

# ENSAYO DE LEGUMINOSAS PARA LA REFORESTACIÓN DE LA 2ª SECCIÓN DEL BOSQUE DE CHAPULTEPEC

## ASSAY OF LEGUMINOUS TREES FOR REFORESTATION OF THE SECOND SECTION OF CHAPULTEPEC PARK

Maira Oriana Gazca Guzmán<sup>1</sup> y Héctor Mario Benavides Meza<sup>2</sup>

### RESUMEN

La Segunda Sección del Bosque de Chapultepec es un sitio de preservación ecológica, generación de servicios ambientales y de beneficios recreativos, principalmente, para los habitantes de la Ciudad de México. En los últimos años se ha registrado una declinación y disminución de su cubierta forestal, por lo que es necesario llevar a cabo programas de reforestación que se realicen con las especies apropiadas al sitio. Se realizó un ensayo de seis leguminosas arbóreas con el objetivo de evaluar su supervivencia y tasas de crecimiento en altura y diámetro basal; en el primer rubro, el valor final fue de 100 a 92.59%, en función de la especie, aunque no hubo diferencias significativas entre ellas. La tasa de crecimiento en altura fue mayor y significativamente diferente en *Albizia occidentalis* y *Senna multiglandulosa*, respecto a los otros taxa; mientras que la correspondiente al diámetro resultó superior en *S. multiglandulosa*, *Acacia angustissima* y *A. occidentalis*. En contraste, *Leucaena esculenta* presentó las cifras más bajas en ambas variables, pero no difirió significativamente de *Eysenhardtia polystachya*, ni de *Lysiloma divaricata*. En algunas plantas se registraron daños por vandalismo, así como por el ataque de plagas. A pesar de ello, los resultados permiten afirmar que estas son una buena opción para la reforestación del área de estudio, lo que confirma la importancia de realizar ensayos de especies previos a los programas de reforestación urbana.

**Palabras clave:** Bosque de Chapultepec, Ciudad de México, crecimiento arbóreo, dasonomía urbana, leguminosas arbóreas, reforestación urbana.

### ABSTRACT

The 2<sup>nd</sup> Section of Chapultepec Park is an ecological preservation site and provides ecosystemic services and anthropocentric benefits to the inhabitants of the Metropolitan Area of Mexico City. In recent years the tree cover has shown a reduction and decline. This condition must be reverted and reforestation programs can do in a short period of time. A species test of six native leguminous trees was assessed to determine the response to the conditions of the 2<sup>nd</sup> section. Survival rates varied among species (100 to 92.5%), but no significant differences were found. On the contrary, height and basal diameter growth rates were significantly different among species and the highest values were registered in *Albizia occidentalis* and *Senna multiglandulosa*. The growth rate in basal diameter was also different among them and *S. multiglandulosa*, *Acacia angustissima* and *A. occidentalis* showed the highest results, in contrast *Leucaena esculenta* presented the smallest rate in both variables, but did not differ significantly from *Eysenhardtia polystachya* and *Lysiloma divaricata*. Evidence of damages caused to plants was registered, mainly due to pest attacks and vandalism, but they did not promote the death of plants. These results showed that the leguminous tree species tested could be a good choice for the reforestation of the 2<sup>nd</sup> Section, but also the importance of these kinds of studies to determine the response of tree species to the planting sites, before they are widely use in urban reforestation programs.

**Key words:** Chapultepec Park, Mexico City, tree growth, urban forestry, woody leguminous species, urban reforestation.

Fecha de recepción: 27 de octubre de 2010

Fecha de aceptación: 16 de junio de 2012

<sup>1</sup> Prestadora de Servicios Profesionales. Correo-e: maira.gazca@gmail.com

<sup>2</sup> Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales, INIFAP.

## INTRODUCCIÓN

El bosque urbano es un sistema que genera beneficios y servicios ambientales similares a los de un bosque natural, pero que, además de los árboles, está conformado por vegetación asociada a lo largo de calles y avenidas, áreas verdes públicas y otros espacios abiertos como son los cementerios y barrancas (Benavides, 1989). En este concepto quedan comprendidas las grandes masas arboladas naturales o inducidas, dentro de los límites de la ciudad y a las cuales en México comúnmente se les denomina "bosques"; aunque en términos estrictos son grandes parques como Chapultepec, San Juan de Aragón y Tlalpan, en la Ciudad de México. Su importancia empezó a ser reconocida y valorada conforme se apreciaron en toda su magnitud los beneficios antropocéntricos y servicios ambientales que proporcionan, particularmente, cuando la vegetación es manejada en forma correcta (Benavides *et al.*, 1994).

Si bien no ha sido documentado explícitamente, es conocido el uso indiscriminado de especies exóticas en la reforestación urbana y su plantación ha sido excesiva. No obstante, se reconoce que éstas suelen desarrollar una gran adaptación a distintos tipos de clima y suelo, un rápido crecimiento, además de que sus semillas o propágulos están disponibles en el mercado y dicho material, en muchos casos, es el producto de programas de mejoramiento de varias decenas de años (Vázquez y Batis, 1996). En comparación con lo anterior, por lo general las especies nativas no han estado sujetas a ningún programa de selección, ni de mejoramiento; y para la mayoría se desconocen las técnicas y protocolos para su propagación y mantenimiento en vivero, y después de la plantación. Situación que ha propiciado que los árboles nativos de México, se empleen en número y superficies insignificantes (González, 1981; Vázquez y Batis, 1996).

El éxito de una plantación se determina por el grado en que logre cumplir con los objetivos propuestos en cada proyecto de reforestación. La selección de la especie de acuerdo al sitio es una decisión crucial, ya que de no efectuarse, es muy probable que se origine un impacto negativo considerable, pues el desarrollo del árbol y su estado general pueden no resultar exitosos. Es importante considerar que cada taxón posee determinadas estrategias de adaptación al medio urbano; así como, distintos requerimientos de cultivo, hábitos de crecimiento, tamaño y forma, entre otras características. De igual manera, es fundamental el conocimiento de las necesidades de poda, resistencia a plagas y enfermedades, tolerancia a factores abióticos y sociales, producción en vivero y tipo de mantenimiento (Chapman, 1981; Harris, 1992; Ruíz, 2002).

A la fecha, uno de los mayores problemas para realizar plantaciones urbanas es la carencia de información sobre los requerimientos ambientales y características de crecimiento de las especies que se pretenden utilizar, los sitios o lugares

## INTRODUCTION

Urban forests are systems that generate ecosystem services and anthropocentric benefits similar to those produced by natural forests. The forest in the city is not only conformed by trees but also by shrubs and herbaceous vegetation and it is located along streets and avenues, public green areas, and other open spaces, such as graveyards and gullies (Benavides, 1989). Large areas covered by trees located within the boundaries of the city, either natural or man induced, are included in the urban forest concept. These places are commonly known in Mexico City as "forests", although strictly speaking they are only large parks such as Chapultepec, San Juan de Aragón and Tlalpan. The importance of the urban forests was completely acknowledged and valued once the magnitude of the anthropocentric benefits and environmental services they provide was fully appreciated (Benavides *et al.*, 1994).

Although it has not been explicitly documented, it is well known that exotic species are indiscriminately used in urban reforestation and have been planted in excess. However, it has been acknowledged that such species are highly adaptable to diverse types of climates and soil conditions, they grow quickly, their seeds or propagules are easily available and, in many cases, such material is the result of genetic improvement programs from decades ago (Vázquez and Batis, 1996). In contrast, native species have not generally been subjected to selection or improvement programs; in most cases, the techniques and protocols for their propagation, nursery and post plantation maintenances are unknown. These conditions have caused that the number of Mexican native tree species used in reforestation programs and the surface they cover are quite insignificant (González, 1981; Vázquez and Batis, 1996).

The success of any reforestation program is determined by the degree in which the objectives that were defined are reached. Selection of the species according to the place is a crucial decision, and if it is not done so, it can probably cause a considerably negative impact, since the development of trees can be unsuccessful and showed a poor condition. It is important to consider that each species has its own strategies to adapt in the urban environment, besides their different cultivation requirements and other characteristics such as growing habits, size and shape, as well as pruning requirements, resistance to pest and diseases, tolerance to environmental and social factors, and type of production and maintenance in nursery conditions (Chapman, 1981; Harris, 1992; Ruíz, 2002).

Up to now, one of the main problems for urban reforestation is the lack of information regarding the environmental and growth requirements of the species that are intended to be used, adequate sites and places for them, the convenient plantation substratum, as well as their response in previous reforestation projects because they are not followed on.

adecuados para su establecimiento, el sustrato de plantación conveniente y su respuesta en reforestaciones anteriores pues no se les da seguimiento a éstas.

