y las especies más afectadas fueron *R. microphylla* (3 trozadas) y *B. lupinoides* (3 trozadas). Es importante destacar que todas las plantas afectadas fueron de naturaleza arbustiva y todas las afectaciones fueron registradas únicamente en la cuarta medición (julio). Una posible causa de dichas afectaciones se relaciona con el crecimiento desmedido del pasto circundante en la época de lluvias de verano, lo que dificultó la visualización de las plantas del ensayo de talla baja y diámetro reducido, por lo que es muy probable que los daños (plantas trozadas) hayan sido causados por el personal de mantenimiento del bosque durante la poda del pasto. Este hecho pudo evitarse con podas periódicas, sin embargo aunque se realizó la solicitud del servicio en reiteradas ocasiones, este fue realizado hasta que el pasto alcanzó una altura de hasta 90 cm aproximadamente (Figura 34, anexo 1).

Lo anterior pone de manifiesto la importancia de la talla (y la tasa de crecimiento) para posibles reforestaciones futuras. Al tratarse de un bosque urbano, el mantenimiento del pasto es indispensable por cuestiones estéticas y de seguridad y las plantas de talla baja son vulnerables a las afectaciones antes mencionadas.

Respecto a los daños y mortalidad en las plantas, López (2011) los atribuyó a los perros, balonazos o por haber sido roídas por ardillas; asimismo, Gazca (2011) reportó ataque por plagas, vandalismo e igualmente a trozamientos por perros o ardillas.

*E. anacua* fue la especie con mayor crecimiento absoluto promedio así como la que registró las mayores tasas de crecimiento en altura en el sitio "Puente" (diferiendo significativamente de las demás especies), mientras que *L. microphyllum* y *R. microphylla* fueron las que registraron los valores más bajos para ambas mediciones (aunque éstas no difirieron significativamente de *B. lupinoides*). Cabe mencionar que los individuos de *E. anacua* presentaron las menores alturas al momento de la plantación, mientras que los individuos de *L. microphyllum* y *R. microphylla* las mayores.

Dichos resultados sugieren que para las especies ensayadas, la altura al momento de la plantación no es un factor determinante para la velocidad de crecimiento. En cuanto a los sitios, al comparar los valores de crecimiento absoluto, el sitio Puente (dosel cerrado) fue significativamente mayor que el presentado en Casa Redonda (dosel semicerrado).

Los resultados en el crecimiento absoluto de las especies ensayadas en este estudio son similares a los obtenidos por López (2011), quien de seis especies arbóreas evaluadas, sólo una *Heliocarpus reticulatus* fue significativamente diferente al resto de las especies (84.43 cm) y contrariamente a lo reportado por Gazca (2011), en cuyo estudio no se encontraron diferencias significativas entre especies. Asimismo, las especies evaluadas en este estudio tuvieron mayores tasas de crecimiento en altura que las analizadas por López (2011) y Gazca (2011), quienes reportaron valores máximos de 0.00089 cm/día y 0.0012 cm/día respectivamente.

Existe una relación evidente entre la estacionalidad de las lluvias y la tasa de crecimiento (Figura 35, anexo 2). De enero a abril se presentaron las menores tasas alcanzando inclusive valores negativos debido a las aparentes reducciones de altura (originadas por la disminución en la turgencia y la falta de riego de auxilio). Contrastantemente, de abril a julio, se presentaron las mayores tasas de crecimiento como consecuencia de las abundantes lluvias; de lo anterior destaca la importancia del riego durante el estiaje para favorecer una reforestación exitosa.

Con referencia a los resultados de diámetro basal (al igual que en altura), la especie que registró los mayores valores en crecimiento absoluto, así como las mayores tasas de crecimiento fue *E. anacua*, (diferiendo significativamente de las demás especies) y la especie con menor incremento en diámetro basal fue *R. microphylla* aunque esta no difirió significativamente de *R. pachyrrachis* ni de *B. lupinoides*. Asimismo, la especie con menores tasas de crecimiento fue *L. microphyllum*, aunque no difirió significativamente de *R. microphylla* ni de *B. lupinoides*. Estos resultados son similares a los obtenidos por López (2011), quien encontró que la tasa de crecimiento en diámetro basal de *H. reticulatus* difiere significativamente del resto de las especies estudiadas; Gazca (2011) no reportó diferencias significativas

entre especies. Las especies evaluadas en este estudio tuvieron mayores tasas de crecimiento en diámetro basal que las analizadas por López (2011) y Gazca (2011), quienes reportaron valores máximos de 0.0013 mm/día y 0.0016 mm/día respectivamente.

También se registraron diferencias en los sitios respecto a las tasas de crecimiento del diámetro basal. Washington (sitio con dosel abierto) difirió significativamente de los otros dos sitios (dosel cerrado y semicerrado) presentando una mayor tasa de crecimiento. Esto refleja que la apertura del dosel influyó determinantemente en la velocidad del crecimiento.

