

CRECIMIENTO INICIAL DE UNA PLANTACIÓN MIXTA DE ESPECIES TROPICALES EN VERACRUZ

INITIAL GROWTH OF A TROPICAL SPECIES MIXED PLANTATION IN VERACRUZ

José Luis López Ayala¹, Vicente Sánchez Monsalvo¹ y Edgar Hernández Máximo¹

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el crecimiento y desarrollo de una asociación de ocho especies forestales tropicales en sus primeros cinco años, bajo cuatro tratamientos: procedencia local sin fertilización, procedencia foránea sin fertilización, procedencia local con fertilización y procedencia foránea con fertilización y un primer aprovechamiento de *Gmelina arborea* al cuarto año. Se aplicó un modelo mixto para mediciones repetidas; se analizaron las variables: altura, diámetro normal y diámetro de copa, y se observó que, en general, la procedencia local con y sin fertilización registró los mayores valores promedio. La alta densidad favoreció el desarrollo de *Tabebuia donnell-smithii* y perjudicó el de las demás especies. El aclareo de *Gmelina arborea* permitió que se extendiera notablemente la copa de *Tectona grandis* y el diámetro normal de *Tabebuia donnell-smithii*, no así la altura en los otros taxa. Por último, las más sobresalientes fueron *Gmelina arborea* (altura = 6.75 m; diámetro normal = 0.08 m; diámetro de copa = 3.56 m) y *Tabebuia donnell-smithii* (altura = 4.26 - 4.65 m; diámetro normal = 0.04 - 0.05 m; diámetro de copa = 2.15 - 2.34 m); las mayores tasas de crecimiento se verificaron en altura y diámetro normal promedio en *Gmelina arborea* (4.23 m año⁻¹ y de 0.044 m año⁻¹) y *Tabebuia donnell-smithii* (1.47 m año⁻¹ y de 0.017 m año⁻¹).

Palabras clave: Especies tropicales, fertilización, *Gmelina arborea* Roxb, plantaciones mixtas, procedencias, *Tabebuia donnell-smithii* Rose.

ABSTRACT

A five years old mixed plantation of eight associated species was assessed into a complete block experimental design, with four treatments and three replications. Treatments considered on: local provenance with no fertilization (LPNF), foreign provenance with no fertilization (FPNF), local provenance with fertilization (LPWF) and foreign provenance with fertilization (FPWF). *Gmelina arborea* was completely cut in the fourth year. A mixed model for repeated measurements was tested analyzing the following variables: height (H), diameter at breast height (DBH) and crown diameter (CD) from the eight species. As a result, LPWF and LPNF produced the highest average values, in general. The two species with best development were *Gmelina arborea* (H= 6.75 m; DBH = 0.08 m; CD = 3.56 m) and *Tabebuia donnell-smithii* (H = 4.26-4.65 m; DBH = 0.04-0.05 m; CD = 2.15-2.34 m). The largest average growth rates in H and DBH were for *Gmelina arborea* (4.23 m year⁻¹ and of 0.044 m year⁻¹, respectively) and *Tabebuia donnell-smithii* (1.47 m year⁻¹ and of 0.017 m year⁻¹, respectively).

Key words: Tropical species, fertilization, *Gmelina arborea* L. Roxb, mixed plantations, *Tabebuia donnell-smithii* Rose.

Fecha de recepción: 05 de febrero de 2010
Fecha de aceptación: 28 de septiembre de 2010

INTRODUCCIÓN

Las plantaciones forestales mixtas han generado importantes expectativas sobre el aprovechamiento sucesivo de las especies involucradas en la producción e industrialización de la madera, no obstante que se obtienen otro tipo de beneficios al considerar una diversidad de árboles en un mismo espacio a través del tiempo (Alice *et al.*, 2004; Kelty, 2006; Nichols *et al.*, 2006). Esto se

INTRODUCTION

Mixed forest plantations have aroused important expectations upon successive harvests of species involved in the production and industrialization of wood, even though different kind of benefits are obtained if the tree diversity present at the same space through time is taken into account (Alice *et al.*, 2004; Kelty, 2006; Nichols *et al.*, 2006). This is more evident in the tropics where, naturally, species with different ecologic

¹ Campo Experimental El Palmar, Centro de Investigación Regional Golfo Centro (CIRGOC), INIFAP. Correo-e: lopezjoseluis@inifap.gob.mx

refleja más en las zonas tropicales donde, por naturaleza, coexisten especies con diferentes estrategias ecológicas y que poseen potencial económico (Vanclay, 1994; Erskine *et al.*, 2006; Petit y Montagnini, 2006).

Por ello se han realizado varias investigaciones sobre estos aspectos en las que se aclaran logros en la conservación del suelo, recuperación de áreas degradadas o siniestradas y regeneración natural en bosques tropicales de Costa Rica y Puerto Rico (Parrotta, 1999; Cusack y Montagnini, 2004), a pesar de que su manejo para fines maderables comerciales todavía no ha sido explorado en su totalidad y falta mucho por conocer acerca de diseños, tipos de análisis y fórmulas para lograr tal fin en las plantaciones mixtas (Erskine *et al.*, 2006; Kelty, 2006).

En México existen investigaciones particulares de especies tropicales con valor económico que describen sus requerimientos ecológicos y posibles formas de manejo (Carlson, 2004; Gutiérrez y Dorantes, 2004), pero que no han sido evaluados bajo las condiciones de una plantación mixta durante un periodo determinado. En este contexto, investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) a principios de los años noventa establecieron diferentes plantaciones mixtas en los estados de Nayarit, Jalisco y Colima para probar estrategias de espaciamiento, riegos, fertilización y procedencias en función del tiempo. Los resultados demostraron que en la etapa inicial los riegos y fertilización periódicos fueron trascendentes para la supervivencia de las especies, pero a través del tiempo las procedencias y densidades seleccionadas detonaron la capacidad de respuesta; por lo tanto, es recomendable un espaciamiento de 3 x 3 m, incorporar procedencias locales y organizar asociaciones de Primavera (*Tabebuia donnell-smithii* Rose), Teca (*Tectona grandis* L. f.), Melina (*Gmelina arborea* L. Roxb) y Rosamorada (*Tabebuia rosea* (Bertol.) DC) (Corona *et al.*, 2005; Forte *et al.*, 2005; Benavides *et al.*, 2005).

Diversos trabajos sobre ensayos de procedencias tanto de especies templadas, como tropicales han concluido que, por lo general, las locales poseen ventaja al ajustarse paulatinamente a las condiciones del lugar (Zobel y Talbert, 1992).

Por otro lado, Salas (1987) menciona que el efecto de la fertilización, aunque con éxito para taxa templados, no repercute de manera extensiva en el crecimiento de las plantaciones tropicales. Es un tratamiento cultural energético cuya función primaria es el aumento de la eficiencia fotosintética, que en ambientes cálido-húmedos, puede variar según las capacidades de extracción de los nutrimentos del suelo de cada taxón. Esto da como resultado un efecto positivo para algunos taxa en un breve lapso (establecimiento

strategies and economic potential coexist (Vanclay, 1994; Erskine *et al.*, 2006; Petit and Montagnini, 2006).

Thus, several research projects have been fulfilled around these aspects, in which achievements on soil conservation, restoration of degraded or affected lands or natural regeneration of tropical forests of Costa Rica and Puerto Rico were described (Parrotta, 1999; Cusack and Montagnini, 2004), in spite of the fact that their management for commercial woody endings has not been fully explored and there is still a lot to know about designs, types of analysis and formulas to attain such purpose in mixed plantations (Erskine *et al.*, 2006; Kelty, 2006).

There are particular investigations on tropical species with economic value that describe their ecologic requirements and possible forms of management that have been carried out in Mexico (Carlson, 2004; Gutiérrez and Dorantes, 2004), but that have not been assessed in the environment of mixed plantations for some time. In this context, during the 90s, scientists of INIFAP established different mixed plantations in the states of Nayarit, Jalisco and Colima in order to prove strategies of spacing, risks, fertilization and provenances in terms of time. Results showed that in the initial stage, periodic watering and fertilization were transcendental for species survival, but as time went by, the selected provenances and densities exploded their response; thus, it is advisable a 3 x 3 m spacing, to include local provenances and to organize associations of "Primavera" (*Tabebuia donnell-smithii* Rose), "Teca" (*Tectona grandis* L. f.), "Melina" (*Gmelina arborea* L. Roxb) and "Rosamorada" (*Tabebuia rosea* (Bertol.) DC) (Corona *et al.*, 2005; Forte *et al.*, 2005; Benavides *et al.*, 2005).

