



ARTÍCULO / ARTICLE

# ENSAYO DE SEIS ESPECIES ARBÓREAS PARA LA REFORESTACIÓN DE LA SEGUNDA SECCIÓN DEL BOSQUE DE CHAPULTEPEC

## SIX TREE SPECIES ESSAY FOR THE REFORESTATION OF THE 2<sup>nd</sup>. SECTION OF CHAPULTEPEC FOREST

Stephanie Fabiola López López<sup>1</sup> y Héctor M. Benavides Meza<sup>2</sup>

### RESUMEN

La Ciudad de México ha sufrido un deterioro ambiental debido al crecimiento desmedido de su población humana, por lo que es necesario mejorar sus áreas verdes e incrementar los servicios ambientales y la calidad de vida de sus pobladores. El Bosque de Chapultepec destaca por ser la de mayor extensión (686 ha), además de su relevancia histórica, cultural y recreativa. La 2<sup>a</sup> Sección ha sufrido una reducción de su dosel debido, principalmente, a la declinación del eucalipto, una de las especies de mayor frecuencia; sin embargo, con el fin de contar con nuevas opciones para su reforestación, se evaluó la respuesta de seis especies arbóreas nativas de México, mediante un ensayo con un diseño de tres bloques al azar con nueve plantas por especie en cada parcela, en las que se determinó su supervivencia, altura y diámetro basal cada tres meses durante un año. Hubo diferencias entre los porcentajes de supervivencia (100 - 77.78 %), aunque no estadísticamente significativos; sin embargo, en las tasas de crecimiento en diámetro y altura se presentaron diferencias, pues los valores más grandes se registraron en *Thevetia thevetioides*, *Heliocarpus reticulatus*, y *Pinus greggii* var. *australis*. Todas las especies, con excepción de *Pinus cembroides*, mostraron una buena respuesta a las condiciones ambientales de la 2<sup>a</sup> sección, por lo que pueden ser una buena alternativa para reforestar las áreas verdes de la Ciudad de México que reúnan condiciones ecológicas similares.

**Palabras clave:** Áreas verdes urbanas, Bosque de Chapultepec, Ciudad de México, crecimiento arbóreo, delegación política Miguel Hidalgo, reforestación urbana.

### ABSTRACT

Mexico City has had a serious environmental degradation due to the excessive growth of human population, so it is important to improve its green spaces and enhance environmental services and quality of life of its inhabitants. Chapultepec Forest stands out as the most extensive green urban area (686 ha), in addition to its historical, cultural and recreational significance. The 2<sup>nd</sup> Section has suffered a reduction in their canopy due mainly to the decline of eucalyptus which is one of the most frequently found species; nevertheless, in order to have new options for reforestation, the response of six tree species native to Mexico was assessed; a sampling design of three randomized blocks with nine plants per species in each plot was used, in which survival, height and basal diameter were determined every three months during one year. Results show that there were differences between the survival percentages (100 - 77.78 %), although not statistically significant, however, in the rates of growth in diameter and height showed differences, as the highest values were recorded in *Thevetia thevetioides*, *Heliocarpus reticulatus* and *Pinus greggii* var. *australis*. All the tested species, except for *Pinus cembroides* had a good response to the environmental conditions of the 2<sup>nd</sup> Section, which suggests that these species can be a good alternative to reforest the green areas of Mexico City that meet similar ecological conditions.

**Key words:** Urban green areas, Chapultepec Forest, Mexico City, tree growth, Miguel Hidalgo Political Delegation, urban reforestation.

Fecha de recepción/date of receipt: 20 de diciembre de 2011; Fecha de aceptación/date of acceptance: 9 de septiembre de 2013.

<sup>1</sup> Prestadora de servicios profesionales del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales. INIFAP.

<sup>2</sup> Centro Nacional de Investigaciones Disciplinarias en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales. INIFAP. Correo-e: benavides.hector@inifap.gob.mx

## INTRODUCCIÓN

La Ciudad de México es una de las urbes más grandes del mundo que a través de los siglos ha sufrido una serie de modificaciones en la composición, distribución y abundancia de su biota, ocasionadas por el crecimiento de la población humana (López, 1991). Uno de los grandes retos es el de impulsar el desarrollo de un sistema de áreas verdes, debido a la influencia que estas ejercen sobre el ambiente que las rodea y a la aportación de beneficios indispensables para el presente y futuro de la ciudad, y que contribuyen a mejorar la calidad de vida de sus habitantes (Martínez, 1991; GDF, 2006a).

En el año 2000, el índice de áreas verdes por habitante de la ciudad era de 5.66 m<sup>2</sup> (GDF, 2000), cifra por debajo de los 16 m<sup>2</sup>/habitante recomendados por la Organización de las Naciones Unidas y los 9 m<sup>2</sup>/habitante señalados en normas internacionales (Guevara y Moreno, 1987). Además, su extensión en la zona metropolitana ha disminuido drásticamente en las últimas décadas, lo que, en conjunto, con la falta de planeación en las actividades de reforestación y manejo de los árboles urbanos han impedido abatir ese déficit (Martínez, 1991).

A partir del avance del desarrollo urbanístico, la creación de sitios con vegetación es muy limitada, por lo que una alternativa más viable es mejorar las áreas ya existentes mediante su correcto mantenimiento y manejo, en particular aquellos parques emblemáticos de la Ciudad de México como es el Bosque de Chapultepec (Martínez, 1991).

### Selección y ensayos de especies

La selección de la especie para un sitio es una de las decisiones más importantes para un bosque urbano, pues asegura los beneficios a largo plazo que proporcionan los árboles (ISA, 1999). Sin embargo, se dedica poca atención a este punto, lo cual ha sido causa de numerosos fracasos (Macías, 1952) en las reforestaciones, con la consecuente pérdida de tiempo y dinero. Es por ello que antes de la plantación se deben considerar los requerimientos de cultivo y las características de las especies que se pretende utilizar, sobre todo aquellas que les permitan sobrevivir en un medio urbano, en donde es común la sequía, así como la salinidad y los suelos pobres y compactados.

Adicionalmente, las condiciones ambientales del sitio como son la temperatura, la humedad, la insolación, la precipitación, el viento, la contaminación atmosférica, el suelo y el espacio físico disponible para el desarrollo de las plantas son fundamentales para obtener un buen establecimiento de los ejemplares (Sydnor, 1982; Clark y Kjelgren, 1989; GDF, 2000).

Pese a lo anterior, no se puede determinar la adaptabilidad de una especie al lugar donde se plantará, a pesar de conocer sus requerimientos ecológicos y las características del sitio, ya

## INTRODUCTION

Mexico City is one of the largest cities of the world, and through the centuries has undergone a series of changes in the composition, distribution and abundance of biota, caused by the growth of human population (López, 1991). One of the great challenges it faces is to encourage the development of a system of green areas, because of the influence they have on the surrounding environment and the provision of essential benefits for the present and future of the city and that help to improve the quality of life of its inhabitants (Martínez, 1991; GDF, 2006a).

In 2000, the rate of green areas per inhabitant of the city was 5.66 m<sup>2</sup> (GDF, 2000), a figure below 16 m<sup>2</sup>/inhabitant recommended by the United Nations and the 9 m<sup>2</sup>/inhabitant identified by international standards (Guevara and Moreno, 1987). Furthermore, the extent of green areas in the metropolitan area has declined dramatically in recent decades, which together with the lack of planning in reforestation and urban tree management have prevented to bring down the deficit (Martínez, 1991).

From the advance of urban development, creating vegetated sites is very limited, so a more viable alternative is to improve existing areas through proper maintenance and management, particularly those iconic parks of Mexico City as *Bosque de Chapultepec* (Chapultepec Forest) (Martínez, 1991).

### Selection and testing of species

The selection of species for a site is one of the most important decisions for an urban forest as it ensures the long-term benefits provided by trees (ISA, 1999). However, little attention is paid to this point, which has been the cause of many failures for decades in reforestation (Macías, 1952), with the resulting loss of time and money. That is why before planting, crop requirements should be considered and the characteristics of the species intended to be used, especially those that allow them to survive in an urban environment, where it is common to have drought and salinity and poor and compacted soils.

Additionally, site environmental conditions such as temperature, humidity, insolation, precipitation, wind, air pollution, soil and physical space for the development of plants are essential to get a good establishment of them (Sydnor, 1982; Clark and Kjelgren, 1989; GDF, 2000).

Nevertheless, the suitability of a species to be planted in a place cannot be determined, despite knowing their ecological requirements and the features of the site; besides this, there are other social and environmental factors in the cities that influence growth, development and establishment of vegetation. One of the most reliable methods to generate such information is through

que en las ciudades existen otros factores sociales y ambientales que influyen en el crecimiento, desarrollo y establecimiento de la vegetación. Uno de los procedimientos más confiables para generar tal información es a través de ensayos con algunos taxa en parcelas pequeñas y representativas del área que se va a reforestar (Willan, 1984; Rowntree *et al.*, 1994).