El diámetro basal de todas las especies presentó un incremento considerable a partir de la cuarta medición (julio), que corresponde a la época de lluvias. Las mediciones del diámetro basal y los cálculos de su incremento, reflejan de manera más fidedigna el proceso de crecimiento de las plantas que las mediciones de altura (medida con flexómetro), debido a la mayor precisión y exactitud del instrumento de medición con el que se realizaron (Vernier digital) y a que los efectos de la marchitez y/o los cambios fenológicos estacionales casi no lo afectan.

En cuanto a la cobertura, esta se incrementó considerablemente a partir del mes de julio (correspondiente a la época de lluvias). A diferencia de los resultados de altura y de diámetro basal, la especie que registró el mayor crecimiento absoluto fue *L. microphyllum* (que difirió significativamente de las demás especies); mientras que *B. lupinoides* fue la especie que registró los menores valores aunque no difirió significativamente de *R. microphylla* y *R. pachyrrachis*.

Al igual que en el crecimiento absoluto de altura, el crecimiento absoluto del área de cobertura en el sitio Puente (dosel cerrado) fue significativamente mayor que el presentado en Casa Redonda (dosel semicerrado). Es importante señalar que se registraron valores de crecimiento absoluto negativos en la especie *B. lupinoides* debido a que la cobertura al momento de la plantación fue mayor que a la registrada al final del ensayo, debido a la defoliación.

En su fascículo "heladas", Matias *et al.* (2011) puntualizan que los sitios con depresiones son generalmente más propensos al frío y a las heladas ya que constituyen cauces naturales del flujo o masas de aire frío; en tanto los lugares altos son sitios de dispersión del aire frío, lo que permite condiciones poco favorables a la formación de las heladas. El sitio Washington se encuentra a bajo nivel y presenta apertura abierta del dosel, factores determinantes en los daños por helada registrados en todos los individuos de *E. anacua* y la mayoría de *L. microphyllum*. Dichos autores señalan que una helada ocurre cuando la temperatura del aire cercano a la superficie del terreno disminuye a 0°C aproximadamente,

durante un tiempo mayor a cuatro horas. Por el mes en que se dió el descenso de temperatura (mediados de octubre) (Cuadro 20, anexo 2), puede hablarse de una helada temprana u otoñal (que se forma por la llegada de las primeras masas de aire frío sobre el país provenientes del Polo Norte durante los meses de septiembre y octubre). Por la coloración negruzca de las plantas, se habla de una helada negra (dada por la congelación de la savia de las plantas o del agua de sus tejidos que deriva en su rompimiento y quemaduras en el follaje). Asimismo, los autores proponen la protección de las plantas con abrigos de fibra que actúan como grandes aisladores de calor, presentan un tiempo de duración moderado, su costo es relativamente barato y en caso de ocurrir una helada, ayudan a una rápida regeneración.

Respecto a la cobertura, es posible identificar tendencias en su comportamiento que están relacionadas con la estacionalidad del follaje, la apertura del dosel, la temperatura y la precipitación.

En los tres sitios se observa una reducción en la cobertura a partir de la segunda medición correspondiente al invierno con las menores temperaturas (3.03°C, promedio de las temperaturas mínimas) en el periodo estudiado según los datos de la estación meteorológica más cercana (Col. Américas) (Figuras 36, anexo 2). A pesar de la aparición de yemas y nuevo follaje en primavera, la menor cobertura para todas las especies se presentó en la tercera medición (abril), hecho que se puede explicar por la pérdida de turgencia debido a que en este mes se presentó la mayor temperatura máxima promedio (28.33°C). Se esperaba que el sitio con dosel abierto (Washington) presentará la mayor reducción de cobertura por pérdida de turgencia, sin embargo, fue en el sitio con dosel semi-cerrado (Casa Redonda) donde se presentó esta situación debido probablemente a la falta de riegos de auxilio.

En los sitios Casa Redonda y Washington se observó una segunda reducción de la cobertura (defoliación) en la última medición (octubre 2010). Resulta notable que en este periodo, la cobertura en el sitio Puente siguió aumentando en la mayoría de las especies. Este hecho puede explicarse a que el dosel cerrado actúa como amortiguador de los cambios de temperatura.

Con respecto a las precipitaciones, en los sitios Casa Redonda y Washington (dosel abierto y semi-cerrado, respectivamente) se observan picos de cobertura máxima para la mayoría de las especies en la cuarta medición (julio) que se corresponde con la época de mayor precipitación media (Anexo 2).