La selección de especies para un área urbana se puede realizar por medio de ensayos de especies, los cuales consisten en probar en pequeñas parcelas ubicadas en sitios representativos dentro de la zona de interés, ejemplares jóvenes de plantas. A partir de ellas es factible extrapolar la información, pues son uno de los medios más confiables para la selección de los taxa para atender un propósito y para una localidad determinada (Martínez, 1981; Willan, 1984). Esta práctica se desarrolla en un ambiente común, con el fin de obtener estimaciones relativas de las especies en cuanto a su crecimiento en diámetro y altura, supervivencia; adaptación a las condiciones ecológicas y resistencia a plagas, y a los factores ambientales desfavorables (Rodríguez *et al.*, 2000; García *et al.*, 2007). Su respuesta y el éxito de una plantación son consecuencia de la influencia de varios factores, entre los que figuran no solamente las características bioclimáticas y edafológicas, sino también los medios técnicos y sociales de que se disponga para su establecimiento y mantenimiento (Martínez, 1981). De esta forma, los ensayos de especies son de gran trascendencia para valorar la introducción de nuevas especies y aumentar la biodiversidad en proyectos de reforestación dentro de las ciudades (Burley, 1969).

Desde hace varias décadas en México se han realizado reforestaciones masivas en áreas forestales y ciudades, en las que con frecuencia se ha sobreutilizado un grupo reducido de especies arbóreas y arbustivas, frecuentemente exóticas y por lo general, se plantan muchos árboles de un solo taxon (González, 1983; Segura, 2005). Es común que las especies utilizadas en tales proyectos tengan características que las hacen apropiadas como son su facilidad de propagación, rápido crecimiento o resistencia a plagas. Sin embargo, la falta de periodos de prueba y su uso indiscriminado han ocasionado que los programas de reforestación propicien la homogeneización en la composición del arbolado en las áreas verdes y la disminución o pérdida de la riqueza florística (Zobel *et al.*, 1987; López y Zamudio, 2002; Segura, 2005).

México, paradójicamente, es uno de los principales países megadiversos del mundo y reúne muchos taxa autóctonos y endémicos que pueden ser aprovechados como ornamentales, pero son desconocidos por la mayoría de la población, ya que no han sido evaluadas para estos fines (Segura, 2005). Situación que es extensiva a los funcionarios encargados de los programas de arbolado urbano en las ciudades y de los viveros, particularmente de los oficiales, pues no han procurado su propagación y utilización. El uso de especies exóticas representa una respuesta simple, que se justifica por la carencia de conocimientos científicos y técnicos sobre el uso y manejo de las nativas (Vázquez y Batis, 1996).

The selection of species for the reforestation of the entire city or a zone of it, can be obtained by a species assays, which consist in small experimental parcels placed in representative sites located within the zone of interest, where young trees are evaluated. Information from these assays can be extrapolated, since they are one of the most reliable species selection methods for fulfilling a purpose and for a specific locality (Martínez, 1981; Willan, 1984). This procedure is developed in a common environment, in order to obtain relative estimations of diameter and height growth, survival, adaptation to environmental conditions, resistance to pests and diseases, as well as unfavorable environmental factors (Rodríguez *et al.*, 2000; García *et al.*, 2007). The response of species and the success of the reforested plants are consequence of the influence of diverse factors, which include not only bioclimatic and soil characteristics, but also technical and social procedures, tools and machinery available to plant and later maintenance of trees (Martínez, 1981). Therefore, species assays are convenient procedures to evaluate the introduction of new species and increase the biodiversity of reforestation projects in the cities (Burley, 1969).

For several decades massive forest and urban reforestations have been carried out in Mexico, in which a small group of mostly exotic tree and shrub species have been overused, and several trees of a single species have been planted (González, 1983; Segura, 2005). In general terms, the species planted in such projects have appropriate characteristics such as propagation facility, fast growth and pest resistance. However, the lack of test periods and the indiscriminate use of exotic species have caused that such reforestation programs promoted the homogenization of tree species composition in green areas, and the reduction or loss of local natural floristic richness (Zobel *et al.*, 1987; López and Zamudio, 2002; Segura, 2005).

Paradoxically, Mexico is one of the main megadiverse countries of the world, and has many autochthonous and endemic species that can be used for ornamental purposes, however most of the population is not familiar with them because they have not been evaluated for these purposes (Segura, 2005). This situation is extensive to the government employees in charge of nurseries and urban tree programs, since they have not promoted their propagation and use. The use of exotic species represents a simple solution justified by the lack of scientific and technical knowledge regarding the production, planting and maintenance of native species (Vázquez and Batis, 1996).

Native species are closely linked to local fauna and because they are adapted to those conditions, is highly probable that they require less maintenance and the cost of their preservation will be lower. Eventually, these plants will be incorporated into the local natural processes and will adjust to the ecological conditions of the site, becoming a quite pleasant landscape component (Budowski, 2002; López and Zamudio, 2002).

Las especies nativas están asimismo muy relacionadas con la fauna local y al estar adaptadas a las condiciones locales, es muy probable que se reduzcan las actividades de mantenimiento y con ello, un ahorro de recursos financieros. Eventualmente estas plantas se integrarán a los procesos naturales de ajuste a las condiciones ecológicas propias del lugar y pueden generar un componente paisajístico muy agradable (Budowski, 2002; López y Zamudio, 2002).

## Bosque de Chapultepec

Se localiza en la porción occidental de la Cuenca de México, entre los 99°10'40" y 99°14'15" de longitud oeste y 19°23'40" y 19°25'45" de latitud norte, pertenece a la delegación política Miguel Hidalgo del Distrito Federal, aunque administrativamente no depende de esta. El Bosque cuenta con 686.01 ha y está dividido en tres secciones: la primera ocupa 274.08 ha; la 2ª sección está conformada por un poco más de 168.03 ha y la 3ª posee 243.9 ha. En el año 2003 fue declarada Área de Valor Ambiental (PUEC-UNAM, 2002; GDF, 2003; GDF, 2006).

La segunda sección se inauguró el 24 de octubre de 1964 y su diseño y distribución espacial fueron proyectados por el arquitecto Leónides Guadarrama. Alberga espacios recreativos, museos, edificaciones y numerosas fuentes, entre las que destacan La Feria, Papalote Museo del Niño, Cárcamo de Dolores y las fuentes de Tláloc y Xochipil (GDF, 2006).

Los suelos son de origen volcánico, lo que facilitó la formación de un horizonte inferior endurecido denominado tepetate y las texturas predominantes son arcillosas y arenosas. El fierro es el elemento mineral con mayor concentración presenta un pH entre 5.05 y 6.1. En diferentes sitios de esta sección se utilizó cascajo para rellenar y nivelar la zona, a tal grado que en algunos de ellos es muy difícil encontrar el suelo original e incluso la capa de tepetate. Así mismo se advierten oquedades o áreas minadas creadas para la extracción de materiales, principalmente arena para construcción (PUEC-UNAM, 2002). El clima del bosque es de tipo templado subhúmedo con lluvias en verano y una temperatura media anual de 12 a 18°C, y precipitación anual entre 600 y 1,000 mm (INEGI, 2009).

La cubierta arbórea y arbustiva del lugar está constituida por 131 especies, de las cuales las más frecuentes son *Fraxinus uhdei* (Wenz.) Lingelsh., *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., *Ligustrum lucidum* W. T. Aiton, *Thuja occidentalis* L., *Pinus radiata* D. Don, *Casuarina equisetifolia* Forst. y *Cupressus lusitanica* Mill. que, en conjunto, representan 76.8% del arbolado establecido en la segunda sección. Los individuos de *E. camaldulensis* fueron los más frecuentes en el lugar, lo que facilitó el ataque del psílido *Glycaspis brimblecombei* Moore, que ha ocasionado un impacto severo en el arbolado y una ostensible declinación y muerte de los mismos.

## Bosque de Chapultepec

This huge park is located in the western side of the Valle de Mexico basin, between the 99°10'40" and 99°14'15" W, and 19°23'40" and 19°25'45"N, and it is part of the Miguel Hidalgo Borough, although in administrative terms it does not depend of it. Chapultepec has a surface of 686.01 ha, and is divided into three sections: the first is 274.08 ha; the second, a bit over 168.03 ha; and the third one 243.9 ha. In 2003 was declared as Area of Environmental Value (PUEC-UNAM, 2002; GDF, 2003; GDF, 2006).

The 2<sup>nd</sup> Section was inaugurated on October 24<sup>th</sup>, 1964, and its design and spatial distribution was projected by the architect Leónides Guadarrama. It houses recreational spaces like La Feria, museums (Tecnológico and Papalote Museo del Niño), distinctive and historical buildings such as Cárcamo de Dolores and a large number of fountains, among them Tláloc and Xochipil (GDF, 2006).