En México no se han realizado ensayos de especies con fines de mejorar la reforestación urbana y solo existen algunas experiencias documentadas en el ámbito forestal, como el ensayo con taxa del género *Pinus* y de *Fraxinus* realizado por Mas *et al.* (1993), en el que obtuvieron correlaciones en el espaciamiento y tamaño inicial de la planta con la supervivencia y el crecimiento en diámetro y altura. Asimismo, los autores refieren un trabajo en el que se evaluó la supervivencia y el crecimiento en altura de *Pinus* spp., *Cupressus* spp., *Casuarina* spp. y *Eucalyptus* spp. en el Cerro "El Batán", Puebla. También cabe destacar la introducción de especies y procedencias de los géneros *Eucalyptus* y *Cupressus* en zonas áridas de Baja California Sur, llevado a cabo por Parra y Castro (1978); el de *Eucalyptus* sp. y *Gmelina arborea* Roxb. (Seppänen *et al.*, 1999); así como el efectuado por de los Ríos *et al.* (2008) en el que se determinó la adaptabilidad de *Pinus pinceana* Gordon, *P. cembroides* Zucc. y *P. nelsonii* Shaw en laderas de la Sierra Madre Oriental degradadas por sobrepastoreo y con base en la supervivencia, altura y diámetro basal de cada una, se recomendó a las dos primeras como útiles para reforestar dicha área.

Algunos de los árboles anteriormente mencionados han sido incorporados a programas de reforestaciones urbanas, sin estudios previos directamente en áreas verdes de las ciudades, lo cual es extensivo para especies nativas del país, por lo que se carece de información sobre el desarrollo inicial de varias de ellas en un ambiente metropolitano.

## Bosque de Chapultepec

Este extenso parque está localizado al sureste de la delegación política Miguel Hidalgo, es el área verde de mayor superficie dentro de la Ciudad de México (686 ha) y constituye un espacio histórico, educativo, recreativo y de convivencia social, el cual es imprescindible mantener en buen estado para el goce y disfrute de los ciudadanos. Además, es una zona importante de preservación ecológica para la flora y fauna, así como una fuente de servicios ambientales para la ciudad, tales como la captación de agua, la producción de oxígeno y la regulación del clima, entre otros (PUEC-UNAM, 2002; GDF, 2006b).

Sin embargo, su uso público ha generado daños a la vegetación y a la fauna del bosque debido a la falta de cultura ambiental de los visitantes, pues propician una acumulación excesiva de basura y provocan la compactación del suelo y, paralelamente, daños a los árboles (GDF, 2006a). Esta problemática situación

trials or bioassays with some species in small plots located at representative places within the area to be reforested (Willan, 1984; Rowntree *et al.*, 1994).

In Mexico there have been no essays of species for improving urban reforestation and there are only a few documented experiences in forestry, except for the essay of five species of *Pinus* and *Fraxinus* by Mas *et al.* (1993), in which correlations were determined between the initial spacing and size of the plant and their survival and growth in terms of diameter and height. Furthermore, the authors report another essay in which survival and height growth were assessed in several species of *Pinus*, *Cupressus*, *Casuarina* and *Eucalyptus* on the "El Batán" Hill, in Puebla state. Also, noteworthy, is the introduction of test species and provenances of the *Eucalyptus* and *Cupressus* in the arid lands of Baja California Sur state, conducted by Parra and Castro (1978); the species and provenance trial of *Eucalyptus* sp. and *Gmelina arborea* Roxb. performed by Seppänen *et al.* (1999), as well as that carried out by de los Ríos *et al.* (2008), which evaluated the suitability of *Pinus pinceana* Gordon, *P. cembroides* Zucc. and *P. nelsonii* Shaw in slopes of the Sierra Madre Oriental (Eastern Mother Mountain range) degraded by overgrazing and based on survival, height and basal diameter of each; it was advised to use the first to reforest the area.

Some of the tree species mentioned above have been used in urban reforestation programs; however, no test was carried out directly in urban green areas and with native species in the country, so that there is no information about the initial development of several taxa in urban environments.

## Bosque de Chapultepec

Located southeast of the Policy Delegation Miguel Hidalgo, this park is the most extensive green area in the city (686 ha) and it is a historical, educational, recreational and social space that is vitally important for the enjoyment of citizens. It is also a crucial area for the ecological preservation of flora and fauna as well as a source of environmental services for Mexico City, such as water uptake, oxygen generation and climate regulation, for example (PUEC-UNAM, 2002; GDF, 2006b).

However, its public use has damaged the vegetation and fauna of the forest because of the lack of culture of the visitors about the green areas as they generate an excessive accumulation of trash and cause soil compaction and harm in the trees (GDF, 2006a). This serious matter demands a necessary and urgent proper management of Chapultepec Forest for its social, cultural, historical and environmental meaning it holds.

The Second Section of Chapultepec Forest. This section covers an area of 168 ha and was inaugurated on October 24<sup>th</sup>, 1964 in order to provide a green area that worked as the "lungs" of

hace necesario y urgente un manejo correcto del Bosque de Chapultepec por el significado social, cultural, histórico y ambiental que tiene.

Segunda Sección del Bosque de Chapultepec. Este territorio comprende una superficie de 168 ha y fue inaugurada el 24 de octubre de 1964 con la finalidad de proveer un área verde que funcionara como "pulmón" para la zona poniente de la Ciudad de México (PUEC-UNAM, 2002; GDF, 2006b). Ahí prevalece un clima templado subhúmedo con lluvias en verano. Los suelos son muy heterogéneos, en general, ácidos, secos, están compactados y contienen residuos de materiales de construcción, lo cual aumenta la solubilidad de los metales que son tóxicos para la vegetación (INIFAP-DBCh, 2010).

El informe del PUEC-UNAM (2002) consignó que *Fraxinus uhdei* (Wenz.) Lingelsh (fresno), *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. (eucalipto rojo) y *Ligustrum lucidum* W. T. Aiton (trueno lila) fueron las especies más abundantes y de mayor distribución, de ellas, la segunda presenta los problemas de sanidad y vigor más serios. Igualmente, el INIFAP-DBCh (2010) registró que en la zona existen 38 825 individuos arbóreos y arbustivos pertenecientes a 131 taxa; *F. uhdei*, *E. camaldulensis*, *L. lucidum*, *Thuja occidentalis* L. (thuja), *Pinus radiata* D. Don (pino radiata), *Casuarina equisetifolia* L. (casuarina) y *Cupressus lusitanica* Mill. (cedro blanco) reúnen el mayor número de ejemplares y, en su conjunto, conforman 76.8 % del arbolado total. Los autores del informe recomendaron ciertas acciones para el manejo y conservación del arbolado, como: el derribo de los árboles de alto riesgo, declinantes, plagados y enfermos, por lo que se requiere la sustitución de la cubierta arbórea mediante la reforestación con especies que se adapten mejor a las condiciones de clima y suelo, y que brinden a la ciudadanía los beneficios ecológicos, ambientales, recreativos, económicos y de salud correspondientes.

Por todo lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la supervivencia y crecimiento de seis especies arbóreas nativas de la región central de México, a las condiciones ambientales y ecológicas de la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec, con el fin de determinar su utilidad para reforestar dicha área.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Con base en la información de un catálogo de especies recomendables para la reforestación de la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec que se generó en el INIFAP (Benavides *et al.*, 2010), y en cuya integración se consideraron las condiciones ambientales donde se desarrollan, además de sus características biológicas, requerimientos ecológicos y de mantenimiento; se determinó evaluar la respuesta de *Bursera fagaroides* (Kunth) Engl., *Pinus cembroides* Zucc., *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. var. *australis*, *Pinus maximartinezii* Rzedowski,

the west of Mexico City (UNAM- PUEC, 2002; GDF, 2006b). There the climate is subhumid temperate with summer rains. Soils and heterogeneous, generally acid and dry; they are compacted and contain construction wastes, which increases the solubility of metals that are toxic to vegetation (INIFAP - DBCh, 2010).

The PUEC -UNAM (2002) report stated that *Fraxinus uhdei* (Wenz. ) Lingelsh (ash), *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. (red eucalyptus) and *Ligustrum lucidum* W. T. Aiton (lilac thunder) were the most abundant tree species and most widely distributed, from which the second has the worst problems of health and vigor. In a similar way, INIFAP - DBCh (2010) reported that there are 38 825 standing trees and shrub individuals in the area, which belong to 131 species; *F. uhdei*, *E. camaldulensis*, *L. lucidum*, *Thuja occidentalis* L. (Thuja ), *Pinus radiata* D. Don. (radiata pine), *Casuarina equisetifolia* L. (casuarina) and *Cupressus lusitanica* Mill (white cedar) had the greatest number of individuals and, as a whole, make up 76.8 % of the total woodland. The authors of the report recommended certain actions for the management and conservation of trees, among which they suggested the felling of highly risk, declining, infested and sick (INIFAP - DBCh, 2010), so replacement of the tree cover is required through reforestation with species that are better adapted to the climate and soil conditions of the 2<sup>nd</sup> Section and thus provide citizens the ecological, environmental, recreational, economic and health benefits.

Therefore, the aim of this study was to evaluate the survival and growth of six tree species native to the central region of Mexico, to the environmental and ecological conditions of the 2<sup>nd</sup> Section, in order to determine its usefulness to reforest the area.