El presente ensayo permitió obtener información relevante sobre la forma de crecimiento de seis especies en el sitio de plantación, *E. anacua* presentó diferencias significativas con el resto de las especies para todas las mediciones y cálculos realizados (altura, tasa de crecimiento de altura, diámetro basal y tasa de crecimiento de diámetro basal), obteniendo los valores máximos en cada una de ellas; sin embargo, las bajas temperaturas en sitios bajos y con dosel abierto le causan graves perjuicios (quemaduras por helada negra). *L. microphyllum* se encuentra entre las especies con el menor crecimiento en altura, menor

tasa de crecimiento en altura y menor tasa de crecimiento de diámetro basal (aunque sin presentar diferencias significativas con otras especies); asimismo las bajas temperaturas en sitios de dosel abierto también le causan perjuicios considerables. Terrones *et al.* (2004) no mencionan la vulnerabilidad de *E. anacua* ante las heladas aunque sobre *L. microphyllum* indica que es susceptible a heladas pero presenta gran potencial de rebrote en primavera (para su óptimo desarrollo, requiere sombra). Lo anterior debe considerarse para reforestaciones futuras en sitios de dosel abierto.

Con respecto a todas las especies arbustivas, los resultados del presente ensayo corroboran la información presentada por Terrones *et al.* (2004) sobre su tolerancia a heladas.

*R. pachyrachis* fue una de las especies con menor diámetro basal (aunque sin presentar diferencias significativas con otras). *D. citriodora* fue la única especie que presentó floración durante periodos prolongados durante el ensayo.

*R. microphylla* presentó los menores valores para todas las mediciones y cálculos realizados, la mayor mortandad (aunque sin mostrar diferencias significativas con otras especies), y el mayor grado de deterioro por trozamiento; asimismo *B. lupinoides* se encontró entre las especies con menor tasa de crecimiento en altura, diámetro basal y tasa de crecimiento en diámetro basal (aunque sin presentar diferencias significativas), igualmente fue una de las especies con mayor mortandad (también sin diferencias significativas). A pesar de que Terrones *et al.*, (2004) la recomienda como seto vivo, por su escasa cobertura, su carácter caducifolio y el amarillamiento de su follaje, no se considera como especie idónea para su uso como seto.

Finalmente, en campo se observó que *B. lupinoides* y *L. microphyllum* son especies caducifolias y *D. citriodora* y *E. anacua* especies perennifolias.

## 8 CONCLUSIONES

Todas las especies ensayadas (tanto arbustivas como arbóreas) presentaron alta supervivencia final (en promedio 96.29%) sin mostrar diferencias significativas entre sí, esto indica que tuvieron una buena adaptación al lugar de ensayo y no mostraron severas afectaciones.

De las especies evaluadas, se sugieren como especies promisorias para reforestación de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec a *E. anacua*, *L. microphyllum* (especies arbóreas), *R. pachyrachis* y *D. citriodora* (especies arbustivas) tomando en cuenta las siguientes consideraciones.

*E. anacua* obtuvo una supervivencia del 100% y las mayores tasas de crecimiento, sin embargo se recomienda únicamente para la reforestación de sitios altos con dosel semi-cerrado y/o cerrado. Asimismo, *L. microphyllum* también se recomienda como especie para reforestación en sitios de dosel semi-cerrado y/o cerrado por su particular valor estético.

Respecto a las especies arbustivas, se recomienda su uso como seto y barrera viva a *R. pachyrachis* y *D. citriodora* debido a su resistencia a las heladas, su carácter perennifolio y su valor estético.

Finalmente cabe mencionar que dicho ensayo puso de manifiesto la incidencia de los servicios prestados por el personal operativo del Bosque de Chapultepec en el crecimiento y supervivencia de las plantas. Debe ponerse particular atención a las podas del pasto de forma periódica durante la época de lluvias y al riego de auxilio en época de estiaje, para cualquier ensayo futuro o plan de reforestación favoreciendo así el éxito de la plantación.