The soil in this area is of volcanic origin, which promoted the formation of an inferior hardened layer known as pan horizon, and the predominant textures are sandy loam. Iron was the mineral element of the soil with the highest concentration, and the pH ranges between 5.05 and 6.1. Different sites of this section were filled with rubble, used to level the area, to such an extent that in some areas is very difficult to distinguish the original soil, and even the pan horizon. Moreover, cavities or mined areas created for extracting sand material for construction purpose, have been observed (PUEC-UNAM, 2002). The climate in the area is warm, sub-humid with summer rains and an annual average temperature of 12 to 18°C, as well as an annual precipitation that ranges between 600 and 1,000 mm (INEGI, 2009).

The tree and shrub cover is made up by a total of 131 species and the most frequent are *Fraxinus uhdei* (Wenz.) Lingelsh., *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., *Ligustrum lucidum* W. T. Aiton, *Thuja occidentalis* L., *Pinus radiata* D. Don, *Casuarina equisetifolia* Forst. and *Cupressus lusitanica* Mill., which as a whole, represent 76.8% of the tree population in the 2<sup>nd</sup> Section. *E. camaldulensis* individuals were the most frequent in the place, however, they were heavily attacked by the psyllid *Glycaspis brimblecombei* Moore, which promoted an ostensible decline and mortality of these trees.

Nowadays new alternative species are being sought for reforesting the area, preferably with native species, and according with such aim, six species of leguminous trees were proved and their survival and growth in local environmental conditions were evaluated, to determine if they are useful to reforest the area.



En la actualidad se buscan alternativas para la reforestación del área con especies preferentemente nativas, razón por la cual, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la respuesta de seis leguminosas arbóreas a las condiciones ambientales de la segunda sección del Bosque de Chapultepec.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se estableció un ensayo de especies por medio de tres parcelas que se ubicaron en zonas con diferente apertura de dosel y baja densidad de arbolado, con facilidades de acceso para la aplicación de riegos de auxilio en caso de que fueran necesarios. Las parcelas se establecieron en las zonas denominadas Washington (7.5), Café del Bosque (5.6.3) y Casa Redonda (6.1) (Figura 1). En cada parcela se utilizaron las siguientes especies: *Acacia angustissima* (Mill.) Kuntze (timbe), *Albizzia occidentalis* T. S. Brandegees (palo blanco), *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg. (palo dulce), *Leucaena esculenta* (Sessé & Moc.) Benth (querenda), *Lysiloma divaricata* (Jacq.) J.F. Macbr (palo prieto) y *Senna multiglandulosa* (Jacq.) Irwin & Barneby (retama de tierra caliente). Entre las características que se consideraron para elegir dichas especies fueron su capacidad de desarrollo en climas semiáridos a templados; resistencia a la sequía y a bajas temperaturas; tolerancia a suelos pobres o tepetatosos, además de su capacidad para formar suelo; utilidad en el control de la erosión; tolerancia a la poda y su calidad de nativas del centro de México preferentemente. También se tomaron en cuenta las características ornamentales de sus flores, frutos y corteza; producción en vivero y su poca o nula presencia en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.

Las plantas utilizadas fueron proporcionadas por los viveros de Coyoacán (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), Nezahualcóyotl (Gobierno del Distrito Federal) y Campo Experimental Bajío del Centro de Investigación Regional Centro, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Cada una de ellas tenía una altura entre 80 y 100 cm y se trasladaron al vivero de la 2ª sección del Bosque de Chapultepec, para su aclimatación y mantenimiento, hasta que tuvo lugar la plantación.

Se utilizó un diseño estadístico de bloques al azar con tres repeticiones. Cada bloque experimental medía 25.5 m de largo por 3 m de ancho y contenía las seis especies (tratamientos), organizadas en unidades experimentales de nueve plantas. Los taxa se establecieron de forma aleatoria, y las plantas se dispusieron en tres hileras con una distancia de 1.5 m entre individuos (Figura 2).

Del 22 al 29 de abril se realizó la apertura de cepas y plantación con ayuda del personal del vivero, en el siguiente orden Washington (22 y 23 de abril), Casa Redonda (24 y 27 de abril) y Café del Bosque (28 y 29 de abril). Al finalizar el establecimiento del material vegetal se cercaron las parcelas

## MATERIALS AND METHODS

A species assay was established in the 2<sup>nd</sup> section in sites with low tree density but different tree canopy. Easy access to the plots was also sought in case irrigation was necessary. The plots were located in the areas named Washington (7.5), Café del Bosque (5.6.3) and Casa Redonda (6.1) (Figure 1). In every plot were used the following species: *Acacia angustissima* (Mill.) Kuntze (timbe), *Albizzia occidentalis* T. S. Brandegees (palo blanco), *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg. (palo dulce), *Leucaena esculenta* (Sessé & Moc.) Benth (querenda), *Lysiloma divaricata* (Jacq.) J.F. Macbr (palo prieto) and *Senna multiglandulosa* (Jacq.) Irwin & Barneby (retama de tierra caliente). The characteristics considered to select the species were: growth capacity in semiarid and temperate climates, resistance to drought and low temperatures, capacity to grow in rubble filled poor soils or pan horizons, along with their capacity to form soil and their utility for controlling erosion, tolerance to pruning, and preferably, being native of the central part of Mexico. The ornamental quality of their flowers, fruits and bark were also taken into account, as well as the possibility to found the species in nurseries, and their low or null presence in the 2<sup>nd</sup> Section of Bosque de Chapultepec.

Plants were provided from the nurseries of Viveros de Coyoacán (SEMARNAT), Nezahualcóyotl (G. D. F.) and the Bajío Experimental Station (INIFAP). Each plant had a height that ranged from 80 to 100 cm, and were taken to the nursery of the 2<sup>nd</sup> Section of Bosque de Chapultepec for acclimatization and maintenance until they were planted.

A statistical design of random blocks with three repetitions was applied. Each experimental block was 25.5 m long and 3 m wide, and contained all six species (treatments), organized in experimental units consisting of nine plants. The species were set randomly and plants were disposed in three lines with a distance of 1.5 m between individuals (Figure 2).

From April 22<sup>nd</sup> to the 29<sup>th</sup>, planting holes were dug and planting was carried out with the assistance of the nursery staff of the 2<sup>nd</sup> section in the following order: Washington (April 22<sup>nd</sup> and 23<sup>rd</sup>), Casa Redonda (April 24<sup>th</sup> and 27<sup>th</sup>) and Café del Bosque (April 28<sup>th</sup> and 29<sup>th</sup>). Once the plant material had been established, parcels were surrounded with a plastic net for protection. A total of 162 plants were planted and plots were subjected to auxiliary irrigations every three days during May and early June, until the rain season began.

The height and basal diameter of each individual was measured using a tape and a digital vernier (Mitutoyo, CD-6" BS), respectively. Measurements were carried out every three months in the following dates: April 29<sup>th</sup> and 30<sup>th</sup>, 2009; July 31<sup>st</sup> and August 3<sup>rd</sup>, October 29<sup>th</sup> and 30<sup>th</sup>; January 29<sup>th</sup>, 2010; and the last, on April 29<sup>th</sup>, 2010. Survival plants per species and plot was determined every date, and the final percentage values



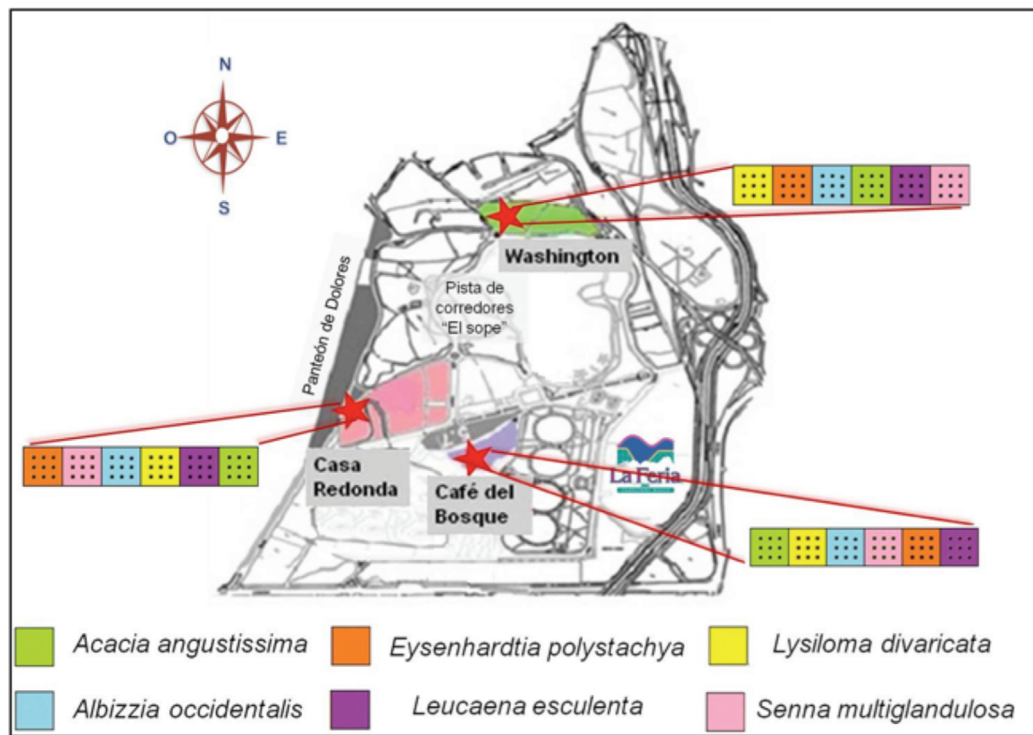


Figura 1. Ubicación de las parcelas experimentales en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.  
Figure 1. Location of the experimental plots established in the 2nd Section of Bosque de Chapultepec.