## MATERIALS AND METHODS

Based on information from a catalog of species recommended for reforestation of the 2<sup>nd</sup> Section of Chapultepec Forest, generated by INIFAP (Benavides *et al.*, 2010), in which for selection was necessary to consider the environmental conditions where develop, in addition to their biological, ecological and maintenance requirements, it was determined to evaluate the response of *Bursera fagaroides* (Kunth) Engl., *Pinus cembroides* Zucc., *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. var. *australis*, *Pinus maximartinezii* Rzedowski, *Thevetia thevetioides* (Kunth) Schumann and *Heliocarpus reticulatus* Rose, which are native to central and northern Mexico, resistant to drought, poor soils and, in addition, had not been established or were less frequent in the 2<sup>nd</sup> Section.

Three sites with a low density of trees were chosen in the areas known as *Café del Bosque* (Forest's Café), *Casa Redonda* (Round House) and *Washington*, each one with a closed tree layer, half open and open, respectively.

*Thevetia thevetioides* (Kunth) Schumann y *Heliocarpus reticulatus* Rose, las cuales son nativas de la región centro y norte de México, resistentes a sequía, suelos pobres y además no se habían establecido o se les encuentran con poca frecuencia en la 2ª sección.

Se eligieron tres sitios que presentaran una baja densidad de arbolado en las áreas denominadas Café del Bosque, Casa Redonda y Washington, cada una con un estrato arbóreo cerrado, medio abierto y abierto, respectivamente.

Con la finalidad de que el trabajo de investigación se realizara de acuerdo con los procedimientos convencionales que se utilizan en la reforestación urbana, la planta que se empleó provenía de viveros que abastecen de material vegetal a dicha actividad y que funcionan bajo sistemas tradicionales. En este sentido, las plantas de pino se obtuvieron del Vivero Coyoacán de la Semarnat (Distrito Federal) y fueron producidas en bolsas de plástico con un sustrato compuesto por tierra negra y composta elaborada con los residuos del propio vivero. Los individuos de *B. fagaroides*, *T. thevetioides* y *H. reticulatus* se trajeron de un vivero comercial ubicado en Celaya, Guanajuato, mismos que se produjeron en bolsas de plástico con un sustrato de arena y tierra lama en una proporción de 1:1. La edad de las plantas fue entre uno (*P. greggii* var. *australis*) y cinco años (*B. fagaroides* y *H. reticulatus*).

La plantación se efectuó del 23 al 29 de abril de 2009 con un diseño de bloques al azar con seis tratamientos (especies) y tres repeticiones (parcelas) en cepas de 40 x 40 cm. La parcela se conformó por nueve plantas de cada especie, ordenadas de forma aleatoria y arregladas en tres hileras con una distancia de 1.5 m entre individuos y se protegieron con una malla de plástico ojillada (Figura 1). Esporádicamente se aplicaron riegos de auxilio hasta el inicio de la temporada de lluvias.

Cada tres meses durante un año se determinó la supervivencia y se midió la altura con una cinta métrica y el diámetro basal con un vernier digital de la marca Mitutoyo modelo CD- 6" BS. Asimismo, al segundo año de la plantación se contabilizó el número de plantas vivas y se llevó a cabo un análisis de varianza de los porcentajes por taxon, a los que se les aplicó la transformación arcoseno.

Dado que hubo diferencias entre especies en el tamaño inicial de los árboles, y en la forma de producción de la planta en vivero, se consideró pertinente estimar las tasas de crecimiento de dichas variables, ya que expresan de mejor manera la respuesta de los taxa a las condiciones en que fueron plantadas. Para tal efecto se utilizaron cinco plantas por taxon en cada parcela, debido a que algunas de ellas fueron trozadas, no obstante la protección de la parcela con malla "ojillada". Si se hubieran utilizado los datos de todas los individuos sobrevivientes, se hubiera registrado una disminución de los valores medios de crecimiento, lo que no reflejaría el comportamiento de las especies.

In order to have the research work done according to conventional methods used in urban forestry, the plant that was used came from nurseries that supply plant material for these activities and are produced under traditional systems. In this sense, the pine plants were obtained from the Coyoacán Tree Nursery of Semarnat (Mexico City) and were produced in plastic bags with a substrate composed of black soil and compost made from waste of the own nursery. *B. fagaroides*, *T. thevetioides* and *H. reticulatus* individuals were brought from a commercial nursery located in Celaya, Guanajuato state, which were produced in plastic bags with sand and slime soil in a 1:1 ratio. The age of the plants was between one (*P. greggii* var. *australis*) and five years (*B. fagaroides* and *H. reticulatus*).

The plantation was made from April 23<sup>d</sup> to 29<sup>th</sup>, 2009 following a randomized block design with six treatments (species) and three replicates (plots) in strains of 40 x 40 cm. Each plot consisted of nine plants of each species, arranged at random and in three rows with a distance of 1.5 m between individuals and protected by a plastic mesh (Figure 1). Sporadically irrigations were applied to the onset of the rainy season.

Every three months during one year survival was determined, height was measured with a tape and basal diameter with a Mitutoyo Model CD -6" BS digital vernier. Also, at the second year of planting, the number of live plants were counted and an analysis of variance of the percentages by species was conducted, to which an arcsine transformation was applied.

Because there were differences among species in the initial size of the trees, and in the way the plants were produced in the nursery, it was considered appropriate to estimate the growth rates of these variables, as they better express the response of species to the conditions in which they were planted. To carry out the above estimate, five plants per species in each plot were used, because some plants were broken, notwithstanding the protection of the mesh plot. If they had used data from all the surviving plants, it would have shown a decrease in the mean values of growth, which does not reflect the actual response of the species.

To calculate the growth rates obtained the logarithm of the recorded data for each variable and its corresponding least squares fit. The same analysis was performed using tests of variance (ANOVA) with Excel and comparison tests (Tukey); a 2.5 version of the experimental designs package from the Agriculture School of the University of Nuevo León (FAUANL, for its acronym in Spanish) was used (Olivares, 1994).



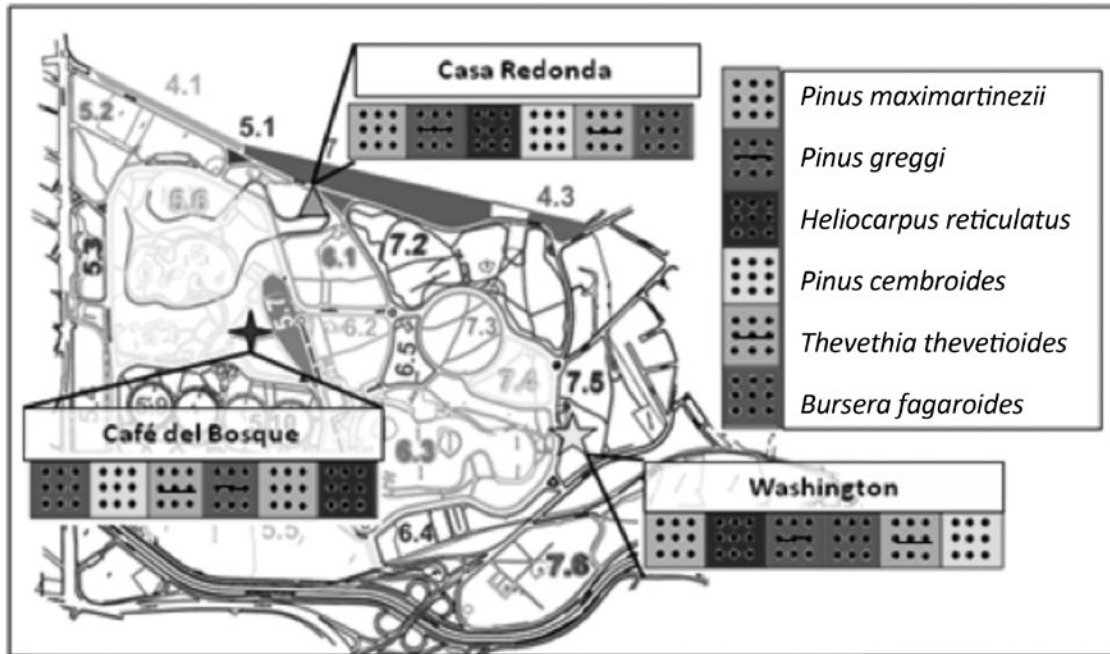


Figura 1. Ubicación y arreglo de las parcelas experimentales dentro de la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.  
Figure 1. Location and arrangement of the experimental plots in the 2<sup>nd</sup> Section of Chapultepec Forest

Para calcular las tasas de crecimiento se obtuvo el logaritmo de los datos para cada variable y su respectivo ajuste por mínimos cuadrados. El análisis de las mismas se hizo mediante pruebas de varianza (ANOVA) con el programa Excel y para las pruebas de comparación de medias (Tukey), se utilizó la versión 2.5 del paquete de diseños experimentales FAUANL (Olivares, 1994).