## 9 REFERENCIAS

- Alcántara O. S. 2001. Restauración de jardines históricos en México: los jardines flotantes (chinampas) y los jardines formales (Chapultepec). Seminario Internacional. Los jardines históricos: aproximación multidisciplinaria. Buenos Aires, Argentina. 21 p. Disponible en: [http://www.international.icomos.org/publications/jardines\\_historicos\\_buenos\\_aires\\_2001/](http://www.international.icomos.org/publications/jardines_historicos_buenos_aires_2001/) (27 de diciembre de 2012).
- Arriaga V., Cervantes V. y A. Vargas-Mena. 1994. Manual de Reforestación con Especies Nativas. Instituto Nacional de Ecología, SEDkESOL, UNAM. México, D.F. 219 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. pp. 966-992.
- Benavides M., H. M. 2015. Metodología para el diagnóstico de áreas verdes urbanas e inventario de su arbolado. Libro técnico No. 8. INIFAP/CENID-COMEF. México, D. F. 115 p. (en prensa).
- Benavides M. H., Guzmán M. O. G. y S. F. López. 2010. Catálogo de especies arbóreas y arbustivas para la Reforestación de la 2ª sección del bosque de Chapultepec. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). México, D. F. 243 p. Disponible en: <http://www.sma.df.gob.mx/sma/index.php?opcion=26&id=676> (28 de septiembre de 2011).
- Benítez G., Equihua M. y H. Pulido-Salas. 2002. Diagnóstico de la situación de los viveros oficiales de Veracruz y su papel para apoyar programas de reforestación y restauración. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 8 (001): 5-12.
- Blasio J. L. 1905. Maximiliano Íntimo. El Emperador Maximiliano y su corte. Memorias de un secretario particular. Librerías de la Vda. De C. Bouret. México. 478 p. Disponible en: <http://cdigital.dgb.uanl.mx/la/1080028691/1080028691.html> (27 de diciembre de 2012).
- Caballero D. M. 1993. Silvicultura Urbana en la Ciudad de México. *Unasyva* 44 (173). Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/u9300s/u9300s06.htm> (27 de marzo de 2010).

- Campos R. M. 1992. Chapultepec: su leyenda y su historia. Talleres de Gráficos del Gobierno Nacional de México. México. 38 p.
- Carabias J. y A. Herrera. 1986. La ciudad y su ambiente. Cuadernos Políticos. Era. México, D.F. 45: 56-60.
- Casasola M. M. 2006. Influencia del Bosque de Chapultepec en el clima urbano de la Ciudad de México. Tesis de Licenciatura, Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. México, D. F. 98 p.
- Castillo M. 1974. Aportación a la biología de las garzas silvestres *Nycticorax nycticorax* y *Nyctanassa violacea* en el Bosque de Chapultepec. Tesis de Licenciatura, Biología, Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F. 34 p.
- Ceballos W. 1997. Enverdecimiento urbano en Chile. *In*: Krishnamurthy L. y J. Rente Nascimento, (Eds.), Áreas Verdes Urbanas en Latinoamérica y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo. México. 231 - 251 pp.
- Cobo W. 1997. Participación pública en la arborización urbana. *In*: Krishnamurthy L. y J. Rente Nascimento, (Eds.), Áreas Verdes Urbanas en Latinoamérica y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo. México. 109 -138 pp.
- CONABIO-Estadigrafía. 1997. Carta de climas México. Sistema de Köppen modificado por E. García. Escala 1:1,000,000. México, D.F.
- Corona N. 1989. Áreas verdes. *In*: Gío-Argáez R., Hernández-Ruíz I. y E. Saínez-Hernández (eds.), Ecología urbana. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural. Sociedad Mexicana de Historia Natural. Universidad de Texas. 95-116 pp.
- Delgado A., Montero M., Murillo O. y M. Castillo. 2003. Crecimiento de especies forestales nativas en la zona norte de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 27(1): 63-78.
- Domínguez A. y E. Rodríguez. 2005. Chapultepec en la actualidad, cambio y persistencia de las prácticas de un parque público. Suplemento de diario de campo. Boletín interno de los investigadores del área de antropología-INAH 36:167-183.

- Fernández M. A. 2002. El jardín de Limantour. *Arqueología Mexicana* 10 (57): 5 -55.
- Gazca G. M. O. 2011. Ensayo de seis especies arbóreas de la familia Leguminosae para la reforestación de la 2da sección del Bosque de Chapultepec. Tesis de Licenciatura, Biología, Facultad de Ciencias, UNAM. México, D. F. 91 p.
- 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). 2006a. Reforestación Urbana. *In*: Memorias. Dirección General de Bosques Urbanos y Educación Ambiental. Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente, Dirección de Educación Ambiental. México, D. F. pp. 12-58. Disponible en: <http://www.sma.df.gob.mx/sma/download/archivos/librodbuea/02.pdf> (15 de agosto de 2010)
- Gobierno del Distrito Federal (GDF). 2006b. 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. México, D. F. pp. 59-113. Disponible en: <http://www.sma.df.gob.mx/sma/download/archivos/librodbuea/03.pdf> (15 de agosto de 2010)
- Harper-Lore B. y M. Wilson. 2000. *Roadside Use of Native Plants*. Island Press. Washington, D. C., Estados Unidos de América. 665 p.
- International Legume Database & Information Service. Disponible en <http://www.ildis.org/cgi-bin/Araneus.pl> (25 de septiembre de 2009).
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2009. Diagnóstico y caracterización de la 2ª sección e inventario total de su arbolado. México, D. F. 111 pp. Disponible en: <http://www.sma.df.gob.mx/sma/index.php?opcion=26&id=676> (28 de septiembre de 2010).
- IUCN (Invasive species specialist group). 2000. *IUCN guidelines for the prevention of biodiversity loss caused by alien invasive species*. Disponible en: [http://www.issg.org/pdf/guidelines\\_iucn.pdf](http://www.issg.org/pdf/guidelines_iucn.pdf) (29 de junio de 2015).