Several works about provenance essays of tropical and temperate species have concluded that, in general terms, the advantage of the locals is that they adjust gradually to the conditions of the place.

On the other side, Salas (1987) states that the effect of fertilization, even though it has been successful for temperate taxa, it has no extensive rebound upon the growth of tropical plantations. It is an energetic cultivation treatment whose primary function is to increase the photosynthetic efficiency, that in warm and humid environments, might vary according to the extraction potential of soil nutrimentos that each species has. This results in a positive effect for some taxa in a short period (initial establishment), that becomes lower afterwards due to the climatic conditions (torrential rain, drought and wind).

A first approach to the study of mixed plantations refers that the distance and arrangements of species in a plantation limits its development in a significant way, since it favours those that demand light and show fast growth (Van der Poel, 1988; Ladrach, 1992; Piotto *et al.*, 2003; Moya and Arce, 2003;

inicial) que después merma por las condiciones climáticas (lluvias torrenciales, sequías y vientos).

Un primer acercamiento al estudio de plantaciones mixtas refiere que el distanciamiento y arreglo de las especies en una plantación condiciona de manera significativa su desarrollo, ya que se ven favorecidas aquellas que son demandantes de luz y presentan rápido crecimiento (Van der Poel, 1988; Ladrach, 1992; Piotta *et al.*, 2003; Moya y Arce, 2003; Alice *et al.*, 2004; Grant *et al.*, 2006; Kelly *et al.*, 2009). Diversos autores concluyen que espaciamientos mayores a 3 x 3 m son una buena opción si las plantaciones combinan especies forestales de rápido y lento crecimiento con aclareos o entresacas periódicas de las primeras, o bien combinándolas con cultivos agrícolas (López y Musálem, 2007).

El objetivo del presente trabajo consistió en evaluar los registros de crecimiento en los primeros cinco años de una plantación mixta de ocho especies en el estado de Veracruz establecida por personal del INIFAP en 1994, en los conceptos de altura, diámetro normal y diámetro de copa, bajo cuatro tratamientos de procedencia-fertilización; además de, considerar un primer aprovechamiento de *Gmelina arborea* L. Roxb. en su cuarto año. Con los resultados obtenidos se contribuye al conocimiento del manejo de las especies involucradas para los poseedores de los recursos; y se genera información básica de la plantación estudiada para análisis posteriores.

MATERIALES Y MÉTODOS

La plantación evaluada tiene una superficie aproximada de 1.5 ha, y se localiza entre los 18°29'40" a 18°29'44" latitud norte, de 96°45'20" a 96°45'25" longitud oeste y a una altitud de 180 msnm, dentro de los terrenos del C. E. El Palmar, que pertenece al municipio de Tezonapa, en el estado de Veracruz.

El clima en la zona corresponde al cálido subhúmedo con lluvias en verano, precipitación media anual de 2,885 mm, temperaturas promedio máxima y mínima de 35 y 16°C. Los suelos predominantes son acrisoles profundos y de buen drenaje natural; poseen una textura de migajón arcillo-arenosa y un pH de 4.8 a 6.1 (Sánchez y Velásquez, 1998).

En el terreno se cultivaba caña antes de destinarlo a la plantación; por lo tanto, se le acondicionó picando y quemando los rastrojos, además de realizar un subsuelo, barbecho y rastreo con un tractor agrícola, lo cual dio origen a dos áreas, una conformada por una meseta en donde se ubicaron dos bloques, y otra por una angostura en la que se fijó otro bloque y seis de las ocho parcelas testigo. La distribución de los

Alice *et al.*, 2004; Grant *et al.*, 2006; Kelly *et al.*, 2009). Several authors conclude that spacing above 3 x 3 m is a good option if plantations combine forest species of fast and slow growth with clear-cutting and periodic extraction of the first, or combined with agriculture crops (López and Musálem, 2007).

The aim of this paper was to assess the growth records of the first five years of a mixed plantation of eight species in the state of Veracruz, established by personnel of INIFAP in 1994, in terms of height, dbh and crown diameter, subject to four treatments of fertilization-provenance, as well as a first harvest of *Gmelina arborea* L. Roxb in their fourth year. These results aid to what is known about the management of the selected species for the owners of these resources, and generates basic information of the actual plantation for further studies.

MATERIALS AND METHODS

The assessed plantation is near 1.5 ha and is located between 18°29'40" and 18°29'44" North, and between 96°45'20" and 96°45'25" West at an altitude of 180 m; it belongs to the El Palmar Experimental Station of INIFAP, at Tezonapa municipio in the state of Veracruz.

Weather is slightly humid and warm with summer rain, 2,885 mm average annual rainfall, 35 and 16 °C as average maximum and minimum temperature. Soils are deep acrisol, with good natural drainage and texture, sandy clay loam, 4.8 to 6.1 pH (Sánchez and Velásquez, 1998).

Before this territory was a plantation, sugar cane was cultivated here; the land was fixed by pricking and burning stubbles in addition to subsoil plow, fallowing and dragging with agriculture tractor, which formed two areas, one made up by a plateau in which two groups were placed, and another formed by a narrowness in which another group was fixed and six to eight test plots. The distribution of the groups followed the topography of the land to lower its effect on the experiment.

The design of the original plantation was composed of eight test plots (one for each taxon) and three sets of four plots in which were established, at random, the following treatments:

- Treatment 1: local provenance without fertilization
- Treatment 2: foreign provenance without fertilization
- Treatment 3: local provenance with fertilization
- Treatment 4: foreign provenance with fertilization

However, those plots were discarded for the further statistical analysis, since they did not have the same number of trees, space arrangement and treatments in the lots of the three sets (15 trees/ plot, rectangles, local provenance without

bloques obedeció a la topografía del terreno para reducir su efecto en el experimento.

El diseño de la plantación original estuvo integrado por ocho parcelas testigo (una por taxon) y tres bloques con cuatro parcelas cada uno en los que se establecieron en forma aleatoria los siguientes tratamientos:

fertilization vs. 28 trees / plot, hexagonal arrangement, four treatments) (Figure 1).

The plantation was carried out in December 1994 with the provenances shown in Table 1, in a real framework system 2x2 m, with an example of *Gmelina arborea* inserted between each tree of the studied species. Fertilization was applied at that time to the trees of the lots that included the treatment in a dose of 200 g of 17 Triple.

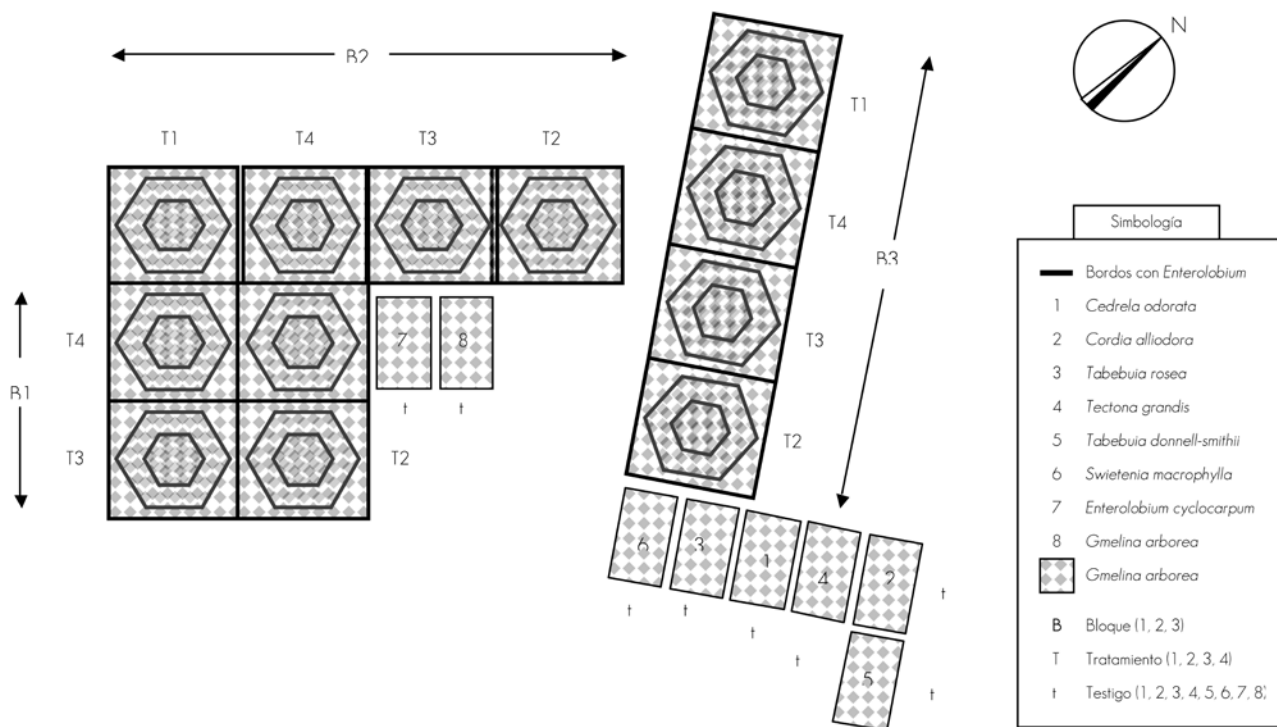


Figura 1. Diseño de la plantación experimental mixta con ocho especies tropicales de valor comercial en el C. E. El Palmar, Veracruz.
Figure 1. Mixed experimental plantation design with eight tropical species of commercial value in El Palmar Experimental Station, Veracruz.