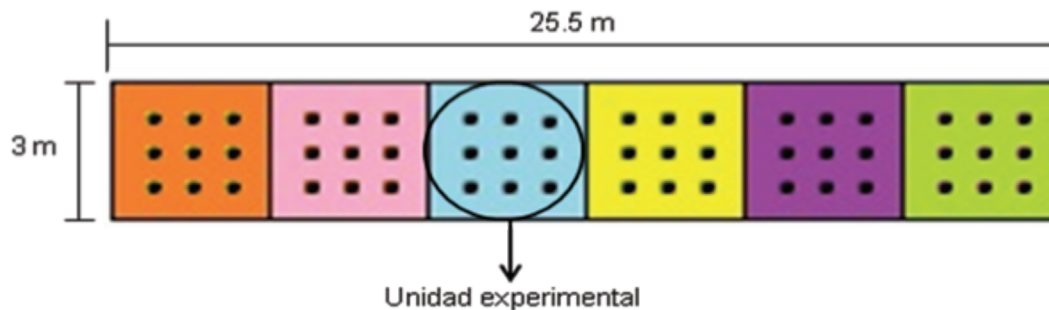


Figura 2. Ejemplo de una parcela experimental establecida en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.  
Figure 2. Example of an experimental plot established in the 2nd Section of Bosque de Chapultepec.

con malla plástica ojillada. En total se plantaron 162 plantas y se aplicaron riegos de auxilio cada tres días durante mayo y principios de junio, hasta el inicio de la temporada de lluvias.

Se midió la altura y el diámetro basal de cada ejemplar, con una cinta métrica y un vernier digital marca Mitutoyo, modelo CD-6" BS, respectivamente. Las mediciones se realizaron cada tres meses en las fechas: 29 y 30 de abril de 2009, 31 de julio y 3 de agosto, 29 y 30 de octubre, 28 y 29 de enero de 2010 y la última el 29 de abril de ese mismo año. Se cuantificó el número de individuos vivos por taxón y parcela, y se obtuvieron los porcentajes finales para realizar el análisis de varianza (ANOVA) correspondiente. Se usó la tasa de crecimiento para evaluar

were used in the corresponding analysis of variance (ANOVA). Growth rate was used to evaluate the development of species but this procedure also allowed the elimination of the initial variation among them, and net growth in height and diameter was determined. Because some individuals per species were found to be broken or dead in some plots and blocks, the former analysis was carried out with the measurements of five plants of each species per block to standardize the number of individuals, which were randomly selected in case there were more than five individuals per species in the block.

Average growth rate of each species was calculated using transformed base 10 logarithm data of each measurement and

el desarrollo de las especies, lo que permitió eliminar la variación inicial entre especies y obtener su crecimiento neto en altura y diámetro; sin embargo, debido a que en cada bloque se observaron hasta cuatro individuos trozados o muertos por taxón, se consideró pertinente llevar a cabo los análisis con base en las mediciones realizadas en cinco plantas por especie y bloque para homogeneizar el número de individuos. Solo que hubiera un número mayor en cada parcela se seleccionaron aleatoriamente.

Se estimó la tasa de crecimiento promedio de cada especie mediante el logaritmo de los datos registrados en las cinco fechas de medición y se realizó un análisis de regresión lineal con el método de mínimos cuadrados (Hunt, 1990):

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

Donde:

$n$  = Número de mediciones

$\sum$  = Sumatoria

$x_i$  = Tiempo transcurrido desde la plantación

$y_i$  = Crecimiento transformado a logaritmo base 10

Con los datos depurados se realizaron los análisis de varianza, y en caso necesario la prueba de Tukey con el paquete de Diseños Experimentales FAUANL (Olivares, 1994), para definir el grado de significancia de las diferencias.

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

## RESULTADOS

### Supervivencia

Se observó una elevada supervivencia en los individuos de todas las especies y solo se registraron dos individuos muertos de *A. angustissima* y de *L. divaricata* y uno de *S. multiglandulosa*, por lo que los porcentajes promedio finales fueron entre 100 y 92.59, mientras que la media general fue de 96.91% (Cuadro 1), y como era de suponerse, la prueba de análisis de varianza no determinó diferencias significativas entre las especies (Cuadro 2).

A partir de la segunda medición se encontraron daños en la parte apical de algunas plantas, probablemente ocasionados por fauna y vandalismo, condición que influyó en el crecimiento de las mismas. Se registraron 38 plantas trozadas que representaron 23.46 % del total de individuos bajo estudio. Debido a lo anterior, para llevar a cabo con mayor precisión los análisis de

a linear regression analysis was carried out using the least squares method (Hunt, 1990):

$$\text{Height growth rate: } (b) = \frac{n [\sum(x_i y_i) - (\sum x_i) (\sum y_i)]}{n (\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2}$$

Where:

$n$  = Number of measurements

$\sum$  = Summation

$x_i$  = Time since plantation was established

$y_i$  = Growth transformed to base10 logarithm

ANOVA analyses were done using refined data and Tukey's test were carried out if necessary, using the experimental designs package FAUANL (Olivares, 1994), in order to determine significant statistical differences.

High variation quotients were obtained in the analysis of variance and a transformation ( $\text{Root}(B+1)$ ) was carried out to homogenize the variances and determine if there were differences with transformed means.

## RESULTS

### Survival

A high survival rate was observed among species and only two dead plants of the species *A. angustissima* and *L. divaricata* and one of *S. multiglandulosa* were registered. The final average percentages for all species ranged between 100 and 92.59, whereas the general mean was 96.91% (Table 1). As it was expected, the variance analysis test did not show significant differences among species (Table 2).

Damage in the apical part of some plants were observed at the second measurement, probably caused by local fauna or vandalism. A total of 38 broken plants were registered and represented 23.46% of the total number of evaluated individuals. This condition influenced height measurements and the growth rate analysis as was mentioned before, was done with data of five unbroken plants per species in each site.

### Height growth rate

The analysis of variance was carried out with the average of the growth rate of each site, and the results showed a significant difference among the six leguminous species (Table 3). The result of the means test showed that *A. occidentalis* and *S. multiglandulosa* were significantly different from the remaining species (Table 3).

Since the variation quotients oscillated between 35.89 and 69.53, the data were transformed ( $\text{Root}(B+1)$ ), looking for the

tasa de crecimiento de las especies, solo se tomaron en cuenta los datos de cinco plantas por especie de cada sitio que no fueron trozadas.

homogenization of variances and reducing the variation. Because the results of the test and the final mean grouping of species were the same, it was determined to use the original values.

Cuadro 1. Porcentajes de supervivencia final por especie y sitio de plantación.

Table 1. Final survival percentages per species and site.

|                                                      | Washington | Café del Bosque | Casa Redonda | Promedio |
|------------------------------------------------------|------------|-----------------|--------------|----------|
| <i>Acacia angustissima</i> (Mill.) Kuntze            | 88.89      | 100             | 88.89        | 92.59    |
| <i>Albizia occidentalis</i> T. S. Brandege           | 100        | 100             | 100          | 100      |
| <i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.       | 100        | 100             | 100          | 100      |
| <i>Leucaena esculenta</i> (Sessé & Moc.) Benth       | 100        | 100             | 100          | 100      |
| <i>Lysiloma divaricata</i> (Jacq.) J.F. Macbr        | 88.89      | 88.89           | 100          | 92.59    |
| <i>Senna multiglandulosa</i> (Jacq.) Irwin & Barneby | 88.89      | 100             | 100          | 96.30    |
| Promedio                                             | 94.44      | 98.15           | 98.15        | 96.91    |

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

Table 2. Results of the analysis of variance test of the final survival percentages of six leguminous species planted in the 2nd Section of Bosque de Chapultepec.

| Fuente de Variación     | Grados de libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrado Medio | F     | Significancia Observada ( $\alpha=0.05$ ) |
|-------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------|-------------------------------------------|
| Total                   | 17                 | 445.82            |                |       |                                           |
| Tratamiento             | 5                  | 198.90            | 39.78          | 2.071 | 0.153                                     |
| Bloques                 | 2                  | 54.87             | 27.434         | 1.428 | 0.284                                     |
| Error                   | 10                 | 192.043           | 19.204         |       |                                           |
| Media general ( $\mu$ ) |                    |                   |                | 96.91 |                                           |
| C.V. (%)                |                    |                   |                | 4.52  |                                           |

C.V. = Coeficiente de Variación

C.V. = Quotient of variation

## Tasa de crecimiento en altura

El análisis de varianza se realizó con el valor promedio de las tasas de crecimiento registradas en los tres sitios experimentales y su resultado permitió detectar diferencias significativas entre las seis especies de leguminosas (Cuadro 3). Los valores finales de la prueba de medias demostraron que *A. occidentalis* y *S. multiglandulosa* difirieron significativamente de las otras especies (Cuadro 3).