- Jáuregui E. y M. E. Heres. 2008. El clima/bioclima de un parque periurbano de la Ciudad de México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM 67: 101-112.
- López L. S. F. 2011. Ensayo de especies arbóreas de las familias Pinaceae, Apocynaceae, Burseraceae y Tiliaceae para la reforestación de la 2da sección del Bosque de Chapultepec. Tesis de Licenciatura, Biología, Facultad de Ciencias, UNAM. México, D. F. 93 p.
- Martínez G. H. L. y Chacalo H. A. 1994. Los árboles de la Ciudad de México. Unidad Azcapotzalco, Universidad Autónoma Metropolitana. México, D. F. 351 p.
- Matías R. L., Fuentes M. O. y F. García J. 2001. Fascículo Heladas. Centro Nacional de Prevención de Desastres, Secretaría de Gobernación. México, D. F., 35 p. Disponible en: <http://www.cenapred.unam.mx/es/DocumentosPublicos/PDF/SerieFasciculos/heladas.pdf> (21 de diciembre de 2015).
- McVaugh R. 1987. Leguminosae. *In*: W. R. Anderson (ed.), Flora Novo-Galiciana. A descriptive account of the vascular plants of Western Mexico. Vol. 5. The University of Michigan Press, Ann Arbor, Michigan. 188 – 420 pp.
- Molina-Enriquez M. J. 1979. Algunos aspectos del deterioro ambiental en el Bosque de Chapultepec. Tesis de Licenciatura, Biología, Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F. 58 p.
- Nash L. y N. Moreno. 1981. Familia Boraginaceae (Fascículo 18). *In*: Flora de Veracruz. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Jalapa, Veracruz. 8 p.
- Nava J. y H. Rojo. 1988. Inventario del arbolado en el Bosque de Chapultepec. Tesis de Licenciatura, Biología, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. Cuautitlán, Edo de México. 236 p.
- Navarrete L. F. 2001. Los orígenes de los pueblos indígenas del valle de México: los altépetl y sus historias. Serie Cultura Náhuatl. Monografías 33. Instituto de Investigaciones Históricas, UNAM. México. 547 p. Disponible en:

<http://www.historicas.unam.mx/publicaciones/publicadigital/libros/origenes/origenespueblos.html> (27 de diciembre de 2012).

Nowak D., Dwyer J., y G. Childs. 1997. Los beneficios y costos del enverdecimiento urbano. *In*: Krishnamurthy L. y J. Rente Nascimento, (Eds.). Áreas Verdes Urbanas en Latinoamérica y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo. México, D. F. 17 - 38 pp.

Olvera G. H. 1988. Estudio citogenético del charal *Chirostoma jordani* (Pisces-Atherinidae) del Lago Viejo del Bosque de Chapultepec de la Ciudad de México. Tesis de Licenciatura, Biología, Facultad de Ciencias, UNAM. México, D. F. 49 p.

Patiño V. F. y G. Borja L. 1978. La necesidad de investigación en ensayo de especies y procedencias. *In*: 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. 221-235 pp.

Pedersen A. P., Olesen K. y L. Gradual. 1995. Mejoramiento Forestal a nivel de especies y procedencias. *In*: Jara N. L. F (ed.). Mejoramiento Forestal y conservación de recursos forestales. Danida Forest Seed Centre - CATIE. Serie técnica/manual técnico 14, tomo I. Turrialba, Costa Rica. 174 p. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0023s/A0023s.htm> (11 de septiembre de 2010).

Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad (PUEC)-UNAM. 2002. Proyecto Ejecutivo para la Implementación del Manejo Integral y Desarrollo Autosostenible del Bosque de Chapultepec. Reporte de uso interno. 142 p.

Reyes R. M. 1996. Estudio de sobrevivencia de especies arbóreas empleadas para reforestación urbana en la Delegación Magdalena Contreras. Tesis de Licenciatura, Planificación para el Desarrollo Agropecuario. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón, UNAM. Nezahualcóyotl, Estado de México. 79 p.

Rivas T. D. 2001. Importancia y ambiente de los bosques y árboles urbanos. Universidad Autónoma Chapingo. México. 63 p.

Rivas T. D. 2005. Planeación, espacios verdes y sustentabilidad en el Distrito Federal. Tesis de doctorado, División de Ciencias y Artes para el Diseño. UAM Azcapotzalco. México, D. F. 210 p.