- Tratamiento 1: procedencia local sin fertilización
- Tratamiento 2: procedencia foránea sin fertilización
- Tratamiento 3: procedencia local con fertilización
- Tratamiento 4: procedencia foránea con fertilización

Sin embargo, dichas parcelas se descartaron para los análisis estadísticos posteriores, al no contar con el mismo número de árboles, arreglo espacial y tratamientos en las parcelas de los tres bloques (15 árboles/parcela, rectángulos, procedencia local sin fertilización vs. 28 árboles/parcela, arreglo hexagonal, cuatro tratamientos) (Figura 1).

It is important to point out that the trees subjected to the treatments and that were later marked formed an external and internal hexagon inside the real framework, according to the plot scheme for experimental designs proposed by Domínguez (1989) and that defines a "useful area" for the information analysis (Figure 2). Thus, the percent of survival, height, dbh (1.30 m) and the crown (m) in the species of interest were measured as well as the *Gmelina arborea* samples. The data were taken every year since their establishment up to 1999, during the months of the dry season (December to February). These measurements were made through direct counting, with metric tape, flexometer, clinometers and graduated plow beams when necessary. In 1998, harvest of *Gmelina arborea* was harvested from the plantation in order to open space for the woods of the other taxa.

Cuadro 1. Descripción de las procedencias utilizadas en la plantación mixta de ocho especies tropicales de valor comercial en el C. E. El Palmar, Veracruz.

Table 1. Description of the provenances used in the mixed plantation of eight tropical species of commercial value in El Palmar E.S., Veracruz

Núm.	Especie	Procedencia		
		Local	Foránea	Forma de producción
1	<i>Cedrela odorata</i> L.	Tabasco¶	Jalisco	Bolsas
2	<i>Cordia alliodora</i> (Ruíz & Pav.) Oken	Macho*	Hembra*	Raíz desnuda
3	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	El Palmar	Sur de Veracruz	Bolsas
4	<i>Tectona grandis</i> L. f.	Árbol 5†	Árbol 1†	Raíz desnuda
5	<i>Tabebuia donnell-smithii</i> Rose	El Palmar	Chiapas	Bolsa
6	<i>Swietenia macrophylla</i> King	El Palmar	Chiapas	Bolsa
7	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	El Palmar	Chiapas	Bolsa
8	<i>Gmelina arborea</i> L. Roxb	El Palmar	Campeche	Raíz desnuda

* = Referente a morfología de la especie; † = árboles semilleros del C. E. El Palmar; ¶ = Vertiente del Golfo de México. Fuente: Libro de campo C. E. El Palmar, 1995.

* = Refers to the morphology of the species; † = Seeding trees of El Palmar E.S.; ¶ = Gulf of Mexico watershed. Source: Field book of El Palmar E.S., 1995.

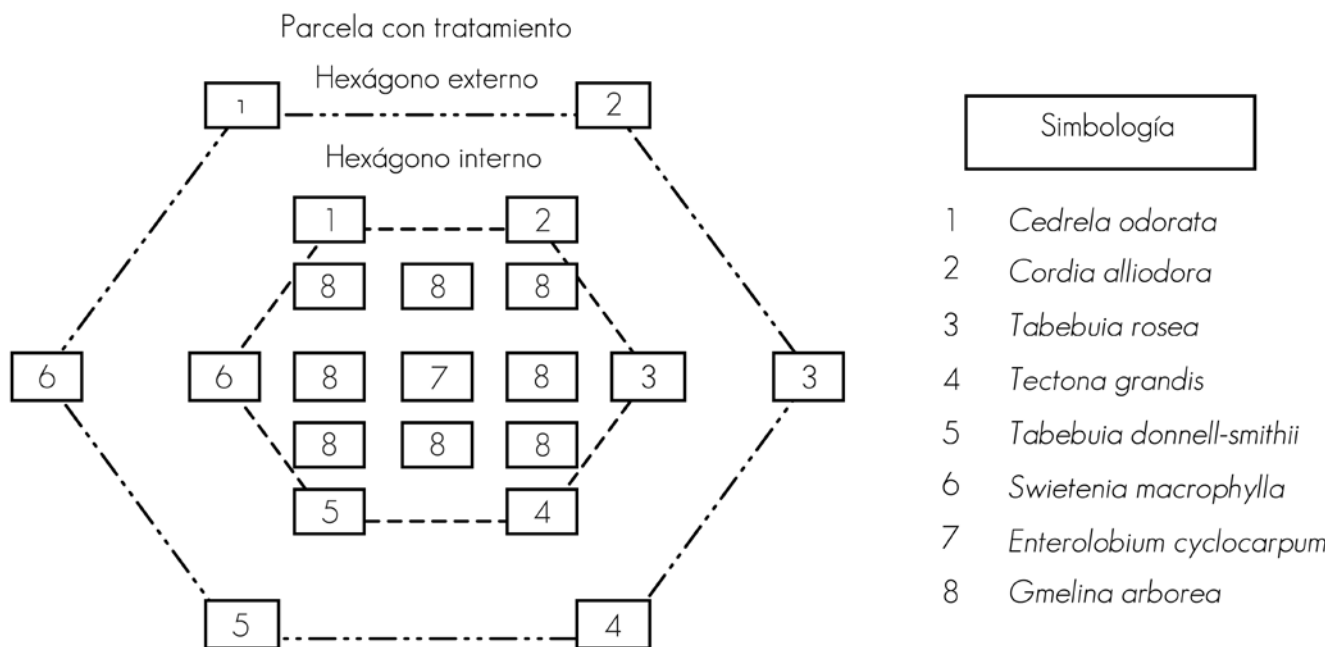


Figura 2. Arreglo general del "área útil" en las parcelas con tratamientos de la plantación mixta en el C. E. El Palmar, Veracruz.

Figure 2. Distribution of the useful area in the lots with treatments of the mixed plantation in the El Palmar E.S., Veracruz.

La plantación se efectuó en diciembre de 1994 con las procedencias mostradas en el Cuadro 1, en un sistema de marco real de 2 x 2 m, con un ejemplar de *Gmelina arborea* intercalado entre cada árbol de las especies estudiadas. La fertilización se aplicó en ese momento a los individuos de las parcelas que incluían el tratamiento en una dosis de 200 g de TripleEs importante señalar que los árboles sometidos a los tratamientos y que fueron posteriormente registrados formaban un hexágono exterior e interior dentro del marco real, de acuerdo al esquema de parcelas para ensayos experimentales propuesto por Domínguez (1989), que genera un "área útil" para el análisis de la información (Figura 2). Ahí se midieron el porcentaje de supervivencia, la altura, el diámetro normal (DAP = 1.30 m) y el diámetro de copa (m) en las especies de interés junto con los ejemplares de *Gmelina arborea*. Cada año se tomaban los datos desde su establecimiento hasta 1999, en los meses de la estación seca (diciembre - febrero). Estas mediciones se llevaron a cabo mediante conteo directo, cinta métrica, flexómetro, clinómetro y pértigas graduadas cuando los árboles lo requirieron. En 1998 se realizó una extracción general de *Gmelina arborea* en la plantación con la finalidad de liberar espacio en los bosques para los otros taxa.