Debido a que los coeficientes de variación oscilaron entre 35.89 y 69.53, se procedió a transformar los datos ( $Ra\acute{z}(B+1)$ ), con el fin de homogeneizar las varianzas y reducir la variación. No obstante lo anterior, los resultados de la prueba y la agrupación de medias fueron las mismas, por lo que se continuaron utilizando los valores originales.



Figure 3 shows the average height growth rate values of species throughout the year of evaluation. The highest values were registered from April (when plantation was carried out) to August, which coincides with the rainy season. Plant growth rate decreased from October, 2009 to January, 2010, partly because they entered in a period of latency or reduction of their physiological activity because of the decrease in precipitation and temperature.

## Basal diameter growth rate

The analysis of variance was done based on the average of the diameter growth rates, and its results showed significant differences among the species (Table 4). Moreover, the mean test showed once again that *Senna multiglandulosa*, *Acacia angustissima* and *Albizia occidentalis* were significantly different from *Eysenhardtia polystachya*, *Lysiloma divaricata* and *Leucaena esculenta* (Table 4).

Considering that variation quotients ranged between 25.68 and 28.35, the same transformation mentioned before for height



Cuadro 3. Resultados del análisis de varianza y comparación de medias para la tasa de crecimiento en altura ( $\text{cm día}^{-1}$ ) de las seis especies de leguminosas establecidas en la 2ª sección del Bosque de Chapultepec.

Table 3. Results of the analysis of variance and mean comparison tests for the height growth rate ( $\text{cm day}^{-1}$ ) of six leguminous species planted in the 2nd Section of Bosque de Chapultepec.

| Especie                                              | Media  | Agrupación (*) |
|------------------------------------------------------|--------|----------------|
| <i>Albizzia occidentalis</i> T. S. Brandegee         | 0.0012 | A              |
| <i>Senna multiglandulosa</i> (Jacq.) Irwin & Barneby | 0.0007 | AB             |
| <i>Acacia angustissima</i> (Mill.) Kuntze            | 0.0005 | B              |
| <i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.       | 0.0004 | B              |
| <i>Lysiloma divaricata</i> (Jacq.) J.F. Macbr        | 0.0004 | B              |
| <i>Leucaena esculenta</i> (Sessé & Moc.) Benth       | 0.0003 | B              |
| Tratamientos ( $\alpha=0.05$ )                       |        | 0.004*         |
| Bloques ( $\alpha=0.05$ )                            |        | 0.042*         |
| C. V. (%)                                            |        | 37.59          |
| C. V. c/transformación (%)                           |        | 0.01           |

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

(\*)/Means marked with a different letter significantly differ from each other at a level of  $\alpha=0.05$ .

En la Figura 3 se presentan los promedios de las tasas de crecimiento en altura a lo largo de un año de evaluación. Se registraron los valores más altos del mes de abril (cuando se realizó la plantación), al mes de agosto, que coincide con la temporada de lluvias. Las plantas disminuyeron su tasa de crecimiento de octubre de 2009 a enero de 2010, como respuesta, en parte, a que entraron en un periodo de latencia o reducción de su actividad fisiológica, en función de la disminución de la precipitación y la temperatura.

was applied, in order to reduce such variation. However, since the mean groupings were equal, the original values were still used.

Figure 4 shows the average diameter growth rates of the species throughout the year. Most of the species showed a similar response to the height growth rate, i.e. high values from April to October, and a decrease in the growth rate from October to January, 2010 for the same reasons.

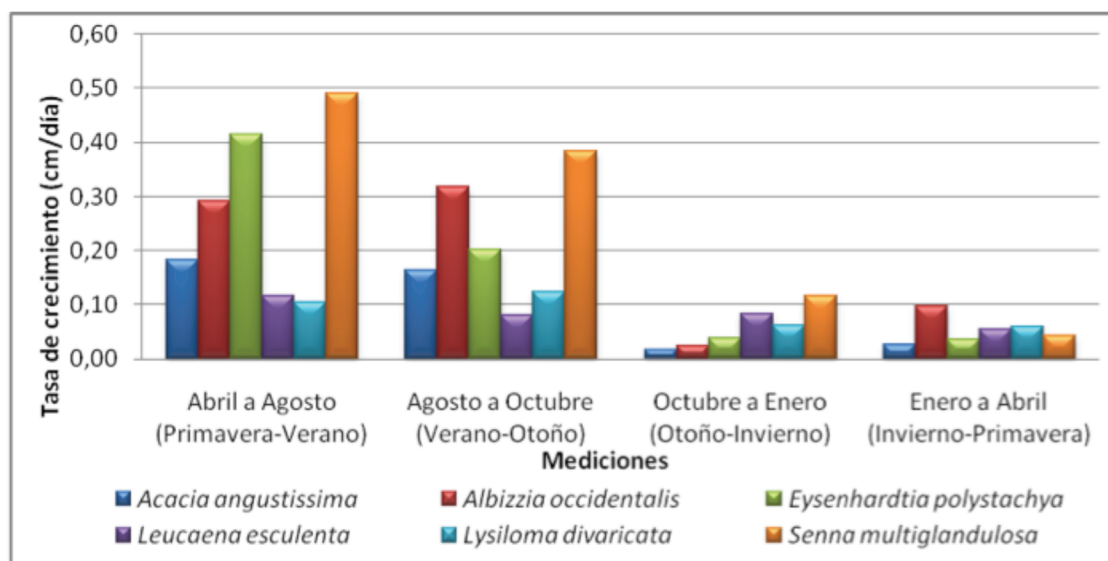


Figura 3. Tasas de crecimiento estacional promedio en altura de seis especies registradas en los tres sitios de plantación establecidos en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.

Figure 3. Average height growth rates in every season in six leguminous species planted in the in the 2nd Section of Bosque de Chapultepec.

### Tasa de crecimiento en diámetro basal

El análisis de varianza se hizo con base en el promedio de las tasas de crecimiento en diámetro y su resultado permitió determinar una diferencia significativa entre las seis especies (Cuadro 4). Asimismo la prueba de medias mostró que nuevamente *Senna multiglandulosa*, *Acacia angustissima* y *Albizia occidentalis* presentaron diferencias significativas en relación con *Eysenhardtia polystachya*, *Lysiloma divaricata* y *Leucaena esculenta* (Cuadro 4).

Debido a que se determinaron coeficientes de variación entre 25.68 y 28.35, se aplicó la misma transformación que se utilizó para los datos de altura; sin embargo al ser iguales las agrupaciones de medias se utilizaron los valores originales.

Cuadro 4. Resultados del análisis de varianza y comparación de medias para la tasa de crecimiento en diámetro ( $\text{mm día}^{-1}$ ), de seis especies de leguminosas establecidas en la 2ª sección del Bosque de Chapultepec.

Table 4. Results of the analysis of variance and mean comparison tests for diameter growth rate ( $\text{mm day}^{-1}$ ) of six leguminous species planted in the 2nd Section of Bosque de Chapultepec.

| Especie                                              | Media                 | Agrupación (*) |
|------------------------------------------------------|-----------------------|----------------|
| <i>Senna multiglandulosa</i> (Jacq.) Irwin & Barneby | 0.0016                | A              |
| <i>Acacia angustissima</i> (Mill.) Kuntze            | 0.0015                | A              |
| <i>Albizia occidentalis</i> T. S. Brandege           | 0.0013                | A              |
| <i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.       | 0.0006                | B              |
| <i>Lysiloma divaricata</i> (Jacq.) J.F. Macbr        | 0.0006                | B              |
| <i>Leucaena esculenta</i> (Sessé & Moc.) Benth       | 0.0005                | B              |
| Tratamientos ( $\alpha=0.05$ )                       | $4.96 \times 10^{-5}$ |                |
| Bloques ( $\alpha=0.05$ )                            | 0.32                  |                |
| C. V. (%)                                            | 21.30                 |                |
| C. V. c/transformación (%)                           | 0.01                  |                |

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

C. V. = Coeficiente de Variación

(\*) Means marked with a different letter significantly differ from each other at a level of  $\alpha=0.05$ .