- Rodríguez R. G., Dorantes L. J. y E. Rodríguez. 2009. Ensayo de especies forestales en la zona cálida del centro del Estado de Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 11(1):19-24.
- Rojas V. 2007. El Museo Nacional de Historia, un espacio para la enseñanza y el aprendizaje de la historia. Informe de actividades profesionales, Licenciatura en Historia, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. México, D.F. 366 p.
- Roulund H. y K. Olesen. 1995. Mejoramiento forestal a nivel de familia e individuo. *In*: Jara N. L. F (ed.). Mejoramiento Forestal y conservación de recursos forestales. Danida Forest Seed Centre - CATIE. Serie técnica/manual técnico 14, tomo I. Turrialba, Costa Rica. 174 p. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/reprodoc/A0023s/A0023s.htm> (11 de septiembre de 2010).
- Rzedowski C. G. y Rzedowski J. 1979. Flora fanerogámica del Valle de México. Volumen I, CECSA. México, D. F. 308-309 pp.
- Rzedowski J. y Calderón de R. G. 1999. Familia Anacardiaceae (Fascículo 78). *In*: Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío, Pátzcuaro, Michoacán. 25-29 pp.
- Schjetnan M. y M. de la Rosa. 2005. Plan Maestro del Bosque de Chapultepec, Memoria descriptiva. Suplemento de diario de campo. Boletín interno de los investigadores del área de antropología- INAH 36: 185-192.
- Teja Z. A. 1938. Chapultepec: guía histórica y descriptiva con un plano pictórico del bosque. Publicaciones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público. México, D. F. 138 p.
- Terrones R. T. del R., González S. C. y S. A. Ríos. 2004. Arbustivas nativas de uso múltiple en Guanajuato. Libro técnico No. 2, Campo Experimental Bajío, INIFAP. Celaya, Guanajuato. 216 p.
- Tovar L. 1982. Estudio descriptivo de los árboles y arbustos más comunes del Bosque de Chapultepec. Tesis Profesional, Biología, Facultad de Ciencias, UNAM. México, D. F. 153 p.
- Tovar L. y S. Alcántara. 2005. Los jardines en el siglo XX: El viejo Bosque de Chapultepec. *Arqueología Mexicana* 10 (57): 56-61 pp.

- Uribe E. 1997. Enverdecimiento urbano en Colombia. *In*: Krishnamurthy L. y J. Rente Nascimento, (Eds.). Áreas Verdes Urbanas en Latinoamérica y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo. México. 253 - 304 pp.
- Vázquez P. S. 1994. Contribución al estudio de los roedores nocivos del Bosque de Chapultepec. Tesis Profesional, Biología, Facultad de Ciencias, UNAM. México, D. F. 87 p.
- Vázquez-Yanes, C y A. I. Batis. 1996. La restauración de la vegetación, árboles exóticos vs. Árboles nativos. *Revista Ciencias* 43: 17 – 23.
- Vázquez-Yáñez C. A. I., Batis M. M. I., Alcocer S. M., Gual D. y D. Sánchez. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO - Instituto de Ecología, UNAM. Disponible en: [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/introd-J084.html](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/introd-J084.html) (17 de febrero de 2009)
- Ware G.H. 1994. Ecological basis for selecting urban trees. *Journal of Arboriculture* 20(2): 98-103.
- Waring R. H. 1983. Estimating forest growth and efficiency in relation to canopy leaf área. *Adv. Ecol. Res.*, 13: 327 – 354.

## 10 ANEXOS

Anexo 1. Fotografías que muestran el crecimiento desmedido de pasto alrededor de las plantas.



Figura 34. Crecimiento excesivo de pasto por falta de poda constante durante la época de lluvias a) Sitio Puente, b) Sitio Casa Redonda, c) y d) sitio Washington

Anexo 2. Régimen térmico y pluvial del Bosque de Chapultepec con base en el registro meteorológico de la estación Colonia Américas, de octubre de 2009 a octubre de 2010.