Para obtener resultados que mostraran si existen o no diferencias entre las especies evaluadas, atribuibles a los tratamientos, antes y después del aprovechamiento de *Gmelina arborea*, se practicaron dos análisis de varianza para la altura, el diámetro normal y el diámetro de copa, para ello se siguió un modelo mixto para medidas repetidas en el tiempo (Littell *et al.*, 1998; Little y Hills, 2002) bajo la expresión siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + E_j + TE_{ij} + F_k + (TE)F_{ijk} + e_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Valor esperado a la l-ésima repetición para la k-ésima fecha en la j-ésima especie con el i-ésimo tratamiento

μ = Media poblacional

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

E_j = Efecto de la j-ésima especie

TE_{ij} = Efecto conjunto del i-ésimo tratamiento con la j-ésima especie

F_k = Efecto de la k-ésima fecha

$(TE)F_{ijk}$ = Efecto de la k-ésima fecha dentro del efecto conjunto del i-ésimo tratamiento con la j-ésima especie

e_{ijkl} = Error experimental

In order to get the results that revealed if there were or not differences among the assessed species attributable to the treatments before and after the harvest of *Gmelina arborea*, two variance analysis were carried out for height, dbh and crown diameter; thus, a mixed model for the measurements repeated in time (Littell *et al.*, 1998; Little and Hills, 2002) with the following formula were made:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + E_j + TE_{ij} + F_k + (TE)F_{ijk} + e_{ijkl}$$

Where:

Y_{ijkl} = Expected value of the l-esim repetition for the k-esim date in the j-esim specie with the i-esim treatment

μ = Population average

T_i = Effect of the i-esim treatment

E_j = Effect of the j-esim specie

TE_{ij} = Aggregated effect of the i-esim treatment with the j-esim specie

F_k = Effect de la k-esim date

$(TE)F_{ijk}$ = Effect of the k-esim date within the aggregated effect of the i-esim treatment with the j-esim specie

e_{ijkl} = Experimental error

In the first analysis, the data base of 1998 was considered where *Gmelina arborea* was present, while the second, corresponding to 1999, was taken with the harvest already done.

Later tests of multiple comparison were made between means with Fisher's Least Significant Difference test (LSD, $\alpha = 0.05$) in the permanent effects to detect the average high values, if there were any in each variable.

Furthermore, the behavior of the former variables was analyzed; the average value of each specie was compared with Tukey's range test ($\alpha = 0.05$) in the three last variables, and graphics were built with the continual variation through the measuring period. This favored to discern the tendency of the assessed criteria in the species through the study period and reinforce the results obtained with the LSD Fisher test.

All the analyses were made with the statistical InfoStat V.2008 program (InfoStat, 2008) and the graphics through the Excel calculus sheet (Microsoft Corporation, 2007).

En el primer análisis se contempló la base de datos generada hasta 1998 con la presencia de *Gmelina arborea*, mientras que en el segundo se consideró la correspondiente hasta 1999 ya con el aprovechamiento efectuado.

Posteriormente se hicieron pruebas de comparación múltiple entre medias con el método de Diferencia Mínima Significativa de Fisher (LSD, $\alpha = 0.05$) en los efectos fijos para detectar los valores promedio más altos, en caso de haberlos en cada variable.

Además, se analizó el comportamiento de las variables indicadas con anterioridad; se compararon las medias por especie con la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha = 0.05$) en las tres últimas variables, y se construyeron gráficas de variación continua durante el periodo de medición. Esto permitió discernir la tendencia de los criterios evaluados en las especies durante el periodo de estudio y reforzar los resultados obtenidos con la prueba LSD de Fisher.

Cuadro 2. Nivel de significancia bajo un modelo mixto con mediciones repetidas para altura, diámetro normal y diámetro de copa en ocho especies tropicales de valor comercial (febrero 1995 - enero 1998).

Table 2. Level of significance by a mixed model with repeated measurements of height, dbh and crown diameter in eight tropical species of commercial value (February 1995-January 1998).

Fuente de Variación	Grados de libertad	Altura total n = 1680	Diámetro normal n = 1680	Diámetro de copa n = 1080
Tratamiento	3	0.0774 n. s.	0.001 *	0.039*
Repetición	2	0.0003**	0.013*	0.348 n.s.
Especie	7	0.0001**	0.0001**	0.0001**
Tratamiento x especie	21	0.0001**	0.0001**	0.0002**

* = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$; n. s. = no significativo.
n. s. = non significance.

Todos los análisis se realizaron con el programa estadístico InfoStat versión 2008 (Grupo InfoStat, 2008) y los gráficos con la hoja de cálculo Excel (Microsoft Corporation, 2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de varianza (cuadros 2 y 3) mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el diámetro normal y el diámetro de copa entre las especies antes del aprovechamiento de *G. arborea* y de altamente significativas ($p < 0.01$) en las interacciones de los tratamientos con las especies, así como en la altura, que marcó una diferencia significativa ($p < 0.05$) al considerar la remoción de Melina (Cuadro 3). En el efecto de la repetición (o bloques) se observaron diferencias

RESULTS AND DISCUSSION

The variance analysis (tables 2 and 3) showed significant differences ($p < 0.05$) in the dbh and the crown diameter among the species before harvesting *G. arborea* and highly significant ($p < 0.01$) in the interactions of the treatments with the species, as well as with height, that marked a significant difference ($p < 0.05$) when considering the cutting of Melina (Table 3). This confirms the expected variations of growth and development among taxa that establish in a mixed plantation, essentially due to the ontogeny and the ability of response of each of them to use the biotic and abiotic resources of a site (Kozłowski, 1979; Merriam *et al.*, 1995; Andrade, 2005).

When exploring these results with the mean comparison (Table 4) it came out that treatment 1 (local provenance without fertilization) affected height, while treatment 3 (local provenance with fertilization) influenced dbh and the crown diameter in both data base. The effect of repetition, as well, was outstanding in set 3 for the three variables.

Gmelina arborea was outstanding (height = 6.75 m; dbh = 0.08 m; crown diameter = 3.56 m) as well as *Tabebuia donnell-smithii* (height = 4.26 a 4.65 m; dbh = 0.04 a 0.05 m; crown diameter = 2.15 a 2.34 m). The interaction of both with the effect of treatments confirmed that, for the first one, the use of local provenances with or without fertilizer applications provides the most important average values of the key variables, that is, that fertilization has no effect upon Melina, but it is positive in the three variables of *Tabebuia*, in the local and the foreign provenance (Table 4), which is coincidental with the adaptability of the species to the environment of the place, if there are factors that improve the site, as were watering-fertilization (Forte *et al.*, 2005) to achieve a survival of 100 per cent (Figure 3).

Cuadro 3. Nivel de significancia bajo un modelo mixto con mediciones repetidas para altura, diámetro normal y diámetro de copa en ocho especies tropicales de valor comercial con extracción de *Gmelina arborea* (febrero 1995 - enero 1999).

Table 3. Level of significance by a mixed model with repeated measurements of height, dbh and crown diameter in eight tropical species of commercial value with *Gmelina arborea* harvest. (February 1995-January 1998).

Fuente de Variación	Grados de libertad	Altura total n = 1248	Diámetro normal n = 1248	Diámetro de copa n = 840
Tratamiento	3	0.0503*	0.0005 **	0.0008**
Repetición	3	0.0397*	0.2987 n. s.	0.9721 n. s.
Especie	6	0.0001**	0.0001**	0.0001**
Tratamiento x Especie	18	0.0001**	0.0001**	0.0001**

* = p < 0.05; ** = p < 0.01; n. s. = no significativo.
n. s. = non significance.

altamente significativas (p < 0.01) en altura y diámetro normal para el primer análisis (Cuadro 2), más no para el último, excepto en la primera variable (Cuadro 3). Lo anterior constata las variaciones esperadas en crecimiento y desarrollo entre los taxa que se establecen en una plantación mixta, en esencia debido a la ontogenia y la capacidad de respuesta de cada uno de ellos para utilizar los recursos bióticos y abióticos de un sitio (Kozłowski, 1979; Merriam *et al.*, 1995; Andrade, 2005).

Al explorar estos resultados con la comparación de medias (Cuadro 4) se detectó que el tratamiento 1 (procedencia local sin fertilización) incidió en la altura, mientras que el tratamiento 3 (procedencia local con fertilización) se reflejó en el diámetro normal y diámetro de copa en ambas bases de datos. De igual forma, el efecto de la repetición sobresalió en el bloque 3 para las tres variables.