## RESULTADOS

### Supervivencia

La muerte o remoción de las plantas ocurrió después de la temporada de lluvias y entre los sitios experimentales la mayor mortandad se presentó en Café del Bosque (Cuadro 1). La supervivencia promedio general a los dos años fue de 85.8 %. *H. reticulatus* registró el mayor porcentaje para los tres sitios (100 %) y *P. greggii* var. *australis* el menor, con un valor medio de 85.2 %. No obstante lo anterior, el análisis de varianza evidenció que no hubo diferencias estadísticas entre especies (Cuadro 2).

## RESULTS

### Survival

The death or removal of plants occurred after the rainy season and among the experimental sites, the highest mortality records were found in *Café del Bosque* (Table 1). The average overall survival after two years was 85.8 %. *H. reticulatus* had the highest survival rate in the three sites (100 %) and *P. greggii* var. *australis* the lowest with a mean value of 85.2 %. Nevertheless, the analysis of variance indicated that there were no statistical differences between species (Table 2).

Of the 162 individuals that were planted, only seven were missing and 16 were dead (14.2 %) and of these, five died because they had been gnawed by squirrels at the base of the stem or broken and the remaining 13 from other causes such as drought and frost.

Added to this, there were 25 broken plants (15.43 %) after one year of planting and the most affected species were *P. cembroides* and *B. fagaroides*, with 10 and eight trees respectively (Table 3).



Cuadro 1. Porcentaje de supervivencia de las seis especies arbóreas evaluadas en las 2ª Sección del Bosque de Chapultepec, en las diferentes fechas de medición.

Table 1. Percentage survival of the six tree species evaluated in the 2<sup>nd</sup> Section of *Chapultepec* Forest, in different measurement dates.

Especie	9 de julio		9 de octubre		10 de enero		10 de abril		11 de abril	
	%	ee	%	ee	%	ee	%	ee	%	ee
<i>Bursera fagaroides</i> (Kunth) Engl.	100	0	92.59	3.70	88.89	6.41	88.89	6.41	85.19	9.80
<i>Heliocarpus reticulatus</i> Rose	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0
<i>Pinus cembroides</i> Zucc.	100	0	100	0	100	0	96.30	3.70	85.19	7.41
<i>Pinus greggii</i> Englm. ex Parl. var. <i>australis</i>	100	0	96.30	3.70	88.89	6.41	85.19	7.41	70.37	19.60
<i>Pinus maximartinezii</i> Rzedowski	100	0	96.30	3.70	88.89	6.41	88.89	6.41	85.19	3.70
<i>Thevetia thevetioides</i> (Kunth) Schumann	100	0	100	0	96.30	3.70	96.30	3.70	88.89	6.42

ee= error estándar  
ee= standard error

Cuadro 2. Valores medios de supervivencia para seis especies arbóreas de la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec a los dos años de plantadas.

Table 2. Average survival values recorded in the six tree species evaluated in the 2<sup>nd</sup> Section of *Chapultepec* Forest after 2 years of planting.

Especie	Supervivencia		
	Media (%)	ee	
<i>Heliocarpus reticulatus</i> Rose	100	0	a*
<i>Thevetia thevetioides</i> (Kunth) Schumann	88.9	6.42	a
<i>Pinus cembroides</i> Zucc.	85.2	7.41	a
<i>Bursera fagaroides</i> (Kunth) Engl.	85.2	9.80	a
<i>Pinus maximartinezii</i> Rzedowski	85.2	3.70	a
<i>Pinus greggii</i> Engelm. ex Parl. var. <i>australis</i>	70.37	19.60	a
Significancia observada		0.48 <sup>ns</sup>	
Coefficiente de variación (%)		22.48	
Media general (%)		85.8	

ee = error estándar; ns= no significativo; \*= valores con letra distinta difieren significativamente entre sí (p<0.05).  
ee = standard error; ns= non significant; \*= values with different letter significantly differ between each other (p<0.05)

De los 162 individuos plantados solo se registraron siete desaparecidos y 16 muertos (14.2 %) y de estos, cinco murieron rotos por ardillas en la base del tallo o trozados y los 13 restantes por otras causas como la sequía y las heladas. Además, se observaron 25 plantas trozadas (15.43 %) a un año de la plantación y los más afectados fueron *P. cembroides* y *B. fagaroides*, con 10 y ocho árboles, respectivamente (Cuadro 3).

### Altura

*Pinus cembroides* presentó las menores tasas de crecimiento en altura en todos los sitios (Cuadro 4), mientras que *H. reticulatus*, *T. thevetioides*, y *P. greggii* var. *australis* tuvieron los valores más altos de velocidad de crecimiento en Casa Redonda, Café del Bosque y Washington, respectivamente.

### Height

*Pinus cembroides* had the lowest height growth rates at all sites (Table 4), while *H. reticulatus*, *T. thevetioides* and *P. greggii* var. *australis* recorded the highest values of growth rate in *Café del Bosque*, *Casa Redonda* and *Washington*, respectively.

According to the records of monthly average temperature and precipitation of Tacubaya Meteorological Station, near the site, the species showed a higher rate of growth during the rainy season, especially *B. fagaroides* and *H. reticulatus*, which decreased after October and in some species was not reactivated until the last measurement in April 2010, because in those months the lowest temperatures and rainfall occur (Figures 2 and 3).

Cuadro 3. Número y porcentaje final de plantas trozadas registrados en las seis especies arbóreas evaluadas en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec a un año de plantadas.

Table 3. Number and percentage of broken plants registered in the six tree species assessed in the 2<sup>nd</sup> Section of Chapultepec Forest planted a year before.

Especie	Casa Redonda	Café del Bosque	Washington	Total	Porcentaje
<i>Bursera fagaroides</i> (Kunth) Engl.	3	2	3	8	29.63
<i>Heliocarpus reticulatus</i> Rose	1	0	0	1	3.70
<i>Pinus cembroides</i> Zucc.	4	2	4	10	37.04
<i>Pinus greggii</i> Engelm.	0	2	0	2	7.41
<i>Pinus maximartinezii</i> Rzedowski	1	0	0	1	3.70
<i>Thevetia thevetioides</i> (Kunth) Schumann	0	2	1	3	11.11
Total	9	8	8	25	15.43

Cuadro 4. Promedios de altura inicial y final, y tasas de crecimiento para las seis especies arbóreas en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec a un año de plantadas.

Table 4. Average initial and final height and growth rates for the six tree species evaluated in the 2<sup>nd</sup> Section of Chapultepec Forest planted a year before.

Sitio	Especie	Altura inicial (cm)	Altura final (cm)	Tasa de crecimiento
Casa Redonda	<i>Bursera fagaroides</i> (Kunth) Engl.	58	94.2	0.000541
	<i>Heliocarpus reticulatus</i> Rose	71.4	163.4	0.000971
	<i>Pinus cembroides</i> Zucc.	136.9	149.7	0.000123
	<i>Pinus greggii</i> Engelm. ex Parl var. <i>australis</i>	48.9	103.6	0.000870
	<i>Pinus maximartinezii</i> Rzedowski	52.8	75.9	0.000410
	<i>Thevetia thevetioides</i> (Kunth) Schumann	36.7	77.2	0.000836
Café del Bosque	<i>Bursera fagaroides</i> (Kunth) Engl.	59.6	93.7	0.000695
	<i>Heliocarpus reticulatus</i> Rose	90.6	167.6	0.000778
	<i>Pinus cembroides</i> Zucc.	153.8	166	0.000092
	<i>Pinus greggii</i> Engelm. ex Parl var. <i>australis</i>	52.2	93.1	0.000573
	<i>Pinus maximartinezii</i> Rzedowski	65.1	92.9	0.000385
	<i>Thevetia thevetioides</i> (Kunth) Schumann	38.9	79.1	0.000997
Washington	<i>Bursera fagaroides</i> (Kunth) Engl.	62.2	103.4	0.000666
	<i>Heliocarpus reticulatus</i> Rose	79.7	143.2	0.000685
	<i>Pinus cembroides</i> Zucc.	155.4	171.8	0.000103
	<i>Pinus greggii</i> Engelm. ex Parl var. <i>australis</i>	38.9	87.3	0.000843
	<i>Pinus maximartinezii</i> Rzedowski	57.9	91.7	0.000556
	<i>Thevetia thevetioides</i> (Kunth) Schumann	38.2	73.4	0.000827

La mayor tasa de crecimiento se obtuvo durante el periodo de lluvias, en especial *B. fagaroides* y *H. reticulatus*, la cual disminuyó después de octubre y en algunas especies no se reactivó hasta la última medición en abril de 2010, pues en esos meses ocurren las temperaturas y precipitaciones más bajas (figuras 2 y 3).



The average growth rate for the assay was 0.0006 and the results of the analysis of variance showed significant differences among species (0.00011). *T. thevetioides* presented the highest value growth rate, but only differed significantly ( $p = 0.05$ ) of *P. maximartinezii* and *P. cembroides* and the latter species was the one with a mean value significantly lower than the others (Table 5).