C.V. = Quotient of variation

En la Figura 4 se presentan las tasas de crecimiento promedio en diámetro de las especies que se registraron a lo largo del año de evaluación. En la gran mayoría de éstas se registró una respuesta similar a la de la altura, es decir, valores elevados de abril a octubre y de este último mes a enero de 2010, una disminución en la tasa de crecimiento.

### DISCUSIÓN

La supervivencia promedio final para todas las especies y sitios bajo experimentación fue muy elevada (96.91%). Los valores fueron desde 94.44% en el sitio denominado Washington, hasta 98.15% en Café del Bosque y Casa Redonda; además, a partir de los resultados del análisis de varianza es posible mencionar que la condición de los sitios no influyó en la supervivencia de las plantas, ya que no se tuvieron diferencias significativas entre ellos. La muerte de los individuos se debió a distintos factores:

### DISCUSSION

The mean survival rate for all species and sites was quite high (96.91%), ranging from 94.44% in Washington to 98.15% in Café del Bosque and Casa Redonda. Moreover, the results of the analysis of variance showed that the condition of the sites did not influence the survival of plants, since no significant differences were found among them. Few individuals of different species die by different factors. In the case of *S. multiglandulosa* the death was caused by a pest of sucking insects of the Membracidae family, commonly known in Mexico as "toritos or periquitos" (little parrots), which mainly attack the twigs of trees and shrubs and can cause the death of sprouts (Gibrián *et al.*, 1995). It should be noted that no reports had been published about the attack of this kind of pest to *S. multiglandulosa* in urban conditions, but also is important to

mention that individuals of this species showed a great capacity for sprouting after the attack and counteract their damage.

In the case of *A. angustissima* and *L. divaricata*, the death of some individuals could be related to damages to the stem caused by dogs and/or squirrels, although the impact of this damage was not significant because the results of the analysis of variance in terms of survival showed this situation.

No published information about the response of urban reforestation is available to compare the data obtained in this project, although it is possible to find some reports from the public offices in charge of such kind of projects, commonly done to justify the results obtained and they do not showed the real situation of the reforestation. It is well known in the national urban forestry ambiance that survival percentages of urban reforestation, usually ranges between 20 to 40% by the end of the first year,

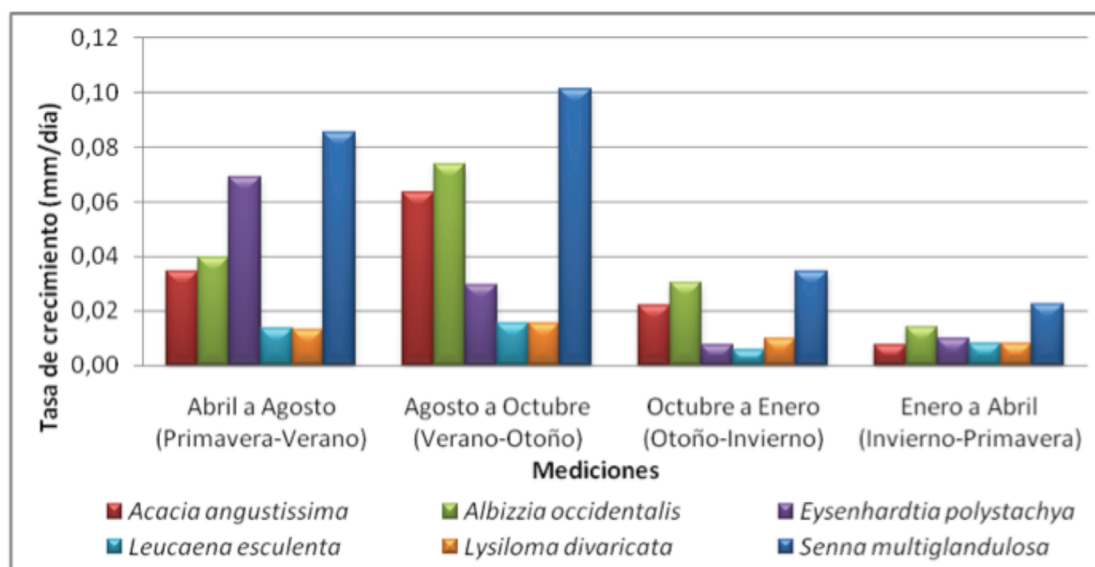


Figura 4. Tasas de crecimiento estacional promedio en diámetro de seis especies registradas en los tres sitios de plantación establecidos en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.

Figure 4. Average diameter growth rates in every season in six leguminous tree species planted in the 2nd Section of Bosque de Chapultepec.

para *S. multiglandulosa* se atribuyó al ataque de insectos de la familia Membracidae de tipo succionador, conocidos como toritos o periquitos, que se establecen, principalmente, en ramas y ramitas tiernas de árboles y arbustos, y que pueden ocasionar la muerte del brote (Cibrián *et al.*, 1995). Cabe destacar que en la literatura no se había documentado la presencia de plagas en esta especie bajo condiciones urbanas. No obstante, los individuos de *S. multiglandulosa* mostraron una gran capacidad de rebrote, lo que le ayudó a tolerar su ataque.

En el caso de *A. angustissima* y *L. divaricata*, la muerte de los individuos pudo obedecer a la intervención de perros o ardillas que dañaron la base del tallo de las plantas. Aunque, las especies presentaron valores muy similares en cuanto a su supervivencia, y de acuerdo con el análisis de varianza, no hubo diferencias significativas entre las mismas.

No existen trabajos publicados que permitan comparar los resultados obtenidos en este proyecto, aunque es posible encontrar informes de las dependencias oficiales relacionadas con este tipo de trabajos de reforestación, muchos de ellos elaborados para justificar los resultados obtenidos y que no necesariamente reflejan la situación real de la plantación. No obstante lo anterior es conocido en el ámbito de la dasonomía urbana nacional, que el porcentaje de supervivencia de las plantaciones al final del primer año suele estar entre 20 y 40% y rara vez se rebasan dichas cifras. Esto generalmente se relaciona con una mala calidad de planta, deficiencias técnicas al momento de la plantación, su mantenimiento posterior o incluso, el establecimiento de la plantación fuera de la temporada adecuada para llevarla a cabo.

and such values are rarely exceeded. This is usually related to low plant quality, technical deficiencies during plantation or maintenance after plantation, or the establishment of trees in an inadequate season.

In regards of the height growth rate, the highest values were registered in *A. occidentalis* and *S. multiglandulosa*, which were significantly different from the remaining species. These two species along with *A. angustissima*, also exhibited the highest values in terms of diameter and showed statistically significant differences from the remaining species as well. Such results agree with the data reported by Rico and Bachman (2006) and Terrones *et al.* (2004), who acknowledge the fast growth of these species. In general terms plant growth is usually exponential during the first years of development, because plants need to produce roots that provide them with water, especially during the drought season; they have to compete for space, light and soil nutrients and grow stronger in order to resist the attack of herbivores. These determining factors had influenced the growth response of plant species and are reflected in the significant differences registered among species. Villar *et al.* (2007) point out that the variations in growth rates among species could also be based on morphological differences, for instance, those having a higher proportion of leaf biomass or larger leaf area tend to grow at a higher rate.

Nevertheless *Leucaena esculenta* showed the lowest growth rates in both variables, response also reported by Terrones *et al.* (2004) which rated this species as a medium growth, *Lysiloma divaricata* also exhibited low values, which could be related to the fact that it was planted in relatively open sites, with a

Respecto a la tasa de crecimiento en altura, los mayores registros fueron para *A. occidentalis* y *S. multiglandulosa*, las cuales difirieron significativamente del resto. En estas especies, junto con *A. angustissima* también se observaron los diámetros mayores y mostraron, así mismo, diferencias estadísticamente significativas con los taxa restantes. Lo anterior coincide con lo citado por Rico y Bachman (2006) y Terrones *et al.* (2004), quienes las consignan como de rápido crecimiento. Los resultados del presente estudio también pueden explicarse a partir de que el crecimiento de las plantas, en términos generales, suelen tener una dinámica exponencial durante los primeros años, pues necesitan establecer una raíz que les asegure un abasto de agua adecuado en los periodos de sequía, competir por espacio, luz y nutrimentos y fortalecerse para resistir el ataque de herbívoros. Estas condicionantes que han influido el crecimiento de las especies, se reflejan en las diferencias significativas que fueron registradas entre especies. Villar *et al.* (2007) destacan que las variaciones en las tasas de crecimiento entre especies también pueden estar basadas en diferencias morfológicas; por ejemplo, aquéllas que tienen una mayor proporción de biomasa en hojas o que poseen una área foliar más grande tienden a crecer a una velocidad superior.