Sobresalieron *Gmelina arborea* (altura = 6.75 m; diámetro normal = 0.08 m; diámetro de copa = 3.56 m) y *Tabebuia donnell-smithii* (altura = 4.26 a 4.65 m; diámetro normal = 0.04 a 0.05 m; diámetro de copa = 2.15 a 2.34 m). La interacción de ambas con el efecto de los tratamientos confirmó que, para la primera, el uso de las procedencias locales con y sin aplicación de fertilizante proporcionan los valores promedio más destacados en las variables de interés; es decir, que en Melina la fertilización no tiene ningún efecto, pero en la Primavera la influencia es positiva en las tres variables, tanto en la procedencia local como en la foránea (Cuadro 4); lo que concuerda con la adaptabilidad de la especie a las condiciones del lugar, si este presenta factores de mejora al sitio, como lo fueron el riego-fertilización (Forte *et al.*, 2005) para lograr una supervivencia de 100% (Figura 3).

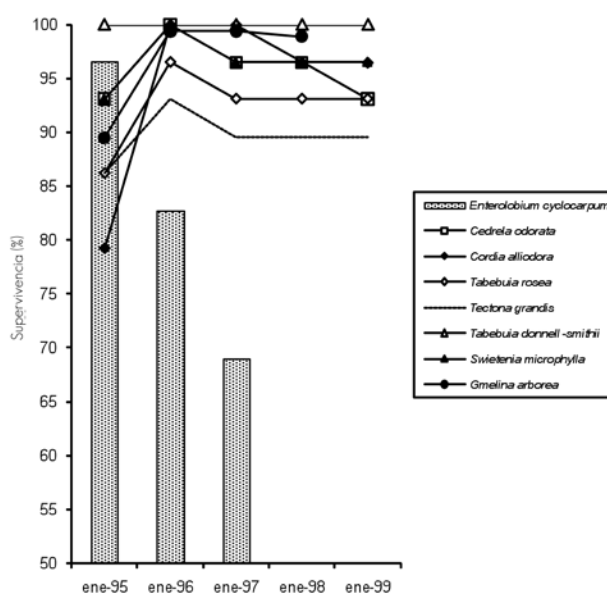


Figura 3. Variación de la supervivencia de ocho especies tropicales en la plantación mixta del C. E. El Palmar, Veracruz (1995-1999).

Figure 3. Variation of the survival of the eight tropical species of the mixed plantation at El Palmar E.S., Veracruz (1995-1999).

Cuadro 4. Valores medios de acuerdo a la fuente de variación para altura, diámetro y diámetro de copa en ocho especies tropicales de valor comercial.

Table 4. Average values according to the source of variation for height, diameter and crown diameter in eight tropical species of commercial value.

Fuente de variación	i ij	1995 - 1998			1995 - 1999		
		Sin extracción de <i>Gmelina arborea</i>			Con extracción de <i>Gmelina arborea</i>		
		Altura total (m)	Diámetro (m)	Diámetro de copa (m)	Altura total (m)	Diámetro (m)	Diámetro de copa (m)
Tratamiento	1	3.48 a	0.03 a	1.59 ab	3.18 a	0.02 a	1.38 a
	2	3.11 b	0.03 ab	1.52 ab	2.78 bc	0.02 ab	1.29 ab
	3	3.19 bc	0.03 a	1.62 a	2.83 b	0.02 b	1.41 a
	4	2.92 c	0.03 b	1.48 b	2.55 c	0.02 b	1.23 b
Repetición	1	3.10 b	0.03 b	1.55 a	2.78 b	0.02 a	1.32 a
	2	3.04 b	0.03 ab	1.52 a	2.76 b	0.02 a	1.33 a
	3	3.38 a	0.03 a	1.59 a	2.96 a	0.02 a	1.33 a
Especie	1	2.85 c	0.02 c	1.37 c	2.91 b	0.02 b	1.33 b
	2	1.40 f	0.01 f	0.95 e	1.53 d	0.01 e	1.03 d
	3	2.73 c	0.02 d	1.05 de	2.89 b	0.02 b	1.05 d
	4	2.72 cd	0.02 d	1.14 d	2.86 b	0.02 bc	1.26 bc
	5	4.26 b	0.04 b	2.15 b	4.65 a	0.05 a	2.34 a
	6	2.35 de	0.02 e	1.14 d	2.64 b	0.02 cd	1.20 bc
	7	2.31 e	0.02 e	1.05 de	2.36 c	0.02 d	1.08 cd
	8	6.75 a	0.08 a	3.56 a			
*Tratamiento x especie	1 x 8	6.85 a	0.08 b	3.60 a			
	2 x 8	6.53 a	0.07 b	3.63 a			
	3 x 8	6.95 a	0.10 a	3.65 a			
	4 x 8	6.68 a	0.07 b	3.37 a			
	1 x 5	3.76 de	0.03 e	1.94 c			
	2 x 5	4.05 cd	0.04 de	1.82 cd			
	3 x 5	4.87 b	0.04 cd	2.45 b			
	4 x 5	4.35bcd	0.05 c	2.40 b			

continúa Cuadro 4..

continuación Cuadro 4..

**Tratamiento x especie	1 x 5	4.02 cd	0.04 c	2.08 bc
	2 x 5	4.50 bc	0.04 bc	2.06 c
	3 x 5	5.29 a	0.05 ab	2.70 a
	4 x 5	4.78 ab	0.05 a	2.52 ab
	1 x 4	4.99 ab	0.04 c	1.74 cd
	2 x 3	3.46 de	0.03 d	0.13 de

Letras diferentes indican diferencias significativas (DMS, $\theta = 0.05$); *Primeras ocho interacciones más notorias de las 32 presentes; ** Primeras cinco interacciones más notorias de las 28 presentes.

Different letters mean significant differences (DMS, $\theta = 0.05$); *First eight out of 32 most notorious interactions; ** First five out of 28 most notorious interactions.

La tasa inicial de mortalidad promedio en 1995 era de 12.5% en las otras especies; por ello se efectuó una replantación en 1996 que la disminuyó, con lo cual se logró 100% de supervivencia en *Gmelina arborea*, *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata* y *Cordia alliodora* (Figura 3). Para 1997 se tuvo un valor de 5.8%, que mantuvo constante el número de árboles por especie, con excepción de *Cedrela odorata* y *Enterolobium cyclocarpum*, para ésta última destacó una tasa de mortalidad promedio de 10% entre periodos de medición.

Las figuras 4, 5 y 6 muestran gráficamente el comportamiento respecto al crecimiento en altura, diámetro normal y diámetro de copa de las ocho especies analizadas. Para *Enterolobium* no se tuvieron datos en los años 1998 y 1999 por lo que se representa en formato de barras.

The initial mortality average mortality in 1995 was of 12.5 per cent in the other species; thus, a new plantation of 1996 reduced it, with which a 100 per cent survival was achieved (Figure 3). In 1997, the value was 5.8 per cent, which kept without change the number of trees for each species, except for *Cedrela odorata* and *Enterolobium cyclocarpum*; for the latter, the average mortality rate was 10 per cent during the measurement periods.

Figures 4, 5 and 6 show the behavior of growth upon height, dbh and crown diameter of the eight analyzed species. There were no data for *Enterolobium* for the 1998 and 1999 periods, which is represented by bars.

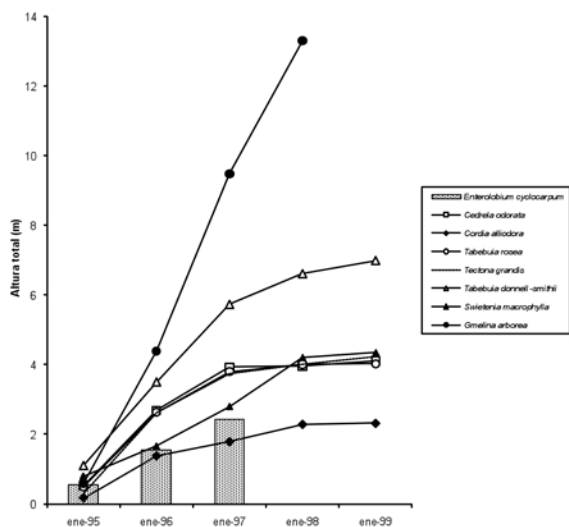


Figura 4. Variación del crecimiento en altura de ocho especies tropicales en la plantación mixta del C. E. El Palmar, Veracruz (1995-1999).

Figure 4. Variation of height growth of eight tropical species in the mixed plantation of El Palmar E.S., Veracruz (1995-1999).