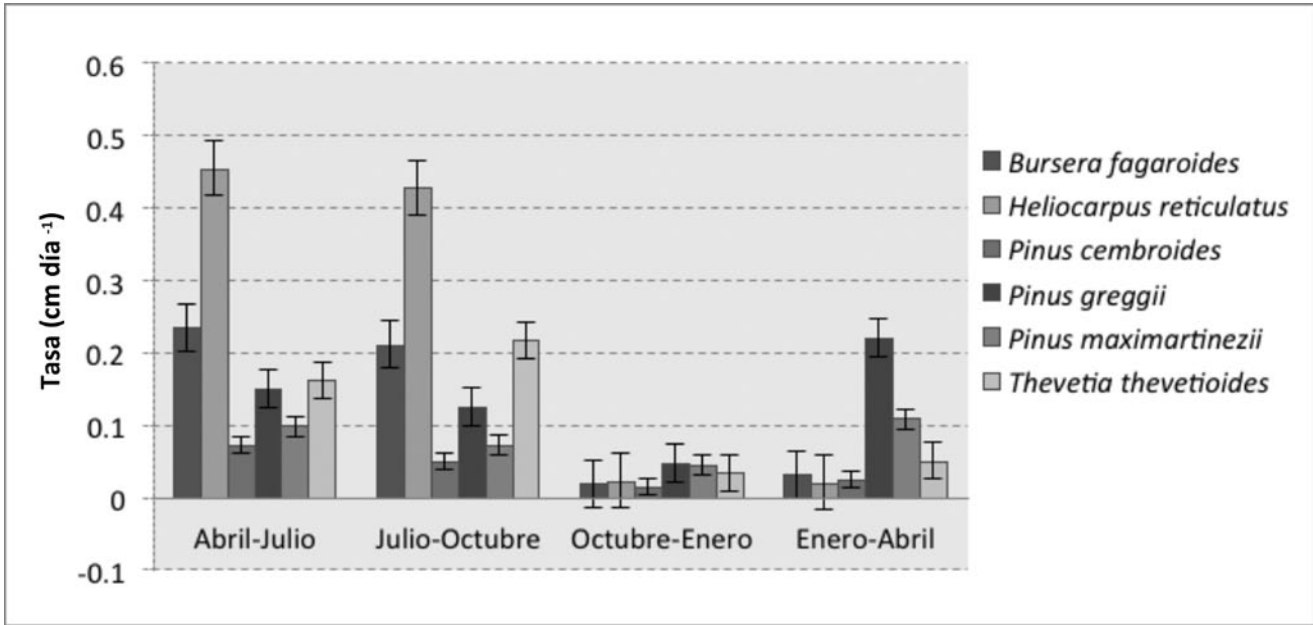


Figura 2. Tasas relativas de crecimiento en altura registradas en seis especies arbóreas evaluadas en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec, entre abril de 2009 y abril de 2010.

Figure 2. Relative growth rates in height recorded in six tree species evaluated in the 2<sup>nd</sup> Section of Chapultepec Forest (April 2009 to April 2010).

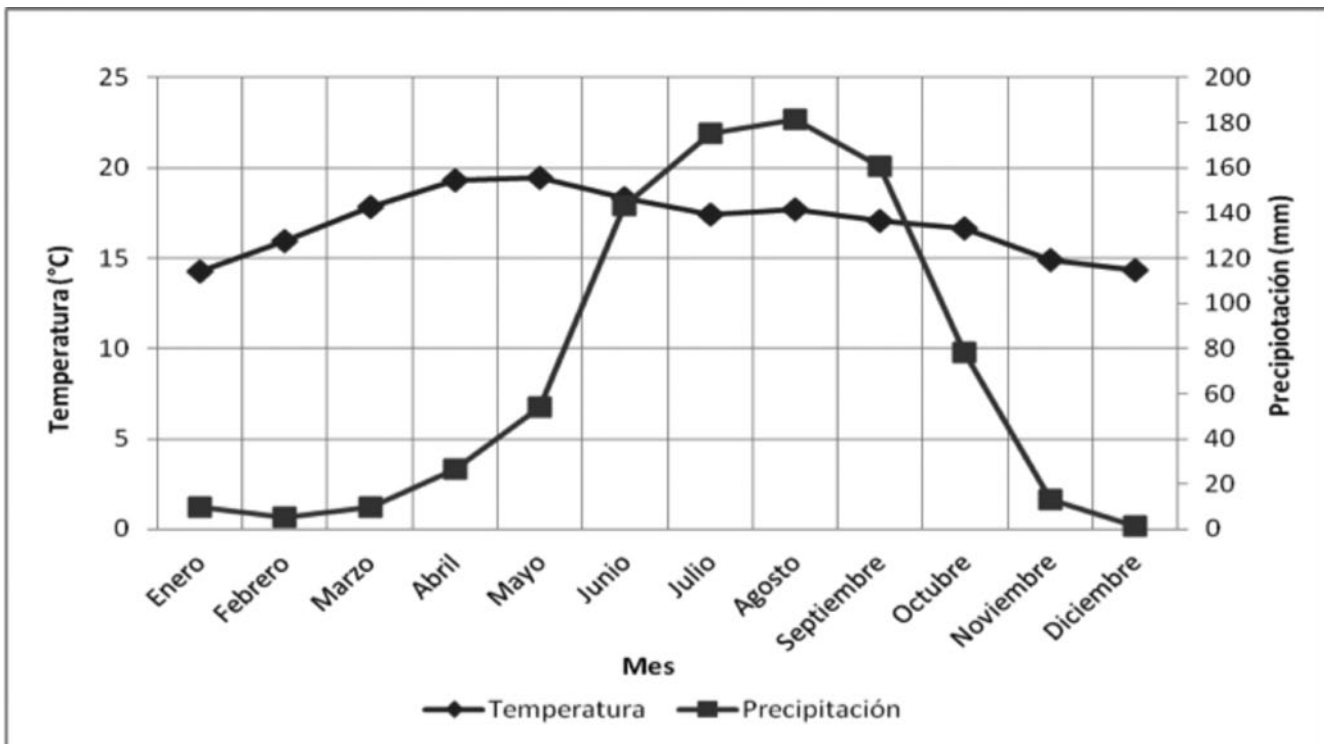


Figura 3. Temperatura y precipitación promedio mensual registradas de 2000 a 2010 en la Estación Meteorológica Tacubaya, D. F.

Figure 3. Average monthly temperature and precipitation recorded from 2000 to 2010 in Tacubaya Meteorological Station at Mexico City.

La tasa de crecimiento promedio para el ensayo fue de 0.0006 y los resultados del análisis de varianza mostraron diferencias significativas entre especies (0.00011). *T. thevetioides* registró el valor más alto en velocidad de crecimiento, aunque solo difirió significativamente ( $p=0.05$ ) de *P. maximartinezii* y *P. cembroides* y esta última especie fue la que presentó un valor promedio significativamente menor a las demás (Cuadro 5).

## Basal diameter

In this parameter *T. thevetioides*, *H. reticulatus* and *P. greggii* are outstanding by their high growth rate values (Table 6).



Cuadro 5. Valores medios de tasa de crecimiento en altura en seis especies arbóreas evaluadas en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec a un año de plantadas.

Table 5. Mean values of height growth rate in six tree species evaluated in the 2<sup>nd</sup> Section of Chapultepec Forest planted a year before.

Especie	Tasa de crecimiento		
	Medida	ee	
<i>Thevetia thevetioides</i> (Kunth) Schumann	0.00089	0.00005	a*
<i>Heliocarpus reticulatus</i> Rose	0.00081	0.00008	a
<i>Pinus greggii</i> Engelm. ex Parl. var. <i>australis</i>	0.00076	0.00009	ab
<i>Bursera fagaroides fagaroides</i> (Kunth) Engl.	0.00063	0.00005	ab
<i>Pinus maximartinezii</i> Rzedowski	0.00045	0.00005	b
<i>Pinus cembroides</i> Zucc.	0.00011	0.000009	c
Significancia observada**		0.00011	
Coeficiente de variación (%)		19.53	
Media general (cm/día)		0.00061	

ee = error estándar; \* = valores con letra distinta difieren significativamente entre sí ( $p=0.05$ ).

ee = standard error; \* = values with different letter significantly differ between each other ( $p=0.05$ ).

## Diámetro basal

En este parámetro destacaron por sus altos valores de velocidad de crecimiento *T. thevetioides*, *H. reticulatus* y *P. greggii* (Cuadro 6).

Al igual que en la altura, todas las especies evidenciaron un mayor crecimiento de abril a octubre, que corresponde con la temporada de lluvias y los meses cálidos o con temperaturas moderadas (figuras 3 y 4).

El análisis de varianza aplicado a los datos de diámetro basal permitió detectar diferencias significativas entre especies ( $p=0.05$ ); se determinó que aquellas con los valores de velocidad de crecimiento superiores (*T. thevetioides*, *H. reticulatus* y *P. greggii* var. *australis*), fueron estadísticamente diferentes a *B. fagaroides*, *P. maximartinezii* y *P. cembroides* (Cuadro 7). El promedio de tasa de crecimiento en diámetro para el experimento fue de 0.0008.

As in height, all species showed a higher growth from April to October, which includes the rainy season and the warmer months or the mild temperatures (Figures 3 and 4).