Si bien se registraron en *Leucaena esculenta* las tasas de crecimiento más bajas en ambas variables, hecho que concuerda con lo citado por Terrones *et al.* (2004), quienes la catalogan como de crecimiento medio; también se obtuvieron valores bajos en *Lysiloma divaricata*, quizás como resultado de que fue plantada en sitios relativamente abiertos, con mayor incidencia de luz solar. Se ha consignado que esta especie requiere de sombra en sus etapas iniciales para lograr un mejor desarrollo (Cervantes *et al.*, 2001), por lo cual, una exposición más abierta podría haber influido en su respuesta. Los niveles altos de radiación solar pueden incrementar el crecimiento, pero también puede ser una fuente de estrés para las plantas, limitar su crecimiento e incluso propiciar una menor supervivencia. Para reducir este factor estresante, las plantas poseen diferentes adaptaciones estructurales y fisiológicas, como es la reducción de las superficies fotosintéticas que son expuestas a la incidencia de rayos solares (Villar *et al.*, 2007). Esta reducción en el follaje pudo haber sido la respuesta de *L. esculenta* y *L. divaricata* cuando fueron plantadas en sitios más abiertos de lo que usualmente requiere esta especie, situación que se reflejó en las menores tasas de crecimiento registradas.

Lo que supone una ventaja en condiciones ambientales favorables (incidencia de luz solar) para algunas especies, no necesariamente lo es para otras, por lo que en dado caso lo importante para las especies vegetales sería contar con una gran capacidad de tolerancia a dicho factor, que si bien puede implicar un costo energético pues supone un menor crecimiento, puede en cambio proporcionar una mayor probabilidad de supervivencia (Villar *et al.*, 2007).

higher incidence of sunlight. Cervantes *et al.* (2001) reported that this species requires some shade in its early stages in order to achieve a better development. High solar radiation levels may increase growth, but may also be the source of stress for plants, which limit their growth and even decrease their survival. Plants had implemented diverse structural and physiological adaptations to avoid or reduce this stress factor, such as reducing the photosynthetic surfaces exposed to solar radiation incidence (Villar *et al.*, 2007). When plants of *L. esculenta* and *L. divaricata* were planted in the 2<sup>nd</sup> section in more open sites, reduction of leaves could be the response and also explain the lowest growth rates.

For some species an environmental condition could be an advantage (incidence of sunlight in this case), however, may not be so to others. It would be important for plant species to have a great tolerance to this factor, although it will implies an energy cost because growth will be negatively impacted, nevertheless, lower growth will bring a higher chance of survival (Villar *et al.*, 2007).

The results of the analysis of variance for diameter growth determined that no significant differences were found among plots (sig=0.32>0.05), however, this response was not the same for plants height (sig=0.04<0.05), which suggests that the latter can be a growth response more responsive to the conditions of the site.

Vandalism and domestic fauna, mainly dogs, were the most frequent factors that caused biotic damage to trees. Only some individuals of *S. multiglandulosa* showed symptoms of plague attack.

The use of new plant species is recommended in future reforestations at Bosque de Chapultepec to improve the balance among them. Nevertheless, introductions must be implemented with previous research work according to the ecological conditions of the area, as well as the environmental requirements of the new selected species. This process is necessary because the new planted species will be subjected to several limiting environmental factors (soil and climate), biotic organism (pests and diseases), as well as social factors that have influence upon the plants (Alatorre, 1978). An example of the importance of this previous work was the response of *L. divaricata*, which showed a better development in sites with shade, and a lower growth in more open areas.

The preliminary results obtained during the first year of evaluation are encouraging and support the planting of these species in the 2<sup>nd</sup> Section of Bosque de Chapultepec. However it would be convenient to continue the observations and measurements for 3 to 5 years, in order to have more data and certainty to recommend their use.

Finally, the generation of scientific information before the establishments of urban tree plantings with native species is an

El análisis de varianza relacionado con el crecimiento en diámetro determinó que no hubo diferencias significativas entre parcelas ( $\text{sig}=0.32>0.05$ ), pero no así para el crecimiento en altura ( $\text{sig} = 0.04<0.05$ ), lo que sugiere que depende más de las condiciones de los sitios.

El vandalismo y la fauna doméstica, principalmente perros, fueron factores que ocasionaron los daños con gran frecuencia de tipo biótico al arbolado, pues solo en algunos individuos de *S. multiglandulosa* se observaron síntomas del ataque de plagas.

Será recomendable que en futuras reforestaciones que se lleven a cabo en el Bosque de Chapultepec se usen nuevas especies a las comúnmente utilizadas, lo cual permitirá mejorar el balance de las mismas. Sin embargo, estos trabajos deberán ser precedidos por una serie de estudios en los que se considere tanto las condiciones ecológicas de la zona, como los requerimientos ambientales de los taxa por introducir, ya que las plantaciones estarán sometidas a varios factores limitantes de naturaleza abiótica (suelo y clima), biótica (plagas y enfermedades), e incluso de índole social que actúan sobre las plantas (Alatorre, 1978). Un ejemplo de la importancia de estos trabajos fue la determinación de la respuesta de *L. divaricata*, taxon que mostró un mejor desarrollo en sitios con sombra y en las áreas más abiertas registró un menor crecimiento.

Los resultados registrados en el experimento durante el primer año permiten recomendar la plantación de las especies bajo estudio en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec; sin embargo será conveniente continuar con las observaciones por un lapso de 3 a 5 años para tener bases más sólidas que permitan recomendar su uso con mayor certidumbre. Finalmente, es fundamental que se genere información para promover el establecimiento de masas arboladas urbanas con especies nativas, pues forman parte de los procesos naturales del sitio, se relacionan con la fauna y flora locales, generan un componente paisajístico muy agradable y pueden reducir las actividades y costos de mantenimiento en el largo plazo.

## CONCLUSIONES

Las seis especies de leguminosas nativas de interés presentaron una buena adaptabilidad a las condiciones del sitio, con elevados porcentajes de supervivencia y adecuados crecimiento en altura y diámetro a lo largo del año en que fueron evaluadas.

*S. multiglandulosa*, *A. occidentalis* y *Acacia angustissima* presentaron mejores tasas de crecimiento y, en contraste, *Leucaena esculenta* registró las más bajas en las dos variables consideradas. 🌿

important issue, since these plants are part of the local natural processes, are related to the flora and fauna, generate a pleasant landscape, and could reduce maintenance activities and their costs in the long run.

## CONCLUSIONS

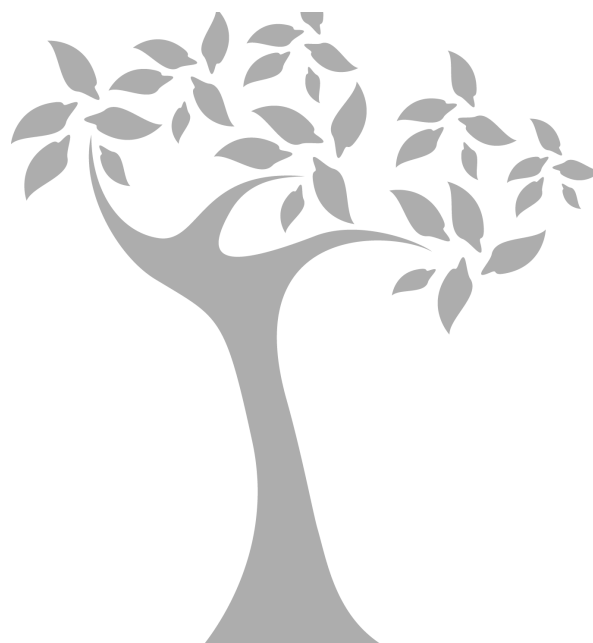
The six species of native leguminous plants showed adequate adaptability to the conditions of the 2<sup>nd</sup> section, because high survival percentages and high height and diameter growth rates were registered in the final part of the evaluation year.

*S. multiglandulosa*, *A. occidentalis* and *Acacia angustissima* showed the best growth rates and, in contrast, *Leucaena esculenta* registered the lowest rates in both variables. 🌿

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to thank the economic support of Fideicomiso Pro-Bosque de Chapultepec and the collaboration of Dirección del Bosque de Chapultepec, which was fundamental to carry out the project named "Diagnóstico y Caracterización de la 2ª Sección e Inventario Total de su Arbolado y Determinación y Evaluación de Especies para la Reforestación de la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec", in which this experiment was done.