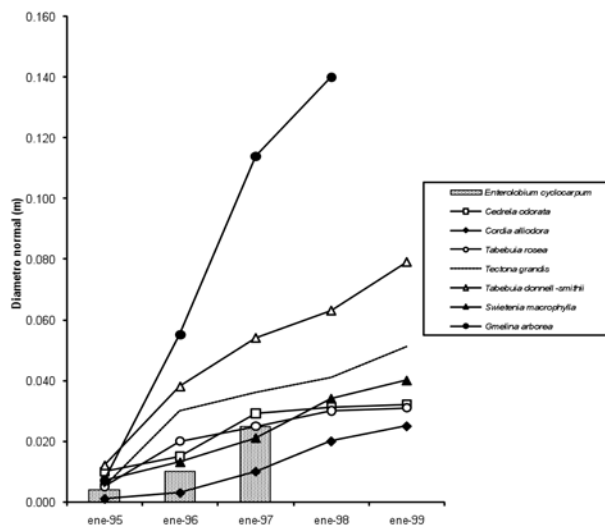


Figura 5. Variación del crecimiento en diámetro normal de ocho especies tropicales en la plantación mixta del C. E. El Palmar, Veracruz (1995-1999).

Figure 5. Variation of dbh growth of eight tropical species in the mixed plantation of El Palmar E.S., Veracruz (1995-1999).

Para dos variables (figuras 4 y 5), *Gmelina arborea* resultó la más sobresaliente porque mantuvo tasas de crecimiento en altura y diámetro normal promedio, de 4.23 m año⁻¹ y de 0.044 m año⁻¹ respectivamente (1995-1998). Le siguió en importancia *T. donnell-smithii* con tasas de crecimiento en altura y diámetro normal promedio de 1.47 m año⁻¹ y de 0.017 m año⁻¹ (1995-1999).

Las especies con mayores incrementos de diámetro de copa (Figura 6), fueron *T. donnell-smithii* (0.53 m año⁻¹) y *Gmelina arborea* (0.30 m año⁻¹), esta última registró los mayores valores de cobertura periódica (>3 m).

En la Figura 4 se observa un grupo de cuatro especies que sostuvieron un ritmo similar de crecimiento en altura de alrededor de 1 m año⁻¹, mientras que *T. donnell-smithii* y *G. arborea* tuvieron crecimientos claramente más rápidos (superiores a 1.5 m y más de 4.5 m año⁻¹); en cambio *Cordia alliodora* creció sólo 0.54 m año⁻¹. Con excepción de *G. arborea* y *Enterolobium cyclocarpum*, las curvas de crecimiento en altura que mostraron una tendencia asintótica, que no se modificó a pesar de la extracción de la primera especie de las parcelas experimentales.

En este sentido, dicha extracción sí repercutió en el crecimiento del diámetro de *T. donnell-smithii* y *Tectona grandis* (Figura 5), las que registraron un aumento anual notorio para 1999 con respecto al alcanzado en 1998 (0.016 y 0.010 m año⁻¹ vs. 0.009 y 0.005 m año⁻¹; respectivamente) y en el diámetro de copa de *Tectona grandis* y *T. rosea* (Figura 5), no obstante que presentaron incrementos similares en 1999 en comparación con el año anterior (0.40 y 0.23 m año⁻¹ vs. 0.34 y 0.20 m año⁻¹) y destacaron de las ocho especies.

Un caso particular lo constituyó *Cedrela odorata* junto con *Swietenia macrophylla* al registrarse un ataque del barrenador de yemas *Hipsipyla grandella* Zeller, en el segundo año del establecimiento, que generó dos tipos de respuestas contrastantes: para la primera especie disminuyó la tasa de crecimiento en altura a partir de 1996, así como la correspondiente al diámetro normal y diámetro de copa que desde esa fecha fue casi nula. El segundo taxón reaccionó positivamente con valores más altos de altura, diámetro normal y diámetro de copa de 1996 a 1997 y permaneció con tasas similares en los años siguientes (figuras 4, 5 y 6).

En México se realizaron tres evaluaciones en plantaciones mixtas de 12 años sobre el efecto de la fertilización y riego en *Tabebuia donnell-smithii*, *T. rosea*, *T. chrysantha* (Jacq.) Nicholson, *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata*, *Tectona grandis* y *Gmelina arborea* (Corona et al., 2005; Forte et al., 2005; Benavides et al., 2005); sus resultados coinciden con los del presente estudio en cuanto a la diferenciación en crecimientos entre las especies, por los tratamientos, y por la condición del sitio.

Gmelina arborea was outstanding, since it kept height and average dbh growth rates of 4.23 m year⁻¹ and 0.044 m year⁻¹ (1995-1998). *T. donnell-smithii* followed, with the corresponding values of 1.47 m year⁻¹ y de 0.017 m year⁻¹ (1995-1999) (figures 4 and 5).

T. donnell-smithii (0.53 m year⁻¹) and *Gmelina arborea* (0.30 m year⁻¹) had the most important crown diameter increments (Figure 6); the latter had the highest periodical cover values (>3 m).

A group of four species are observed in Figure 4; they kept a similar height growth rhythm around 1 m year⁻¹, while *T. donnell-smithii* and *G. arborea* clearly had a faster growth (over 1.5 m and 4.5 m year⁻¹); in contrast, *Cordia alliodora* only grew 0.54 m year⁻¹. Except for *G. arborea* and *Enterolobium cyclocarpum*, the curves for height growth showed an asymptotic tendency, which did not change in spite of the extraction of the first species from the experimental lots.

In this sense, such an extraction rebounded upon the growth in diameter of *T. donnell-smithii* and *Tectona grandis* (Figure 5), which had a notorious annual increment in 1999 compared to that of 1998 (0.016 and 0.010 m year⁻¹ vs. 0.009 and 0.005 m year⁻¹), and in the crown diameter of *Tectona grandis* and *T. rosea* (Figure 5), in spite of having similar increments in 1999 compared to the former year (0.40 y 0.23 m year⁻¹ vs. 0.34 y 0.20 m year⁻¹) and were outstanding from the eight species.

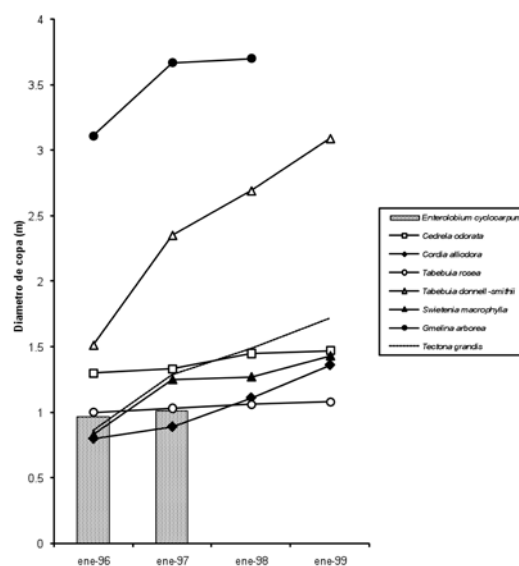


Figura 6. Variación del crecimiento en diámetro de copa de ocho especies tropicales en la plantación mixta del C. E. El Palmar, Veracruz (1995-1999).

Figure 6. Variation of crown diameter growth of eight tropical species in the mixed plantation of El Palmar E.S., Veracruz (1995-1999).

Cuadro 5. Incremento medio anual en altura, diámetro normal y diámetro de copa en especies tropicales de plantaciones mixtas de México.

Table 5. Average annual increment of height, dbh and crown diameter of tropical species in mixed plantations of Mexico.

Especie	Altura (m año ⁻¹)				Diámetro normal (m año ⁻¹)				Diámetro de copa (m año ⁻¹)			
	C. E. El Palmar, Ver.	C. E. Costa de Jalisco	C. E. Tecomán, Col.	C. E. El Verdineño, Nay.	C. E. El Palmar, Ver.	C. E. Costa de Jalisco	C. E. Tecomán, Col.	C. E. El Verdineño, Nay.	C. E. El Palmar, Ver.	C. E. Costa de Jalisco	C. E. Tecomán, Col.	C. E. El Verdineño, Nay.
C. o.	0.95	0.50	0.83	0.27	0.006	0.011	0.014	0.006	0.06	0.43	0.35	-
C. a.	0.56	-	-	-	0.008	-	-	-	0.19	-	-	-
T. r.	0.88	0.75	0.75	-	0.006	0.013	0.013	-	0.05	0.34	0.43	-
T. g.	1.04	0.91	-	0.83	0.012	0.019	-	0.019	0.40	0.43	-	-
T. d.	1.47	0.16	1.45	0.10	0.017	0.007	0.016	0.001	0.53	0.09	0.39	-
S. m.	0.92	0.33	0.66	0.45	0.008	0.007	0.012	0.008	0.22	0.20	0.37	-
E. c.	1.12	-	-	-	0.011	-	-	-	0.08	-	-	-
G. a.	4.23	1.25	-	-	0.044	0.024	-	-	0.33	0.44	-	-
T. c.	-	-	-	0.66	-	-	-	0.015	-	-	-	-

C. o. = *Cedrela odorata*; C. a. = *Cordia alliodora*; T. r. = *Tabebuia rosea*; T. g. = *Tectona grandis*; T. d. = *Tabebuia donnell-smithii*; S. m. = *Swietenia macrophylla*; E. c. = *Enterolobium cyclocarpum*; G. a. = *Gmelina arborea*; T. c. = *Tabebuia chrysantha*. A = 5 años; B, C, D = 12 años. A = 5 years; B, C, D = 12 years.