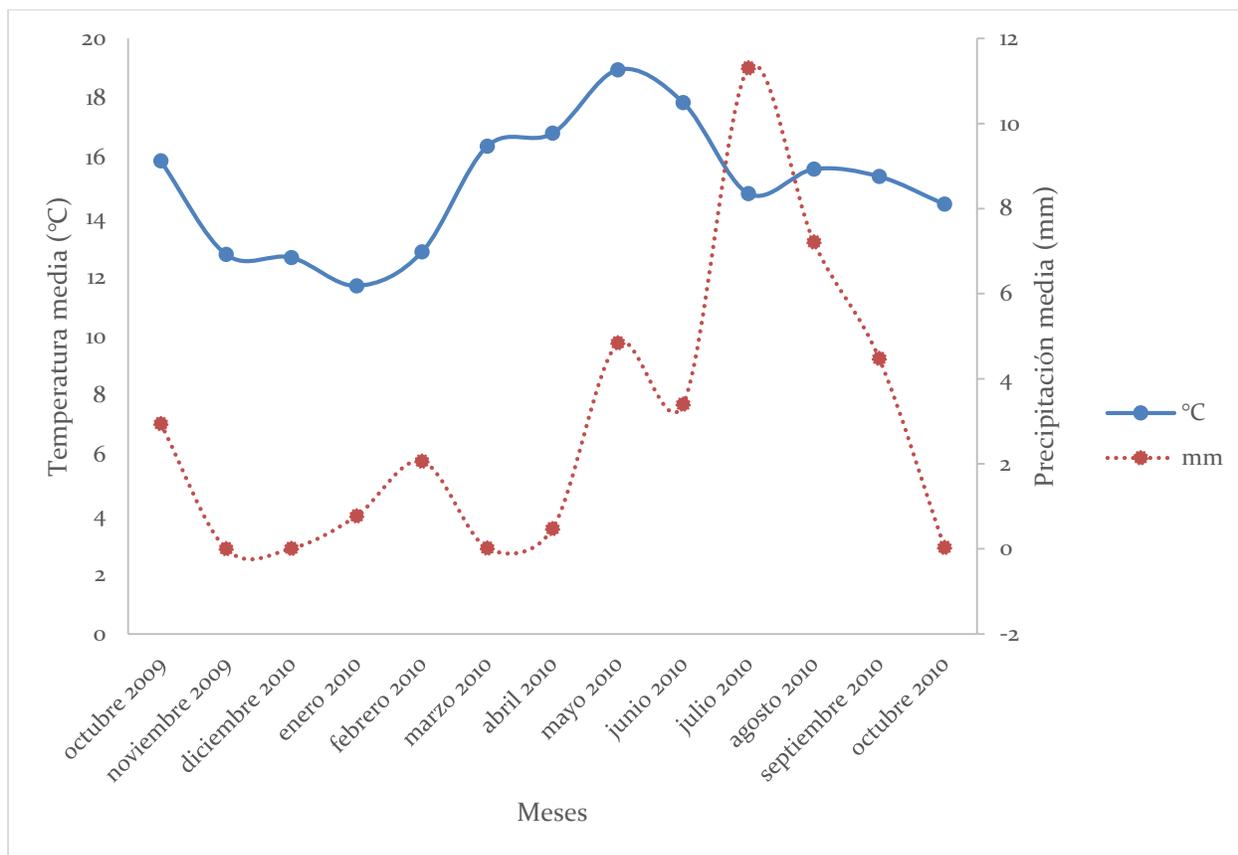


Figura 35. Temperatura (°C) y precipitación (mm) media mensual según la estación meteorológica Col. Américas (<http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Diarios/9010.txt>)