The analysis of variance applied to the basal diameter data allowed to detect significant differences among species ( $p = 0.05$ ); it was determined that the species with higher values of growth rate (*T. thevetioides*, *H. reticulatus* and *P. greggii* var. *australis*) were statistically different from *B. fagaroides*, *P. maximartinezii* and *P. cembroides* (Table 7). The average diameter growth rate for the experiment was 0.0008.

Considering the length and thickness that each species accomplished compared to its initial size (percentage increments), the values are consistent with those obtained in growth speed (Table 8). However, there was no full agreement between the increase occurred in the species and the speed at which they grew, as *T. thevetioides* showed the highest growth rate but grew less in length and thickness than *B. fagaroides*, which had a lower growth rate.



Cuadro 6. Diámetro basal inicial y final así como los promedios de tasa de crecimiento e incremento en las seis especies arbóreas evaluadas en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec a un año de plantadas.

Table 6. Initial and final basal diameter as well as the average growth and increment rate in the six tree species assessed in the 2<sup>nd</sup> Section of Chapultepec Forest planted a year before.

Sitio	Especie	Diámetro inicial (mm)	Diámetro final (mm)	Tasa de crecimiento (mm día <sup>-1</sup> )
Casa redonda	<i>Bursera fagaroides</i> (Kunth) Engl.	25.38	36.74	0.00052
	<i>Heliocarpus reticulatus</i> Rose	9.07	30.53	0.00144
	<i>Pinus cembroides</i> Zucc.	17.14	20.58	0.00019
	<i>Pinus greggii</i> Engelm. ex Parl. var. <i>australis</i>	6.98	20.99	0.00138
	<i>Pinus maximartinezii</i> Rzedowski	21.98	29.21	0.00044
	<i>Thevetia thevetioides</i> (Kunth) Schumann	5.06	15.89	0.00132
Café del bosque	<i>Bursera fagaroides</i> (Kunth) Engl.	25.00	36.11	0.00051
	<i>Heliocarpus reticulatus</i> Rose	12.32	32.27	0.00132
	<i>Pinus cembroides</i> Zucc.	18.28	19.19	0.00008
	<i>Pinus greggii</i> Engelm. ex Parl. var. <i>australis</i>	6.79	15.95	0.00102
	<i>Pinus maximartinezii</i> Rzedowski	23.40	30.46	0.00033
	<i>Thevetia thevetioides</i> (Kunth) Schumann.	6.28	18.66	0.00144
Washington	<i>Bursera fagaroides</i> (Kunth) Engl.	25.47	36.89	0.00053
	<i>Heliocarpus reticulatus</i> Rose	12.74	29.28	0.00099
	<i>Pinus cembroides</i> Zucc.	19.32	24.18	0.00016
	<i>Pinus greggii</i> Engelm. ex Parl. var. <i>australis</i>	5.91	17.20	0.00122
	<i>Pinus maximartinezii</i> Rzedowski	22.69	31.97	0.00033
	<i>Thevetia thevetioides</i> (Kunth) Schumann	6.02	14.74	0.00118

Si se considera la longitud y el grosor que creció cada especie, con respecto a su tamaño inicial (porcentajes de incremento), los valores concuerdan con los obtenidos en velocidad de crecimiento (Cuadro 8). Sin embargo, no hubo una plena concordancia entre el incremento que se registró y la velocidad a la que crecieron, pues *T. thevetioides* presentó el valor más alto de tasa de crecimiento, pero creció menos en longitud y grosor que *B. fagaroides*, la cual tuvo una tasa de crecimiento menor.



## DISCUSSION

All species had high survival rates and no significant differences among them. The plant mortality occurred during the dry season and from the 16 plants recorded as dead, only 5 were broken or gnawed by rodents.

Rowntree *et al.* (1994) point out that unlike natural forests in the city there are other social factors that are generally not considered or whose impact is unknown; unfortunately, among them, theft and vandalism are included, and they were detected during this experiment, since despite providing some protection to the plots by plastic mesh, 22.8 % of the tree seedlings showed damage from visitors or domestic animals (broken plants), mainly dogs, and a probable attack by squirrels, especially to individuals of *B. fagaroides* and *P. cembroides*. This information is important because as the 2<sup>nd</sup> Section of Chapultepec Forest is an area dedicated to recreation and leisure; therefore, it is necessary to know the effect of the visitors and their pets on the establishment of trees so that in future reforestation projects, the reduction of human

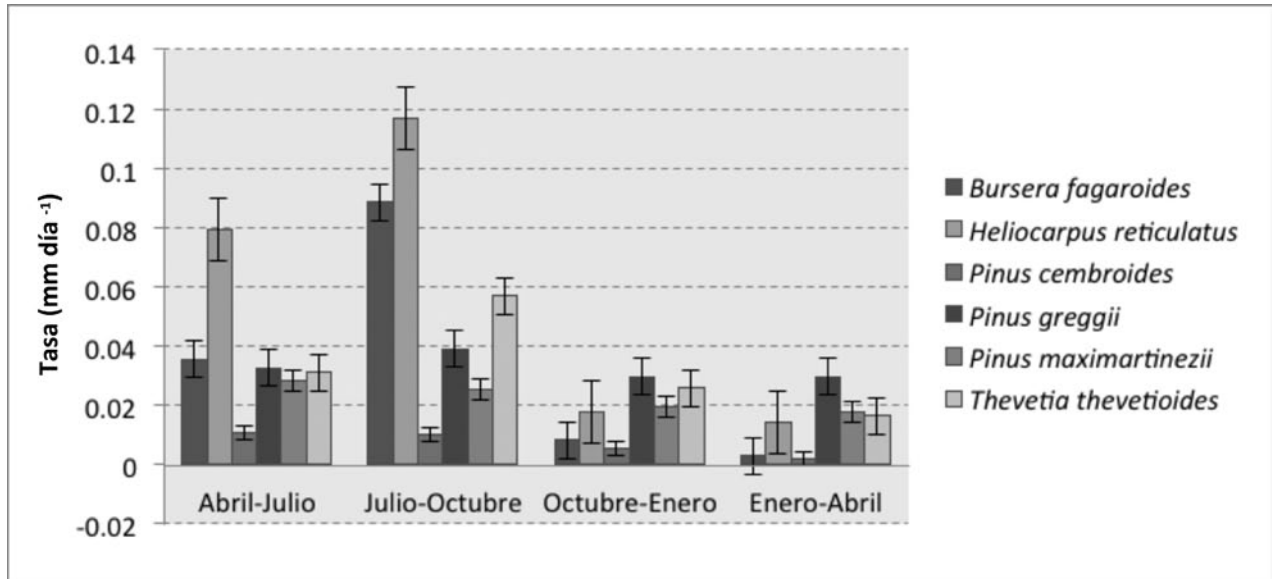


Figura 4. Tasas relativas de crecimiento en diámetro registradas en las seis especies arbóreas evaluadas en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec para seis especies arbóreas a un año de plantadas de abril de 2009 a abril del 2010.

Figure 4. Relative growth rates registered in the diameter of the six tree species assessed in the 2<sup>nd</sup> Section of *Chapultepec* Forest planted a year before (April 2009 to April 2010).

Cuadro 7. Valores medios de tasa de crecimiento en diámetro de seis especies arbóreas evaluadas en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec para seis especies arbóreas a un año de plantadas.

Table 7. Diameter growth rate mean of the six tree species assessed in the 2<sup>nd</sup> Section of *Chapultepec* Forest planted a year before.

Especie	Tasa de crecimiento		
	Medida	ee	
<i>Thevetia thevetioides</i> (Kunth) Schumann	0.00132	0.000007	a*
<i>Heliocarpus reticulatus</i> Rose	0.00125	0.00013	a
<i>Pinus greggii</i> Engelman ex Parl. var. <i>australis</i>	0.00121	0.00010	a
<i>Bursera fagaroides</i> (Kunth) Engl.	0.00052	0.00003	b
<i>Pinus maximartinezii</i> Rzedowski	0.00037	0.00003	bc
<i>Pinus cembroides</i> Zucc.	0.00015	0.00007	c
Significancia observada**		0.0000008	
Coeficiente de variación (%)		15.56	
Media general (cm/día)		0.0008	

ee = error estándar; \* = valores con letra distinta difieren significativamente entre sí (p=0.05).

ee = standard error; \* = values with different letter significantly differ between each other (p=0.05).



Cuadro 8. Valores medios generales de tasa de crecimiento, incremento en altura y diámetro y su porcentaje en las seis especies evaluadas en la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec para seis especies arbóreas a un año de plantadas.

Table 8. Average values of growth rate, increase in height and diameter and their percentage in the six species evaluated in the 2<sup>nd</sup> Section of Chapultepec Forest planted a year before.