En dichos estudios las especies más sobresalientes en altura, diámetro y área de copa fueron *Gmelina arborea* y *Tectona grandis*, en calidad de especies exóticas; *Tabebuia donnell-smithii*, *T. rosea* y *T. chrysantha* como nativas, pero *Swietenia* y *Cedrela* quedaron rezagadas debido al ataque de *Hypsipyla grandella*. En el Cuadro 5 se comparan los incrementos en estas especies al margen de la edad evaluada; destaca la similitud de las especies prominentes, independientemente, de los sitios de plantación.

Los tratamientos más trascendentes resultaron ser la procedencia local sin fertilización y con fertilización para todas las especies, aunque se enfatizan los correspondientes a *Gmelina arborea* y *Tabebuia donnell-smithii*.

En el presente estudio se ratifican estos resultados en ambas especies al observarse que tuvieron un mayor crecimiento y desarrollo sobre las otras involucradas, así mismo coincidieron en que el mejor tratamiento fue el de la procedencia local sin fertilización.

En la plantación, el estrecho distanciamiento de 2 x 2 m con la intercalación de *Gmelina arborea* entre cada taxón originó un agotamiento derivado del máximo aprovechamiento por todas las plantas, lo que se reflejó en la reducción de la tasa de

Cedrela odorata with *Swietenia macrophylla* are a particular case, since when an attack of the bud borer *Hypsipyla grandella* Zeller in the second year after establishment produced two types of responses: the first in which *Cedrela* reduced its height growth rate from 1996 onwards, as well as the corresponding to dbh and crown diameter, that was almost non existent ever since. The second taxon reacted in a positive way with higher values in height, dbh and crown diameter from 1996 to 1997 and kept similar rates the following years (figures 4, 5 and 6).

Three assessments in 12 year mixed plantations were made in Mexico about the effect of fertilization and watering in *Tabebuia donnell-smithii*, *T. rosea*, *T. chrysantha* (Jacq.) Nicholson, *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata*, *Tectona grandis* and *Gmelina arborea* (Corona et al., 2005; Forte et al., 2005; Benavides et al., 2005); the results are coincident with the actual study in terms of growth differentiation among species in regard to treatments and local conditions.

In those studies, the most outstanding species in height, diameter and crown area were *Gmelina arborea* and *Tectona grandis*, as exotic species; *Tabebuia donnell-smithii*, *T. rosea* and *T. chrysantha* as native, but *Swietenia* and *Cedrela* were left behind due to the attack of *Hypsipyla grandella*. In Table 5 are compared the increments of these species without considering

crecimiento en altura y diámetro en *Tectona grandis*, *Cedrela odorata*, *Cordia alliodora*, *Swietenia macrophylla*, *Tabebuia rosea* y *Enterolobium cyclocarpum* que son demandadoras de luz y en el caso de la última, de mayor espacio. Lieberman *et al.* (1985) explican que bajo condiciones de alta competencia, la falta de fotosintatos y saturación radicular conllevan a una respuesta como la descrita que incluye una mortalidad considerable, como se advirtió a partir del tercer año en términos de supervivencia.

La primera remoción de *G. arborea* en el cuarto año tuvo un efecto positivo en el crecimiento en diámetro y desarrollo de la copa al siguiente año sobre todo en *Tabebuia donnell-smithii* y *Tectona grandis*. La posibilidad de eliminar competencia lateral y generar una área de circulación de aire y luz más amplia permite que los árboles engrosen su fuste como medida de estabilidad vertical y de reserva hídrica en el sitio (Piotto *et al.*, 2003; López, 2004; Galán, 2007) además se estimula la formación de nuevo follaje para colonizar los claros del dosel (Menalled y Kelty, 2001), y que en *Tectona grandis* fue más notorio a partir de su capacidad de desarrollarlo casi desde la base del tronco en forma escalonada (Healey y Gara, 2003).

CONCLUSIONES

El tratamiento de procedencia local sin fertilización (1) y el tratamiento de procedencia local con fertilización (3), tuvieron los valores más destacados en crecimiento de altura, diámetro normal y diámetro de copa para las especies en general.

Gmelina arborea presentó los mayores incrementos en todas las variables cuando interactuó con el tratamiento 1; a *Tabebuia donnell-smithii* le favoreció la fertilización, tanto en procedencia local como foránea. En este contexto, los resultados promedio en ambas especies fueron superiores a los obtenidos en otros estudios similares en el país.

La alta densidad del experimento estimuló el desarrollo de *Tabebuia donnell-smithii* por un lado y, por otro, perjudicó el de las otras especies, lo que ocasionó la mortandad de *Enterolobium cyclocarpum*. El aclareo de *G. arborea* permitió que se extendiera la copa de *Tectona grandis* y el diámetro normal de *Tabebuia donnell-smithii*, no así la altura en todas las especies.

El ataque del barrenador de yemas *Hypsipyla grandella* en *Cedrela odorata* y *Swietenia macrophylla* limitó su crecimiento en las variables estudiadas dentro de la plantación.

their age, where the similitude among the most important species is notorious, in spite of the plantation sites.

The most important treatments were the local provenance with and without fertilization for all the species, even if those for *Gmelina arborea* and *Tabebuia donnell-smithii* are emphasized.

In the actual study the results of both species are confirmed when it is observed that they had a better growth and development over the rest of them, and that the best treatment was the local provenance without fertilization.

In the plantation, the narrow 2 x 2 m distance with the presence of *Gmelina arborea* between each taxon produced an exhaustion that came from an intensive use of the resources by all the plants, which was revealed as a reduced height and diameter growth rate of *Tectona grandis*, *Cedrela odorata*, *Cordia alliodora*, *Swietenia macrophylla*, *Tabebuia rosea* and *Enterolobium cyclocarpum*, which are light demanding, and the latter, of broader space. Lieberman *et al.* (1985) explain that under high competence conditions, the lack of photosynthates and radicular saturation imply a response as described that includes considerable mortality, as was evident from the third year in terms of survival.

The first removal of *G. arborea* in the fourth year had a positive effect upon the diameter growth and crown development of the following year, in particular on *Tabebuia donnell-smithii* and *Tectona grandis*. The possibility of eliminating the lateral competence and the definition of an air circulation zone and broader light, lets trees to thicken their stems as a strategy to attain vertical stability and a hydraulic reserve in the site (Piotto *et al.*, 2003; López, 2004; Galán, 2007); in addition, it stimulates the formation of new foliage to colonize the clearings of the canopy (Menalled and Kelty, 2001), and that in *T. grandis* was more notorious from its ability to develop almost from the base of the stem in a stepping way (Healey and Gara, 2003).

CONCLUSIONS

The local provenance without fertilization treatment (1) and the local provenance with fertilization (3) had the most outstanding values in height, dbh and crown growth for the species, in general terms.

Gmelina arborea showed the greatest increments in all the variables when it interacted with treatment 1; fertilization favored the local and foreign provenances of *Tabebuia donnell-smithii*. In this context, the average results in both species were above similar studies in the country.

The high density involved in the experiment stimulated the development of *Tabebuia donnell-smithii* and affected it on others, which caused the mortality of *Enterolobium cyclocarpum*. The clearing of *G. arborea* made it possible for *Tectona grandis*

AGRADECIMIENTOS

Se expresa el reconocimiento y agradecimiento a los investigadores pioneros de este proyecto en el C. E. El Palmar, INIFAP, Dr. Manuel A. Rodríguez Peña e Ing. Francisco A. Domínguez A., por la visión y dedicación puestas en el establecimiento y seguimiento de las primeras etapas en la plantación mixta experimental.