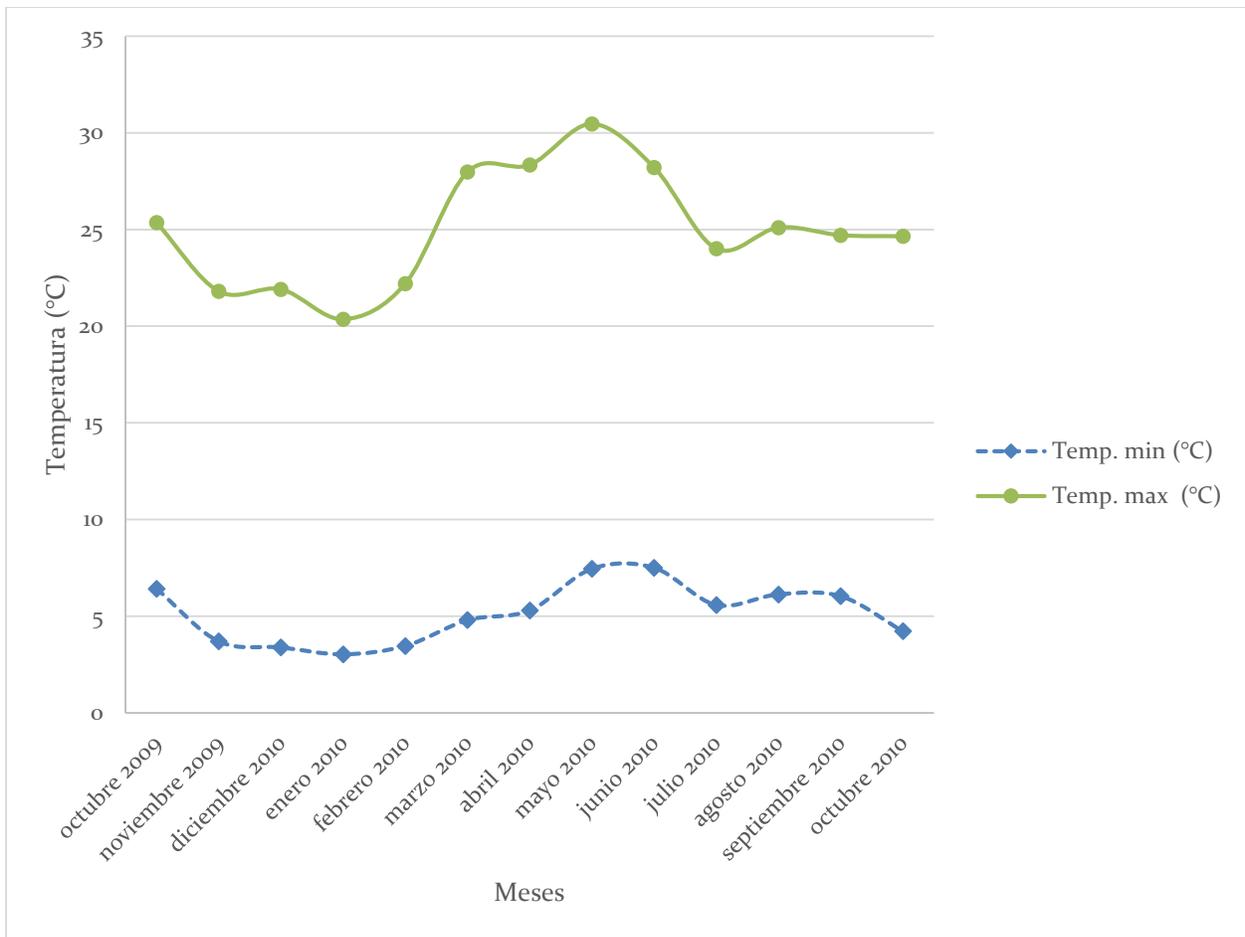


Figura 36. Temperatura mínima y máxima promedio (°C) según la estación meteorológica Col. Américas (<http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Diarios/9010.txt>)

Cuadro 20. Registro de temperaturas diarias del enero 2010 y octubre de 2010. En gris se indican los días en que se pudo presentar la helada.

(<http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Diarios/9010.txt>)

enero 2010				
Fecha	Precipitación (mm)	T °C Max	T °C Min	T prom
01/01/2010	0	21	3	12
02/01/2010	0	19	3	11
03/01/2010	0	16	3	9.5
04/01/2010	0	16	2	9
05/01/2010	0	17	2	9.5
06/01/2010	0	19	2	10.5
07/01/2010	10.9	17	3	10
08/01/2010	4.2	13	3	8
09/01/2010	7.3	14	3	8.5
10/01/2010	0	15	3	9
11/01/2010	0	16	3	9.5
12/01/2010	0	16	3	9.5
13/01/2010	0	18	3	10.5
14/01/2010	0	19	3	11
15/01/2010	0.2	18	3	10.5
16/01/2010	0	21	3	12
17/01/2010	0	22	3	12.5
18/01/2010	0	24	3	13.5
19/01/2010	0	25	3	14
20/01/2010	0	25	3	14
21/01/2010	0	25	3	14
22/01/2010	0	25	3	14
23/01/2010	0	26	3	14.5
24/01/2010	0	27	3	15
25/01/2010	0	25	4	14.5
26/01/2010	0	25	4	14.5
27/01/2010	0	25	4	14.5
28/01/2010	0	23	3	13
29/01/2010	0	21	4	12.5
30/01/2010	0	17	3	10
31/01/2010	1.4	21	3	12

octubre 2010				
Fecha	Precipitación (cm)	T °C Max	T °C Min	T prom
01/10/2010	0	25	4	14.5
02/10/2010	0	25	4	14.5
03/10/2010	0	21	4	12.5
04/10/2010	0	22	4	13
05/10/2010	0	19	4	11.5
06/10/2010	0	23	3	13
07/10/2010	0	25	4	14.5
08/10/2010	0	26	4	15
09/10/2010	0	26	4	15
10/10/2010	0.3	28	4	16
11/10/2010	0	27	5	16
12/10/2010	0	27	6	16.5
13/10/2010	0	24	5	14.5
14/10/2010	0	19	3	11
15/10/2010	0	23	2	12.5
16/10/2010	0	25	3	14
17/10/2010	0	26	3	14.5
18/10/2010	0	26	4	15
19/10/2010	0	26	5	15.5
20/10/2010	0	27	5	16
21/10/2010	0	27	5	16
22/10/2010	0	27	5	16
23/10/2010	0	28	5	16.5
24/10/2010	0	27	5	16
25/10/2010	0	28	4	16
26/10/2010	0	28	5	16.5
27/10/2010	0	28	6	17
28/10/2010	0	19	5	12
29/10/2010	0	19	4	11.5
30/10/2010	0	21	3	12
31/10/2010	0.8	22	4	0