Especie	Tasa de altura (cm día <sup>-1</sup> )	Incremento en altura (cm)	(%)	Tasa de diámetro (mm día <sup>-1</sup> )	Incremento en diámetro (mm)	(%)
<i>Thevetia thevetioides</i> (Kunth) Schumann	0.00089	41.97	110.37	0.00132	11.74	196.25
<i>Heliocarpus reticulatus</i> Rose	0.00081	84.43	103.97	0.00125	20.71	192.97
<i>Pinus greggii</i> Engelm. ex Parl. var. <i>australis</i>	0.00076	49.43	101.75	0.00121	11.83	179.33
<i>Bursera fagaroides</i> (Kunth) Engl.	0.00063	45.00	75.78	0.00052	12.13	49.86
<i>Pinus maximartinezii</i> Rzedowski	0.00045	29.57	48.71	0.00037	8.12	36.04
<i>Pinus cembroides</i> Zucc.	0.00011	14.50	9.73	0.00015	2.44	13.14

## DISCUSIÓN

Todas las especies presentaron altos porcentajes de supervivencia y no se detectaron diferencias significativas entre las mismas. La mortandad de plantas ocurrió durante el estiaje y de las 16 plantas registradas como muertas, solo 5 fueron trozadas o roídas por roedores.

Rowntree *et al.* (1994) señalan que, a diferencia de los bosques naturales, en los urbanos existen factores sociales que por lo regular no se consideran o se desconoce su impacto; entre ellos, lamentablemente, se incluyen el robo y el vandalismo, mismos que se registraron durante este experimento; a pesar de haber protegido cada parcela con malla de plástico. Así, 22.8 % de los arbolitos plantados presentaron daños ocasionados por los visitantes o por la fauna doméstica (plantas trozadas), sobre todo perros, además de un probable ataque de ardillas, sobre todo en los individuos de *B. fagaroides* y *P. cembroides*. Esta información es relevante porque la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec es un área dedicada a actividades recreativas y de esparcimiento; por lo tanto, es necesario conocer el efecto de los visitantes y sus mascotas sobre el establecimiento de los árboles, para que en futuros proyectos de reforestación se busque disminuir el impacto humano por medio de programas de concientización ecológica que coadyuven a revertir la falta de cultura ambiental de los visitantes, o mediante la plantación de individuos de mayor tamaño y el control de la población de perros y ardillas del lugar.

Respecto a la evaluación del crecimiento, los análisis de varianza indicaron que tanto en diámetro basal como en altura, *T. thevetioides*, *H. reticulatus* y *P. greggii* presentaron valores de velocidad de crecimiento significativamente mayores a *P. cembroides* y *P. maximartinezii*. Lo anterior concuerda con lo consignado por Benítez *et al.* (2004) quienes documentan un crecimiento de medio a rápido para *P. greggii*; Malda *et al.* (s/f) declaran que es medio para *B. fagaroides* y lento para los piñoneros. Cabe destacar que en *P. cembroides* se observó un crecimiento

impact is sought through ecological awareness programs that help to reverse the lack of culture of visitors about the green areas, or by planting larger individuals and the control over dogs and squirrels.

Regarding growth assessment, the analysis of variance indicated that in both features, basal diameter and height, *T. thevetioides*, *H. reticulatus* and *P. greggii* values showed significantly higher growth speed records than *P. cembroides* and *P. maximartinezii*. This agrees with that reported by Benítez *et al.* (2004) who indicated a medium to fast growth for *P. greggii*; Malda *et al.* (n/d) classified it as medium for *B. fagaroides* and slow for pinyon pines. It is worth noting that *P. cembroides* had a lower height growth (14.5 cm) than the 30 cm of annual growth resulting from models (de los Ríos *et al.*, 2008 ), which was partly due to the quality of the plants, as individuals with some disproportion between the stem size and its height were established. This result can also weigh on, in addition to the growth habit, that plant quality in all its forms (height, root stem size, health, proportion of aerial part - root) is critical to achieve better survival of plants in urban reforestation programs.

*H. reticulatus* grew quickly and was able to double its height (167.5 cm) in just one year, which corresponds to descriptions of other species of this genus, as *Heliocarpus donell-smithii* Rose, which Pennington and Sarukhan (1998) reported rapid growth. With respect to *T. thevetioides*, no information was found on their growth rate, however the assay allowed to see it rapidly growing similar to *P. greggii* did.



en altura menor (14.5 cm) a los 30 cm anuales que señalan los modelos de crecimiento (de los Ríos *et al.*, 2008), lo cual se debió, en parte, a la calidad de las plantas, ya que se establecieron individuos con cierta desproporción entre el tamaño de cepellón y su altura. Dicho resultado permite ponderar que además del hábito de crecimiento, la calidad de planta en todas sus acepciones (altura, tamaño del cepellón, sanidad, proporción parte aérea - parte radical) es fundamental para lograr una mayor supervivencia de las plantas en las campañas de reforestación urbanas.

*Heliocarpus reticulatus* creció de manera rápida y fue capaz de duplicar su altura (167.5 cm) en tan solo un año, lo cual corresponde con descripciones de otras especies de este género, como *Heliocarpus donell-smithii* Rose, de la que Pennington y Sarukhán (1998) consignan un crecimiento rápido. Con respecto a *T. thevetioides*, no se obtuvo información sobre su velocidad de crecimiento, pero el ensayo confirmó que crece rápidamente y de forma similar a *P. greggii*.

Las discrepancias entre los valores de tasa de crecimiento y los incrementos registrados en *T. thevetioides* y *B. fagaroides*, se deben principalmente a las diferencias en el tamaño inicial de las plantas, pues si se considera la longitud y grosor que crecieron con respecto a su tamaño inicial, es evidente que *T. thevetioides* duplicó su altura y casi triplicó su diámetro (110.37 y 196.5 % de incremento, respectivamente), mientras que *B. fagaroides* creció solo 75.8 % en altura y 50 % en diámetro. Si bien esta última creció más en ambos parámetros, la primera se desarrolló más rápido en proporción a su altura y diámetro inicial, por lo que su tasa de crecimiento constituye un mejor parámetro de comparación cuando se presentan diferencias en el tamaño inicial de las plantas por evaluar.

Aunado a lo anterior, se observó que los árboles de las especies caducifolias *H. reticulatus* y *B. fagaroides* presentaron una alta tasa de crecimiento durante la temporada de lluvias, que disminuyó considerablemente en la estación menos favorable (invierno), justo cuando ocurre su defoliación y la aparición de yemas.

En cambio, en las perennifolias los valores de tasa de crecimiento registrados de abril a octubre fueron más bajos y la disminución de su crecimiento fue menor en otoño-invierno. A pesar de esas diferencias, todas las especies mostraron una buena adaptabilidad al clima del Bosque de Chapultepec, pues su crecimiento fue acorde al régimen pluvial y térmico registrado.

Es importante señalar que no obstante en algunos sitios se observaron residuos de material de construcción en el suelo (Washington) y la presencia de tepetate (Café del Bosque), las especies evaluadas, con excepción de *P. cembroides*, lograron desarrollarse y presentar un crecimiento significativo bajo condiciones que habitualmente dificultan su desarrollo (Gama *et al.*, 2007), por lo que se considera que son una buena alternativa de reforestación para sustituir el arbolado muerto o en declinación.

The discrepancies between the values of growth rate and the increases in *T. thevetioides* and *B. fagaroides* are mainly due to differences in the initial plant size, as considering the length and thickness which increased with respect to its initial size, obviously *T. thevetioides* doubled in height and nearly tripled its diameter (110.37 and 196.5 % increase respectively), while *B. fagaroides* grew only 75.8 % in height and 50 % in diameter. In this regard, although the latter grew in both parameters, the first developed faster in proportion to their initial height and diameter, so it is considered that the growth rate is a better basis for comparison when there are differences in the initial size of the assessed plants.

In addition to this, it was observed that tree deciduous species *H. reticulatus* and *B. fagaroides* had a high rate of growth during the rainy season, which decreased significantly in the unfavorable season (winter), just as defoliation and bud emergence occurs. In contrast, the values of evergreen growth rate recorded from April to October were lower and decreased their growth, as it was lower in autumn-winter. Despite these differences, all species showed a good adaptability to the climate of Chapultepec Forest, as its growth went according to rainfall patterns and heat up.

It is import to point out that even in in some sites, building material residues in the soil were observed (Washington) and the presence of rocks (Café el Bosque), except for *P. cembroides*, the rest of the species developed successfully and accomplished a significant growth under conditions that usually handicap their development (Gama *et al.*, 2007), and so, it is considered that these species are a good option for reforestation to take the place of dead trees or in decline.

This works confirms that the species assay makes it possible to achieve a good species selection for a particular place as it provides relevant information about their response to the environmental conditions of a plantation site (Willan, 1984). That is why more financial resources must be given for research in urban tree studies to generate data for a better planning and management of the green area of Mexico City.

The results obtained in this research suggest that the tested species can be used in other green areas with environmental conditions similar to those of the 2<sup>nd</sup> Section. However, it is appropriate to continue the evaluation of the experimental plots for a three- to- five- year period in order to have accurate information on the response of them to the conditions of this place, and encourage its institutional nursery production managers supply the plant intended for urban reforestation programs.



Este trabajo confirma que el ensayo de especies posibilita la selección de las especies adecuadas para un sitio en particular, proporciona información relevante sobre la respuesta de las mismas a las condiciones ambientales en el sitio de plantación (Willan, 1984). Es por ello que se deben destinar más recursos financieros a la investigación en dasonomía urbana, que permita generar información para una mejor planificación y manejo de las áreas verdes urbanas de la Ciudad de México.