REFERENCIAS

- Alice, F., F. Montagnini y M. Montero. 2004. Productividad en plantaciones puras y mixtas de especies forestales nativas en la estación biológica La Selva, Sarapiquí, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 28(2): 61-71.
- Andrade, J. L. 2005. Fisiología ecológica de árboles tropicales: Avances y perspectivas. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 11(2): 83-91.
- Benavides U., G., J. D. Benavides S., A. Rueda S. y M. Silva L. 2005. Evaluación del crecimiento de seis especies forestales de rápido crecimiento en La Huerta, Jalisco. In: Hernández S., J. (Comp.): VII Congreso Mexicano de Recursos Forestales "La ciencia y la tecnología al servicio de los ecosistemas forestales" (26 al 28 de octubre de 2005). Universidad Autónoma de Chihuahua - Sociedad Mexicana de Recursos Forestales A. C. Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales. Chihuahua, Chih., México. pp. 958-966.
- Carlson K., A. 2004. Guías silviculturales de árboles nativos en plantaciones forestales comerciales y agroforestales del trópico húmedo de México. Tesis Profesional. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de México. México. 743 p.
- Corona M., J. M., J. D. Benavides S., A. Rueda S. y A. Gallegos R. 2005. Comparación de cuatro especies forestales tropicales en una plantación experimental en Santiago Ixcuintla, Nayarit. In: Hernández S., J. (Comp.): VII Congreso Mexicano de Recursos Forestales "La ciencia y la tecnología al servicio de los ecosistemas forestales" (26 al 28 de octubre de 2005). Universidad Autónoma de Chihuahua - Sociedad Mexicana de Recursos Forestales A. C. Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales. Chihuahua, Chih., México. pp. 765-775.
- Cusack, D. and F. Montagnini. 2004. The role of native species plantations in recovery of understory woody diversity in degraded pasturelands of Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 188(1-3): 1-15.
- Domínguez A., F. A. 1989. La parcela hexagonal para ensayos de experimentación forestal. Centro de Genética Forestal, A. C. Boletín Técnico No. 5. Lomas de San Juan, Chapingo, Edo. de México. México. 21 p.
- Erskine, P. D., D. Lamb and M. Bristow. 2006. Tree species diversity and ecosystem function: Can tropical multi-species plantations generate greater productivity? *Forest Ecology and Management* 233(2-3): 205-210.
- Forte C., R., J. D. Benavides S., A. Rueda S. y A. Gallegos R. 2005. Crecimiento de especies tropicales bajo riego y fertilización en una plantación de Tecomán, Colima. In: Hernández S., J. (Comp.): VII Congreso Mexicano de Recursos Forestales "La ciencia y la tecnología al servicio de los ecosistemas forestales" (26 al 28 de octubre de 2005). Universidad Autónoma de Chihuahua - Sociedad Mexicana de Recursos Forestales A. C. Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales. Chihuahua, Chih., México. pp. 776-785.
- Galán L., R. 2007. Crecimiento y rendimiento de especies arbóreas en una plantación de enriquecimiento de acahuales en el sur de Oaxaca. Tesis de Maestría. Programa Forestal. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. México. 79 p.

to extend its crown and for *Tabebuia donnell-smithii* to increase its dbh, which did not happen to all the other species.

The *Hypsipyla grandella* bud borer attack to *Cedrela odorata* and *Swietenia macrophylla* limited the growth of the studied variables in the plantation.

ACKNOWLEDGEMENTS

Gratitude and recognition deserve the pioneer scientists of this Project at the El Palmar E.S. of INIFAP, Dr. Manuel A. Rodríguez Peña and Ing. Francisco A. Domínguez A. for the vision they had and the dedication they put into the establishment and monitoring of the first stages of the experimental mixed plantation.

End of the English version

- Grant, J. C., J. D. Nichols, M. C. Pelletier, K. Glencross and R. Bell. 2006. Five year results from a mixed-species spacing trial with six subtropical rainforest tree species. *Forest Ecology and Management* 233(2-3): 309-314.
- Grupo InfoStat. 2008. InfoStat® versión 2008. Universidad Autónoma de Córdoba. Córdoba, Argentina. s/p.
- Gutiérrez C., L. y J. Dorantes L. 2004. Potencialidades de especies con uso tradicional del Estado de Veracruz como opción para establecer plantaciones forestales comerciales. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver., México. 378 p.
- Healey, S. P. and R. I. Gara. 2003. The effect of teak (*Tectona grandis*) plantation on the establishment of native species in an abandoned pasture in Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 176(1-3): 497-507.
- Kelly, J., S. Jose, J. D. Nichols and M. Bristow. 2009. Growth and physiological response of six Australian rainforest tree species to a light gradient. *Forest Ecology and Management* 257(1): 287-293.
- Kelty M. J. 2006. The role of species mixtures in plantation forestry. *Forest Ecology and Management* 233(2-3): 195-204.
- Kozłowski, T. T. 1979. Tree growth and environmental stress. The Geo. S. Long Publication Series. University of Washington Press. Seattle, WA. USA. 192 p.
- Ladrach, W. E. 1992. Técnicas para el establecimiento de plantaciones forestales en la América Tropical. *Tree Planter's Notes* 43: 133-141.
- Lieberman, D., M. Lieberman, G. Hartshorn and R. Peralta. 1985. Growth rates and age-size relationships of tropical wet forest trees in Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology* 1(2): 97-109.
- Littell, R. C., P. R. Henry and C. B. Ammerman. 1998. Statistical Analysis of repeated measures data using SAS procedures. *Journal of Animal Science* 76(4): 1216 - 1231.
- Little T. M. y F. J. Hills. 2002. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. 4a. reimpresión. Editorial Trillas, S. A. México, D. F. México. 270 p.
- López A., J. L. 2004. Crecimiento radial de tres especies arbóreas en una selva mediana subcaducifolia del estado de Colima. Tesis de Maestría. Programa Forestal. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México, México. 79 p.
- López S., E. y M. A. Musálem. 2007. Sistemas agroforestales con cedro rojo, cedro nogal y primavera, una alternativa para el desarrollo de plantaciones forestales comerciales en Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 13(1): 59-66.
- Menalled, F. D. and M. J. Kelty. 2001. Crown structure and biomass allocation strategies of three juvenile tropical tree species. *Plant Ecology* 152(1): 1-11.
- Merriam, R. A., V. D. Phillips and W. Liu. 1995. Early diameter growth of trees in planted forest stands. *Forest Ecology and Management* 75(1-3): 155-174.
- Microsoft Corporation. 2007. Microsoft Excel® version Office Xp for Windows. s/p.

- Moya R., R. y V. Arce L. 2003. Efecto del espaciamiento en plantación sobre dos propiedades físicas de madera de teca a lo largo del fuste. *Maderas y Bosques* 9(2): 15-27.
- Nichols, J. D., M. Bristow and J. K. Vanclay. 2006. Mixed species plantations: prospects and challenges. *Forest Ecology and Management* 233(2-3): 383-390.
- Parrotta, J. A. 1999. Productivity, nutrient cycling, and succession in single- and mixed-species plantations of *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus robusta*, and *Leucaena leucocephala* in Puerto Rico. *Forest Ecology and Management* 124(1): 45-77.
- Petit, B. and F. Montagnini. 2006. Growth in pure and mixed plantations of tree species used in reforesting rural areas of the humid region of Costa Rica, Central America. *Forest Ecology and Management* 233(2-3): 338-343.
- Piotto, D., F. Montagnini, L. Ugalde and M. Kanninen. 2003. Growth and effects of thinning of mixed and pure plantations with native trees in humid tropical Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 117(1-3): 427-439.
- Salas, G. de las. 1987. Suelos y ecosistemas forestales: con énfasis en América Tropical. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Colección de Libros y Materiales Educativos No. 80. San José, Costa Rica. 397 p.
- Sánchez M., V. y C. Velásquez E. 1998. Evaluación de dos insecticidas biológicos en el control de *Hypsipyla grandella* (Zeller), barrenador del brote de las Meliaceas. *Revista Ciencia Forestal en México* 23 (83): 33 - 39.
- Van der Poel, P. 1988. *Cordia alliodora* (Ruiz and Pavon) Oken: Experiencias en Colombia. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF). Serie Documental No. 15. Bogotá, Colombia. 42 p.
- Vanclay, J. K. 1994. Modelling forest growth and yield. CAB International. Wallingford, UK. 312 p.
- Zobel, B. y J. Talbert. 1992. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. LIMUSA. México, D. F. México. 545 p.