*End of the English version*





## AGRADECIMIENTOS

El apoyo económico y colaboración del Fideicomiso Pro-Bosque de Chapultepec y de la Dirección del Bosque de Chapultepec fue fundamental para la realización del proyecto intitulado "Diagnóstico y Caracterización de la 2ª Sección e Inventario Total de su Arbolado y Determinación y Evaluación de Especies para la Reforestación de la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec", en el cual se llevó a cabo este trabajo.



## REFERENCIAS

- Alatorre R., R. 1978. Evaluación de plantaciones. In: Plantaciones forestales. Memoria de la Primera Reunión Nacional. Dirección General de Investigación y Capacitación Forestales, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México, D. F. México. pp. 335-337.
- Benavides M., H. M. 1989. Bosque urbano: la importancia de su investigación y correcto manejo. In: Memoria del Congreso Forestal Mexicano 1989. Tomo II. 19 al 22 de julio de 1989. Gobierno del Estado de México y Academia Nacional de Ciencias Forestales, A. C. Toluca, Edo. de Méx. México. pp. 966-992.
- Benavides M., H. M., B. Ortega R., M. de la P. Medina B. y P. de la Garza L. 1994. Notas del Curso de Dasonomía Urbana. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. México, D. F. México. s/p.
- Budowski, G. 2002. ¿Plantar árboles exóticos o nativos? Almanaque Urracá. Revistas Virtuales Panameñas. Panamá. <http://revistasvirtualespan.tripod.com/id123.htm> (6 de octubre de 2009).
- Burley, J. 1969. Metodología de los ensayos de procedencia de especies forestales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Unasylva 23(3): 24-28. <http://www.fao.org/docrep/93269s/93269s00.htm#Contents> (21 de mayo de 2009).
- Cervantes G., V., M. López G., N. Salas N. y G. Hernández C. 2001. Técnicas para propagar especies nativas de selva baja caducifolia y criterios para establecer áreas de reforestación. Coordinación de Servicios Editoriales, Facultad de Ciencias, UNAM, PRONARE, SEMARNAP. México, D. F. México. 174 p.
- Chapman, D. J. 1981. Tree species selection with an eye towards maintenance. Journal of Arboriculture 7(12): 313-316.
- Gibrián T., D., J. T. Méndez M., R. Campos B., H. O. Yates III y J. Flores L. 1995. Insectos forestales de México. Publicación No. 6. Universidad Autónoma Chapingo, Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, United States Department of Agriculture, Natural Resources of Canada y Comisión Forestal de América del Norte. Chapingo, Edo. de Méx., México. 453 p.
- García A., R., M. Regina C., J. Climent, N. Alba, S. Iglesias y R. Alía. 2007. Red española de ensayos de mejoramiento, conservación y utilización de materiales forestales de reproducción. Escuela Superior Agraria de Coimbra, Portugal. 7 p. [www.esac.pt/cernas/cfn5/docs/T3-18.pdf](http://www.esac.pt/cernas/cfn5/docs/T3-18.pdf) (2 de mayo de 2009).
- Gobierno del Distrito Federal (GDF). 2003. Decreto por el que se declara como Área de Valor Ambiental del Distrito Federal al Bosque de Chapultepec. Gaceta Oficial del Distrito Federal. No. 94. México, D. F. México. pp. 1-35. [http://www.consejeria.df.gob.mx/uploads/gacetas/diciembre03\\_294.pdf](http://www.consejeria.df.gob.mx/uploads/gacetas/diciembre03_294.pdf) (4 de mayo de 2010).
- Gobierno del Distrito Federal (GDF). 2006. Programa de rehabilitación integral del Bosque de Chapultepec. In: Memorias. Dirección General de Bosques Urbanos y Educación Ambiental. Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente, Dirección de Educación Ambiental. pp. 59-113. <http://www.sma.df.gob.mx/sma/index.php?opcion=26&id=406> (3 de febrero de 2009).
- González V., C. E. 1981. El papel de la reforestación en la protección y mejoramiento del ambiente de las zonas urbanas. Rev. Cien. For. en Mex. 6(32): 54-64.
- González V., C. E. 1983. Aspectos de la dasonomía urbana en México. In: Primeras Jornadas Forestales Hispano-Mexicanas. Publicación Especial No. 41. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Subsecretaría Forestal. México, D. F. México. pp. 376-383.
- Harris, W. H. 1992. Arboriculture: integrated management of landscape trees, shrubs, and vines. 2nd ed. Prentice Hall. Englewood Cliffs, NJ. USA. 674 p.
- Hunt, R. 1990. Basic growth analysis. Unwin Hyman Ltd., London, UK. 112 p.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información (INEGI). 2009. Mapas de climas del Distrito Federal. México, D. F. México. [http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/df/climas\\_map.cfm](http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/df/climas_map.cfm) (8 de octubre de 2009).
- López A., R. y E. Zamudio C. 2002. Importancia de las plantas nativas en la dasonomía urbana. In: Memorias del Seminario Michoacano sobre la problemática ambiental de las especies introducidas. Caso *Eucalyptus*. Coordinación de Relaciones Públicas del CIDEM Morelia, Michoacán, México. México. pp. 57-66. <http://www.cofemermir.gob.mx/uploadtests/2578.66.59.1.EUCALYPTO%2022%20NOV%2002.doc> (21 de enero de 2010).
- Martínez H., H. 1981. Evaluación de ensayos de especies forestales en Costa Rica. Tesis de Maestría. Universidad de Costa Rica y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 200 p. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2374E/A2374E00.PDF> (11 de marzo de 2010).
- Olivares S., E. 1994. Paquete de diseños experimentales FAUANL. Versión 2.5. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, Nuevo León. s/p.
- Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad (PUCE-UNAM). 2002. Proyecto ejecutivo sobre la implementación del manejo integral y desarrollo autosostenible del Bosque de Chapultepec. Universidad Nacional Autónoma de México y Dirección General de la Unidad de Bosques Urbanos y Educación Ambiental, Secretaría del Medio Ambiente, Gobierno del Distrito Federal. México, D. F. México. 13 p.
- Rico A., M. L. y S. Bachman. 2006. A taxonomic revision of *Acaciella* (Leguminosae, Mimosoideae). Anales Jard. Bot. Madrid 63(2): 189-244.
- Rodríguez L., R., J. Vargas H., V. M. Cetina A., C. Ramírez H. y A. Escalante E. 2000. Variación en el patrón de alargamiento del brote terminal en diferentes procedencias de *Pinus engelmannii* Carr. Rev. Cien. For. en Mex. 25(87): 77-104.
- Ruiz I., B. 2002. Manual de Reforestación para América Tropical. Reporte Técnico General IITF-GTR-18. Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Instituto Internacional de Dasonomía Tropical y Estación Experimental Sureña. San Juan, Puerto Rico. <http://www.fs.fed.us/global/iitf/IITF-GTR-18.pdf> (5 de junio de 2012).
- Segura B., S. G. 2005. Las especies introducidas: ¿benéficas o dañinas? In: Temas sobre restauración ecológica. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, U.S. Fish and Wildlife Service y Unidos para la Conservación A.C. México, D. F. México. pp. 127-133. <http://www2.inegob.mx/publicaciones/libros/467/segu.html> (5 de octubre de 2009).
- Terrones R., T. R., C. González S. y S. A. Ríos R. 2004. Arbustivas nativas de uso múltiple en Guanajuato. Libro Técnico No. 2. Campo Experimental Bajío, Centro de Investigación Regional del Centro, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Celaya, Gto., México. 213 p.

- Vázquez Y., C. y I. Batis A. 1996. La restauración de la vegetación, árboles exóticos vs. árboles nativos. *Rev. Ciencias* 43: 16-23.
- Villar R., J. Ruiz R., J. L. Quero, H. Porter, F. Valladares y T. Marañón. 2007. Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas. *In*: F. Valladares (Ed.). *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Madrid, España. 193-230 pp. <http://www.globimed.net/publicaciones/libros.htm> (17 de octubre de 2011).
- Willan, R. L. 1984. Ensayo de especies y procedencias. *In*: *Mejora genética de árboles forestales. Memorias sobre el curso de capacitación*. FAO/DANIDA. Venezuela. 357p. <http://www.archive.org/details/mejorageneticade034654mbp>. (6 de noviembre de 2009).
- Zobel B. J., G. van Wyk and P. Stahl. 1987. *Growing exotic forests*. John Wiley & Sons. New York, NY. USA. 508 p.



“La historia de la vida en la tierra ha sido un proceso de interacción entre los seres vivos y su entorno. En un sentido amplio, la apariencia y los hábitos de la vegetación, así como la vida animal han sido moldeados por el medio ambiente. El efecto contrario, en el que la vida modifica lo que la rodea, ha sido relativamente ligero. Solo dentro del espacio de tiempo representado por el presente siglo una especie -el hombre- ha tenido un poder significativo para alterar la naturaleza de su mundo.”

Rachel Carson