Los resultados obtenidos permiten suponer que las especies evaluadas pueden ser utilizadas en otras áreas verdes con condiciones ambientales muy similares a las de la 2ª Sección. Sin embargo, es conveniente dar continuidad a la evaluación de las parcelas experimentales por un periodo de tres a cinco años, con el propósito de contar con datos precisos sobre la respuesta de las mismas a las condiciones de este lugar, a fin de promover su producción en viveros institucionales encargados del abastecimiento de planta destinada a los programas de reforestación urbana.

Es recomendable realizar estudios con especies nativas que tengan un potencial de uso en la dasonomía urbana, para determinar su utilidad en las áreas verdes urbanas y así mejorar la calidad del arbolado, lo que a su vez repercutirá en un incremento de los servicios ambientales que brindan a los habitantes de las ciudades.

## CONCLUSIONES

Todas las especies, con excepción de *P. cembroides*, mostraron una buena respuesta a las condiciones ambientales de la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec, ya que durante el periodo de evaluación registraron altos porcentajes de supervivencia e incrementos importantes e incluso significativos, en diámetro y altura; lo que sugiere condiciones climáticas de la 2ª Sección propicias para las especies, así como para *T. thevetioides*, *H. reticulatus* y *P. greggii* var. *australis* que tuvieron un rápido crecimiento e incrementos en dichas variables durante el experimento. 🌱

## AGRADECIMIENTOS

El apoyo y colaboración de la Dirección del Bosque de Chapultepec y del Fideicomiso Pro-Bosque de Chapultepec fueron fundamentales 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".

It is recommended to carry out studies with native species with the potential to be used in urban forestry, to determine its usefulness in urban green areas and thus, to improve the quality of their woodland, which in turn, will impact on an improvement of the environmental services that they provide to the inhabitants of the cities.

## CONCLUSIONS

All species except for *P. cembroides* showed a good response to the environmental conditions of the 2<sup>nd</sup> Section of *Chapultepec* Forest, as during the evaluation period they had high survival rates and even significant increases in diameter and height, which might indicate a good reaction to the climatic conditions that prevail in the 2<sup>nd</sup> Section. *T. thevetioides*, *H. reticulatus* and *P. greggii* var. *australis* had rapid growth and increases in diameter and height during the experiment. 🌱

## ACKNOWLEDGEMENTS

The support and collaboration of the Directorate of *Bosque de Chapultepec* and the Trust *Pro-Bosque de Chapultepec* were critical to the project entitled "Diagnosis and Characterization of the 2<sup>nd</sup> Section and Inventory Total of Trees and Determination and Evaluation of Species for Reforestation of the 2<sup>nd</sup> Section of *Chapultepec* Forest".

*End of the English version*



## REFERENCIAS

- Benavides M., H. M., M. O. Gazca G., y S. F. López L. 2010. Catálogo de Especies Arbóreas y Arbustivas para la Reforestación de la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec. Determinación y evaluación de especies para la reforestación de la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec. CENID-COMEF, INIFAP y DBCh México, D. F., México. 243 p. <http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/archivos/catalogoespecies.pdf> (14 de abril de 2011).
- Benítez B., G., M. T. Pulido S. y M. Equihua Z. 2004. Árboles multiusos nativos de Veracruz para reforestación, restauración y plantaciones. Instituto de Ecología, A.C. - Conafor. Xalapa, Ver. México. 288 p.
- Clark, J. R. and R. K. Kjelgren. 1989. Conceptual and management considerations for the development of urban tree plantings. *Journal of Arboriculture*. 15(10):229-236.
- De los Ríos C., A., R. de Hoogh y J. J. Nívar Ch. 2008. Ensayo de especies con pinos piñoneros en el nordeste de México. *Rev. Chapingo. Serie de Ciencias Forestales y del Ambiente* 14 (2): 97-104.
- Gama C., J., E. Solleiro R., D. Flores R., S. Sedov, H. Cabadas B. y J. Díaz O. 2007. Los tepetates y su dinámica sobre la degradación y el riesgo ambiental: el caso del Glacis de Buenavista, Morelos. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. Tomo LIX (1): 133-145.
- 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. México. 236 p.
- Gobierno del Distrito Federal (GDF). 2006a. Reforestación Urbana. In: Secretaría del Medio Ambiente, Dirección de Educación Ambiental (ed). *Memorias. Dirección General de Bosques Urbanos y Educación Ambiental*. Gobierno del Distrito Federal. México, D.F., México. pp: 12-58. <http://www.sma.df.gob.mx/sma/download/archivos/librodegbuea/02.pdf> (3 de marzo de 2010).
- Gobierno del Distrito Federal (GDF). 2006b. Programa de rehabilitación integral del Bosque de Chapultepec. In: Secretaría del Medio Ambiente, Dirección de Educación Ambiental (ed). *Memorias. Dirección General de Bosques Urbanos y Educación Ambiental*. Gobierno del Distrito Federal. México, D.F., México. pp. 59-113 <http://www.sma.df.gob.mx/sma/download/archivos/librodegbuea/03.pdf> (3 de marzo de 2010).
- Guevara, S. y P. Moreno C. 1986. Áreas verdes de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. In: G. Garza (ed.). *Atlas de la Ciudad de México*. Departamento del Distrito Federal y El Colegio de México. México, D. F. México. pp: 231-236.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias -Dirección del Bosque de Chapultepec (INIFAP-DBCh). 2010. Informe final del Proyecto Diagnóstico y Caracterización de la 2ª Sección e Inventario Total de su Arbolado. [http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/archivos/informefinal\\_2a\\_secc\\_bch.pdf](http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/archivos/informefinal_2a_secc_bch.pdf) (9 de diciembre de 2010).
- International Society of Arboriculture (ISA). 1999. *Manual de Arboricultura*. Guía de estudio para la certificación del arborista. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco (UAM - A). Traducido al español. México, D. F. México. s/p.
- López M., I. R. 1991. Presentación. In: I. R. López Moreno (ed.). *El arbolado urbano de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México*. UNESCO-Universidad Autónoma Metropolitana-Instituto de Ecología. México, D. F. México. pp. 9-10.
- Macías A., L. 1952. Reforestación: teoría y práctica. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Dirección Forestal y de Caza. México, D.F. México. 330 p.
- Malda B., G. X., P. R. Jiménez C. y M. Martínez y D. de S. s/f. Plantas del Parque Nacional del Cimatario aptas para la reforestación y diseños de áreas verdes. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Querétaro. <http://www.uaq.mx/FCN/naturaleza/> (8 de junio de 2010).
- Martínez G., L. 1991. Las áreas verdes de la Ciudad de México: una perspectiva histórica. In: I. R. López Moreno (ed.). *El arbolado urbano de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México*. UNESCO, Universidad Autónoma Metropolitana, Instituto de Ecología. México, D.F. México. pp: 281-382.
- Martínez G., L. y A. Chacalo H. 1994. Los árboles de la Ciudad de México. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco. México, D.F. México. 351 p.
- Mas P., J., J. García M. y A. Prado O. 1993. Ensayos de plantaciones forestales en el Campo Experimental Forestal "Barranca de Cupatitzio". *Boletín Técnico No. 108*. 2ª ed. División Forestal. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. SARH. México, D.F. México. 51 p.
- Olivares S., E. 1994. Paquete de diseños experimentales FAUANL Versión 2.5. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N.L. México. s/p.
- Parra H., H. y O. Castro V. 1978. Algunas consideraciones sobre el establecimiento de ensayos de especies para su adaptación en zonas áridas. In: *Memoria de la Primera Reunión Nacional de Plantaciones Forestales*. Dirección General de Investigación y Capacitación Forestales. SARH. Publicación Especial No. 13. México, D. F. México. pp. 500-503
- Pennington, T. D. y J. Sarukhán. 1998. *Árboles Tropicales de México: Manual para la Identificación de las Principales Especies*. 2ª ed. Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo de Cultura Económica. México, D.F. México. 352 p.
- Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad (PUUC-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. 782 p.
- Rowntree, R. A., E. G. McPherson and D. J. Nowak. 1994. Chapter 1. The role of vegetation in urban ecosystems. In: R. A. Rowntree, E. G. McPherson and D. J. Nowak (eds.). *Chicago's urban forest ecosystem: results of the Chicago forest climate project*. USDA, Forest Service. Gen. Tech. Rep. NE-186. Northeastern Experimental Station. Radnor, PA, USA. pp: 1-2.
- Seppänen, P., E. I. Sánchez y J. A. Wright. 1999. Ensayo de especies y procedencias en el oeste de México: resultados del primer año. *Foresta Veracruzana* 1(2):1-9.
- Sydnor, T. D. 1982. Think before you plant: select the proper plant. *Journal of Arboriculture* 8(7): 193-196.
- Willan, R. L. 1984. Ensayo de especies y procedencias. In: *Mejora Genética de Árboles Forestales*. Memorias sobre el curso de capacitación. FAO/DANIDA. Venezuela. 357 p. <http://www.archive.org/details/mejorageneticade034654mbp>. (6 de noviembre de 2009).





